



UFZ-Bericht

UMWELTFORSCHUNGSZENTRUM LEIPZIG-HALLE GMBH

Nr. 10/2001

Dissertation

**Landschaftsfunktionen und planerische
Umweltvorsorge auf regionaler Ebene**

Eine landschaftsökologische Verfahrensentwicklung am Beispiel des Regierungsbezirkes Dessau

Daniel Petry

RS

01

1668 MA

ISSN 0948-9452

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ)



00408844

**Landschaftsfunktionen und planerische Umweltvorsorge
auf regionaler Ebene**

**Eine landschaftsökologische Verfahrensentwicklung
am Beispiel des Regierungsbezirks Dessau**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
doctorum rerum naturalium (Dr. rer. nat.)

vorgelegt der

Mathematisch-Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Archiv

von Daniel Petry

geboren am 1. Juli 1968 in Köln

Gutachter:

PD Dr. Thomas Littmann, Institut für Geographie, MLU Halle-Wittenberg
Prof. Dr. Rudolf Krönert, UFZ – Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH
Prof. Dr. Gerd Schulte, Institut für Landschaftsökologie, WWU Münster

Verteidigt am 8. Februar 2001 in Halle (Saale)

Inhalt

Inhalt	i
Tabellen	iv
Abbildungen	vi
Karten	vii
Abkürzungen	viii
Vorwort	xi
1 Einordnung des Themas	1
1.1 Probleme regionaler Umweltforschung und Umweltplanung	1
1.2 Ziel und Herangehensweise	2
1.3 Aufbau der Arbeit	5
2 Landschaftsökologische und planungsfachliche Grundlagen	7
2.1 Landschaftsfunktionen in Landschaftsökologie und Planung	7
2.1.1 Funktionen in der Landschaftsökologie	7
2.1.2 Funktionen in der Raum- und Umweltplanung	9
2.1.3 Landschaftsfunktionen und Naturraumpotentiale	10
2.1.4 Schlussfolgerungen für die Bedeutung von Landschaftsfunktionen in der Verfahrensentwicklung	12
2.2 Skalenebene und Raumbezug	13
2.2.1 Implikationen der Skalenebene für Problemstellung, Methoden und Daten	13
2.2.2 Räumliche Bezugseinheiten für Analyse, Bewertung und Zieldefinition	17
2.3 Normative Grundlagen der Betrachtung von Landschaftsfunktionen	20
2.4 Auswahl von Landschaftsfunktionen für die weitere Bearbeitung	22
2.4.1 Erneuerung der Grundwasserressourcen	22
2.4.2 Landwirtschaftliche Ertragsfunktion	23
2.4.3 Regulation des Wasser- und Stoffhaushaltes	24
3 Normativer Rahmen der Landschaftsentwicklung	25
3.1 Nachhaltigkeit als übergeordnetes Prinzip der Raumentwicklung	25
3.2 Strategien nachhaltiger Landschaftsentwicklung	28
3.3 Leitbilder und Ziele planerischer Umweltvorsorge	30
3.3.1 Definition und Diskussion verwendeter Begriffe	30
3.3.2 Umweltpolitische Leitbilder und Ziele zur Sicherung von Landschaftsfunk-	

	tionen	32
3.3.3	Regional- und fachplanerische Leitbilder und Ziele	36
4	Aufgaben und Instrumente regionaler Planung	41
4.1	Regionalplanung als regionale Ebene der räumlichen Gesamtplanung	42
4.2	Überörtliche Landschaftsplanung und Eingriffsregelung	45
4.3	Defizite formaler Planungsinstrumente	46
4.4	Planungsprozesse zur Sicherung von Landschaftsfunktionen	47
4.5	Schlussfolgerungen für die landschaftsökologische Verfahrensentwicklung	49
5	Der Regierungsbezirk Dessau als Untersuchungsraum	51
5.1	Landschaftsentwicklung und Landschaftsstruktur	51
5.2	Regional- und Landschaftsplanung	59
6	Datengrundlagen und Geographisches Informationssystem	64
6.1	Datengrundlagen der Verfahrensanwendung im Regierungsbezirk Dessau	64
6.1.1	Klima	64
6.1.2	Relief	66
6.1.3	Boden	67
6.1.4	Bodenbedeckung	71
6.2	Aufbau eines relationalen Datenmodells innerhalb des GIS	72
6.2.1	Das Datenmodell	72
6.2.2	Der Landschaftsbezug von kleinsten gemeinsamen Geometrien – ein Skalenproblem?	74
6.2.3	Analysen mit dem GIS-Datenmodell	75
7	Methoden zur Analyse und Bewertung von Landschaftsfunktionen	77
7.1	Grundlagen planungsbezogener Bewertungsverfahren	77
7.1.1	Bewertungsverfahren	78
7.1.2	Indikatoransatz	82
7.2	Erneuerung der Grundwasserressourcen	85
7.2.1	Höhe der Grundwasserneubildung als Eignungsindikator	87
7.2.2	Grundwasserschutzfunktion als Empfindlichkeitsindikator	94
7.3	Landwirtschaftliche Ertragsfunktion	97
7.3.1	Biotisches Ertragspotential als Eignungsindikator	97
7.3.2	Potentielle Wassererosionsgefährdung als Empfindlichkeitsindikator	100
7.4	Regulation des Wasser- und Stoffhaushaltes	105
7.4.1	Abflussregulationsfunktion als Eignungs- und Empfindlichkeitsindikator	105
7.4.2	Potentielle Nitratauswaschungsgefährdung und potentielle Erosionsgefährdung als zusätzliche Eignungs- und Empfindlichkeitsfaktoren	108

8	Anwendung des Verfahrens im Regierungsbezirk Dessau	111
8.1	Analyse und Bewertung der Erneuerung der Grundwasserressourcen	112
8.1.1	Eignung und Empfindlichkeit	112
8.1.2	Potentielle Schutzwürdigkeit	113
8.2	Analyse und Bewertung der landwirtschaftlichen Ertragsfunktion	117
8.2.1	Eignung und Empfindlichkeit	118
8.2.2	Potentielle Schutzwürdigkeit	119
8.3	Bewertung der Regulation des Wasser- und Stoffhaushaltes	123
8.4	Integration der Einzelbewertungen als Voraussetzung multifunktionaler Landschaftsentwicklung	128
9	Diskussion und Ausblick	133
9.1	Schlussfolgerungen aus der Verfahrensanwendung	133
9.2	Übertragbarkeit und Einsatzmöglichkeiten	137
9.3	Perspektiven nachhaltiger Landschaftsentwicklung	139
10	Zusammenfassung	140
11	Abstract	146
12	Literatur	152
Anhang		167
Anhang 1:	Nutzungsstruktur der Landschaftseinheiten des Regierungsbezirks Dessau auf der Grundlage der CORINE-Daten	
Anhang 2:	Leitbilder der Landschaftseinheiten im Landschaftsprogramm des Landes Sachsen-Anhalt	
Anhang 3:	Nutzungsklassen der Daten zur Bodenbedeckung des CORINE-Projektes Land Cover im Regierungsbezirk Dessau (nach Statistisches Bundesamt 1996)	
Anhang 4:	Aus den Substratflächentypen der BÜK200 für die Verfahrensanwendung abgeleitete bodenkundliche Parameter (Erläuterung der Kürzel und Symbole siehe Kapitel 6.1.3)	
Anhang 5:	Berechnungsschema für die Abflussbildung in ABIMO (nach Glugla & Fürtig 1997)	

Tabellen

Tabelle 1: Funktionen der Natur (nach de Groot 1992, verändert)	8
Tabelle 2: Funktionen und Potentiale des Landschaftshaushaltes (nach Marks et al. 1992)	11
Tabelle 3: Räumliche Dimension, räumliche Charakteristik und Abgrenzungsmerkmale von Landschaftseinheiten (nach Krönert 1998, verändert)	19
Tabelle 4: Schlüsselindikatoren und Umweltziele im Entwurf des umweltpolitischen Schwerpunktprogramms der Bundesregierung (BMU 1998, verändert)	33
Tabelle 5: Handlungsfelder und Ziele zum Schutz des Naturhaushaltes im Entwurf des umweltpolitischen Schwerpunktprogramms der Bundesregierung (BMU 1998, verändert)	33
Tabelle 6: Umweltqualitätsziele und Umwelthandlungsziele des UBA (nach Walz et al. 1997, verändert)	35
Tabelle 7: Nutzungs- und funktionsbezogene Zielsetzungen einer nachhaltigen regionalen Entwicklung (nach Locher et al. 1997, verändert)	37
Tabelle 8: Schutzgutbezogene Zielsetzungen einer nachhaltigen regionalen Entwicklung (nach Locher et al. 1997, verändert)	37
Tabelle 9: Beispiele für die Operationalisierung und planerische Umsetzung von Bodenschutzzielen (nach Happe et al. 1999, verändert)	38
Tabelle 10: Umsetzung von Bodenschutzzielen mit raum- und fachplanerischen Instrumenten (nach Happe et al. 1999, verändert)	38
Tabelle 11: Zuordnung übergeordneter Leitbilder und Umweltqualitätsziele zu Landschaftsfunktionen	40
Tabelle 12: Gliederung der räumlichen Gesamtplanung und der Landschaftsplanung	42
Tabelle 13: Nutzungsbeschränkungen in Vorrangbereichen der Regionalplanung (nach Kistenmacher 1996, verändert)	44
Tabelle 14: Bevölkerungsentwicklung im Regierungsbezirk Dessau nach Landkreisen zwischen 1990 und 1999 (Quelle: Statistisches Landesamt 2000; Oelkers 1997)	59
Tabelle 15: Ableitung von Bodenartenspektren aus den Substratflächentypen der Bodenformengesellschaften der Bodeneinheiten der BÜK 200 (nach Kainz & Hartmann 1997, verändert)	69
Tabelle 16: Ableitung repräsentativer Bodenarten aus den Korngrößenverteilungen des Bodenartenspektrums nach KA4 am Beispiel des Substrates ‚Löss‘	70
Tabelle 17: Repräsentative Bodenarten und bodenkundliche Parameter der Substrate und Bodenartenspektren der BÜK200 für den Regierungsbezirk Dessau	70
Tabelle 18: Ausgangsdaten für die Analyse und Bewertung von Landschaftsfunktionen	74
Tabelle 19: Anforderungen an Indikatoren im ExWoSt-Forschungsfeld „Städte der Zukunft“ (nach Dosch & Fuhrich 1999)	84
Tabelle 20: Indikatoren im Bereich Bodenressourcen (nach Walz et al. 1997)	84
Tabelle 21: Eingangsparameter zur Berechnung der Grundwasserneubildung mit dem Modell ABIMO (nach Glugla & Fürtig 1997)	88

Tabelle 22: Ermittlung des Abflussquotienten , Q_A ‘ in Abhängigkeit von Hangneigung und Hydro-morphiegrad nach Röder (in Bastian & Schreiber 1999) und Mannsfeld et al. (1998)	90
Tabelle 23: Quantitative Einschätzung der Grundwasserneubildung nach Marks et al. (1992)	90
Tabelle 24: Klassen der Wasserdurchlässigkeit nach kf-Werten der repräsentativen Bodenarten der Deckschichten der BÜK200	95
Tabelle 25: Einschätzung der Grundwasserschutzfunktion nach Zepp in Marks et al. (1992) und Röder & Templer in Bastian & Schreiber (1999) (verändert)	95
Tabelle 26: Faktoren und Parameter zur Bestimmung des biotischen Ertragspotentials nach Glawion in Marks et al. (1992), verändert	98
Tabelle 27: Faktoren der ABAG	101
Tabelle 28: Bodenartbedingte Erodierbarkeit durch Wasser nach KA4 (AG Boden 1992)	102
Tabelle 29: Klassen der boden- und reliefabhängigen Erosionsgefährdung nach Capelle & Lüders (1985, verändert)	102
Tabelle 30: Einschätzung der potentiellen Wassererosionsgefährdung in Abhängigkeit von Boden, Relief und Klima nach Hennings (1994) unter Verwendung von Schwertmann, Vogl & Kainz (1990)	103
Tabelle 31: Bewertung der Einzelfaktoren der Abflussregulationsfunktion nach Marks et al. (1992) und KA4 (AG Boden 1992, zur Ableitung der nFK)	106
Tabelle 32: Einschätzung der Abflussregulationsfunktion nach Zepp in Marks et al. (1992)	106
Tabelle 33: Einschätzung der potentiellen Nitratauswaschungsgefährdung anhand der Austauschhäufigkeit des Bodenwassers (nach DBG 1992, verändert)	109
Tabelle 34: Verknüpfungsmatrix zur Bewertung von Eignung, Empfindlichkeit und potentiellen Schutzwürdigkeit der Landschaftsfunktion „Erneuerung der Grundwasserressourcen“	113
Tabelle 35: Verknüpfungsmatrix zur Bewertung der Eignung, Empfindlichkeit und potentiellen Schutzwürdigkeit der Landschaftsfunktion ‚landwirtschaftliche Ertragsfunktion‘	120
Tabelle 36: Bewertung des potentiellen Sicherungsbedarfs und des potentiellen Entwicklungsbedarfs der Landschaftsfunktion „Regulation des Wasser- und Stoffhaushaltes“	124

Abbildungen

Abbildung 1: Aufbau des Verfahrens zur Sicherung und Entwicklung von Landschaftsfunktionen im Rahmen der planerischen Umweltvorsorge auf regionaler Ebene	6
Abbildung 2: In Kapitel 2 bearbeitete Teile der Verfahrensentwicklung	7
Abbildung 3: Homogenität und Heterogenität als Ausdruck relativer Zusammenhänge zwischen den Skalen (nach Herz 1994, stark verändert)	16
Abbildung 4: In Kapitel 3 bearbeitete Teile der Verfahrensentwicklung	25
Abbildung 5: Modelle funktionsräumlicher Differenzierung in Raumplanung und (Landschafts-) Ökologie	29
Abbildung 6: Bodenschutzfachliche Kriterien zur Formulierung und Operationalisierung von Bodenschutzzielen (nach Happe et al. 1999, verändert)	39
Abbildung 7: In Kapitel 4 bearbeitete Teile der Verfahrensentwicklung	41
Abbildung 8: Landschaftseinheiten des Regierungsbezirks Dessau (nach Krönert 1998)	58
Abbildung 9: In Kapitel 6 bearbeitete Teile der Verfahrensentwicklung	64
Abbildung 10: GIS-Datenmodell des Verfahrens zur Analyse und Bewertung von Landschaftsfunktionen im Regierungsbezirk Dessau	73
Abbildung 11: In Kapitel 7 bearbeitete Teile der Verfahrensentwicklung	77
Abbildung 12: Schema eines mehrstufigen Bewertungsmodells (Bastian 1997, verändert)	78
Abbildung 13: Ablaufschema der Ökologischen Risikoanalyse (Bachfischer 1978, verändert)	80
Abbildung 14: Bewertungsbaum zur Bestimmung der Empfindlichkeit und Verknüpfungsmatrix zur Bestimmung der potentiellen Schutzwürdigkeit für die Landschaftsfunktion Erneuerung der Grundwasserressourcen	80
Abbildung 15: Aufbau einer Nutzwertanalyse (nach Bechmann 1989, verändert)	81
Abbildung 16: Modifizierte Form der Ökologischen Risikoanalyse in der Umweltplanung (nach Kühling 1992)	82
Abbildung 17: Das Pressure-State-Response (PSR) Modell (nach OECD 1998)	83
Abbildung 18: Landschaftswasserhaushalt und Abflusskomponenten (nach Baumgartner & Liebscher 1990)	86
Abbildung 19: Ausprägung des Effektivitätsparameters ‚n‘ der BAGROV-Beziehung in Abhängigkeit von Landnutzung und Boden (nach DVWK 1996a, verändert)	88
Abbildung 20: Anwendung der Verfahrensentwicklung im Regierungsbezirk Dessau	111
Abbildung 21: Eignung und Empfindlichkeit von Landschaftseinheiten des Regierungsbezirks Dessau in Bezug auf die Erneuerung der Grundwasserressourcen	113
Abbildung 22: Eignung und Empfindlichkeit der Landschaftseinheiten des Regierungsbezirks Dessau in Bezug auf die ‚landwirtschaftliche Ertragsfunktion‘	119
Abbildung 23: Aufbau und Ergebnisse des Analyse- und Bewertungsverfahrens für die planerische Umweltvorsorge	143
Abbildung 24: Application and results of the landscape function assessment procedure	150

Karten

Karte 1: Substrate der Bodenbildung	54
Karte 2: Bodentypen	55
Karte 3: Bodenbedeckung im Regierungsbezirk Dessau	56
Karte 4: Ausgewählte Vorranggebiete und Vorsorgegebiete des Regionalen Entwicklungsprogramms Dessau	62
Karte 5: Klimatische Datengrundlagen	65
Karte 6: Digitales Geländemodell des Regierungsbezirks Dessau - Höhen über NN	66
Karte 7: Kenngrößen des Landschaftswasserhaushaltes im Regierungsbezirk Dessau – Reale Verdunstung und Gesamtabfluss	91
Karte 8: Kenngrößen des Landschaftswasserhaushaltes im Regierungsbezirk Dessau - Mittlere jährliche Grundwasserneubildung (Basisabfluss)	92
Karte 9: Einschätzung der Grundwasserschutzfunktion	97
Karte 10: Einschätzung des biotischen Ertragspotentials	99
Karte 11: Einschätzung der potentiellen Wassererosionsgefährdung	104
Karte 12: Einschätzung der Abflussregulationsfunktion	107
Karte 13: Einschätzung der potentiellen Nitratauswaschungsgefährdung	110
Karte 14: Bewertung der Landschaftsfunktion ‚Erneuerung der Grundwasserressourcen‘ – Potentielle Schutzwürdigkeit und Funktionssicherung in der Regionalplanung	115
Karte 15: Bewertung der Landschaftsfunktion ‚landwirtschaftliche Ertragsfunktion‘ – Potentielle Schutzwürdigkeit und Funktionssicherung in der Regionalplanung	121
Karte 16: Bewertung der Landschaftsfunktion ‚Regulation des Wasser- und Stoffhaushaltes‘ – Potentielle Schutzwürdigkeit und Potentieller Entwicklungsbedarf	125
Karte 17: Integrierte Funktionsbewertung – Konflikte und Komplementaritäten bei Sicherung und Entwicklung der Landschaftsfunktionen	129

Abkürzungen

ABAG	Allgemeine Bodenabtragungsgleichung
ABIMO	Abfluss-BILDungs-MOdelL nach Glugla & Fürtig (1997)
AH	Austauschhäufigkeit des Bodenwassers
ARL	Akademie für Raumforschung und Landesplanung
BBR	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
BfLR	Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung
BKF	bodenkundliche Feuchtestufe
BBodSchG	Bundesbodenschutzgesetz
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BÜK	Bodenübersichtskarte (z.B. im Maßstab 1:200.000 = BÜK200)
CORINE	COordination on INformation on the Environment
DBG	Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft
DGM	Digitales Geländemodell
DWD	Deutscher Wetterdienst
ETp	potentielle Evapotranspiration (Verdunstung)
ETa	tatsächliche Evapotranspiration (Verdunstung)
EUREK	Europäisches Raumentwicklungskonzept
FK	Feldkapazität
FK _{WE}	Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik der EU
GIS	Geographisches Informationssystem
GLA	Geologisches Landesamt
GWFA	Grundwasserflurabstand
KA4	4. Auflage der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AG Boden 1994)
KGK	kleinste gemeinsame Geometrien als Verschneidungsprodukte mehrerer Datenschichten
LAU	Landesamt für Umweltschutz des Landes Sachsen-Anhalt
LANA	Länderarbeitsgemeinschaft Naturschutz
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LEP	Landesentwicklungsprogramm
LNF	Landwirtschaftliche Nutzfläche
LPIG-LSA	Landesplanungsgesetz Sachsen-Anhalt
LRP	Landschaftsrahmenplan
LSA	Land Sachsen-Anhalt
LSG	Landschaftsschutzgebiet
LUA	Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
MELF	Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Sachsen-Anhalt
MUN	Ministerium für Umwelt und Naturschutz Sachsen-Anhalt
MRLU	Ministerium für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt
MKRO	Ministerkonferenz für Raumordnung
MMK	Mittelmaßstäbige landwirtschaftliche Standortkartierung der DDR
nFK	nutzbare Feldkapazität
nFK _{WE}	nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes
NIBIS	Niedersächsisches Bodeninformationssystem
NSG	Naturschutzgebiet
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
ÖVS	Ökologisches Verbundsystem (Biotopverbundsystem in Sachsen-Anhalt)

PSR-Modell	Pressure-State-Response-Modell
R	Gesamtabfluss (runoff)
R _D	Direktabfluss (Oberflächenabfluss und Zwischenabfluss (interflow))
REK	Regionales Entwicklungskonzept
REP	Regionales Entwicklungsprogramm
ROG	Raumordnungsgesetz
ROV	Raumordnungsverfahren
R _U	Basisabfluss; entspricht der Grundwasserneubildung im langj. Mittel
SRU	Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen
STABIS	Statistisches Bodeninformationssystem des Statistischen Bundesamtes
STAU	Staatliches Amt für Umweltschutz, Umweltfachbehörden der Regierungsbezirke in Sachsen-Anhalt
TK	Topographische Karte
TGL	Technische Güte und Lieferbedingungen; staatliche Standards der DDR
UBA	Umweltbundesamt
UQS	Umweltqualitätsstandard; teilweise auch als Umwelthandlungsziel bezeichnet
UQZ	Umweltqualitätsziel
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung

Vorwort

Die umweltpolitische Diskussion der 1990er Jahre war spätestens seit dem sogenannten ‚Gipfel von Rio‘ vom Konzept der nachhaltigen Entwicklung geprägt. Für angewandte Umweltforschung und –planung ergab sich damit die Möglichkeit, Fragen der ökologischen Funktionsfähigkeit von Systemen, insbesondere von Landschaften, eine breitere Aufmerksamkeit zu verschaffen. Es existieren inzwischen eine Vielzahl von Arbeiten zu „*Konzepten einer dauerhaft-umweltgerechten Nutzung ländlicher Räume*“ (SRU 1996) und zum „*Gesamtinstrumentarium zur Erreichung einer umweltgerechten Raumnutzung*“ (Bauer et al. 1996). Die Planungswissenschaften bemühen sich, ökologischen Belangen durch eine Stärkung der Landschaftsplanung und eine verbesserte Integration ihrer Ziele in die Regionalplanung (von Dressler et al. 2000) sowie eine aktivere Rolle der Regionalplanung selbst (ARL 1995) mehr Bedeutung zu verleihen. In der Landschaftsökologie und ihren Nachbardisziplinen ist ein systemorientiertes, um ökologische Zusammenhänge bemühtes Denken lange etabliert. Grundlegende Arbeiten aus dem deutschsprachigen Raum sind die Landschaftslehre von Neef (1967) und darauf aufbauende komplexe Analysemethoden (Haase 1991, Leser 1997). Während im angloamerikanischen Raum Ansätze der quantitativen Landschaftsstrukturanalyse weit verbreitet sind (Forman & Godron 1986), ist in Teilen der deutschsprachigen Landschaftsökologie eine Konzentration auf prozessorientierte Modellierungen des Wasser- und Stoffhaushaltes zu beobachten (Steinhardt & Volk 1999).

Die vorliegende Arbeit ist zwischen Januar 1997 und Juni 2000 im Rahmen des Forschungsprojektes „*Landschaftsentwicklung, Landschaftshaushalt und Mehrfachnutzung der Landschaft in der Region Dessau-Bitterfeld-Wittenberg*“ in der Sektion Angewandte Landschaftsökologie am UFZ - Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle unter der Leitung von Prof. Dr. Rudolf Krönert entstanden. Vor dem Hintergrund typischer Nutzungskonflikte des ländlichen Raums und der Anforderungen an eine umweltgerechte Landschaftsentwicklung werden mit einem interdisziplinären Ansatz landschaftsökologische Methoden und planungsfachliche Instrumente im Sinne einer umfassenden Umweltvorsorge verknüpft.

Im Zentrum des Untersuchungsraumes liegt das Dessau-Wörlitzer Gartenreich mit dem Wörlitzer Park als historischem Kern, mit dem erstmals die englische Landschaftsgartenidee auf dem europäischen Festland durch den Fürsten Franz von Anhalt-Dessau (1740-1817) aufgegriffen wurde. Der Wörlitzer Park ist Ausdruck des romantisch verklärten Landschaftsverständnisses des späten 18. Jahrhunderts. Gleichzeitig stellt er aber den von den Ideen der Aufklärung getragenen Versuch der Verbindung von Natur und Kultur zu einer sowohl in ästhetischer als auch funktionaler Hinsicht harmonischen Kulturlandschaft dar. Genau dieser Versuch wird heute mit der Entwicklung von Strategien und Konzepten für eine nachhaltige Landschaftsentwicklung erneut unternommen.

Für die fachliche Unterstützung, Diskussion sowie das gute Arbeitsklima bedanke ich mich bei allen Kollegen der Sektion Angewandte Landschaftsökologie.

Mein besonderer Dank gilt Prof. Dr. Rudolf Krönert für die Betreuung der Arbeit, gezielte Anregungen und letztlich auch große Geduld. Bei Isabel Augenstein, Dr. Uta Steinhardt und nicht zuletzt bei Dr. Martin Volk bedanke ich mich herzlich für den regen Gedankenaustausch und die große Unterstützung.

Herrn PD Dr. Thomas Littmann danke ich herzlich für die Übernahme der universitären Betreuung am Institut für Geographie der MLU Halle-Wittenberg und die nunmehr schon langjährige Unterstützung. Ebenso bedanke ich mich bei Prof. Dr. Gerd Schulte vom Institut für Landschaftsökologie der WWU Münster für die spontane und bereitwillige Übernahme der Begutachtung. Dr. Rob Jongman von der Landbouwniversiteit Wageningen hat mir im Herbst 1997 einen dreimonatigen Forschungsaufenthalt an der Abteilung Ruimtelijke Planvorming ermöglicht. Die herzliche Aufnahme und seine große Hilfsbereitschaft haben mir zu einer lehrreichen und wertvollen Zeit in Wageningen verholfen. Vielen Dank, Rob.

Antworten, Anregungen und Unterstützung habe ich zudem von Herrn Dr. Hartmann vom GLA Sachsen-Anhalt, den Herren Tandel und Dr. Thalmann vom RP Dessau sowie den Herren Senze, Szekely und Dr. Weiland vom LAU Sachsen-Anhalt erhalten. Ihnen allen ein großes Dankeschön. Gleiches gilt für Herrn Prof. Dr. Kühling vom Institut für Geographie der MLU Halle-Wittenberg, der mir in Fragen planungsfachlicher Bewertung weitergeholfen und den Vorsitz der Promotionskommission übernommen hat.

Meinen Freunden und meiner Familie danke ich für die nötige Ablenkung und wichtige Aufmunterung - auch und besonders dann, wenn es mal nicht so gut lief.

1 Einordnung des Themas

1.1 Probleme regionaler Umweltforschung und Umweltplanung

Die planerische Umweltvorsorge hat die Aufgabe, den langfristigen Schutz biotischer, abiotischer und ästhetischer Ressourcen zu gewährleisten und gleichzeitig deren umweltgerechte Nutzung zu ermöglichen. Von zentraler Bedeutung ist dabei die regionale Ebene. Hier müssen übergeordnete Schutz- und Entwicklungsziele präzisiert und räumlich differenziert werden, um in koordinierte Maßnahmen auf regionaler und lokaler Ebene münden zu können. Dies erfordert die Kenntnis landschaftshaushaltlicher Zusammenhänge und der räumlichen Verflechtung von Nutzungsansprüchen. Beides erschließt sich nicht aus standörtlichen oder lokalen Betrachtungen, sondern erst aus der regionalen, den Gesamtzusammenhang herstellenden Perspektive.

Sowohl auf Seiten der landschaftsökologischen Landschaftsanalyse und -bewertung als auch auf Seiten der planungsfachlichen Zielformulierung, -abwägung und -implementierung bestehen auf regionaler Ebene methodische Defizite:

- In der Landschaftsökologie fehlen planungspraktisch einsetzbare Methoden und Modelle zur mesoskaligen Landschaftsanalyse. Die Komplexität landschaftlicher Systeme macht z.B. die Quantifizierung des wasser- und stoffhaushaltlichen Prozessgeschehens sehr aufwändig. Dies ist im Rahmen planerischer Fragestellungen bislang nicht praktikabel und teilweise wegen des Bedarfs an flächendeckend zeitlich und räumlich hoch aufgelösten Daten nicht machbar. Um so größere Bedeutung kommt der Identifizierung der skalenspezifischen Faktoren landschaftshaushaltlicher und -struktureller Prozesse zu (Klijn 1995, Hobbs 1997, Leser 1997, Steinhardt & Volk 1999, 2000).
- Für die Übertragung landschaftsökologischer Erkenntnisse in planungsrelevante Aussagen müssen praktikable Indikatoren und normative Kriterien definiert werden, welche die schutzgut- und nutzungsbezogene Bewertung der unterschiedlichen Eignung, Empfindlichkeit und Belastung von Landschaften ermöglichen, um ihre Bedeutung für Landschaftsfunktionen differenziert berücksichtigen zu können (Bachfischer et al. 1980, Niemann 1982, Bechmann 1989, Haase 1991, Marks et al. 1992, Bastian 1997, 1999a, Bastian & Schreiber 1999).
- Regionalplanung und überörtliche Landschaftsplanung, als regionale Ebene der räumlichen Gesamtplanung bzw. als querschnittsorientierte Fachplanung des Naturschutzes und der Landschaftspflege, nehmen zentrale Aufgaben der planerischen Umweltvorsorge wahr (Bauer et al. 1996). Beide haben jedoch massive Implementierungsschwierigkeiten bei der Verfolgung ihrer Ziele (Ramsauer 1993, Hübler et al. 1996). Insbesondere die Regionalplanung muss im Rahmen der langfristigen Umweltvorsorge eine aktivere Integrationsfunktion übernehmen und verstärkt landschaftsrahmenplanerische Inhalte integrieren (Finke et al. 1993, Kiemstedt et al. 1993, Finke 1996, von Dressler et al. 2000).

Es fehlt ein transparentes und übertragbares Verfahren, das die landschaftsökologisch abgesicherte Formulierung schutzgut- und nutzungsbezogener Ziele der regionalplanerischen

Umweltvorsorge ermöglicht. Als wichtiges technisches Hilfsmittel haben sich in den vergangenen 10 Jahren Geographische Informationssysteme (GIS) sowohl in landschafts-ökologisch-geographischer Analyse und Modellierung als auch in planungsfachlicher Bewertung und Zielformulierung etabliert (Blaschke 1997, Schaller 1996).

Voraussetzung für die Inwertsetzung der damit verbundenen Möglichkeiten ist jedoch ein interdisziplinäres Verständnis der Möglichkeiten und Grenzen regionaler Umweltforschung und -planung. Landschaftsökologische Analysen, die den Anspruch erheben, der Planungspraxis Grundlagen oder gar Ziele einer nachhaltigen Raum- und Landschaftsentwicklung bereitzustellen, müssen mehreren Anforderungen gerecht werden. Planungsbezogene Analysen stehen in einem normativen Kontext, so dass bereits deskriptive Aussagen bewusst oder unbewusst wertenden Charakter erhalten. Der Transfer von einer landschaftsökologischen Sachebene auf die planungspraktische Wertebene, also Bewertung im eigentlichen Sinne, muss über transparente und intersubjektiv gültige Kriterien erfolgen, damit beide Seiten dieselbe Sprache sprechen und Missverständnisse verhindert werden. Zum anderen muss bei der landschaftsökologischen Analyse und Bewertung die planungsfachliche Bedeutung wertender Begriffe wie ‚Eignung‘, ‚Leistungsfähigkeit‘, ‚Empfindlichkeit‘ oder ‚Gefährdung‘ berücksichtigt werden. Diese Begriffe sind eindeutig belegt, werden jedoch häufig in landschaftsökologischen Arbeiten unscharf und bisweilen willkürlich verwendet.

1.2 Ziel und Herangehensweise

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung eines mesoskaligen landschaftsökologischen Verfahrens zur Sicherung und Entwicklung von Landschaftsfunktionen durch eine an den Bedürfnissen der Planungspraxis orientierte Verknüpfung von

- mesoskalig einsetzbaren und planungspraktisch anwendbaren, landschaftsökologischen Analyse- und Modellierungsmethoden,
- normativen Grundlagen für die Bewertung von Landschaftsfunktionen und die Formulierung von Zielen zu ihrer Sicherung und Entwicklung,
- planerischen Instrumenten und Prozessen sowie
- einem Geographischen Informationssystem (GIS) als Analyse- und Entscheidungs- sowie Informations- und Visualisierungsgrundlage.

Das Verfahren ist als Werkzeug für eine integrierte raumordnerische und landschaftsplanerische Umweltvorsorge auf regionaler Ebene konzipiert und wird exemplarisch am Beispiel des Regierungsbezirks Dessau angewendet und diskutiert (vgl. Petry & Krönert 1998).

Eine wesentliche integrative und analytische Funktion kommt der Verwendung von GIS zu, mit deren Hilfe Grundlagen landschaftsfunktionsbezogener Umweltvorsorge erarbeitet, regionalplanerische Steuerungsmöglichkeiten aufgezeigt und die Formulierung räumlich differenzierter Ziele im Planungsprozess visualisiert und damit nachvollziehbar werden. Damit sind GIS auch ein wichtiges Hilfsmittel zur Verbesserung der Transparenz von Planungs-

ablaufen, der Partizipationsmöglichkeiten und der an Bedeutung gewinnenden Moderationsfunktion räumlicher Planung.

Diese Arbeit stellt das Modell der Landschaftsfunktionen sowie die Methoden und Konzepte zur darauf aufbauenden funktionsräumlichen Differenzierung in den Mittelpunkt der Verfahrensentwicklung. Damit lässt sich die Integration schutzgut- und nutzungsbezogener Aspekte der Umweltvorsorge auf der Basis des komplexen landschaftlichen Wirkungsgefüges gewährleisten. Landschaftsfunktionen bilden die Schnittstelle zwischen landschaftsökologischer Analyse und planerischer Steuerung der räumlichen Entwicklung. Die Analysen und Bewertungen finden auf mesoskaliger Ebene statt, was einerseits die Passfähigkeit verwendeter Daten und Methoden erfordert und ermöglicht, aber andererseits auch deren sachliche, räumliche wie zeitliche Differenziertheit begrenzt. Die skalenspezifischen Möglichkeiten und Grenzen des Verfahrens müssen daher herausgearbeitet und diskutiert werden.

Den abiotischen Ressourcen Wasser und Boden kommt sowohl als Schutzgüter zur Gewährleistung der Funktionsfähigkeit des Landschaftshaushaltes als auch aufgrund ihrer intensiven Nutzung eine zentrale Bedeutung in der planerischen Umweltvorsorge zu. Sie sind wesentliche, den Naturhaushalt und die Landschaftsstruktur prägende Landschaftskompartimente, die mit ihren integrierten und integrierenden Eigenschaften die Komplexität des Wirkungsgefüges in Landschaften widerspiegeln. Wasser und Boden bedingen daher in starkem Maße die räumliche Differenzierung von Landschaftsfunktionen.

Der Rahmen dieser Arbeit ist in mehrfacher Hinsicht begrenzt. Es kann nicht das ganze Aufgabenspektrum planerischer Umweltvorsorge abgedeckt werden. Vielmehr werden anhand ausgewählter wasser- und bodenabhängiger Landschaftsfunktionen die Einsatzmöglichkeiten eines interdisziplinär angelegten Verfahrens für die Erreichung einer nachhaltigen Landschaftsentwicklung aufgezeigt. Der landschaftsbezogene Ansatz begrenzt zudem die Zahl der Faktoren, die bei der Bewertung von Landschaftsfunktionen berücksichtigt werden können.

Das Verfahren zur Sicherung von Landschaftsfunktionen durch die planerische Umweltvorsorge soll transparent, übertragbar und praxisrelevant sein. Um dies sicherzustellen, sollen folgende Fragen als eine Art Forderungskatalog formuliert und mit der vorliegenden Arbeit beantwortet werden:

- Welche Landschaftsfunktionen lassen sich mit den vorhandenen oder in der Diskussion befindlichen regionalplanerischen Steuerungsmöglichkeiten (Instrumente, Gebietskategorien und Planungsverfahren) sichern?
- Welche natürlichen und anthropogenen Faktoren bestimmen die Ausprägung der Landschaftsfunktionen auf mesoskaliger Ebene und ermöglichen so die funktionsräumliche Differenzierung?
- Mit welchen flächendeckend verfügbaren und öffentlich zugänglichen Daten lassen sich die Faktoren operationalisieren? In welcher Auflösung (zeitlich, räumlich, sachliche Gliederungstiefe) stehen sie zur Verfügung, und welche Implikationen hat dies für Aussagemöglichkeiten und funktionsräumliche Differenzierung?

- Welche Indikatoren können zur planungsbezogenen Bewertung der Landschaftsfunktionen herangezogen werden, und mit welchen vorhandenen oder zu entwickelnden Methoden lassen sie sich praxisnah herleiten?
- Welche normativen Wertmaßstäbe dienen als Kriterien für die Formulierung von landschaftsfunktionsbezogenen Zielen der Umweltvorsorge, für ihre Gewichtung und Integration im räumlichen und funktionalen Gesamtzusammenhang?
- Welche Instrumente stehen zur Implementierung der Ziele zur Verfügung? Welche Konsequenzen ergeben sich aus der wachsenden Bedeutung diskursiver und partizipativer Planungsabläufe und Entscheidungsprozesse für die landschaftsökologische Verfahrensentwicklung?
- Welche Möglichkeiten bietet die Einbettung der Verfahrensentwicklung in ein Geographisches Informationssystem für einen integrativen Ansatz, die Transparenz der Vorgehensweise und die Flexibilität im Hinblick auf unterschiedliche Fragestellungen, Entscheidungsprozesse und Zieldefinitionen?

Die besonderen Anforderungen, denen landschaftsökologische Arbeiten mit einem expliziten Planungsbezug unterliegen, fasst Mosimann (1999: 17) für die praxisorientierte Verfahrensentwicklung zusammen:

- Beschränkung auf die wesentlichen Faktoren und Zusammenhänge,
- Beschränkung auf allgemein erfassbare bzw. verfügbare Daten,
- Beschränkung auf im Routineeinsatz eindeutig erfassbare Merkmale,
- Robustheit der Berechnungsansätze (fehlerhafte Einschätzung einzelner Parameter darf sich nicht zu stark auf das Bewertungsergebnis auswirken),
- größere Fehlertoleranz (im Vergleich zu reinen Forschungsvorhaben),
- gute Handhabbarkeit, klar und eindeutig strukturiertes Vorgehen sowie
- rezeptartige Anleitung, ausführliche Dokumentation.

Diese Forderungen werden im Zuge der Verfahrensentwicklung aufgenommen und in den Teilkapiteln diskutiert.

Die Entwicklung des Verfahrens und seine exemplarische Anwendung erfolgt am Beispiel des Regierungsbezirks Dessau. Diese Region ist ein charakteristischer Ausschnitt des norddeutschen Altmoränenlandes, der dessen natur- und kulturräumliche Entwicklung in seiner ganzen Vielfalt widerspiegelt und gleichzeitig Planungsraum der Regionalplanung ist. Damit bietet der Regierungsbezirk Dessau ideale Voraussetzungen für eine planungsbezogene landschaftsökologische Untersuchung vor dem Hintergrund natürlicher Voraussetzungen und aktueller Tendenzen der Landschaftsentwicklung im nördlichen Mitteleuropa. Dazu zählen der Agrarlandschaftswandel, der sich hier auf engem Raum in gegensätzlichen Prozessen manifestiert, die Bedeutung pleistozäner Landschaften für die Bereitstellung und Sicherung von Grundwasserressourcen sowie der beide Aspekte verknüpfende Wasser- und Stoffhaushalt. Besondere Bedeutung erhält die Sicherung von Landschaftsfunktionen in diesem

Raum durch die seit 10 Jahren andauernde radikale Veränderung sozialer und ökonomischer Strukturen, welche die planerische Umweltvorsorge mit massiven Konflikten konfrontiert.

1.3 Aufbau der Arbeit

Kapitel 2 erläutert und definiert Landschaftsfunktionen aus landschaftsökologischer und planungsfachlicher Sicht (Definition und Auswahl, Implikationen der Skalenebene). Obwohl damit einige normative Grundannahmen vorweggenommen werden, erscheint es sinnvoll, die Erörterung des Konzeptes der Landschaftsfunktionen an den Anfang zu stellen, da dies die Basis aller weiteren Ausführungen darstellt. In Kapitel 3 wird der normative Rahmen definiert, in den sich die Verfahrensentwicklung einordnet und aus dem sich Kriterien für die Formulierung von Zielen zur Sicherung und Entwicklung von Landschaftsfunktionen herleiten lassen. Im Mittelpunkt von Kapitel 4 stehen die Möglichkeiten und Grenzen planungsfachlicher Steuerung von Landschaftsfunktionen im Sinne einer nachhaltigen Landschaftsentwicklung. Dazu werden die Aufgaben, Instrumente und Prozesse der Regional- und Landschaftsplanung kritisch diskutiert.

Aufbauend auf den in Kapitel 2, 3 und 4 formulierten Grundlagen werden in Kapitel 7 die Methoden der Analyse und Bewertung von Landschaftsfunktionen vorgestellt und die Analyseergebnisse für den Regierungsbezirk Dessau erörtert. Das setzt jedoch die Kenntnis des Untersuchungsraumes, der verwendeten Datengrundlagen und ihrer GIS-technischen Verarbeitung voraus. Diese Basisinformationen werden in den Kapiteln 5 und 6 bereitgestellt. Unabhängig vom Untersuchungsraum sind in Kapitel 6 die Erläuterungen zu den Anwendungsmöglichkeiten von GIS und Fragen des Zusammenhangs zwischen inhaltlicher Aussage und räumlichem Bezug bei GIS-technisch veränderten räumlichen Daten. Desweiteren werden in Kapitel 7 methodische Grundlagen des Bewertungskonzeptes der ökologischen Risikoanalyse in Umweltforschung und Umweltplanung dargelegt. Darin werden die einzelnen fachlichen Methoden und Modelle, die in dieser Arbeit zur Analyse funktionaler Zusammenhänge eingesetzt werden, eingeordnet.

Wesentliche Aufgabe des Kapitels 7 ist es, Parameter für die Erfassung der skalenspezifischen Faktoren, Prozesse und Strukturen zu identifizieren und darauf aufbauend für die Bewertung der Eignung und Empfindlichkeit relevante Indikatoren zu definieren.

In Kapitel 8 werden die einzelnen Schritte zur multikriteriellen Bewertung der Landschaftsfunktionen (Eignung, Empfindlichkeit, Schutzwürdigkeit) beschrieben und die Aggregation der Einzelfunktionen zu multifunktionalen Aussagen für den Gesamttraum herausgearbeitet.

Damit sind die Grundlagen und Bestandteile des Verfahrens definiert, wie sie in Abbildung 1 wiedergegeben sind. Dieses Schema des Verfahrensablaufes kann eigentlich erst am Ende der Arbeit stehen, da es die Verfahrensentwicklung als Ergebnis der Arbeit wiedergibt. Zur besseren Orientierung wird es an den Anfang gestellt, um den strukturellen Aufbau deutlich zu machen. Als eine Art ‚Roter Faden‘ werden zu Beginn eines jeden Kapitels diejenigen Bestandteile des Schemas hervorgehoben, die bearbeitet werden.

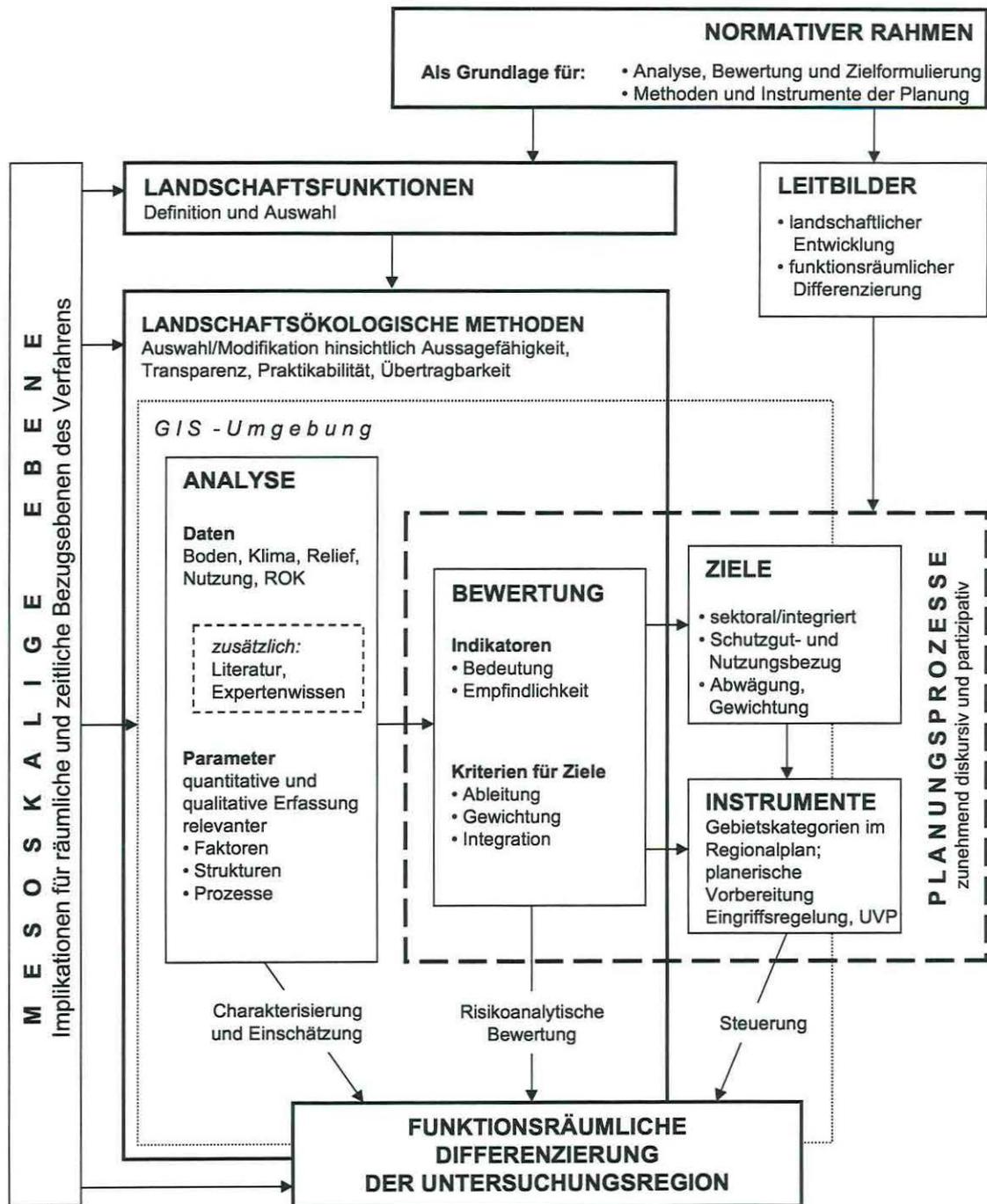


Abbildung 1: Aufbau des Verfahrens zur Sicherung und Entwicklung von Landschaftsfunktionen im Rahmen der planerischen Umweltvorsorge auf regionaler Ebene

Eine abschließende Diskussion und der Ausblick auf künftige Einsatzmöglichkeiten des Verfahrens vor dem Hintergrund aktueller Entwicklungen in Umweltpolitik und -planung finden sich in Kapitel 9, dem eine Zusammenfassung der Arbeit in Kapitel 10 folgt.

2 Landschaftsökologische und planungsfachliche Grundlagen

Landschaftsfunktionen sind zentraler Gegenstand dieser Arbeit. Daher wird in Kapitel 2 die Einordnung des Funktionskonzeptes in landschaftsökologische und planungswissenschaftliche Theorien und Modelle vorgenommen. Dadurch lassen sich Landschaftsfunktionen als geeignetes Instrument einer interdisziplinären Umweltvorsorge identifizieren. Gleichzeitig werden die skalenspezifischen Implikationen der Verfahrensentwicklung für die Analyse und Bewertung von Landschaftsfunktionen auf mesoskaliger Ebene herausgearbeitet.

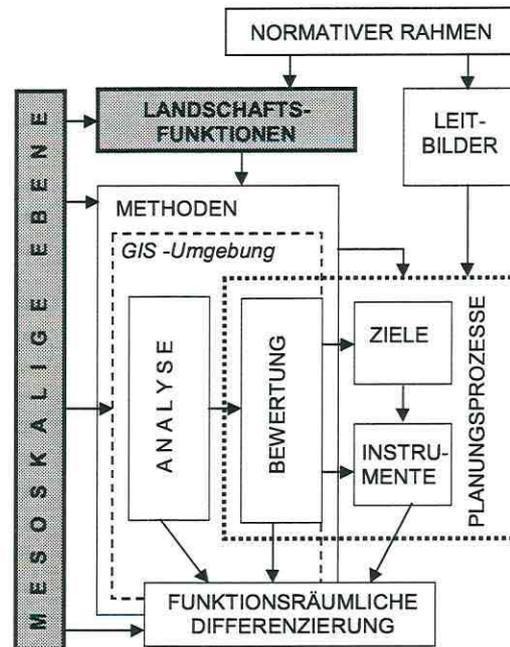


Abbildung 2: In Kapitel 2 bearbeitete Teile der Verfahrensentwicklung

2.1 Landschaftsfunktionen in Landschaftsökologie und Planung

2.1.1 Funktionen in der Landschaftsökologie

Das Konzept der Landschaftsfunktionen ist Teil der landschaftsökologischen Modellbildung und Theorie. Nach Leser (1997: 402) betrachtet die Landschaftsökologie als Raumwissenschaft ihren Gegenstand - bei Leser in erster Linie das Landschaftsökosystem - nach dem Funktionalitätsprinzip. Danach ist es die wesentliche analytische Aufgabe, die Funktionen und Funktionsbeziehungen zwischen den Landschaftsfaktoren und -komponenten zu untersuchen und damit die Systemzusammenhänge in Landschaften zu klären. Vereinfacht gesagt, steht nach Leser die Frage ‚Wie funktionieren Landschaften?‘ im Vordergrund. Eine ebenfalls systemtheoretische Definition liefern Forman & Godron (1986: 11), die „*landscape function*“ als „*the interactions among the spatial elements, that is, the flows of energy, materials, and species among the component ecosystems*“ bezeichnen. Sie stellen die Funktion als gleichberechtigtes Charakteristikum von Landschaften neben Struktur und Veränderung. Damit hebt sich diese Definition von der Sichtweise der europäischen Landschaftsökologie ab, die den hier als Funktion definierten Sachverhalt als Prozess bezeichnet (de Groot 1992, Leser 1997). Landschaftsfunktionen ergeben sich erst aus dem Zusammenwirken landschaftlicher Strukturen und Prozesse. Die Definition von Forman & Godron (1986) wird daher hier nicht weiter verfolgt.

In der angewandten Landschaftsökologie wird das Funktionalitätsprinzip um den Menschen als wesentlichen Teil von Landschaften erweitert. Landschaften sind Teil des umfassenden Mensch-Umwelt-Systems, das von verschiedenen Autoren modellhaft beschrieben wird (‘Sozioökonomisch-Ökologisches System‘ nach Messerli & Messerli (1978), ‘Total Human Ecosystem‘ nach Naveh (1996)). Landschaften erfüllen vielfältige Funktionen innerhalb des Naturhaushaltes und für die menschliche Gesellschaft. Der niederländische Ökologe de Groot (1992: 7) definiert die Funktionen der Natur als „*das Vermögen natürlicher Prozesse und Komponenten Güter und Leistungen bereitzustellen, die menschliche Bedürfnisse direkt und/oder indirekt befriedigen*“. Mit dieser anthropozentrischen Definition erweitert de Groot das systemtheoretische Funktionsverständnis im Sinne Lesers um die gesellschaftlichen Anforderungen an bestimmte Leistungen von Landschaften.

Tabelle 1: Funktionen der Natur (nach de Groot 1992, verändert)

Funktionsart	Einzelfunktion
Regulations- funktionen	Schutz vor schädlichen kosmischen Einwirkungen Regulation der lokalen und globalen Energiebilanz Regulation der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre Regulation der chemischen Zusammensetzung des Ozeans Regulation des lokalen und globalen Klimas (inkl. Wasserkreislauf) Abflussregulation und Hochwassermeidung Wasserrückhaltung und Grundwasserneubildung Schutz vor Bodenerosion und Sedimentationssteuerung Bildung des Oberbodens und Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit Festlegung von Sonnenenergie und Biomasseerzeugung Speicherung und Recycling von organischer Substanz Speicherung und Recycling von Nährstoffen Speicherung und Recycling von Abfällen Regulation der biologischen Steuerungsmechanismen Erhaltung und Migration von Stammhabitaten Erhaltung der biologischen (und genetischen) Diversität
Produktions- funktionen	Sauerstoff Wasser (Trink- und Brauchwasser, Bewässerung, etc.) Nahrung Genetische Ressourcen Medizinische Ressourcen Rohstoffe für Kleidung und Haushaltswaren Rohstoffe für Gebäude, Bauwesen und Industrie Biochemikalien Brennstoffe und Energie Futter und Dünger Schmuckressourcen
Standort- funktionen	Menschliches Wohnen und Siedeln Anbau von Kulturpflanzen, Haltung von Haustieren, Aquakultur Energieumwandlung Erholung und Tourismus Naturschutz
Informations- funktionen	Ästhetische Informationen Spirituelle und religiöse Informationen Historische Informationen Kulturelle und künstlerische Informationen Wissenschaftliche und Bildungsinformationen

Aufbauend auf die Arbeit von van der Maarel & Dauvellier (1978) hat de Groot eine umfassende Klassifikation von Funktionen vorgenommen (Tabelle 1), die sich an 4 Kategorien orientiert:

- *Regulationsfunktionen* beziehen sich auf die Fähigkeiten natürlicher und halb-natürlicher Ökosysteme, wichtige ökologische Prozesse zur Erhaltung des Systems zu regulieren.
- *Produktionsfunktionen* sind direkte und indirekte Funktionen der Natur in Form ihrer durch den Menschen genutzten erneuerbaren und nicht erneuerbaren Ressourcen.
- *Standortfunktionen* bezeichnen die Bereitstellung des Raumes (oder Substrates, Mediums) für bestimmte menschliche Nutzungen wie Bebauung, Landwirtschaft oder Erholung.
- *Informationsfunktionen* bestehen hinsichtlich der Wahrnehmbarkeit der natürlichen und kulturellen Entwicklungsgeschichte, der Ausprägung bestimmter Landschaftsbilder.

Die Klassifikation ist nicht in allen Fällen eindeutig und nicht durchgehend logisch strukturiert. So beeinflussen und bedingen Regulations- und Produktionsfunktionen einander gegenseitig. Landwirtschaft dient in erster Linie der Produktion, greift aber auch regulierend in den Landschaftshaushalt ein und ist Teil der Informationsfunktionen der Landschaft. Die Unterscheidung der Funktionen der Natur für die Landwirtschaft in die Produktionsfunktion ‚Biomasseproduktion‘ und die Standortfunktion ‚Bereitstellung des Ackers‘ ist zwar möglich, unter praktischen Gesichtspunkten aber wenig hilfreich.

Bastian (1997) reduziert die Kategorien auf drei und unterscheidet ökonomische (Produktionsfunktion), ökologische (Regulationsfunktion) und soziale (Lebensraumfunktion) Funktionen als Leistungen der Landschaft. Die de Groot'schen Standortfunktionen entfallen und die von ihm definierten Informationsfunktionen entsprechen den sozialen Funktionen bei Bastian. Damit lässt sich das Konzept der Landschaftsfunktionen in die Nachhaltigkeitsdiskussion mit ihren etablierten ökologischen, ökonomischen und sozialen Entwicklungskategorien einbinden (siehe Kapitel 3.1).

Zudem lassen sich landschaftshaushaltliche und direkt nutzungsbezogene Aspekte nicht voneinander trennen, da beispielsweise die naturhaushaltliche Regulierung des Wasser- und Stoffumsatzes in der Landschaft in direkter Wechselwirkung mit der Nutzung von Landschaften durch den Menschen steht, welche die landschaftshaushaltliche Regulierung massiv beeinflusst oder gar dominiert. Der Mensch ist integraler Bestandteil landschaftlicher Systeme, was die Unterscheidung natürlicher und gesellschaftlicher Funktionen ausgesprochen schwierig und fragwürdig werden lässt.

2.1.2 Funktionen in der Raum- und Umweltplanung

In den Planungswissenschaften wird ebenfalls mit einem funktionalen Ansatz gearbeitet. Unter der Funktion eines Raumes wird die Leistung verstanden, die dieser für die Gesellschaft erbringt. Damit ist keinesfalls nur ein im ökonomischen Sinne produktiver Nutzen gemeint, sondern darunter kann auch die Bereitstellung von Biotopen für als schützenswert eingestufte Tier- und Pflanzenarten verstanden werden. Aufgabe der Raumordnung ist die Steuerung

räumlicher Funktionen mit den Instrumenten der Raumplanung (ARL 1995a, Bauer et al. 1996, MRLU 1996a und b, ARL 1998). Dafür hat sie die Modelle der ausgeglichenen Funktionsräume und der funktionsräumlichen Arbeitsteilung entwickelt (Abbildung 5, S. 29). Für den Schutz, die Regeneration und die Entwicklung von Landschaftsfunktionen steht ein breites Instrumentarium unterschiedlichster Politik- und Planungsbereiche zur Verfügung (siehe Kapitel 4). Ein großer Teil dieser Instrumente wirkt direkt auf die Art und Intensität der Landnutzung ein (Agrarpolitik, Raumplanung oder fachliche Regelwerke (z.B. „ordnungsgemäße Landwirtschaft“)). Ein kleinerer Teil zielt auf die Beeinflussung landschaftlicher Strukturen und Prozesse (Freiraumschutz, Biotopverbundplanungen oder Vergabe von Wasserrechten) ab. Einen umfassenden Überblick über das „Gesamtinstrumentarium zur Erreichung einer umweltverträglichen Raumnutzung“ haben Bauer et al. (1996) geliefert.

Analog zur Dimensions-, Hierarchie- und Maßstabsebenenproblematik in der Landschaftsökologie kennt auch die Raumordnung unterschiedliche Dimensionen von Funktionsflächen und -räumen. Funktionen sind räumlich unterschiedlich dimensioniert, können also kleinflächig (z.B. Sportanlage) oder großflächig (Landschaftsschutzgebiet) sein. Unabhängig von der räumlichen Ausdehnung eines Funktionsraumes ist dessen gesellschaftliche Bedeutung zu sehen. Diese kann sich auf einen relativ kleinen Raum beschränken (z.B. die Sportanlage eines Dorfes dient den ortsansässigen Sportvereinen als Trainings- und Spielgelände) oder weit über die konkrete Funktionsfläche hinausreichen (z.B. versorgt eine Agrarlandschaft weitaus mehr Menschen mit Nahrungsmitteln, als diejenigen, die in ihr leben¹) bzw. die Bedeutung wird an einem anderen Ort wirksam als der, an dem sie gewissermaßen verortet ist (z.B. Region mit reichen Grundwasservorkommen, die der Trinkwasserversorgung eines weit entfernten Agglomerationsraumes dient²).

2.1.3 Landschaftsfunktionen und Naturraumpotentiale

Eine Landschaftsfunktion ist diejenige Leistung, die eine Landschaft in einem definierten Zusammenhang tatsächlich erbringt. Diese Leistung kann, in Anlehnung an die von Bastian (1997, s.o.) definierten Kategorien, ökologischer, ökonomischer oder sozialer Art sein. Das Potential ist hingegen Ausdruck der potentiellen Leistungsfähigkeit bzw. der Eignung einer Landschaft zur Erfüllung einer Funktion. Naturraumpotentiale dienen im Allgemeinen der Bewertung der Nutzungseignung bestimmter Naturausschnitte für den Menschen (Finke 1994: 112ff.) und bezeichnen das *Vermögen von Naturräumen bzw. Landschaften, gesellschaftlich nutzbare Leistungen zu erbringen* (Bastian & Schreiber 1999: 553).

¹ Um beim Sportplatzbeispiel zu bleiben:

Das Fußballstadion eines Bundesligavereins ist zwar kaum größer als die Sportanlage eines Dorfes, hat aber eine größere funktionsräumliche Bedeutung, da Anhänger jenes Vereins aus einem weiten Umkreis zu Heimspielen anreisen. Damit ist jedoch nicht gesagt, dass die funktionale Bedeutung des Fußballstadions größer ist als die der dörflichen Sportanlage.

² Ein weiteres Beispiel aus der Welt des Sports:

Das Rheinstadion in Düsseldorf diente dem Fußballverein Borussia Mönchengladbach in erfolgreicheren Zeiten als Austragungsort für große und internationale Begegnungen, da das eigene Stadion aufgrund der begrenzten Platzkapazität diese Funktion nicht erfüllen konnte. Funktion und Funktionserfüllung sind räumlich getrennt, da nur wenige Düsseldorfer die Spiele des ‚Regionalrivalen‘ besucht haben dürften.

In der Literatur ist die Unterscheidung zwischen Funktionen und Potentialen nicht immer eindeutig. Marks et al. (1992) unterscheiden bei der Bewertung der Leistungsfähigkeit des Landschaftshaushaltes die in Tabelle 2 genannten Funktionen und Potentiale.

Tabelle 2: Funktionen und Potentiale des Landschaftshaushaltes (nach Marks et al. 1992)

Funktionen	Potentiale
Erosionswiderstandfunktion	Grundwasserdargebotspotential
Filter-, Puffer- und Transformatorfunktion	Biotisches Ertragspotential
Grundwasserschutzfunktion	Landeskundliches Potential
Grundwasserneubildungsfunktion	
Abflussregulationsfunktion	
Immissionsschutzfunktion	
Klimameliorations- und bioklimatische Funktion	
Ökotopbildungs- und Naturschutzfunktion	
Erholungsfunktion	

Gemessen an dem oben erläuterten Unterschied zwischen diesen Begriffen, ist diese Einteilung logisch nicht konsistent, und einige der Funktionen würden besser als Potentiale bezeichnet (siehe in diesem Zusammenhang auch Glacer 1999). Hinsichtlich der Erneuerung des Grundwassers ist die von Marks et al. (1992) vorgenommene Unterscheidung nur sinnvoll, wenn unter der ‚Grundwasserneubildungsfunktion‘ die ökosystemare Funktion verstanden wird und unter ‚Grundwasserdargebotspotential‘ das Potential einer gesellschaftlich nutzbaren Leistung. Hingegen sind ‚Ökotopbildungs- und Naturschutzfunktion‘ sowie die ‚Erholungsfunktion‘ eigentlich Potentiale, denn sie bewerten nicht die tatsächliche Bedeutung einer Landschaft für den Naturschutz oder die Erholung, sondern das vorhandene landschaftliche Potential. Ob der Naturschutz und die Erholungssuchenden dieses Potential nutzen und damit zu einer Funktion werden lassen, lässt sich mit den Methoden von Marks et al. (ebd.) nicht beurteilen.

Die Unterscheidung in Funktionen und Potentiale scheint indes vornehmlich eine Diskussion der deutschsprachigen, geographisch geprägten Landschaftsökologie zu sein (Haase 1991, Finke 1994, Leser 1997, Bastian & Schreiber 1999), die theoretische Bedeutungsunterschiede deutlich macht, aber auf internationaler Ebene und unter Anwendungsgesichtspunkten eher Verwirrung als Klarheit mit sich bringt. Mannsfeld in Bastian & Schreiber (1999: 40) stellt in diesem Zusammenhang fest:

„Stellt man das Konzept der Naturraumpotentiale als Strukturaspekt der im Naturdargebot begründeten Leistungsmöglichkeiten der ökosystemar-funktionalen Betrachtungsweise gegenüber, welche insbesondere dem Nachhaltigkeitsprinzip bei der Bewirtschaftung von Naturressourcen entspricht, so wird deutlich, daß eine scharfe Trennung beider Ansätze weder zweckmäßig noch sinnvoll ist.“

Werden beide Begriffe, wie in der vorliegenden Arbeit, parallel verwendet, muss die Abgrenzung eindeutig sein, wozu die vorangegangenen Ausführungen dienen.

2.1.4 Schlussfolgerungen für die Bedeutung von Landschaftsfunktionen in der Verfahrensentwicklung

Im Unterschied zu sektoralen Zielen für Schutz und Entwicklung einzelner Schutzgüter bedürfen Strategien nachhaltiger Landschaftsentwicklung einer integrativen Betrachtungsweise. Der Schutz abiotischer Ressourcen erfolgt traditionell durch die Formulierung sektoraler Ziele, die nachfolgend mit anderen Zielen räumlicher Entwicklung abgewogen werden müssen. Durch die Betrachtung von Landschaftsfunktionen werden die abiotischen Ressourcen Wasser und Boden jedoch direkt in den Kontext der anderen, die jeweilige Funktion bestimmenden Faktoren gestellt. Ziele der Funktionsentwicklung sind daher eher in der Lage der Komplexität von Landschaften gerecht zu werden, als dies z.B. sektorale Bodenschutzziele vermögen. „Landschaftsfunktionen sind deshalb eine geeignete Basis, einerseits die Nutzungseignung und andererseits die Belastbarkeit von Räumen einschätzen zu können“, stellen Syrbe et al. (1998) in diesem Zusammenhang fest.

Der funktionale Ansatz ist das theoretische Fundament, auf dem sich landschaftsbezogene analytische und planerische Ansätze verbinden lassen. In Raumordnung und Landesplanung werden Funktionen definiert als „Aufgaben, die ein Raum für die Lebensmöglichkeiten der Menschen erfüllen soll“ (ARL 1995a: 353). Aufgabe der Raumplanung ist es, Räumen und Regionen bestimmte Funktionen zuzuweisen, diese zu sichern und zu entwickeln. Die Eignung eines Raumes für eine Funktion ist ein wichtiges Kriterium für die Funktionszuweisung. Die Analyse von Eignungen ist Aufgabe der Raumforschung, als deren Bestandteil die landschaftsökologische Forschung betrachtet werden muss. Eignung allein ist jedoch aus raumplanerischer Sicht kein ausreichendes Kriterium der Funktionszuweisung, da Räume in der Regel mehrere, häufig konfliktäre Funktionen besitzen (ARL 1995a: 353). Um die tatsächliche Bedeutung eines Raumes für eine Funktion bestimmen zu können, bedarf es der zusätzlichen Bestimmung der Empfindlichkeit dieses Raumes gegenüber Beeinträchtigungen der Funktion (siehe auch Kapitel 2.4).

Eignung und Empfindlichkeit sind somit zentrale Kategorien in der planerischen Funktionsbewertung. Daher werden die für die Verfahrensentwicklung in Kapitel 2.4 ausgewählten Landschaftsfunktionen anders definiert, als dies bei de Groot (1992), Marks et al. (1992) und Bastian (1997) der Fall ist. Die Erneuerung des Grundwassers in ausreichender Menge und möglichst guter Qualität ist eine gesellschaftlich bedeutsame Produktionsfunktion der Landschaft, die mit den Instrumenten planerischer Umweltvorsorge gesichert und gegebenenfalls entwickelt werden muss. Von de Groot, Bastian und Marks et al. definierte Funktionen und Potentiale sind Teilfunktionen der Landschaftsfunktion ‚Erneuerung des Grundwassers‘. Die Menge des erneuerten Grundwassers lässt sich über die Grundwasserneubildungsfunktion und das Grundwasserdargebotspotential bestimmen. Grundwasserschutzfunktion sowie Speicherung und Recycling von Nähr- und Schadstoffen geben Auskunft über die potentielle Belastung des Grundwassers und damit der Empfindlichkeit der Erneuerung des Grundwassers. Quantität und Qualität, ausgedrückt durch Grundwasserneubildungs- und Grundwasserschutzfunktion, sind jeweils Teilaspekte der betrachteten Landschaftsfunktion. Dass es sich bei den durch die oben genannten Autoren definierten Funktionen teilweise um ‚zwei Seiten einer Medaille‘ handelt, wird deutlich, wenn sie, wie in der vorliegenden Arbeit, zur Bewertung der Eignung und Empfindlichkeit einer übergeordneten ‚Hauptfunktion‘ verwendet werden. Daher wird der Ansatz der ökologischen Risikoanalyse (Bachfischer et al. 1980,

Langer 1996, Scholles 1997) aufgegriffen, der funktionsfördernde (Leistungsfähigkeiten und Eignungen) und –hemmende (Belastungen und Empfindlichkeiten) Teilaspekte in einen Zusammenhang stellt (siehe Kapitel 7.1.1). Welche Teilfunktionen und Potentiale zur Bewertung der auszuwählenden Landschaftsfunktionen verwendet werden, ist in Kapitel 2.4 erläutert.

2.2 Skalenebene und Raumbezug

„Warum ist diese Landschaftsebene zwischen Einzelfall und Großraum einerseits so wichtig, andererseits wissenschaftlich so schwer in den Griff zu bekommen?“ fragen Dabbert et al. (1999: 2).

„Wichtig“ ist die Landschaftsebene, weil sie standörtliche Phänomene in einen größeren Zusammenhang stellt und damit raum-zeitliche Muster von Prozessen und Strukturen erkennen lässt. Gleichzeitig wird auf Landschaftsebene eine räumliche Differenzierung und Konkretisierung von allgemeingültigen Zielen - beispielsweise der Umweltplanung - möglich, die erst über diesen Zwischenschritt in koordinierte Maßnahmen auf lokaler Ebene münden können. „Schwer in den Griff zu bekommen“ ist die Landschaftsebene wegen ihrer Komplexität, der auf quantitativem Wege bislang nicht beizukommen ist. Dies gilt auch für die moderne prozessorientierte Landschaftsökologie, die Landschaften mit quantitativen Modellen abzubilden versucht, sich dabei aber auf einzelne Landschaftskompartimente oder sehr kleine Landschaftsausschnitte beschränken muss. Sektorale Modelle konzentrieren sich auf die Abbildung des Wasserhaushaltes und die damit verbundenen Stoffflüsse oder die Ausbreitungsmuster von Tier- und Pflanzenarten in Abhängigkeit von physiognomischen Strukturen. Integrative oder ganzheitliche Ansätze wie das Prozesskorrelationsmodell von Mosimann (in Leser 1997) lassen sich wegen der großen Fülle an räumlich und zeitlich hoch aufgelösten Daten nur in sehr kleinen Räumen (Topen) anwenden, tragen jedoch wesentlich zum Verständnis der Funktionsweise von Landschaften bei.

Die Verwendung des Begriffes „Landschaftsebene“ erklärt zum Teil die Schwierigkeiten, die Dabbert et al. (ebd.) in obigem Zitat ansprechen. Es gibt nicht *die* Landschaftsebene, die in einem nicht abgegrenzten und damit schwer handhabbaren räumlichen Kontext existiert. Steinhardt (1999) und Steinhardt & Volk (2000) machen deutlich, dass eine entscheidende Voraussetzung für die Untersuchung von Landschaften die Definition der Skalenebene ist. Aus dem Betrachtungsmaßstab lassen sich erforderliche Komplexitätsreduktionen für die Analyse und der Raum- und Zeitbezug von Ergebnissen ableiten.

2.2.1 Implikationen der Skalenebene für Problemstellung, Methoden und Daten

„Scales, temporal and spatial, have the nasty habit of always and everywhere playing a role“ bringt Klijn (1995: 22) das Skalenproblem in der Landschaftsökologie etwas salopp auf den Punkt. Die Hierarchie von Faktoren und Prozessen landschaftlicher Entwicklung im Blick, fordert Klijn (ebd.: 23f) für die Wahl der Skalenebene:

- „It should make sense“: Die Wahl ist abhängig von der Fragestellung und der raum-zeitlichen Auflösung bzw. Heterogenität der zu ihrer Beantwortung betrachteten Faktoren und Prozesse.

- „*It is no use being dogmatic*“: Die hierarchische Ordnung der Skalenebenen bietet eine Orientierung bei Analyse und Bewertung, letztlich entscheidet aber der Zweck über die Betrachtungsebene.

Für den geographisch ausgebildeten Landschaftsökologen, der in nach strengen hierarchischen Ordnungsprinzipien gegliederten Raumkategorien denkt (siehe Kapitel 2.2.2), ist diese pragmatische Vorgehensweise nur schwer zu akzeptieren. In der raumbezogenen Planung ist eine solche Flexibilität jedoch selbstverständlich. Für den naturschutzfachlichen Teil der Landesplanung ist beispielsweise die mesoskalige naturräumliche Gliederung eine ebenso wichtige Information wie die mikroskalige Bewertung eines Brutvogelhabitats nach der europäischen FFH-Richtlinie³.

Die Wahl der Skalenebene für diese Arbeit orientiert sich am Ziel der Verfahrensentwicklung zur Sicherung von Landschaftsfunktionen durch die Regionalplanung. Betrachtungsebene ist damit die Planungsregion. Im Anwendungsbeispiel ist dies der Regierungsbezirk Dessau bzw. - nach der derzeit in Sachsen-Anhalt stattfindenden Umstrukturierung der Regionalplanung - die Planungsregion Anhalt–Dessau-Wittenberg des Regionalen Planungsverbandes, die in ihrer räumlichen Abgrenzung mit dem Regierungsbezirk identisch ist. In der landschaftsökologischen Terminologie ist dies die chorische Dimension (Haase 1991, Leser 1997). Dieser Begriff ist jedoch eng an das von Neef (1967) systematisch weiterentwickelte naturräumliche Ordnungsprinzip gebunden, das im interdisziplinären Kontext nur schwer zu vermitteln ist und in dieser Arbeit auch nicht konsequent umgesetzt wird (siehe Kapitel 2.2.2). Es wird daher dem Vorschlag von Steinhardt (1999: 54) gefolgt, in Anlehnung an den international gebräuchlichen Begriff ‚scale‘ von Skalen (wie in der Hydrologie bereits üblich) zu sprechen und die Betrachtungsebene dieser Arbeit als Mesoskale zu bezeichnen. Bewusst wird in dieser Arbeit synonym die Bezeichnung regionale Ebene verwendet, die in ihrer methodischen und sachlichen Abgrenzung weniger exakt ist, aber eindeutig einer Planungsebene zugeordnet werden kann.

Die GIS-basierte Analyse und Bewertung von Landschaftsfunktionen auf mesoskaliger Ebene mit ausdrücklichem Planungsbezug bringt folgende Implikationen mit sich:

- Verwendung flächendeckender und öffentlich, möglichst in digitaler Form verfügbarer Daten.
- Verwendung von Methoden, die für den Einsatz auf mesoskaliger Ebene validiert und möglichst etabliert sind.

Die verwendeten Daten und Methoden müssen die funktionsräumliche Differenzierung der Eignung und Empfindlichkeit der Landschaftsfunktionen im Untersuchungsraum ermöglichen, so dass sich daraus Ziele für die planerische Umweltvorsorge ableiten lassen. Damit sind aber auch Grenzen der Aussagemöglichkeiten aufgezeigt:

- Gegenstand der Betrachtung sind heterogene räumliche Einheiten, deren funktionale Eigenschaften durch generalisierte und aggregierte Daten und daraus abgeleitete Indika-

³ Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie der Europäischen Union innerhalb des Programms NATURA 2000 zur Entwicklung eines europaweiten Schutzgebietssystems.

toren wiedergegeben werden. Das bedeutet, dass Unterschiede in der Ausprägung der Landschaftsfunktionen relativ zueinander deutlich werden, die Quantifizierung von Prozessen jedoch nicht möglich ist, bzw. auf der Ebene semiquantitativer Aussagen bleibt.

- Analyse, Bewertung und Zielformulierung beziehen sich auf die den Landschaftsfunktionen zugrunde liegenden Prozesse, basieren jedoch auf den landschaftlichen Faktoren. Die Analyse der Prozessfaktoren erlaubt über die Definition von Indikatoren Aussagen über die Wahrscheinlichkeit von Prozessabläufen, die Prozesse selbst werden jedoch nicht gemessen. Die verwendeten mesoskalig einsetzbaren Modelle (z.B. ABAG, ABIMO) basieren auf der empirisch begründeten Verknüpfung von Prozessfaktoren und liefern ein quantitatives Ergebnis. Vereinfachte Modellannahmen und der Bezug zu heterogenen räumlichen Einheiten erlauben aber nur eine qualitative oder semiquantitative Interpretation der Ergebnisse.
- In die Analyse können nur die mittelfristig stabilen Faktoren der funktionsräumlichen Differenzierung einbezogen werden. Labile und kurzfristig variierende Faktoren entziehen sich der Betrachtung. So lassen sich saisonale oder periodische Schwankungen (z.B. Bodenwasserhaushalt) nur qualitativ bzw. semiquantitativ (z.B. bodenkundliche Feuchtestufe) angeben. Wasserhaushaltliche Kennwerte beschränken sich auf langjährige Mittelwerte und der Nährstoff- oder Säurestatus der Böden entzieht sich der Betrachtung.

Ein wesentlicher Teilaspekt dieser Arbeit ist die Charakterisierung der Möglichkeiten und Grenzen der planungsorientierten mesoskaligen Analyse und Bewertung von Landschaftsfunktionen.

Das Hierarchiekonzept der Systemtheorie im Allgemeinen und der Theorie der geographischen Dimensionen im Besonderen liefert den Hinweis, dass auf verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalen unterschiedliche Faktoren in der Landschaft wirksam sind. Für einzelne Prozessereignisse (wie beispielsweise der Bodenabtrag während eines Starkregens) sind zeitlich und räumlich sehr variable Faktoren, wie Bodenbedeckungsgrad, aktuelle Bodenfeuchte und Niederschlagsintensität und -dauer die zentralen Steuergrößen. Für ihre Abbildung und Modellierung braucht es entsprechend hoch aufgelöste Daten. Das langfristige Prozessgeschehen innerhalb eines größeren Raumes wird hingegen von den mittelfristig stabilen und leichter zu generalisierenden Faktoren Relief, Niederschlagsregime und Bodenformen bestimmt.

Ökologische, geomorphologische oder hydrologische Prozessforschung haben die seltenen, kurzzeitig auftretenden Extremereignisse als entscheidend für die Entwicklung von Systemen und damit auch für die Landschaftsentwicklung auf der Mesoskala identifiziert (vgl. Newson 1992). Dessen muss man sich bewusst sein, wenn auf regionaler Ebene mit geringer zeitlicher Auflösung und aggregierten Daten gearbeitet wird. Es bedeutet aber auch, dass das hierarchische Prinzip der Skalenebenen nicht überall gültig ist und enge Festlegungen den Blick auf die Realität verstellen können.

Schlussfolgerungen für die Arbeit auf mesoskaliger Ebene

Sowohl Landschaftsökologie als auch räumliche Planung kennen das Prinzip der Skalen- und Hierarchieebenen. Der entscheidende Unterschied liegt jedoch in der Arbeitsweise auf den einzelnen Ebenen: In der Landschaftsökologie spiegelt jede Skale ein bestimmtes Verhältnis zwischen Homogenität und Heterogenität der betrachteten Areale, der raumzeitlichen Auflösung zur Verfügung stehender Daten und damit einhergehende Grenzen quantitativer Analyse- und Aussagemöglichkeiten wider (siehe Abbildung 3). Es ist ein häufig gebrauchtes Argument gegen mesoskalige landschaftsökologische Analysen und Bewertungen, dass dort betrachtete Areale zu heterogen sind, um beispielsweise in quantitativen Verfahren als homogene Einheit, die über eine einzelne Parameterausprägung repräsentiert wird, betrachtet zu werden. Dem muss nach dem von Herz (1973, 1994) definierten und in Abbildung 3 wiedergegebenen hierarchischen Prinzip der landschaftsanalytischen Maßstabsbereiche widersprochen werden. Jede raumbezogene Aussage oder Datengrundlage

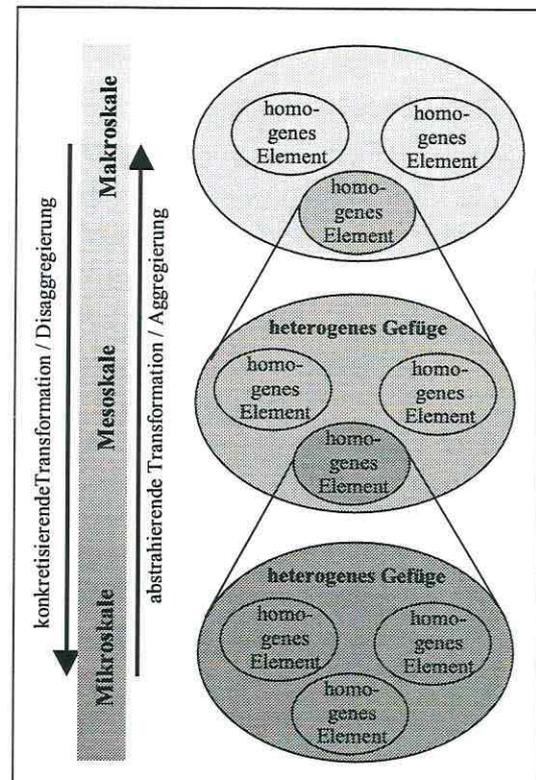


Abbildung 3: Homogenität und Heterogenität als Ausdruck relativer Zusammenhänge zwischen den Skalen (nach Herz 1994, stark verändert)

bezieht sich auf ein Element einer bestimmten Maßstabsebene. Dieses Element (z.B. Rasterzelle mit Temperatur- oder Niederschlagsdaten, Bodeneinheit der Bodenübersichtskarte 1:200.000) ist für die jeweilige Aussage auf der jeweiligen Ebene homogen. Dem widerspricht nicht, dass auf der nächsthöheren Maßstabsebene aus dem homogenen Element ein heterogenes Gefüge wird. Dieses Prinzip ist unabhängig von der Maßstabsebene sowohl für kleinmaßstäbige Bodenkarten als auch für Pedotope gültig (vgl. Steinhardt & Volk 2000).

In der Planung bedeutet die Skalenebene in erster Linie ein gesetzlich festgelegtes Spektrum von Aufgaben und Instrumenten. Der Informationsbedarf zur Erfüllung dieser Aufgaben kann sich unabhängig davon auch auf andere (landschaftsökologische) Skalen beziehen (s.o.). Auf diesen von vielen Landschaftsökologen begangenen Fehler der Parallelisierung landschaftsökologischer und planerischer Skalen weist Finke (1994: 108) explizit hin. Umgekehrt ist Planern häufig nur schwer verständlich zu machen, dass auf regionaler Ebene harte quantitative Aussagen oft nicht möglich sind. Hobbs (1997: 3) macht in diesem Zusammenhang darauf aufmerksam, dass die Komplexität von Landschaften nicht auf quantitative Werte und Strukturmuster reduziert werden kann und warnt davor, der Planungspraxis zu stark vereinfachte Prinzipien an die Hand zu geben: „Complexity and

uncertainty are inherent characteristics of our subject matter. This must become clear not only to ourselves, but also to those seeking answers from us”.

Der Beitrag der Verfahrensentwicklung zur Sicherung von Landschaftsfunktionen mit mesoskaligen Daten hat seine Stärken in den Möglichkeiten zu einer flächendeckenden, integrierten Analyse und Bewertung. Seine Grenzen liegen eindeutig dort, wo die Planung bereits auf strategischer Ebene höher aufgelöste Informationen benötigt. Finke (1994: 108) nennt als Beispiel die Bundesverkehrswegeplanung, die bereits frühzeitig in der Trassenplanung über Informationen der topischen Dimension verfügen sollte.

2.2.2 Räumliche Bezugseinheiten für Analyse, Bewertung und Zieldefinition

Analyse und Bewertung von Landschaftsfunktionen sowie die Ziele ihrer planerischen Sicherung besitzen einen expliziten Raumbezug. Landschaftsökologie und Planung kennen eine Vielzahl räumlicher Bezugssysteme: Naturräume mit einheitlichem Wirkungsgefüge biotischer und abiotischer Faktoren, Landschaftseinheiten mit der zusätzlichen Berücksichtigung der Nutzungsstruktur, Einzugsgebiete als Bilanzräume wasser- und stoffhaushaltlicher Prozesse, administrative Einheiten und Planungsregionen. Durch Etablierung von Informationssystemen in Forschung und Planung kommen neue Bezugseinheiten hinzu oder gewinnen an Bedeutung: rasterbasierte Darstellung sowohl singulärer Informationen (z.B. Monitoring der Entwicklung gefährdeter Tier- und Pflanzenpopulationen) als auch zur Integration unterschiedlicher Datenquellen (z.B. Kombination linien- und flächenhafter Daten). Der Einsatz Geographischer Informationssysteme (GIS) hat die Erzeugung kleinster gemeinsamer Geometrien (KGG) zur Generierung gemeinsamer Bezugseinheiten für punkt-, linien- und flächenhaft vorliegende Daten zu einem beliebigen Werkzeug der Datenintegration gemacht. Die einfache technische Handhabbarkeit verleitet jedoch dazu, Daten unterschiedlicher räumlicher Auflösung zueinander in Beziehung zu setzen und die damit verbundenen logischen wie geometrischen Unschärfen der entstehenden KGG zu ignorieren (siehe auch Kapitel 6.2).

Im Unterschied hierzu existieren in der Landschaftsökologie und verwandten Disziplinen seit Jahrzehnten Bestrebungen zur Entwicklung theoretisch begründeter ökologischer Raumgliederungen. Genauso alt ist der Streit, ob solche Gliederungen einem bestimmten Zweck dienen oder ganzheitlicher Natur sein sollen (Bierhals et al. 1980, Finke 1994). Von entscheidender Bedeutung ist bis heute die naturräumliche Gliederung Deutschlands von Meynen & Schmithüsen (1953-1962), die den Versuch der Übernahme des Ökosystem-Konzepts in die geographische Landschaftsforschung darstellt. Heute hat sich dieses System-Paradigma in der Landschaftsökologie etabliert. Insbesondere in der DDR ist die Entwicklung einer hierarchischen Naturraumtypologie vorangetrieben worden (u.a. Neef 1963, 1967; Haase 1978, 1991). Sie basiert auf Topen bzw. Geotopen als den elementaren Landschaftsbestandteilen und fasst diese nach definierten Aggregierungs- und Generalisierungskriterien zu Naturraumeinheiten topischer, chorischer, regionischer und geosphärischer Dimension zusammen.

Derzeit werden Vorhaben zur Nutzung der Naturraumkennzeichnung auf der Basis chorischer Einheiten in der Raum- und Landschaftsplanung vor allem in Sachsen durchgeführt (SMU 1997, Bastian 1999). Neben der hohen Komplexität liegt ein entscheidendes Problem

der praktischen Anwendbarkeit in der einseitigen Orientierung auf strukturelle Ausstattungs- und Anordnungsmerkmale (Leser 1997: 239ff). Leser (ebd.) hebt die Bedeutung der systemtheoretisch fundierten Naturraumerkundung für den Erkenntnisgewinn bei der Erforschung von Landschaftsökosystemen hervor, weist aber gleichzeitig auf die bislang fehlenden Möglichkeiten zur Kennzeichnung funktional-prozessualer Aspekte chorischer Raumeinheiten hin. Auf dieses Manko wurde bereits sehr früh von den Entwicklern selbst hingewiesen (Haase 1978).

Aus Sicht der Planungspraxis lassen sich nicht alle Aufgaben mit Bezug zu einer universell einsetzbaren Raumgliederung lösen (Finke 1994: 108f). Dies liegt zum einen in den starren Grenzen jeder Art von Raumgliederung (seien sie landschaftsökologischer, hydrologischer oder administrativer Art) begründet, die nicht flexibel an die im Rahmen einer Fragestellung interessierenden Aspekte angepasst werden können. Zum anderen liegt jeder Raumgliederung ein bestimmter Wertmaßstab zugrunde, der die Ausweisungskriterien definiert (Bierhals 1980: 90, Finke 1994: 109). Landschaftsökologische oder planerische Bewertungen benötigen in der Regel aber nur einen Teil der z.B. chorische Einheiten definierenden Merkmale, verlassen also die ganzheitliche Ebene und verfolgen eine sektorale Betrachtungsweise. *„Es wird nur das erfasst, bewertet, gewichtet und zu einer Gesamtaussage aggregiert, was im Sinne der jeweiligen Fragestellung relevant erscheint.“* (Finke 1994: 129). *„Im Rahmen praktischer Fragestellungen ist meistens gar nicht die Kenntnis des gesamten Systems Landschaftshaushalt erforderlich, es kommt auf bestimmte Teilsysteme an, die dann allerdings möglichst exakt erfasst sein müssen“* (ebd.: 110). Verbesserungsbedarf planungsbezogener landschaftsökologischer Analyse- und Bewertungsverfahren sieht Finke nicht hinsichtlich einer besseren Erfassung der *„Gesamtraumfunktion“*, sondern in der *„Auswahl der richtigen Indikatoren“*, die zur Beurteilung von Eignungen, Empfindlichkeiten und Belastungen herangezogen werden sollen. Dazu ist zwar eine möglichst gute Kenntnis von Gesamtsystemzusammenhängen erforderlich, diese Zusammenhänge müssen aber nicht bei jeder Fragestellung dargestellt werden. Die selektive, auf die jeweilige Fragestellung bezogene Berücksichtigung landschaftlicher Merkmale wird aber häufig zu räumlichen Differenzierungen kommen, die denen der chorischen oder anderen landschaftsökologischen Raumgliederungen nicht entsprechen. Steht die Regionalplanung beispielsweise vor der Aufgabe, Vorranggebiete für den Bodenschutz auszuweisen, ist es wenig hilfreich, über Daten zur mittleren Erosionsgefährdung eines Landkreises, Teileinzugsgebietes oder Naturraumes zu verfügen. Wesentlich aufschlussreicher ist ein exakt auf diese Fragestellung zugeschnittener räumlicher Bezug mit einer Erläuterung der maßstabs-, methoden- und datenabhängigen Aussagekraft dieser Einschätzung.

Schlussfolgerungen für die räumlichen Bezugseinheiten in dieser Arbeit

Der Planungsbezug dieser Arbeit erfordert Flexibilität in den räumlichen Bezugsmöglichkeiten der Bewertungs- und Zielaussagen. Im Mittelpunkt steht daher die flexible funktionsräumliche Differenzierung von Analysen und Bewertungen in Abhängigkeit von der jeweiligen Fragestellung und den verwendeten Datengrundlagen. Der Einsatz von GIS ermöglicht die zusätzliche Integration definierter Raumbezugssysteme wie administrative Gliederung, Naturräume, Landschaftseinheiten oder Einzugsgebiete, wie es für einzelne Fragestellungen sinnvoll ist (z.B. Repräsentanz landschaftlicher Heterogenität in Schutzgebieten, Variabilität des

Direktabflusses aus Einzugsgebieten, Leitbilder der Landschaftsentwicklung). Insofern wird der Feststellung bei Zepp & Müller (1999: 22f.) gefolgt, dass ökologische Raumgliederungen im Zuge der Etablierung von GIS keineswegs überflüssig geworden sind, sondern Bestandteil integrativer Darstellungen werden. Es gilt aber der Grundsatz, dass der zu wählende Raumbezug für anwendungsbezogene landschaftsökologische Aussagen von der jeweiligen Fragestellung und den Adressaten abhängig gemacht werden muss. Daher werden die Analysen und Bewertungen in dieser Arbeit unabhängig von definierten Raumgliederungen auf der Ebene kleinster gemeinsamer Geometrien durchgeführt. Die Ergebnisse werden jedoch für ausgewählte Teilaspekte auch auf von Krönert (1985, 1997b, 1998) für den mitteldeutschen Raum definierte Landschaftseinheiten (3. Ordnung) bezogen. Krönert orientiert sich bei der Abgrenzung der Landschaftseinheiten am Prinzip der chorischen Naturraumgliederung, verwendet zur Abgrenzung jedoch die in Tabelle 3 wiedergegebenen Merkmale der Landnutzungsstruktur. Im Unterschied zu Naturräumen lässt sich so für landnutzungsbezogene Planungsaussagen ein stärkerer Bezug zur tatsächlichen Landschaftsentwicklung herstellen. Landschaftseinheiten werden in der vorliegenden Arbeit für großräumige Übersichten und im adäquaten Zusammenhang zur Verbesserung des Planungsbezuges verwendet, da beispielsweise das Landschaftsprogramm des Landes Sachsen-Anhalt (MUN 1994) Leitbilder und Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege für Landschaftseinheiten definiert (strategisches, verbindliches Zielkonzept für die Landschaftsplanung).

Tabelle 3: Räumliche Dimension, räumliche Charakteristik und Abgrenzungsmerkmale von Landschaftseinheiten (nach Krönert 1998, verändert)

Räumliche Dimension	Räumliche Charakteristik	Abgrenzungsmerkmale
Landschaftselement	homogene, meist klar abgrenzbare Einheit der Landnutzung; in Siedlungen heterogene kleinräumige Nutzungsgefüge	Landnutzung, Flächenbedeckung
Landschaftseinheit 1. Ordnung	heterogene Landnutzungsgefüge, meist bei Dominanz einer Hauptnutzung, mit Einschluss von Dörfern	Landnutzungs mosaik; bei flächenscharfer Abgrenzung in Anlehnung an Mikrochoren; Stadtfunktionsflächen bzw. Kleinstädte bis 5000 Einw.
Landschaftseinheit 2. Ordnung	heterogene Landnutzungsgefüge mit Einschluss von Kleinstädten bis 5.000 Einwohner	Landnutzungs mosaik; bei generalisierter Abgrenzung in Anlehnung an Mesochoren unterer Ordnung; Kombination von Stadtfunktionsflächen bzw. Kleinstädte 5.000 – 20.000 Einw.
Landschaftseinheit 3. Ordnung	heterogene Landnutzungsgefüge mit Einschluss von Kleinstädten bis 20.000 Einwohnern	Landnutzungs mosaik; generalisierte Abgrenzung in Anlehnung an Mesochoren oberer Ordnung; Kombinationen von Stadtfunktionsflächen bzw. Städte mit 20.000 - 200.000 Einw.
Landschaftsregion	sehr heterogene Landnutzungsgefüge	Landnutzungs mosaik bei generalisierter Abgrenzung in Anlehnung an Makrochoren und Naturraumregionen; Großstadtregionen

2.3 Normative Grundlagen der Betrachtung von Landschaftsfunktionen

Die Formulierung von Zielen für die Sicherung von Landschaftsfunktionen erfordert mehrere Bewertungsschritte. Die Bestimmung der Eignung und Empfindlichkeit eines Raumausschnittes zur Erfüllung einer oder mehrerer Funktionen ist eine wertende Aussage; auch die Abwägung zwischen konkurrierenden Zielen zu deren Sicherung erfordert eine Bewertung. Der Zusammenhang zwischen naturwissenschaftlichen und normativen Aussagen im Zuge einer Bewertung ist keineswegs eindeutig und hat in den vergangenen Jahren zu einer intensiven Diskussion in Landschaftsökologie, ökologischer Planung und Naturschutz geführt (z.B. Bechmann 1989, Riedl 1991, Plachter 1994, Tobias 1995, Langer 1996, Eser & Potthast 1997, Scholles 1997, Wiegleb et al. 1998, Auhagen, Bastian & Schreiber 1999, Ott 2000).

Bewertung ist ein Vorgang, in dem ein Subjekt einem Objekt im Hinblick auf ein definiertes Ziel einen Wert zuweist. Grundsätzlich lassen sich in Bewertungsverfahren eine Sach- und eine Wertdimension unterscheiden (Bastian 1997: 106, Bastian in Bastian & Schreiber 1999: 56, Bechmann 1988, Tobias 1995: 314). Die landschaftsökologische Analyse liefert für die Sachdimension Beschreibungen, Charakterisierungen und Klassifizierungen von Landschaften, die sowohl quantitativ als auch qualitativ biotische wie abiotische Prozesse und Strukturen kennzeichnen. Planung ist hingegen ein wertdimensionaler Vorgang, der Bewertungen von Zuständen, Defiziten und Konflikten in der Landschaft als Grundlage von Zieldefinitionen und Handlungen vornimmt.

Im Hinblick auf die naturschutzfachliche Bewertungsdiskussion heben Eser & Potthast (1997) hervor, dass eine Unterscheidung in objektive, naturwissenschaftlich exakte Verfahren auf der Sachebene und eine subjektive, auf normativen Annahmen begründete Wertebene nicht zulässig sei, aber in der Literatur häufig konnotativ mitschwinge. Vielmehr erhalten naturwissenschaftliche Verfahren einen ‚subjektiven‘ Charakter, wenn sie in einem normativen Kontext zum Einsatz kommen. Die Seltenheit einer Art kann zwar empirisch belegt werden, aber sowohl die Festlegung dessen, was als selten zu bezeichnen ist, als auch die Wahl des Kriteriums Seltenheit für die Bewertung der Schutzwürdigkeit haben normativen Charakter (vgl. Eser & Potthast 1997: 185f). Gleichzeitig sind normativ gesetzte Werte als Grundlage einer Bewertung keineswegs beliebig, sondern bilden in vielen Fällen ein auf gesellschaftlichem Konsens beruhendes, in Gesetzen und Verordnungen verankertes Wertesystem mit intersubjektiver Gültigkeit und Transparenz. Eser & Potthast (ebd.) schlagen vor, im Rahmen eines Bewertungsverfahrens die naturwissenschaftliche *Beurteilung* auf der Sachebene von der normativen *Bewertung* auf der Wertebene zu unterscheiden. Dieser Vorschlag ist jedoch wenig hilfreich, da *Beurteilung* ein juristisch definierter Begriff ist, der von seinem normativen Gehalt her noch über der Bewertung steht. Dagegen erscheint der Vorschlag von Scholles (1997: 203) sinnvoll, naturwissenschaftlich-analytische Aussagen im Zuge eines Bewertungsverfahrens als *Klassifizierung* und darauf aufbauende fachliche *Einschätzung* zu bezeichnen, die der planerischen *Bewertung* und abschließenden *Beurteilung* als Grundlage dienen.

Häufig ist die Trennung von Sach- und Wertdimension bei der Anwendung von Methoden und Verfahren nicht deutlich erkennbar. Naturwissenschaftliche und auch landschafts-

ökologische Erkenntnisse sind wertfrei und lassen sich ohne normative Maßstäbe nicht in Werte und Ziele übertragen. Aus der Beschreibung des Zustandes eines Systems lässt sich keine Aussage über den anzustrebenden, künftigen Zustand dieses Systems ableiten. Dies wäre ein sogenannter ‚naturalistischer Fehlschluss‘ (auch als Sein-Sollens-Fehlschluss bezeichnet), was an einem Beispiel verdeutlicht werden soll: Der Bodenabtrag durch Wassererosion lässt sich mit Modellen berechnen. Die Kennzeichnung einer bestimmten Abtragsmenge als ‚hoch‘ oder ‚tolerierbar‘ kann nur durch eine Wertsetzung erfolgen, die sich nicht zwangsläufig aus landschaftsökologischen Zusammenhängen ergibt. Landschaftliche Systeme verändern durch Bodenerosion ihren Zustand, sie werden jedoch nicht besser oder schlechter. Vielmehr weist der Mensch bestimmten Systemzuständen einen Wert zu. So kann Bodenerosion im prozessorientierten Naturschutz eine positiv bewertete Zielgröße und gleichzeitig im Gewässerschutz eine negativ bewertete Ursache von Beeinträchtigungen der Gewässergüte sein. Um Transparenz und Nachvollziehbarkeit einer Bewertung zu gewährleisten, muss deutlich werden, auf welcher normativen Basis sie beruht.

Schlussfolgerungen

Viele der in dieser Arbeit verwendeten Methoden beinhalten sowohl rein analytische als auch bereits wertende Komponenten. So werden die potentielle Erosionsgefährdung durch Wasser oder das langjährige Mittel der Grundwasserneubildung in Kategorien wie ‚niedrig‘, ‚mittel‘, ‚hoch‘ eingeordnet. Dabei handelt es sich nicht um eine bloße Verbalisierung quantitativer Modellierungsergebnisse (Klassifizierung im Sinne von Scholles (1997)), sondern bereits um deren Einordnung in einen normativen Zusammenhang (Einschätzung im Sinne von Scholles (ebd.)). In der Regel bleibt jedoch offen, auf welcher Grundlage eine Wertung vorgenommen wird. Der Bewertung der potentiellen Erosionsgefährdung mit der vereinfachten ABAG beispielsweise (siehe Kapitel 7.3.2 und 8.2.1), liegt bei Schwertmann et al. (1990) und bei Hennings (1994) die Ableitung eines tolerierbaren Bodenabtrags in Abhängigkeit von der landwirtschaftlichen Bodengüte zugrunde. Auf der Grundlage des Nachhaltigkeitsprinzips orientiert sich der tolerierbare Bodenabtrag an der natürlichen Bodenbildungsrate und kommt zu ganz anderen, teilweise sogar gegensätzlichen Ergebnissen. Besonders ertragsfähige Böden bedürfen danach des besonderen Schutzes, da ihnen eine sehr große Bedeutung für die landschaftliche Produktionsfunktion zukommt. In besonderem Maße gilt dies für reliktsche Böden aus nicht erneuerbaren Substraten wie den intensiv ackerbaulich genutzten Löss-Schwarzerden. Dieses Beispiel zeigt, welche Bedeutung der normativen Grundlage einer Bewertung zukommt und dass objektiv erscheinende naturwissenschaftliche Verfahren Wertungen enthalten. Der Autor unterstreicht daher nachdrücklich die von Eser & Potthast (1997) erhobene Forderung nach Kennzeichnung und Transparenz der normativen Grundlagen in Bewertungsverfahren.

Für die Formulierung von Zielen zur Sicherung von Landschaftsfunktionen müssen die in Kapitel 7 vorgestellten Analyse- und Bewertungsmethoden in den in Kapitel 3 definierten normativen Rahmen eingeordnet und gegebenenfalls modifiziert werden. Kapitel 7.1.1 zeigt in der Planungspraxis etablierte Verfahren zur Bewertung von Landschaftsfunktionen auf, die den Transfer von der Sach- auf die Wertebene in nachvollziehbaren Schritten durchführen und sowohl mono- als auch multifunktionale Bewertungen ermöglichen.

2.4 Auswahl von Landschaftsfunktionen für die weitere Bearbeitung

Die Entwicklung eines Verfahrens zur Formulierung von Zielen des Schutzes und der Entwicklung von Landschaftsfunktionen im Sinne einer nachhaltigen Landschaftsentwicklung erfordert im Rahmen der vorliegenden Arbeit die Beschränkung auf einige wenige Landschaftsfunktionen. Die Auswahl der Funktionen muss jedoch die Komplexität von Landschaften und ihrer Nutzung widerspiegeln, um dem Anspruch der Planungsrelevanz gerecht zu werden. Die auszuwählenden Landschaftsfunktionen sollen sich auszeichnen durch

- wechselseitige Beeinflussung in Form von Konflikten und Komplementaritäten,
- räumliche Überlagerung und Überlagerungsfähigkeit und
- Verknüpfung nutzungs- und schutzgutbezogener Aspekte.

Gleichzeitig müssen die Landschaftskompartimente und Umweltmedien Wasser und Boden wesentlich für die Ausprägung der Funktionen sein. Mit verfügbaren Daten und Methoden müssen sich die Funktionen zudem auf regionaler bzw. mesoskaliger Ebene differenziert analysieren und bewerten lassen.

Typische Freiraumfunktionen des ländlichen Raums, auf welche die genannten Anforderungen zutreffen, sind die **Erneuerung nutzbarer Grundwasserressourcen** und die **landwirtschaftliche Ertragsfunktion**. Beide Funktionen sind eng verknüpft mit der Regulation des Wasser- und Stoffhaushaltes von Landschaften. Der **Wasser- und Stoffrückhalt** zur Verhinderung von Hochwasser und stofflich-materieller Verarmung sind entscheidende Regulationsfunktionen von Landschaften, welche die langfristige Erfüllung der beiden genannten Produktionsfunktionen gewährleisten. Landwirtschaft, Wasserwirtschaft und Naturschutz sind gesellschaftlich legitimierte Interessen, die in Bezug auf diese Funktionen miteinander in Konflikt stehen, aber teilweise auch komplementäre Ziele verfolgen. Planerische Umweltvorsorge muss unter Wahrung dieser Interessen die genannten Funktionen im Sinne einer multifunktionalen Landschaftsentwicklung integrieren und mit ihren Steuerungsmöglichkeiten sichern und entwickeln.

2.4.1 Erneuerung der Grundwasserressourcen

Die Bereitstellung nutzbaren Grundwassers ist zu großen Teilen eine Funktion der Landschaft. Innerhalb des Wasserkreislaufes entscheidet sich auf der Ebene des Landschaftswasserhaushaltes, welcher Anteil der anfallenden Niederschlagsmenge verdunstet, wie viel Wasser oberflächlich oder oberflächennah lateral einem Vorfluter zuströmt und wie viel Wasser schließlich die obere Bodenzone vertikal Richtung Grundwasserleiter verlässt. Neben den klimatischen Bedingungen (Niederschlag, potentielle Verdunstung) sind es

- die Durchlässigkeit und Wasserspeicherfähigkeit des Bodens,
- der Grundwasserflurabstand mit seinem Einfluss auf Verdunstung und laterales wie vertikales Abflussgeschehen,

- die Bedeutung des Reliefs für die lateralen Wasserflüsse sowie
- der Einfluss von Landnutzung und Bodenbedeckung auf die Höhe der tatsächlichen Verdunstung,

wovon die Bereitstellung nutzbaren Grundwassers abhängt.

Diese Faktoren bedingen eine starke räumliche (und zeitliche) Differenzierung dieser Landschaftsfunktion, sowohl hinsichtlich der quantitativen Menge der Grundwasserneubildung und der stofflichen Zusammensetzung des Grundwassers als auch des lateralen Abflusses. Landschaft bedingt Quantität und Qualität der Erneuerung der Grundwasserressourcen. Landschaftsökologische Verfahren betrachten daher einzelne Teilfunktionen: Grundwasserneubildungsfunktion und Grundwasserschutzfunktion. Aus Sicht des die Gesamtfunktion in Anspruch nehmenden Menschen handelt es sich dabei gewissermaßen um zwei Kehrseiten einer Medaille: Neubildung und Schutz des Grundwassers determinieren die Ausprägung der Erneuerung der Grundwasserressourcen für die menschliche Nutzung. Entsprechend ist in der Umweltplanung die Bewertung von Eignung, Empfindlichkeit und Belastung eines Schutzguts oder einer Funktion üblich (vgl. Langer 1996, Scholles 1997). Daher werden Grundwasserneubildung und Grundwasserschutzfunktion bzw. dessen Umkehrung, Grundwassergefährdung, in dieser Arbeit als Indikatoren der Eignung und Empfindlichkeit der Erneuerung der Grundwasserressourcen verwendet und zur Bewertung der potentiellen Schutzwürdigkeit dieser Funktion verknüpft.

2.4.2 Landwirtschaftliche Ertragsfunktion

Die landwirtschaftliche Ertragsfunktion bezeichnet die Fähigkeit eines Landschaftsausschnittes zur Biomasseproduktion in Abhängigkeit von Geologie, Boden, Klima und Relief. De Groot (1992) differenziert in diesem Zusammenhang zwischen verschiedenen Produktions- und Standortfunktionen. In der Literatur ist in der Regel vom Biotischen Ertragspotential die Rede (z.B. Haase 1991, Marks et al. 1992, Hennings 1994), mithin das Potential zur Erfüllung der Ertragsfunktion, das hier als Indikator der Eignung in die Analyse eingeht. Die tatsächliche Funktion einer Landschaft für die landwirtschaftliche Produktion ist mit den hier zum Einsatz kommenden landschaftsökologischen Verfahren nicht zu bewerten. Dazu bedürfte es der Berücksichtigung weiterer, v.a. sozioökonomischer Faktoren, wie Betriebsgröße und -struktur (siehe z.B. Bethe & Bolsius 1995). Die Empfindlichkeit der biotischen Ertragsfunktion ist ebenfalls in starkem Maße von sozioökonomischen Faktoren abhängig. In diesen Fällen sollte aber besser von einer sozioökonomisch bedingten Nichtinanspruchnahme der Ertragsfunktion gesprochen werden, da das Potential erhalten bleibt. Anders verhält es sich zum Beispiel, wenn sich die Bodenfruchtbarkeit aufgrund von Erosion irreversibel verringert. Die Erosionsgefährdung ist daher auch der Indikator zur Bestimmung der Empfindlichkeit der biotischen Ertragsfunktion in dieser Arbeit. Die Erosionsgefährdung entspricht einer Umkehrung der bei Marks et al. (1992) und de Groot (1992) definierten Erosionsschutzfunktion. Im Übrigen besteht ein direkter Zusammenhang zwischen Empfindlichkeit der Ertragsfunktion und der wasser- und stoffhaushaltlichen Regulationsfunktion.

2.4.3 Regulation des Wasser- und Stoffhaushaltes

Eine der wesentlichen Forderungen des Nachhaltigkeitsprinzips ist die Minimierung von Stoffverlusten aus und der eng daran gekoppelte Wasserrückhalt in der Landschaft (Ripl 1995). Dadurch sollen einerseits die Leistungsfähigkeit des Landschaftshaushaltes erhalten bleiben und einer stofflichen Verarmung von Landschaften entgegengewirkt sowie andererseits die negativen Folgen des Austrags (z.B. Eutrophierung von Gewässern, Hochwassergefährdung) begrenzt werden. Unter der Regulation des Wasser- und Stoffhaushaltes sind eine Vielzahl von Teilfunktionen subsumiert. Nährstoffe und Schadstoffe wie Pestizide sind an spezifische Ein- und Austragspfade gebunden und verhalten sich in ihrer Bindungs- und Transformationsfähigkeit sehr unterschiedlich.

Vereinfacht können die zwei wesentlichen Austragspfade für Nähr- und Schadstoffe, der wasser- und der feststoffgebundene, analysiert und bewertet werden. Die Eignung von Landschaften für den Wasserrückhalt lässt sich über die Abflussregulationsfunktion bestimmen. Seine Empfindlichkeit ist umgekehrt proportional zur Bedeutung: Eine geringe Abflussregulationsfunktion ist gleichbedeutend mit potentiell hohen Abflüssen. Die Empfindlichkeit steigt aber auch mit dem Einfluss variabler Größen auf den Wasserrückhalt: Der Wasserrückhalt unter Wald reagiert empfindlicher auf eine veränderte Landnutzung als unter landwirtschaftlicher Nutzung. Gleichzeitig nimmt die Empfindlichkeit des Wasserrückhaltes mit steigenden Niederschlagsmengen zu.

Die Eignung für die Regulation des Feststoffaustrags wird über die bereits eingeführte Erosionsgefährdung, in ihrer Umkehrung als Erosionswiderstand, operationalisiert. Zusätzlich lässt sich die Funktion der Böden zur mechanischen Filterung grobdisperser Stoffe (z.B. Deposition atmosphärischer Stäube) bewerten. Ein wesentlicher Faktor der Empfindlichkeit der mechanischen Filterfunktion ist die Verdichtungsempfindlichkeit des Bodens, da die Funktion vom Porenvolumen des Bodens abhängt.

Eine entscheidende Rolle spielen die Böden als Puffer und Transformator vor allem im Bodenwasser dispergierter und gelöster Stoffe. Ihre Funktionsfähigkeit ist überwiegend von ihrem aktuellen Nährstoff-, Feuchte- und Säurestatus abhängig, also Größen, die in ihrer starken räumlichen und zeitlichen Variabilität nicht auf mesoskaliger Ebene und mit den verfügbaren Datengrundlagen betrachtet werden können.

Diese Erläuterungen machen deutlich, dass sich das risikoanalytische Prinzip der Bewertung von Eignung und Empfindlichkeit (siehe Kapitel 7.1.1) in der vorliegenden Arbeit nicht auf Regulationsfunktionen übertragen lässt. Dazu bedürfte es Daten, die zeitlich variable Zustandsgrößen von Prozessfaktoren wiedergeben (z.B. aktuelle Bodenfeuchte, landwirtschaftliche Bewirtschaftung). Die Verfahrensentwicklung arbeitet jedoch mit langjährigen Mitteln variabler Größen (Niederschlag und Verdunstung) und mittelfristig stabilen Eigenschaften von Landschaften (Bodenformen, Haupttyp der Bodenbedeckung). Daher werden Landschaftsausschnitte hinsichtlich ihrer Eignung für den Wasser- und Stoffrückhalt bewertet, ohne dem eine explizite Empfindlichkeitsbewertung gegenüber zu stellen. Daraus folgt, dass Bereiche mit geringer Eignung für den Wasser- und Stoffrückhalt tendenziell hohe Empfindlichkeiten besitzen und für die planerische Umweltvorsorge ein hoher Entwicklungsbedarf diagnostiziert wird.

3 Normativer Rahmen der Landschaftsentwicklung

Ausgehend von einer kritischen Würdigung des Nachhaltigkeitskonzeptes werden in Kapitel 3 die normativen Grundlagen für die Bewertung von Landschaftsfunktionen und die Formulierung von Zielen zu ihrer Sicherung und Entwicklung definiert.

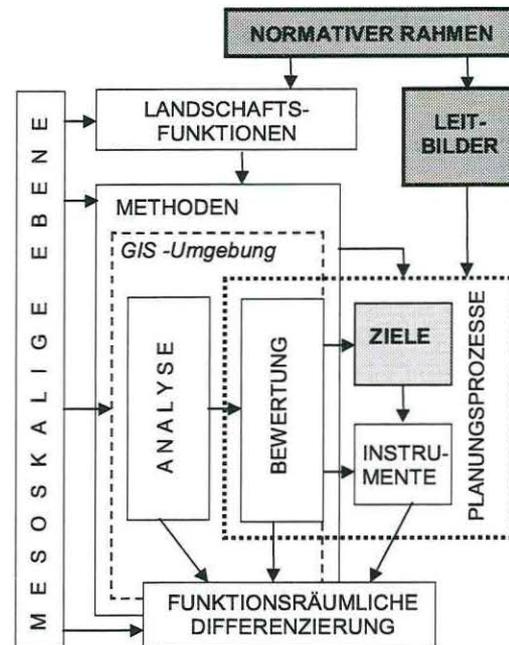


Abbildung 4: In Kapitel 3 bearbeitete Teile der Verfahrensentwicklung

3.1 Nachhaltigkeit als übergeordnetes Prinzip der Raumentwicklung

Nachhaltige Entwicklung ist heute das allgemein akzeptierte Leitbild für die Gestaltung der Mensch-Umwelt-Beziehungen, das für die räumliche Entwicklung die gleichzeitige Berücksichtigung ökologischer, ökonomischer und sozialer Aspekte fordert. Ziel ist die Sicherung von biotischen, abiotischen, materiellen und geistigen Ressourcen für künftige Generationen und die gerechte Verteilung dieser Ressourcen innerhalb der heutigen Generation.⁴

Spätestens seit dem Mittelalter wurden Holzeinschlag und nutzungsbedingte Walddegradierung in Mitteleuropa als ökonomisches Problem erkannt, dem eine Störung der ökologischen Funktionsfähigkeit von Waldökosystemen zugrunde liegt. Der genaue Ursprung ist umstritten, aber sicher ist, dass Nachhaltigkeit bereits im Spätmittelalter bzw. der frühen Neuzeit Eingang in die forstwirtschaftliche Lehre gefunden hat und ein Bewirtschaftungsprinzip definiert, nach dem nicht mehr Holz eingeschlagen werden darf als

⁴ 'Nachhaltige Entwicklung' ist eine der möglichen Übersetzungen des englischen Begriffes *Sustainable Development*. Parallel existieren die Bezeichnungen 'dauerhafte', 'dauerhaft-umweltgerechte' und 'zukunftsfähige Entwicklung', die teilweise mit unterschiedlichen inhaltlichen Schwerpunktsetzungen einher gehen, aber weitestgehend synonym verwendet werden.

nachwächst oder nachgepflanzt wird⁵. Gleichzeitig hat Nachhaltigkeit seine Wurzeln in den Ende des 18. Jh. von dem englischen Ökonomen Thomas Robert Malthus entwickelten Gedanken zur ökologischen und ökonomischen Tragfähigkeit der Erde. Der aktuelle politische Bedeutungsgewinn des Nachhaltigkeitskonzepts wurde jedoch durch die entwicklungs- und umweltpolitische Diskussion seit den 1960er Jahren ausgelöst. Durch Ressourcenverknappung, zunehmendes ökonomisches Nord-Südgefälle und wachsende Umweltprobleme wurden Umwelt und Entwicklung in einen direkten Zusammenhang gestellt: Während in den Industrieländern ökologische Probleme vor allem durch ein Übermaß an Ressourcenverbrauch verursacht werden, ist in den Entwicklungsländern häufig Ressourcenmangel die Ursache. Die berühmt gewordene Studie des ‚Club of Rome‘ von Meadows (1972) zeigte *„Die Grenzen des Wachstums“* auf. Als eine mögliche Antwort wurde Mitte der 1970er Jahre im Rahmen des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (UNEP) das sogenannte ‚Eco-Development‘ favorisiert, das zur Überwindung der weltweiten Entwicklungsunterschiede und Umweltprobleme eine integrative, sowohl ökologische, ökonomische als auch soziale Aspekte vereinende Lösungsstrategie formuliert (vgl. Harborth 1993, Dietz & Gebauer 1999). 1980 forderte die International Union for the Conservation of Nature (IUCN) in ihrer Weltnaturschutzstrategie *„to ensure the sustainable utilization of species and ecosystems“* und charakterisiert eine solche Nutzung als *„the management of the human use of the biosphere so that it may yield the greatest sustainable benefit to present generations while maintaining its potential to meet the needs and aspirations of future generations“* (IUCN 1980, zitiert nach Dietz & Gebauer 1999). Insbesondere der letzte Satz bildet gleichzeitig eine der Kernaussagen des sog. Brundtland-Berichtes *„Our common future“* der World Commission on Environment and Development (WCED, deutsche Ausgabe: Hauff 1987), der das Nachhaltigkeitskonzept als ‚Sustainable Development‘ zum integrativen Leitbild ökologischer, ökonomischer und sozialer Entwicklung macht und ihm auf politischer Ebene zum internationalen Durchbruch verholfen hat. Vor dem Hintergrund rapiden Bevölkerungswachstums in den Entwicklungsländern und steigendem Ressourcenverbrauch der Industrieländer fordert der Bericht die gemeinsame Verantwortung für nachfolgende Generationen. Die Weltkonferenz für Umwelt und Entwicklung (UNCED) von Rio konkretisierte 1992 die Ziele nachhaltiger Entwicklung in der AGENDA 21: Die dort vereinbarten Klimaschutzziele beherrschen seit Jahren die umweltpolitische Diskussion, und die Forderung nach dem Schutz der Biodiversität zur Erhaltung der genetischen Vielfalt lässt die Rolle des Naturschutzes in einem teilweise neuen Licht erscheinen. Auf internationaler Ebene (OECD 1998, UNCSD 1999, BMU 2000) und nationaler (Walz et al. 1997) Ebene wird derzeit an der Ausformulierung und Operationalisierung des Konzeptes gearbeitet.

Aus seiner Entwicklungsgeschichte wird deutlich, dass nachhaltige Entwicklung ein eindeutig politisch motiviertes, **anthropozentrisches Konzept** ist, das sehr unterschiedliche Dinge miteinander zu verbinden sucht: Erhaltung der Biodiversität und der Funktionsfähigkeit von Ökosystemen, Erhaltung wirtschaftlicher Produktionsmöglichkeiten, inter- und intragenerationelle Verteilungsgerechtigkeit materieller und immaterieller Güter. Diese Vielfältigkeit des Anspruchs enthält Widersprüche und erklärt, warum es bislang nicht gelungen ist, zu

⁵ Häufig wird ein Lehrbuch des sächsischen Oberberghauptmanns von Carlowitz aus dem Jahre 1713 genannt; ältere Quellen stammen jedoch auch aus dem Elsaß.

definieren, wie nachhaltige Entwicklung genau aussieht. Auf einer abstrakten Ebene bedeutet Nachhaltigkeit den Erhalt ökologischer, ökonomischer und sozialer Systeme über einen zu definierenden Zeitraum (vgl. Constanza & Patten 1995, Klauer 1999). Es ist jedoch nicht möglich, ein System oder Bestandteile eines Systems zu erhalten ohne gleichzeitig andere Systeme zu verändern oder gar zu zerstören. Bei der Entscheidung darüber, welche Systeme zu erhalten oder zu entwickeln sind, kommt die zentrale normative Forderung des Nachhaltigkeitspostulates zum Tragen: Der Erhalt und die Entwicklung von Systemen muss intra- und intergenerativ gerecht sein (vgl. Hauff 1987).

Nachhaltigkeit bedeutet also weitaus mehr als eine an der Tragfähigkeit von Landschaften ausgerichtete Landnutzung, die deren ökologische Funktionsfähigkeit erhält. Unter Gerechtigkeitsgesichtspunkten kann es nachhaltig sein, die ökologische Stabilität einer Landschaft zu stören (d.h. ein System nicht zu erhalten), wenn dadurch ein anderes, als wertvoller erachtetes Gut erhalten werden kann. Im Rahmen des Nachhaltigkeitskonzeptes wird damit auch die normative Komponente des häufig verwendeten Schlagwortes ‚ökologische Funktionsfähigkeit‘ deutlich: Funktionsfähigkeit meint in diesem Zusammenhang nicht den Erhalt eines Systems als Wert an sich, sondern den Erhalt oder die Entwicklung der Funktion, die ein System für den Erhalt der Menschheit besitzt. Ökologische Funktionsfähigkeit ist keine wertfreie Eigenschaft eines Systems. Erst der Mensch weist einem bestimmten System in einem bestimmten Zustand einen Wert zu. Das heißt, dass beispielsweise der Schutz des Bodens oder des Grundwassers auf die Interessen des Menschen ausgerichtet sind.

Das bedeutet jedoch keinesfalls, dass damit jeglicher Schutz auf rein nutzungsorientierte Produktionsinteressen ausgerichtet ist. Schließlich umfassen die Interessen des Menschen einen breiten Wertekanon, wie er beispielsweise in den Zielen und Grundsätzen der Raumordnungs- und Naturschutzgesetze des Bundes und der Länder zum Ausdruck kommt.

In der aktuellen Nachhaltigkeitsdiskussion ist eine Abkehr vom **Naturprinzip** der Nachhaltigkeit zu erkennen, wie es zum Beispiel in frühen Arbeiten von Haber (1972) unter Berufung auf Odum (1969) noch gültig war. Im Mittelpunkt steht nicht mehr ein zu definierender Zielzustand, der vor allem ökologische Funktionsfähigkeit gewährleisten soll. Nicht zuletzt hat zu dieser Abkehr die ökologische Forschung selbst beigetragen, indem sie Prinzipien wie den Zusammenhang zwischen Diversität und Stabilität inzwischen verworfen hat (vgl. Nienhuis & Leuven 1997, Haber 1998). Statt als klar definierter Zielzustand wird Nachhaltigkeit heute als ein fortlaufender Prozess verstanden, in dem individuelles und gesellschaftliches Handeln - dazu zählt auch die planerische Umweltvorsorge - unter den Gesichtspunkten der Gerechtigkeit und der wachsenden Erkenntnisse über das Funktionieren ökologischer, ökonomischer und sozialer Systeme laufend reflektiert werden muss. Zu dieser Erkenntnis kommen Autoren mit ökologischem (Roweck 1995), ökonomischem (Klauer 1999) und philosophischem (Dietz & Gebauer 1999) Hintergrund gleichermaßen. Die aktuelle Orientierung der Planungswissenschaften auf partizipative und diskursive Planungsprozesse ist auch ein Ausdruck des gewandelten Nachhaltigkeitsverständnisses.⁶

⁶ In die kritische Diskussion des Nachhaltigkeitskonzeptes gehen Ergebnisse eines interdisziplinären Doktorandenarbeitskreises am UFZ Leipzig-Halle ein, dem der Verfasser angehört.

Aus landschaftsökologischer Sicht lassen sich aus dem Nachhaltigkeitskonzept Prinzipien für die Entwicklung von Landschaften als komplexe Systeme ableiten, die Bastian (1999b: 161) zusammenfassend wiedergibt:

- Die Nutzungsrate natürlicher Ressourcen soll deren natürliche Regenerationsrate nicht überschreiten.
- Nicht erneuerbare Ressourcen dürfen nur in dem Maße genutzt werden, wie sie Zug um Zug durch nachwachsende Rohstoffe oder erneuerbare Energie ersetzt werden können.
- Entwicklung, in der die gesamte Energie von der gegenwärtigen Sonnenkraft gewonnen und alle nicht erneuerbaren Ressourcen wiederverwendet werden.
- Die Freisetzung von Stoffen darf die Aufnahmekapazität der natürlichen Systeme nicht überfordern.
- Anthropogene Materialflüsse sollten kleiner sein als die natürlichen geogenen Fluktuationen; die natürlichen Stoffkreisläufe sollten durch die anthroposphärischen Flüsse nicht verändert werden.
- Das Zeitmaß menschlicher Eingriffe muss an die Zeitmaße natürlicher Prozesse angepasst sein.
- Die natürliche Variabilität von Arten und Landschaften soll erhalten bleiben.
- Ökologische Prinzipien sollen alle Bereiche der Landnutzung durchdringen und die Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes dauerhaft gewährleisten.

Diese Prinzipien sind Grundlage für die nachfolgend erläuterten Strategien, Leitbilder und Ziele nachhaltiger Landschaftsentwicklung. Damit sind sie auch wesentliche normative Kriterien, bzw. dienen als Grundlage für die Ableitung solcher Kriterien, an denen sich die Funktionsbewertung in der Verfahrensanwendung orientieren muss.

3.2 Strategien nachhaltiger Landschaftsentwicklung

Zur Festlegung der funktionsräumlichen Differenzierung kennt die Raumplanung zwei unterschiedliche Modelle: das der ausgeglichenen Funktionsräume und das der funktionsräumlichen Arbeitsteilung. Mit Ersterem ist das raumordnerische Ziel der Schaffung gleichwertiger Lebensbedingungen in allen Landesteilen durch den Abbau räumlicher Disparitäten verbunden. Damit wird versucht, der tatsächlich entgegengesetzt verlaufenden Entwicklung der zunehmenden Differenzierung und Segregierung räumlicher Funktionen entgegenzuwirken. Dazu gehören die Entwicklung nach dem Zentrale-Orte-Prinzip oder die Ausgleichsfunktion des ländlichen Raumes für Funktionen, welche die Ballungsräume nicht mehr erfüllen können. Im Endeffekt bedient sich die raumordnerische Steuerung eines Kompromissmodells, das bei der Definition von allgemeingültigen Mindeststandards (Lebensgrundfunktionen), die in allen Räumen erfüllt sein müssen, die Notwendigkeit der Konzentration bestimmter Funktionen an Entwicklungsschwerpunkten anerkennt. Diesem Kompromissmodell entsprechen auch die Konzepte, die Ökologie, Landschaftsökologie und Naturschutz für die räumliche Entwicklung und die Funktionsverteilung im Raum entwickelt haben (Abbildung 5). Zu nennen ist hier die in ihren Grundzügen bereits 1972 von Haber

entworfene Theorie der differenzierten Bodennutzung und das die integrativen und segregativen Ansätze des Naturschutzes vereinende Modell der partiellen Integrationsstrategie, wie es vor allem von Plachter (1994) konkretisiert wurde. Beide Modelle enthalten die Formulierung von Mindeststandards für eine ressourcen- und umweltschonende Landnutzung, die unabhängig von naturschutzfachlichen Schutzgebietskategorien Gültigkeit besitzen sollen.

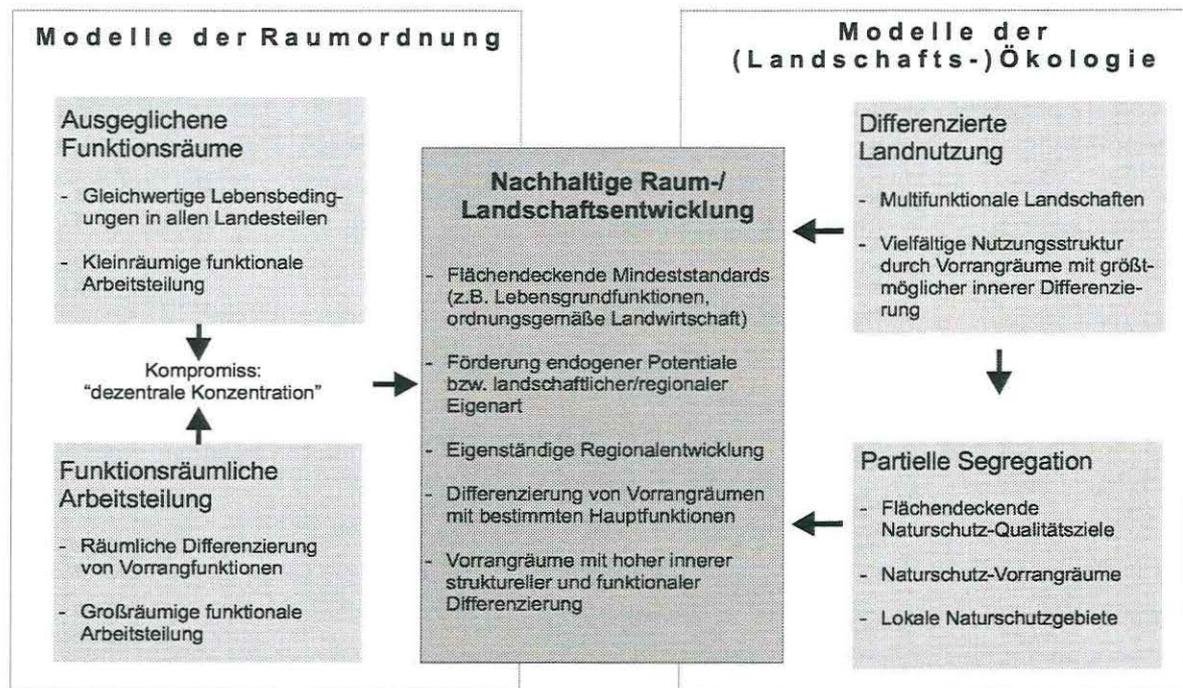


Abbildung 5: Modelle funktionsräumlicher Differenzierung in Raumplanung und (Landschafts-) Ökologie

Dem liegt die Erkenntnis zugrunde, dass nur so eine nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen möglich ist und der Erhalt naturschutzfachlich wertvoller Flächen langfristig nicht ohne Berücksichtigung der sie beeinflussenden Landnutzung in Bereichen möglich ist, mit denen sie funktional verbunden sind. Ziele der Formulierung von Mindeststandards sind der erwähnte Erhalt naturschutzfachlich wertvoller Bereiche, die Erhaltung natürlicher Ressourcen für die künftige Nutzung, Stopp und Umkehr der zunehmenden stofflichen Nivellierung von Standortverhältnissen (Eutrophierung des Bodens und der Gewässer).

Die differenzierte Landnutzung nach Haber (1972, 1998) und das darauf aufbauende Prinzip der partiellen Segregation nach Plachter (1994) haben inzwischen Eingang in politische Zielsysteme gefunden. So kann die Forderung nach einem Vorrang für Naturschutz und Landschaftspflege auf ca. 10 bis 15 % der Fläche auch intensiv genutzter Agrarlandschaften heute als umweltpolitischer ‚common sense‘ betrachtet werden. Im Entwurf eines umweltpolitischen Schwerpunktprogramms der Bundesregierung von 1998 schlägt sich dieser noch als Willensbekundung nieder (BMU 1998). Auf internationaler (Cook & van Lier 1993) und gesamteuropäischer (Jongman 1993), aber auch auf regionaler Ebene in vielen Bundesländern werden Biotopverbundsysteme aufgebaut. Als Beispiel sei hier auf das Ökologische Verbundsystem (ÖVS) in Sachsen-Anhalt verwiesen (MRLU 1997b).

Im Rahmen der Funktionsbewertung in Kapitel 8 wird das Prinzip der differenzierten Landnutzung wieder aufgegriffen und als Grundlage für Aussagen zur funktionsräumlichen Differenzierung und möglichen Multifunktionalität landschaftlicher Entwicklung verwendet.

3.3 Leitbilder und Ziele planerischer Umweltvorsorge

3.3.1 Definition und Diskussion verwendeter Begriffe

In den vergangenen Jahren sind Leitbilder ein verbreitetes Instrument zur Darstellung und Durchsetzung von Zielen in vielen gesellschaftlichen und politischen Bereichen geworden. Das gilt auch für den Natur- und Umweltschutz und damit befasste Planungen (ANL 1994, Plachter 1995, Roweck 1995, DRL 1997, Finck et al. 1997, Wiegleb et al. 1998, Bastian 1996, 1999b, Glacer 1999). Eng mit der umweltpolitischen Leitbilddiskussion verknüpft sind die Begriffe Umweltqualitätsziel (UQZ) und Umweltqualitätsstandard (UQS) bzw. Umwelthandlungsziel (ANL 1994, Runden et al. 1997). Bei Leitbildern lässt sich grundsätzlich zwischen sektoralen und integrierten Leitbildern unterscheiden. Sektorale Leitbilder beziehen sich auf Schutz oder Entwicklung einzelner Landschaftskompartimente (z.B. biotische und abiotische Leitbilder), während integrierte Leitbilder sektorale Ziele zusammenfassen und komplexe Zielvorstellungen für definierte Raumausschnitte vereinfacht wiedergeben. Verknüpft wird damit die Hoffnung, sowohl die Außenwirksamkeit komplexer Ziele durch deren Bildhaftigkeit zu erhöhen als auch die Operationalisierung und Monitoringfähigkeit von Zielen des Natur- und Umweltschutzes zu verbessern. UQZ haben hingegen immer einen eindeutig definierten Bezug zu einem Umweltaspekt.

Mit Bezug zu wasser- und bodenabhängigen Landschaftsfunktionen hat das Umweltbundesamt (UBA) relativ weitreichende UQZ und Umwelthandlungsziele bzw. UQS formuliert (Tabelle 6) und folgt dabei folgender Definition (Walz et al. 1997):

- Umweltqualitätsziele charakterisieren einen angestrebten Zustand der Umwelt.
- Umweltqualitätsziele enthalten sowohl naturwissenschaftliche als auch gesellschaftlich-ethische Elemente.
- Umweltqualitätsziele werden objekt- oder medienbezogen für Mensch und/oder Umwelt bestimmt, sind also immissions- oder wirkungsbezogen.

Umweltqualitätsstandards – oder Umwelthandlungsziele in der Terminologie des UBA – dienen der Operationalisierung der UQZ und

- sind an Belastungen ansetzende quantitative Zielvorgaben und beziehen sich auf Verursacherbereiche, also in der Regel die Emittenten. Die Ableitung erfolgt sektoren- oder bedarfsefeldorientiert;
- beschreiben notwendige Schritte, um die durch Umweltqualitätsziele vorgegebenen Zustände und Eigenschaften der Umwelt zu erreichen. Sie sind insofern Maßstab für konkrete Einzelmaßnahmen, durch die sie operationalisiert werden.

Bislang existiert keine einheitliche Terminologie, und die Begriffe werden teilweise sehr unterschiedlich besetzt (s.u.). Konsens besteht maximal insofern, als dass Leitbilder und UQZ

Teil eines hierarchischen Zielsystems sind, das durch eine gestufte, räumliche und/oder inhaltliche Konkretisierung der Aussageschärfe gekennzeichnet ist. Ein typisches Zielsystem enthält das Leitbild der dauerhaft-umweltgerechten Landnutzung (SRU 1996). Es lässt sich aus dem übergeordneten Leitprinzip nachhaltige Entwicklung ableiten und wird durch UQZ zu verschiedenen Handlungsfeldern konkretisiert (z.B. Erhalt der natürlichen Bodenfunktionen, Erhalt des landwirtschaftlichen Ertragspotentials). Diese wiederum müssen durch qualitative und - bei manchen Autoren auch ausschließlich - quantitative Umweltqualitätsstandards bzw. -handlungsziele (z.B. Bodenabtrag nicht größer als Bodenneubildung, N-Überschuss im Boden max. 13 kg/ha/a) operationalisiert werden, die der Umsetzung in Maßnahmenkatalogen bedürfen. Die Zuordnung inhaltlicher Aussagen zu einer Zielkategorie ist jedoch nicht eindeutig definiert. Neben der dargestellten, schrittweisen inhaltlichen Konkretisierung ist für viele Autoren damit auch eine räumliche Konkretisierung verbunden (z.B. Leitbild auf Bundes- und Länderebene, UQZ auf regionaler, UQS auf lokaler Ebene). Andere Autoren plädieren dafür, auf jeder räumlichen Ebene Zielsysteme aus Leitbildern, UQZ und UQS zu definieren, so dass das UQZ der übergeordneten Ebene der nachgeordneten als Leitbild dient. So kann die Aussage ‚Sicherung von 15 % der Nicht-Siedlungsfläche für den Biotopverbund‘ je nach Blickwinkel als Leitprinzip, Leitbild, UQZ oder UQS bezeichnet werden. Für jede Bezeichnung ließen sich stichhaltige Argumente finden, was die teilweise erbittert geführte Leitbilddiskussion und das Bemühen um eine eindeutige Ordnung der Begriffsvielfalt als an den praktischen Erfordernissen vorbeigehend erscheinen lässt.

Umstritten ist außerdem, ob Leitbilder und Umweltqualitätsziele Gegenstand fachlicher Festlegungen sind oder der Konsensbildung in diskursiven oder partizipativen Prozessen, und damit des Diskussionsprozesses zwischen Interessensvertretern, Akteuren und Öffentlichkeit. Von planungsfachlicher Seite wird letztere Vorgehensweise zunehmend favorisiert (Kühn 1999), so dass von der Landschaftsökologie lediglich Informationen, Analysen und fachliche Einschätzungen bereitgestellt werden können, die als Grundlage für die Formulierung von Leitbildern und Umweltqualitätszielen dienen. Für deren Formulierung sind normative Festlegungen erforderlich (z.B. Wie hoch soll der Anteil naturnaher Flächen in einer Region sein?), die auf der Auswertung wissenschaftlicher Erkenntnisse beruhen sollten, aber letztlich im gesellschaftlichen und politischen Bereich getroffen werden.

Exkurs: Leitbilder in der Gewässerentwicklungsplanung

Die obigen Ausführungen geben vor allem die naturschutzfachliche Diskussion wieder. In der Gewässerentwicklungsplanung hat sich parallel ein anderes Leitbildverständnis etabliert, was immer wieder für Missverständnisse sorgt und daher kurz erläutert werden soll.

Der Bewertung der Gewässerstrukturgüte, also des ökologisch-morphologischen Zustands eines Fließgewässers, liegt die Formulierung eines Leitbildes zugrunde, das den naturraumtypischen natürlichen Zustand eines Fließgewässers definiert (potentiell natürlicher Gewässerzustand⁴). Hier hat das Leitbild weniger Zielcharakter, es dient vielmehr als Bewertungsmaßstab des aktuellen Gewässerzustandes. Was im Naturschutz als Leitbild bezeichnet wird, entspricht in der Gewässerentwicklungsplanung dem Entwicklungsziel: Vom Leitbild werden unter Berücksichtigung der kulturräumlichen Entwicklung des Raumes, aktueller nutzungsbedingter Zwangspunkte und anderer gesellschaftlicher Anforderungen Abstriche vorgenommen (DVWK 1996b, Zumbroich et al. 1999). Von Haaren (1998: 23)

kritisiert an dieser Leitbilddefinition, das sie ohne gesellschaftliche Wertsetzungen auszukommen vorgibt und sich scheinbar allein aus den Ergebnissen gewässerökologischer Forschung ableitet. Die Berufung auf ökologische Funktionen und Naturpotentiale impliziert jedoch ihrer Meinung nach bereits die Wertsetzung, größtmögliche Naturnähe zum Ziel der Gewässerentwicklung zu machen. Hier besteht nach Ansicht des Verfassers ein grundlegendes Missverständnis: Während in Naturschutz, Landschaftsplanung und auch in Teilen der Landschaftsökologie Funktionen und Potentiale eindeutig anthropozentrisch definiert sind, dienen sie im Gewässerschutz der Beschreibung der Prozesse und Strukturen in natürlichen Gewässersystemen. Das gewässerökologische Leitbild ist Maßstab für die Einschätzung der Naturnähe eines Gewässers, wie sie über die Gewässerstrukturgüte operationalisiert wird. Auf diese Weise soll beispielsweise verhindert werden, dass bei der Formulierung von Zielen und Maßnahmen naturnaher Gewässerentwicklung ein begradigter Bachlauf in glazialen Sandgebieten künstlich zum Mäandrieren gebracht wird. Dies käme einer neuerlichen Degradierung gleich, da das Ökosystem Sandbach nicht über die systemimmanenten Prozesse zur Ausbildung von ausgeprägten Mäanderstrukturen verfügt.

Die scheinbaren Gegensätze der Leitbilddefinitionen und die damit einhergehenden Missverständnisse lassen sich teilweise aufheben, wenn in der Gewässerentwicklungsplanung von potentiell (‚potentiell natürlicher Gewässerzustand‘) und integriertem (‚Entwicklungsziel‘) Leitbild gesprochen wird (DVWK 1996b).

Schlussfolgerungen

Einige Autoren beurteilen die Leitbilddiskussion insgesamt sehr kritisch (Roweck 1995, Glacer 1999) und warnen davor, zu enge Vorgaben für eine umweltgerechte Landschaftsentwicklung zu machen. Die Komplexität und Dynamik landschaftlicher Entwicklung lässt ein konsistentes System quantitativer Ziele, die durch eindeutige Grenz- und Richtwerte untermauert werden, nicht zu. Stattdessen werden flexible und offene Leitbilder empfohlen (SRU 1996) sowie die Orientierung am Prinzip des minimalen Eingreifens (Roweck 1995). Diese Vorgehensweise erscheint auch im Hinblick auf die ebenfalls offener und flexibler werdenden Planungsprozesse sinnvoll.

3.3.2 Umweltpolitische Leitbilder und Ziele zur Sicherung von Landschaftsfunktionen

Im Folgenden werden vorhandene Leitbilder und Umweltqualitätsziele auf ihre Aussagen zur Sicherung von Landschaftsfunktionen untersucht.

Der Entwurf für ein umweltpolitisches Schwerpunktprogramm (BMU 1998) formuliert nach Umweltbereichen gegliedert Ziele und gleichzeitig Schlüsselindikatoren für ein Monitoring (Bestimmung von Zielerreichungsgraden) (Tabelle 4). Für das Thema dieser Arbeit besonders relevant sind die Aussagen zu den Bereichen Boden, Natur und Wasser. Für den Bereich des Schutzes des Naturhaushaltes enthält der Entwurf des umweltpolitischen Schwerpunktprogramms zusätzliche Handlungsziele und diese teilweise weiter konkretisierende Teilziele (Tabelle 5).

Tabelle 4: Schlüsselindikatoren und Umweltziele im Entwurf des umweltpolitischen Schwerpunktprogramms der Bundesregierung (BMU 1998, verändert)

Bereich	Schlüsselindikator	Umweltziel
Klima	Jährliche CO ₂ -Emissionen	Reduzierung der CO ₂ -Emissionen um 25% bis 2005 auf der Basis von 1990
Boden	Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche pro Tag	Reduzierung auf 30 ha pro Tag bis 2020
Natur	Ökologische Vorrangflächen	Sicherung von 10-15% der 1998 nicht besiedelten Fläche als ökologische Vorrangflächen zum Aufbau eines Biotopverbundsystems bis 2020
Wasser	Anteil der Gewässer mit chemischer Gewässergüteklasse II für wichtige Schadstoffe (AOX) die Nährstoffbelastung (Gesamt-Stickstoff)	Erreichen der Zielvorgaben der chem. Güteklasse II bei allen Fließgewässern (100 % der Messstellen) bis 2010: - < 25 µg/l für AOX - < 3 mg/l für Gesamt-N
Ressourcen	Energieproduktivität (BIP im Verhältnis zum Energieverbrauch) Rohstoffproduktivität (BIP im Verhältnis zum Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe)	Verdoppelung der Energieproduktivität bis 2020 auf der Basis von 1990 Erhöhung der Rohstoffproduktivität auf das 2,5-fache bis 2020 bezogen auf 1993

Tabelle 5: Handlungsfelder und Ziele zum Schutz des Naturhaushaltes im Entwurf des umweltpolitischen Schwerpunktprogramms der Bundesregierung (BMU 1998, verändert)

Handlungsfeld	Übergeordnete Handlungsziele und Teilziele
Natürliche und naturnahe Flächen sichern und entwickeln	Sicherung von ca. 10-15 % der nicht besiedelten Fläche des Jahres 1998 als ökologische Vorrangflächen zum Aufbau eines Biotopverbundsystems
Trendwende bei der Artengefährdung	Dauerhafte Trendwende bei der Gefährdung der wildlebenden heimischen Tier- und Pflanzenwelt
Trendwende bei der Flächeninanspruchnahme erreichen	Dauerhafte Entkopplung der Flächeninanspruchnahme für Siedlung und Verkehr vom wirtschaftlichen Wachstum Reduzierung der Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche auf 30 ha pro Tag bis 2020: - Minimierung der Flächenversiegelung - Vorrang Flächenkonversion und -umwidmung vor Neuausweisung - Rückbau - Erhalt wertvoller leistungsfähiger Böden durch Versiegelungsschutz
Umweltschonende Flächennutzung verwirklichen	Land- und Forstwirtschaft - Durchsetzung der Regeln der guten fachlichen Praxis als Mindeststandard: - Reduzierung des N-Überschusses von 118kg/ha/a auf 50 kg/ha/a bzw. für versickerungsgefährdete Standorte auf 20-40 kg/ha/a Siedlung und Verkehr - Lenken der Nutzungsansprüche in Räume, in denen Konflikte mit Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes und dem Landschaftsbild am geringsten sind - Ausgleich von Umweltbeeinträchtigungen im gesamtstädtischen Verbund - verstärkte Nutzung planerischer Instrumente, insbesondere Landschaftsrahmenplan und Landschaftsplan - Förderung ökologischer Bau- und Siedlungsweisen - Vermeiden der Zerschneidung von verkehrsarmen Lebensräumen (>100 km ²) - Freihalten der Naturschutzvorrangflächen von Verkehrseinrichtungen und Verlagerung des Verkehrs auf umweltschonende Verkehrssysteme

Diese Ziele beziehen sich zum einen direkt auf den Arten- und Biotopschutz und zum anderen auf Art und Intensität der Flächennutzung. Die Konkretisierung der Ziele ist ausgesprochen unterschiedlich. Für den Artenschutz wird lediglich eine dauerhafte Trendwende bei der Artengefährdung angestrebt, was eher einem übergeordneten Leitbild gleichkommt. Allerdings wäre es in diesem Zusammenhang auch realitätsfern, Zielvorgaben in Form von Artenzahlen zu geben. Weitaus konkreter sind die flächennutzungsbezogenen Ziele, die sich auf

- die Schaffung eines Biotopverbundsystems durch Ausweisung ökologischer Vorrangflächen auf 10-15 % der nicht besiedelten Fläche des Jahres 1998,
- die Reduzierung der Flächenversiegelung auf 30 ha pro Tag bis zum Jahre 2020 und
- die Reduzierung des Stickstoffüberschusses landwirtschaftlicher Nutzflächen auf 50 kg pro ha und Jahr bzw. 20-40 kg auf versickerungsgefährdeten Standorten

konzentrieren. In ihrer quantitativen Präzisierung haben diese Aussagen bereits den Charakter von Umweltqualitätsstandards auf nationaler Ebene, die sich über Indikatoren operationalisieren lassen und monitoringfähig sind. Insbesondere die Teilziele zur Reduzierung des Flächenverbrauchs sind auf die Möglichkeiten der räumlichen Planung zur Steuerung der Siedlungsentwicklung ausgerichtet.

Die Umweltqualitätsziele und Umwelthandlungsziele des UBA (Tabelle 6) können als eine Konkretisierung und teilweise auch Operationalisierung der Leitlinien des umweltpolitischen Schwerpunktprogramms aufgefasst werden. Unbefriedigend ist jedoch auch hier die teilweise Inkonsistenz und der sehr unterschiedliche Konkretisierungsgrad der formulierten Ziele. So werden auf UQZ-Ebene sowohl sehr allgemeine Ziele formuliert (Erhalt der natürlichen Bodenfunktionen, Reetablierung ehemals heimischer Arten) als auch quantitativ exakt definierte Grenzwerte (Stickstoffüberschuss im Boden max. 14 kg rein-N). Gleichzeitig finden sich auf Umwelthandlungszielebene quantitative Vorgaben (15% der nicht besiedelten Fläche für Biotopverbund) neben allgemeinen Formulierungen (Erhalt und Verbesserung der Gewässerstruktur der Elbe). Letztere bieten dann auch keine Konkretisierung des zugehörigen UQZ (Erhaltung und Verbesserung der ökologischen Qualität der Oberflächengewässer).

Der Entwurf des umweltpolitischen Schwerpunktprogramms und das Umweltqualitätszielkonzept des Umweltbundesamtes bieten dennoch wesentliche Vorgaben und damit einen brauchbaren normativen Rahmen für die Sicherung von Landschaftsfunktionen. Gleichzeitig sind beide das einzige zusammenhängende Zielsystem des Umweltschutzes auf Bundesebene, das den gesamten Bereich der Umweltvorsorge abzudecken versucht.

Tabelle 6: Umweltqualitätsziele und Umwelthandlungsziele des UBA (nach Walz et al. 1997, verändert)

Umweltbereich	Umweltqualitätsziel	Umwelthandlungsziel
Schutz der Oberflächen-gewässer	Schutz der Oberflächengewässer vor Stoffeinträgen zur Erhaltung und Verbesserung der Gewässerqualität:	Erhalt von Nutzungsansprüchen und Schutz der aquatischen Lebensgemeinschaften (je nach Schutzgut gewässer- und stoffspezifisch festzulegen).
Schutz des Bodens vor anorganischen und organischen Kontaminanten	Boden-Vorsorge gegenüber Schadstoff-Einträgen (anorganische und organische Kontaminanten): - Erhalt der natürl. Bodenfunktionen - Gleichgewicht zwischen Eintrag und unbedenklichem Austrag - Verhinderung der Verlagerung von Stoffen in Grundwasser und Pflanzen - Vermeidung der Überlastung des Bodens als Schadstoffsene	Spezifisch je Stoff und Eintragspfad: - Reduktion Stoffeinträge (Frachten) zur Einhaltung UQZ (z.B. Schwermetallkonzentration im Boden) - Anforderungen an Abfallwirtschaft, Einsatz industrieller Wirtschafts- und Mineraldünger, Luftreinhaltung - Untergesetzliche Regelwerke, BBodSchG
Eutrophierung des Bodens	Boden-Vorsorge gegenüber Nährstoff-Schäden: - Erhalt der bodenökologischen Standortstypen, Vermeidung von Schäden an benachbarten Böden durch N- und P-Eintrag mit erodiertem Bodenmaterial Bodenschutz und Erhalt der Gewässerqualität; N-Düngung als Leitgröße: um EG-Qualitätsziel für Nitrat (25 mg/l im Grundwasser) einzuhalten, darf N-Überschuss im Boden max. 14 kg rein-N betragen.	Anforderungen an gute landw. Praxis, an die Abfallwirtschaft: - bei fachlicher Optimierung der derzeitigen Acker- und Grünlandnutzung (heutiges Produktionsniveau) darf der N-Bilanzüberschuss nicht mehr als 50 kg rein-N kg/ha betragen
Schutz des Bodens vor Erosion	Schutz des Bodens vor Erosion: - Verminderung Wasser- und Winderosion - Erhalt natürlicher bodenökologischer Standorteigenschaften - Erhalt des Ertragspotentials für die Landwirtschaft, v.a. Humusgehalt, gespeicherte Nährstoffe, Durchwurzelbarkeit	mittelfristig: Einhaltung tolerierbarer Bodenabträge in Abhängigkeit von der Bodenmächtigkeit langfristig: Orientierung tolerabler Bodenabträge an der Bodenneubildung
Erhaltung der Struktur der Ökosysteme bei agrarischer Nutzung	Erhalt der Ökosystemstrukturen zum Schutz vor Artenverlust (v.a. ökosystem-typische Arten, durch intensive agrarische Bewirtschaftungsweisen gefährdet)	Aufbau eines Biotopverbundsystems mit Flächenanteil von mind. 10 % der landw. Nutzfläche unter Berücksichtigung der Zuständigkeiten der Länder.
Erhaltung der Struktur von Ökosystemen bei forstlicher Nutzung	Erhalt standortgerechter, artenreicher, stufiger Mischwäldern bestimmt durch - Annäherungsgrad zur potentiell natürlichen Waldvegetation als Referenzzustand - Anteil der naturnahen Wälder an der Gesamtwaldfläche - Anteil von Naturwaldreservaten an der Gesamtwaldfläche - Anteil geschützter (Rote-Liste-) Arten	Umbau der nicht standortgerechten Altersklassen-Monokulturen (z. B. Fichte), orientiert an der potentiell natürlichen Vegetation Sicherung von Spezialbiotopen zum Schutz von bedrohten Einzelarten
Freiraumschutz	Schutz ökologisch bedeutsamer Freiräume in ausreichender Qualität und Quantität vor einer Inanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke	Aufbau eines funktionsfähigen, großflächigen Freiraumverbundes: MKRO: auf 15 % der nicht für Siedlungszwecke genutzten Fläche je Bundesland LANA: Mindestens 10 bis 15% der Landesfläche (5 bis weit über 20 % je nach naturräumlichen Gegebenheiten)

Fortsetzung Tabelle 6:

Umweltbereich	Umweltqualitätsziel	Umwelthandlungsziel
Freiraumschutz		SRU: auf durchschnittlich 10 % der Fläche (5 % bis weit über 20% je nach Naturraum bzw. Agrargebiet)
Ökologische Qualität der Fließgewässer	<p>Erhaltung und Verbesserung der ökologischen Qualität der Oberflächengewässer:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reetablierung ehemals heimischer Arten - vollständige Durchgängigkeit der Gewässer von der Quelle zur Mündung <p>Zielkriterien:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vorkommen naturtypischer Lebensgemeinschaften und höherer Organismen (Wanderfische wie Lachs etc.) - Einhaltung der Zielvorgaben für Schadstoffe, intakter O₂-Haushalt 	<p>Erhalt oder Regeneration naturraumtypischer Lebensgemeinschaften und Gewährleistung von Nutzungsansprüchen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Durchführung integrierter Programme (Verminderung der Stoffeinträge, Erhalt und Verbesserung der Gewässerstruktur) <p>Elbe:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erhalt und Verbesserung der Gewässerstruktur (Deichverlegung, Renaturierung von Nebenflüssen)

3.3.3 Regional- und fachplanerische Leitbilder und Ziele

Eine nachhaltige regionale Entwicklung folgt nach Locher et al. (1997: 16) den drei grundlegenden Prinzipien Dichte, Mischung und Polyzentralität. Damit verbunden sind die für den ländlichen Raum relevanten Leitbilder und Ziele

- Dezentrale Konzentration (als Kompromiss zwischen den Modellen der funktionsräumlichen Arbeitsteilung und der ausgeglichenen Funktionsräume)
- Reduzierung der Siedlungsflächeninanspruchnahme
- Verbesserung der regionalen Umweltqualitäten im Rahmen einer regionalen qualitativ und quantitativ vorzunehmenden Eingriffs- und Ausgleichsbilanzierung
- Entwicklung eines großräumigen ökologischen Freiraumverbundsystems unter Berücksichtigung der verschiedenen Freiraumfunktionen

Die Verfolgung dieser Ziele geschieht durch die Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten im Regionalplan, wobei jedoch handhabbare Überlagerungsregelungen gefunden werden müssen, um Konflikte zwischen Nutzungen und Schutzgütern zu vermeiden. Die folgenden Ausführungen beziehen sich teilweise auf planungsfachliche Gebietskategorien, zu deren Verständnis auf Kapitel 4 verwiesen sei.

Regionalentwicklung

Locher et al. (1997: 16ff) formulieren nutzungs- und funktionsbezogene sowie schutzgutbezogene Ziele nachhaltiger Regionalentwicklung (Tabelle 7 und 8), deren konkrete räumliche Ausprägung und Gewichtung von der Abwägung aller relevanten Belange abhängig ist. Die Bestimmung der relevanten Belange wiederum ist abhängig von den fachplanerischen Grundlagen, die der Regionalplanung von den jeweiligen Fachressorts zur Verfügung gestellt werden müssen.

Tabelle 7: Nutzungs- und funktionsbezogene Zielsetzungen einer nachhaltigen regionalen Entwicklung (nach Locher et al. 1997, verändert)

Nutzung/Funktion	Ziele
Generell	<ul style="list-style-type: none"> - Stärkung regionaler Wirtschaftskreisläufe - Reduzierung des Ressourcenverbrauchs - Minimierung von Stoffflüssen - Stärkere Nutzung lokaler und regionaler Ressourcen, Aktivierung endogener Potentiale
Landwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> - Standortangepasste Landbewirtschaftung - Extensivierung - Reduzierung des Düngemiteleinsatzes und des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln - Förderung der Direktvermarktung, lokale oder regionale Vermarktungsstrukturen
Forstwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> - Flächendeckende Einführung bzw. Umstellung auf naturnahe Waldbaumethoden - Entwicklung standortangepasster Waldbaumethoden
Erholung und Tourismus	<ul style="list-style-type: none"> - Entwicklung eines umwelt- und sozialverträglichen Tourismus - Förderung landwirtschaftsbezogener oder auf die regionalen Strukturen bezogener Beherbergungsangebote und -strukturen
Rohstoffversorgung und -abbau	<ul style="list-style-type: none"> - Reduzierung des Abbaus von Rohstoffen - Erhöhung des Anteils von Recyclingmaterialien zur Verringerung des Rohstoffabbaus
Verkehr	<ul style="list-style-type: none"> - Beim Verkehrswegebau Ausbau vor Neubau; Rückbau nicht mehr erforderlicher Trassen - Erhaltung unzerschnittener, verkehrsarmer Räume

Tabelle 8: Schutzgutbezogene Zielsetzungen einer nachhaltigen regionalen Entwicklung (nach Locher et al. 1997, verändert)

Schutzgut	Ziele
Generell	<ul style="list-style-type: none"> - Umweltbelastungen vermeiden oder vermindern - Umweltqualität sichern, entwickeln und nutzen - Umweltschäden beseitigen - Reduzierung der Stoffeinträge
Natur und Landschaft, Biologische Vielfalt	<ul style="list-style-type: none"> - Entwicklung eines ökologischen Verbundsystems - Vermeidbare Eingriffe unterlassen, nicht vermeidbare Eingriffe in ihren Auswirkungen vermindern und ausgleichen; dabei auch stoffliche Einträge berücksichtigen
Boden	<ul style="list-style-type: none"> - Vermeidung bzw. Verringerung von Erosion - Minimierung von Bodenaushub - Sparsamer und schonender Umgang mit Grund und Boden
Wasser	<ul style="list-style-type: none"> - Wasserförderung maximal im Umfang der Grundwasserneubildungsrate - Reduzierung der Wasserimporte - Reduzierung des Wasserverbrauchs - Sanierung belasteter Wasservorkommen - Reduzierung der Abwassermengen und Abwasserfrachten

Bodenschutz

Für den Bereich des raumbezogenen Bodenschutzes existieren bereits detailliertere Zielsysteme, welche die oben erläuterte regionalplanerischen Ziele ergänzen. Dadurch lassen sich die normativen Kriterien für die Zielformulierung der Sicherung und Entwicklung der in dieser Arbeit betrachteten wasser- und bodenabhängigen Landschaftsfunktionen weiter konkretisieren. Happe et al. (1999) haben in diesem Zusammenhang Ziele sowie Möglichkeiten ihrer Operationalisierung und Umsetzung mit fach- und raumplanerischen Instrumenten aufgezeigt (Tabelle 9 und Tabelle 10).

Tabelle 9: Beispiele für die Operationalisierung und planerische Umsetzung von Bodenschutzzielen (nach Happe et al. 1999, verändert)

Leitziel	Bodenschutzziel Handlungsziel	Operationalisierung	Planerische Umsetzung
Schutz bestimmter Bodentypen und Bodenformen	Schutz überregional und regional seltener Böden	Bestimmung überregional und regional seltener Bodengesellschaften	Vorranggebiete für den Bodenschutz
Sicherung der Funktion von Böden für best. Naturgüter	Schutz von Böden mit extremem Wasserhaushalt	Bestimmung von Bodengesellschaften mit extremem Wasserhaushalt	Vorranggebiete für den Naturschutz
Allgemeiner Schutz des Bodens	Schutz von Böden mit hoher Leistungsfähigkeit im Naturhaushalt	Bewertung Leistungsfähigkeit von Böden im Naturhaushalt	Vorbehaltsgebiete für den Bodenschutz

Happe et al. (ebd.) unterscheiden zusätzlich zwei Gruppen von Bodenschutzzielen nach den Möglichkeiten ihrer planungsfachlichen Implementierung, die entweder über raumplanerische Instrumente oder bodenschutzfachliche Verfahren erfolgen kann (Tabelle 10).

Tabelle 10: Umsetzung von Bodenschutzzielen mit raum- und fachplanerischen Instrumenten (nach Happe et al. 1999, verändert)

Mit raumplanerischen Instrumenten umsetzbare Bodenschutzziele	Mit bodenschutzfachlichen Verfahren umsetzbare Bodenschutzziele
<ul style="list-style-type: none"> - Schutz von Böden durch bedarfsangemessene neue Flächenausweisungen (z.B. durch Bevölkerungsrichtwerte, anzustrebende Siedlungsdichten) - Schutz von Böden durch gezielte Siedlungsentwicklung (z.B. durch Förderung von Siedlungsschwerpunkten und Entwicklungsachsen) - Schutz von Böden im Freiraum (z.B. durch Sicherung regionaler Grünzüge oder Siedlungsäsuren) - Planerische Sicherung von Flächen für die Kompensation von Eingriffen 	<ul style="list-style-type: none"> - Allgemeiner Schutz des Bodens (z.B. Freihalten von wenig anthropogen überprägten Böden) - Schutz bestimmter Bodentypen/-formen - Schutz des Bodens vor besonderen Gefährdungen (z.B. Bodenabtrag) - Sanierung von Böden in besonderen Belastungsgebieten (z.B. Bergbaufolgelandschaften) - Sicherung der Funktion von Böden für andere Naturgüter (z.B. Wasserhaushalt) und Bodennutzungen (z.B. Land- und Forstwirtschaft) - Entwicklung regionaler Bodenqualitätsziele als Rahmen für die Kompensation von Eingriffen

Abbildung 6 skizziert Vorgehensweise und Kriterien zur Integration von Zielen des Bodenschutzes in regionalplanerische Gebietskategorien, die wiederum der Sicherung und Entwicklung der hier betrachteten Landschaftsfunktionen dienen. Des Weiteren können nutzungs-, funktions- und schutzgutbezogene Ziele unterschieden werden. Es wird sehr schnell deutlich, dass jedes Ziel gleichzeitig mehrere Aspekte der Umweltvorsorge betrifft.

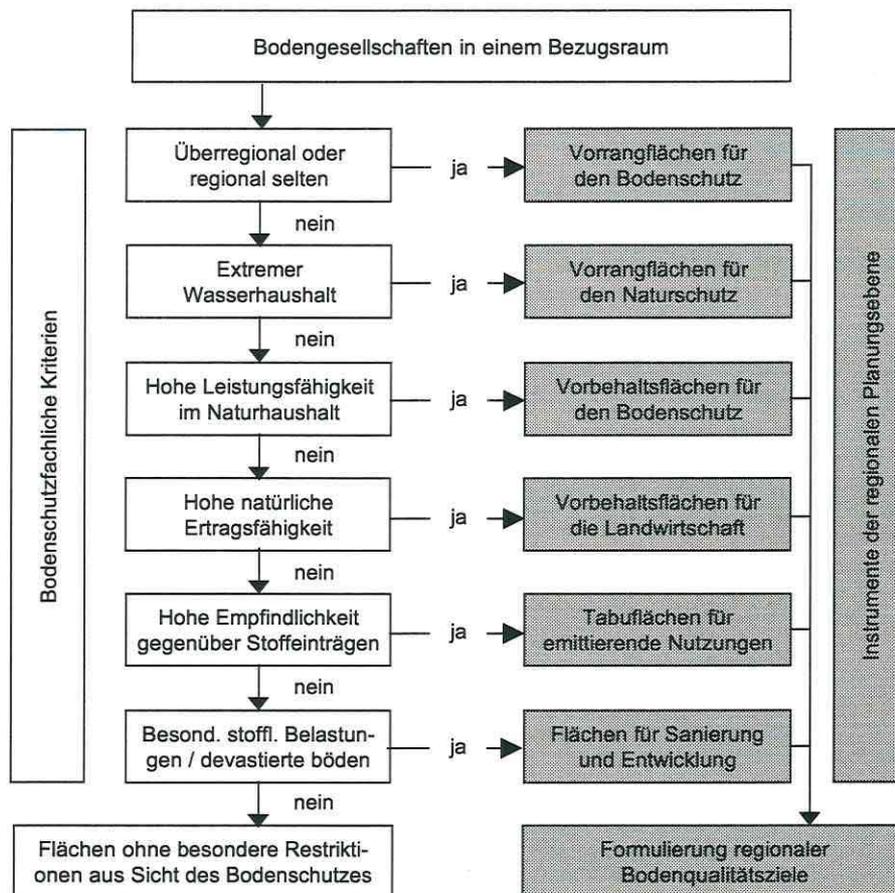


Abbildung 6: Bodenschutzfachliche Kriterien zur Formulierung und Operationalisierung von Bodenschutzzielen (nach Happe et al. 1999, verändert)

Grundwasserschutz

Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU 1998) betont in einem Sondergutachten die Bedeutung des vorsorgenden Grundwasserschutzes als Bestandteil einer nachhaltig umweltgerechten Entwicklung. Als vorrangige Ziele werden dort der Schutz und die Entwicklung von

- empfindlichen (potentiell gefährdeten) überregional oder regional bedeutsamen Funktionen für den (Landschafts-)Wasserhaushalt,
- empfindlichen grundwasserabhängigen Ökosystemen und/oder
- quantitativ geeigneten Grundwasservorkommen, die zur langfristigen Sicherung des Landschaftswasserhaushaltes und der Wasserversorgung benötigt werden,

formuliert (ebd.: 156). Zur Verfolgung dieser Ziele schlägt der SRU die Einführung der Gebietskategorie ‚Grundwasservorranggebiet‘ als ein abgewogenes Ziel der Raumordnung vor, was die Verbindlichkeit der damit verbundenen Schutzziele gewährleistet. Im Unterschied zu den etablierten Wasserschutzgebieten und deren Übernahme in die Regionalpläne, soll sich der Vorrang des Grundwasserschutzes explizit auch auf Bereiche mit hoher und damit potentiell bedeutsamer Grundwasserneubildung beziehen.

Tabelle 11 enthält zusammenfassend die in Kapitel 3.3 dokumentierten und erläuterten Leitbilder und Ziele. Im Hinblick auf die Verfahrensanwendung sind die Leitbilder und Ziele denjenigen ausgewählten Landschaftsfunktionen zugeordnet, auf die ihre Umsetzung eine direkte oder indirekte Wirkung besitzen.

Tabelle 11: Zuordnung übergeordneter Leitbilder und Umweltqualitätsziele zu Landschaftsfunktionen

	Sicherung der Grundwasserressourcen	Biotische Ertragsfunktion	Regulationsfunktion
Freiraumschutz	- Minimierung der Versiegelung - Siedlung und Verkehr in ökologisch unbedenklichen Bereichen	- Minimierung der Versiegelung - Siedlung und Verkehr in ökologisch unbedenklichen Bereichen	- Minimierung der Versiegelung - Siedlung und Verkehr in ökologisch unbedenklichen Bereichen
Gewässerschutz	- Verbesserung der ökologischen Gewässerqualität - Reduzierung der N-Überschüsse auf 50 bzw. auf 20-40 kg/ha/a auf versickerungsgefährdeten Flächen	- Reduzierung der N-Überschüsse auf 50 bzw. 20-40 kg/ha/a	- Verbesserung der ökologischen Gewässerqualität - Reduzierung der N-Überschüsse auf 50 bzw. 20-40 kg/ha/a
Bodenschutz		- Bodenabtrag darf die Bodenneubildungsrate nicht übersteigen	- Schutz (über-)regional seltener Böden - Erhalt natürlicher Bodenfunktionen - Erhalt bodenökologischer Standortstypen - Bodenabtrag darf Bodenneubildung nicht übersteigen
Arten- und Biotopschutz	- Biotopverbund auf 10-15% der unbesiedelten Fläche	- Biotopverbund auf 10-15% der unbesiedelten Fläche - Erhalt von Ökosystemstrukturen in der Agrarlandschaft	- Biotopverbund auf 10-15% der unbesiedelten Fläche - Schutz regional und überregional seltener Böden - Erhalt natürlicher Bodenfunktionen - Erhalt bodenökologischer Standortstypen - Bodenabtrag darf Bodenneubildung nicht übersteigen
Gewährleistung von Nutzungen	- Minimierung der Versiegelung	- Minimierung der Versiegelung - Erhalt des landwirtschaftlichen Ertragspotentials	-

4 Aufgaben und Instrumente regionaler Planung

Im folgenden Kapitel werden die wesentlichen, mit der raumbezogenen planerischen Umweltvorsorge befassten Planungen erläutert, neben deren rein formaler Struktur und den ihnen zur Verfügung stehenden Instrumenten werden die Bedeutung der (auch informellen) Planung sowie die Wirksamkeit der planerischen Umweltvorsorge kritisch diskutiert. Aus dieser Diskussion werden Schlussfolgerungen für die Rolle der landschaftsökologischen Verfahrensentwicklung in Planungsprozessen abgeleitet.

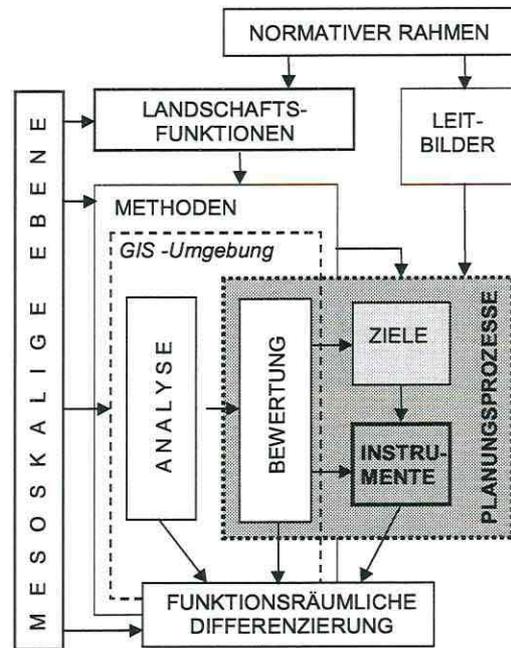


Abbildung 7: In Kapitel 4 bearbeitete Teile der Verfahrensentwicklung

Die Sicherung von Landschaftsfunktionen im Rahmen ökologisch orientierter Planung erfolgt in erster Linie auf regionaler Ebene durch die Regionalplanung in enger Verzahnung mit der Landschaftsrahmenplanung und anderen räumlichen Fachplanungen (vgl. ARL 1995b: 95; auch Kiemstedt et al. 1993, Bauer et al. 1996, SRU 1996). Jessel (1998: 41) definiert den Aufgabenbereich ökologisch orientierten Planens sehr weit als Vorgehensweisen, „die aufbauend auf einer Betrachtung ökologischer Muster und Prozesse bzw. Strukturen und Funktionen über mediale Ansätze hinaus eine integrierende räumliche Betrachtung von Schutzgütern, Ressourcen und Nutzungen in ihren Wechselbeziehungen und Zusammenhängen anstreben und daraus unter Einbeziehung darzulegender Werthaltungen raumbezogener Zielvorstellungen, Handlungsempfehlungen und Maßnahmen begründen“.

Diese Arbeit konzentriert sich auf Regionalplanung und überörtliche Landschaftsplanung, die mit ihren flächendeckenden Ansätzen und ihrer Querschnittsorientierung Schlüsselfunktionen für die räumliche Umweltvorsorge besitzen.

Tabelle 12: Gliederung der räumlichen Gesamtplanung und der Landschaftsplanung

Planungsebene	Gesamtplanung	Landschaftsplanung
Land	Landesraumordnungsprogramm <i>Landesentwicklungsplan</i>	Landschaftsprogramm
Region	Regionalplan <i>Regionales Entwicklungsprogramm</i>	Landschaftsrahmenplan (in Sachsen-Anhalt Landkreise)
Gemeinde	Flächennutzungsplan	Landschaftsplan
Gemeindeteil	Bebauungsplan	Grünordnungsplan

Die Stellung regionaler Planungen im bundes-deutschen Planungssystem gibt Tabelle 12 wieder; von der allgemeinen Benennung abweichende Planbezeichnungen in Sachsen-Anhalt sind *kursiv* gehalten.

Im Folgenden werden die Aufgaben und Instrumente regionaler Planung vorgestellt, wobei sich die Ausführungen auf die Regionalplanung konzentrieren. Als räumliche Gesamtplanung müssen von ihr die entscheidenden Impulse für die nachhaltige Raumentwicklung ausgehen. Die Landschaftsrahmenplanung ist hingegen in ihrer Wirksamkeit auf die Integration ihrer Ziele in die Regionalplanung angewiesen. Besonderer Wert wird auf die Darstellung der Prozesse der planerischen Entscheidungsfindung und der häufig bemängelten Defizite einer effektiven planerischen Umweltvorsorge gelegt. Damit sind wesentliche Implikationen für die landschaftsökologische Verfahrensentwicklung verknüpft.

4.1 Regionalplanung als regionale Ebene der räumlichen Gesamtplanung

Die räumliche Gesamtplanung - oder Raumplanung - ist das wichtigste Instrument zur Steuerung der räumlichen Entwicklung in Deutschland. Ihre Aufgabe ist es, Ziele und Grundsätze der Raumordnung zu definieren und diese durch Integration und Abwägung der verschiedenen Nutzungs- und Schutzansprüche räumlich differenziert durchzusetzen. Dabei hat sich die Raumplanung an der Leitvorstellung einer nachhaltigen Raumentwicklung zu orientieren,

„die die sozialen und wirtschaftlichen Ansprüche an den Raum mit seinen ökologischen Funktionen in Einklang bringt und zu einer dauerhaften, großräumig differenzierten Ordnung führt. Dabei sind

die freie Entfaltung der Persönlichkeit in der Gemeinschaft und in der Verantwortung gegenüber künftigen Generationen zu gewährleisten,

die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen und zu entwickeln,

die Standortvoraussetzungen für wirtschaftliche Entwicklung zu schaffen,

Gestaltungsmöglichkeiten der Raumnutzung langfristig offen zu halten,

die prägende Vielfalt der Teilräume zu stärken, [...]“ (§ 1 Abs. 2 ROG)

Als indirekte und direkte ‚Landnutzungsplanung‘ kommt der Raumplanung damit eine zentrale Rolle bei der Verwirklichung einer nachhaltigen Landschaftsentwicklung zu. Die räumliche Gesamtplanung gliedert sich in Bundes-, Landes-, Regional- und Gemeindeebene (siehe Tabelle 12). Mit der Erarbeitung eines Europäischen Raumentwicklungskonzepts (EUREK) durch den Ausschuss für Raumentwicklung (1999) der Europäischen Kommission

wird in Zukunft die europäische Ebene an Bedeutung gewinnen. Zielsetzungen der Fachplanungen (z.B. für Landwirtschaft, Naturschutz oder Wasserwirtschaft) der jeweiligen Ebene müssen integriert und aus gesamtträumlicher Sicht mit Prioritäten belegt und gegeneinander abgewogen werden. Zudem werden für die jeweils nachgeordnete Ebene Vorgaben formuliert, aber gleichzeitig auch Handlungsspielräume eingeräumt. Ein wesentliches Merkmal ist also die Konfliktlösung und Konsensfindung. Die Festlegung der Grundsätze und Ziele einer jeden Ebene soll nicht hierarchisch von 'oben' nach 'unten' sondern nach dem sog. ‚Gegenstromprinzip‘ in Abstimmung mit den vor- und nachgeordneten Planungsebenen und den parallel etablierten Fachplanungen erfolgen (ARL 1995b: 1, § 1 Abs. 3 ROG).

Auf regionaler Ebene kommt die Aufgabe der räumlichen Gesamtplanung der **Regionalplanung** zu. Sie konkretisiert in Regionalplänen⁷ die Ziele und Grundsätze der Landesplanung als Vorgabe für die Gemeinden bei gleichzeitiger Abwägung mit den Zielen der Kommunen (vertikale Koordination) und denen der Fachplanungen (horizontale Koordination). Damit steht die Regionalplanung im Mittelpunkt unterschiedlichster und häufig gegensätzlicher Interessen. Die Trägerschaft für die Regionalplanung liegt je nach Bundesland bei staatlichen Behörden, wie den Regierungsbezirken, oder kommunalen Zusammenschlüssen, wie regionalen Planungsverbänden. In Sachsen-Anhalt waren bis zur Novellierung des Landesplanungsgesetzes (LPIG-LSA) 1998 die Regierungspräsidien als Obere Planungsbehörden Träger der Regionalplanung. Im neugefassten LPIG ist die Gründung von Planungsregionen vorgesehen, für die kommunalverfasste Regionale Planungsgemeinschaften als Träger der Regionalplanung fungieren und in Zukunft die Aufstellung der Regionalen Entwicklungspläne übernehmen (§ 7 LPIG). Die Verlagerung der Planungsverantwortung von staatlichen auf kommunale Gremien kann im Sinne des Bemühens um eine stärkere Partizipation der Öffentlichkeit und regionaler Akteure an Planungsprozessen verstanden werden, muss sich jedoch erst in der Praxis als solche erweisen. Wichtiges Instrument der Regionalplanung ist die Festlegung von Zielen und Grundsätzen der Raumplanung:

„Der Regionalplan soll den langfristig gültigen Rahmen zur Entwicklung eines abgegrenzten Raumes, aber auch zur Erhaltung bestehender Raum- und Siedlungsstrukturen formulieren. [...] Sie [die Regionalpläne] stellen das behördenintern rechtsverbindliche Ergebnis der Abwägungsprozesse zwischen den Zielen der Landesplanung, der Gemeinden (kommunale Bauleitplanung, vertikale Koordination) und der Fachplanungen (horizontale Koordination) dar.“ (Hübler et al. 1996: 36)

Die Unterscheidung in Ziele und Grundsätze ist sehr wesentlich: Während Ziele der Raumordnung für Planung und Verwaltung rechtsverbindlich sind, gilt für Grundsätze lediglich ein Abwägungsgebot (Hübler et al. 1996, S. 36).

Der Regionalplanung stehen verschiedene Gebietskategorien zur räumlichen Konkretisierung von Zielen und Grundsätzen der Raumordnung zur Verfügung. **Vorranggebiete** dienen in erster Linie der Verfolgung von Zielen und sind definiert als *„Gebiete, die für bestimmte, raumbedeutsame Funktionen oder Nutzungen vorgesehen sind und andere raumbedeutsame Nutzungen in diesem Gebiet ausschließen, soweit diese mit den vorrangigen Funktionen, Nutzungen oder Zielen der Raumordnung nicht vereinbar sind“* (§ 7 Abs. 4 Nr. 1 ROG). Die Abgrenzung von Vorrang-

⁷ Die Bezeichnung Regionalplan ist lediglich ein übergeordneter Begriff, da die Benennung von Bundesland zu Bundesland variiert. In Sachsen-Anhalt werden Regionale Entwicklungsprogramme erstellt, in Nordrhein-Westfalen sind es Gebietsentwicklungspläne und in Niedersachsen Regionale Raumordnungsprogramme.

gebieten erfolgt flächenscharf, sie sind mit anderen Interessen bereits abgewogen und für die nachfolgenden Planungs- und Verwaltungsebenen verbindlich. Das heißt konkret, dass beispielsweise in Vorranggebieten ‚Landwirtschaft‘ die Ausweisung von Bauland oder in Vorranggebieten ‚Wassergewinnung‘ der Bau von Anlagen zur Lagerung gefährlicher Stoffe (z.B. Tankstellen) nicht mit den Zielen der Raumordnung vereinbar ist.

Vorbehaltsgelbiete⁸ sind ebenfalls flächenscharf abgegrenzte Gebiete mit raumbedeutsamen Funktionen oder Nutzungen, die den Charakter von Grundsätzen der Raumordnung haben. Sie sind noch nicht mit anderen Interessen abgewogen, müssen demnach auf den nachfolgenden Planungsebenen in die Abwägung mit einbezogen werden, ohne dabei bindende Wirkung zu entfalten (§ 7 Abs. 4 Nr. 2 ROG). In die Neufassung des ROG wurden 1998 als neue Gebietskategorie **Eignungsgebiete** aufgenommen. Damit können Bereiche ausgewiesen werden, die sich für bestimmte Nutzungen eignen, die an anderer Stelle im Planungsraum ausgeschlossen sind (§ 7 Abs. 4 Nr. 3 ROG). Eignungsgebiete werden beispielsweise verwendet, um die Errichtung von Windkraftanlagen räumlich zu steuern (von Dressler et al. 2000: 200).

Tabelle 13: Nutzungsbeschränkungen in Vorrangbereichen der Regionalplanung (nach Kistenmacher 1996, verändert)

Funktionen	Vorrangbereiche	Nutzungsbeschränkungen
Naturschutz und Landschaftspflege	Naturschutz und Landschaftspflege, auch zur Sicherung potentieller Naturschutzgebiete	Keine Eingriffe in Natur und Landschaft entsprechend den Naturschutzgesetzen der Länder, extensive Land- und Forstwirtschaft
Grundwassersicherung	Schutz potentieller Trinkwassergewinnungsgebiete	Nutzungsbeschränkungen entsprechend den Empfehlungen des DVGW für die Schutzzone 2 ¹
Klimaschutz	Kaltluftproduktion und Kaltlufttransport	keine Besiedlung, keine emissionsträchtigen Nutzungen, keine Dämme oder Aufschüttungen, keine dichte Bepflanzung
Erholung und Freizeit	Standortvorsorge für Freizeiteinrichtungen	keine
Rohstoffsicherung und –gewinnung	Gewinnung von oberflächennahen Rohstoffen	keine Besiedlung
Landwirtschaft	Landwirtschaft mit besonderen Funktionen	keine Besiedlung, keine Aufforstung, kein Rohstoffabbau, keine Grundwasserentnahmen
Forstwirtschaft	Waldflächen mit besonderen Funktionen (Erholung, Immissionsschutz, Erosionsschutz) oder Schaffung zusätzlicher Waldflächen	

¹ keine Besiedlung, kein Verkehrswegebau, eingeschränkte landwirtschaftliche Nutzung (keine Wirtschaftsdünger, keine Beweidung), keine Lagerung gefährlicher Stoffe (Quelle: Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., 1995)

⁸ Im Regionalen Entwicklungsprogramm Dessau, dem Regionalplan für den Untersuchungsraum dieser Arbeit, wird der Begriff ‚Vorsorgegebiete‘ verwendet, der jedoch von der Bedeutung her identisch mit ‚Vorbehaltsgelbiet‘ ist.

Vorrang- und Vorbehaltsgebiete sind überwiegend monofunktional auf den Schutz einzelner raumbedeutsamer Funktionen in Form von Nutzungen (Landwirtschaft, Rohstoff- oder Wassergewinnung) oder Schutzgütern (Natur und Landschaft, Wasser, Boden, Klima) ausgerichtet (vgl. Kistenmacher 1996). Die damit verbundenen Restriktionen für andere Nutzungen sind in Tabelle 13 wiedergegeben. Multifunktionalen Charakter haben vor allem Regionale Grünzüge als Instrumente des Freiraumschutzes, in dem sich aber auch Erholungsvorsorge und Umweltvorsorge ergänzen (vgl. Kistenmacher et al. 1993). Es gibt keinen bundes- oder landesrechtlich festgelegten Katalog von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten. Das Instrument befindet sich in der permanenten inhaltlichen und methodischen Weiterentwicklung. So sind im Zuge der Verabschiedung des BBodSchG Vorschläge zur Definition einer Kategorie „Vorrang-/Vorbehaltsfläche für den Bodenschutz“ entwickelt worden (z.B. Happe et al. 1999, siehe Kapitel 3.3.3). Die anhaltende Hochwasserschutzdiskussion hat beispielsweise zur Einführung von Vorranggebieten für den Hochwasserschutz zur Sicherung von Retentionsräumen in den Regionalplänen geführt.

Neben der Festlegung von Gebietskategorien nach § 7 Abs. 4 ROG ist das **Raumordnungsverfahren** (ROV) ein weiteres formales Instrument der Regionalplanung zur Durchsetzung ihrer Ziele. Das ROV bewertet raumbedeutsame Vorhaben (z.B. Verkehrswegebau, Siedlungsflächenerweiterung, Ausweisung von Naturschutzgebieten) auf ihre Übereinstimmung mit den Zielen und Grundsätzen der Raumordnung. Durch die Integration der vorhabensbezogenen Umweltverträglichkeitsprüfung in das ROV und die Möglichkeit, Ausgleichsmaßnahmen der naturschutzfachlichen Eingriffsregelung auf regionaler Ebene durchzuführen (Locher et al. 1997, Rößling 1999), haben sich die Möglichkeiten regionalplanerischer Umweltvorsorge mit der Neufassung des Raumordnungsgesetzes verbessert.

Zunehmend gewinnen **informelle Instrumente** der Regionalplanung, wie beispielsweise Regionalforen oder Regionale Entwicklungskonferenzen, an Bedeutung. Die von vielen Autoren konstatierte Schwäche ihrer formalen Instrumente und rechtlichen Position (s.u.) lässt die Initiativ-, Orientierungs- und Moderationsfunktion der Regionalplanung zur Wahrnehmung ihrer Koordinierungs- und Abwägungsaufgaben stärker in den Vordergrund treten (ARL 1995b: 50).

4.2 Überörtliche Landschaftsplanung und Eingriffsregelung

Die Landschaftsplanung ist eine junge Planungsform, die gemeinsam mit der Eingriffsregelung 1975 durch das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) als neues Instrument des Naturschutzes in der Rahmengesetzgebung des Bundes etabliert wurde. In der DDR gab es bereits in den 1950er Jahren Bestrebungen zur Einführung einer flächendeckenden Landschaftsplanung, die als ‚Landschaftsdiagnose‘ bezeichnet wurde (Gelbrich 1995). Obwohl die Bestrebungen nach wenigen Jahren wieder eingestellt wurden, sind im Hinblick auf die Landschaftsdiagnose zahlreiche methodische Entwicklungen zur Landschaftsbewertung (z.B. Niemann 1982) und Landschaftsanalyse (z.B. Haase 1978) entstanden, die Ende der 1980er Jahre zu einem methodischen Gesamtkonzept zusammengeführt wurden (Haase 1991).

Bis zur Etablierung der Landschaftsplanung beschränkten sich die Zuständigkeiten des Naturschutzes im Wesentlichen auf Schutzgebiete und den Artenschutz. Mit Landschaftsplanung und Eingriffsregelung wurden erstmals Instrumente für einen flächendeckenden Schutz und Entwicklung von Natur und Landschaft geschaffen. Hauptaufgabe der Landschaftsplanung ist die Formulierung von Zielen und Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege für den gesamten Raum nach dem Vorsorgeprinzip, die als Abwägungsgrundlagen von anderen Fachplanungen und der Raumplanung bei der Beurteilung ihrer eigenen Ziele und Maßnahmen herangezogen werden müssen.

Bei den Integrationsmodellen der Landschaftsplanung (wie dem sachsen-anhaltinischen) können die Inhalte von Landschaftsplänen erst Außenverbindlichkeit erlangen, wenn sie als Festsetzungen in die Raumplanung übernommen werden. Landschaftspläne als eigene Rechtsnormen (z.B. in Nordrhein-Westfalen) bedürfen dieser Integration nicht, aber hier sind die Hürden für die Aufstellungen außenverbindlicher Festsetzungen sehr hoch.

4.3 Defizite formaler Planungsinstrumente

Bei Regional- und Landschaftsplanung lässt sich eine große Diskrepanz zwischen ökologischem Anspruch, der im ROG und den Naturschutzgesetzen des Bundes und der Länder formuliert ist, und tatsächlicher Umsetzung, für die es an geeigneten rechtlichen, institutionellen, inhaltlichen und methodischen Möglichkeiten fehlt, feststellen (ARL 1995b: 93f). Mit Blick auf die Regelungsvielfalt in den einzelnen Bundesländern und die insgesamt eher schwache Position der Regionalplanung – zwischen Landes- und Gemeindeebene und jenseits der stark hierarchisch strukturierten Fachplanungen – konstatieren Hübler et al. (1996: 36ff) für die Regionalplanung denn auch „*allgemeine Implementations- und Vollzugsdefizite*“ und bezeichnen existierende Regionalpläne hinsichtlich einer nachhaltigen und ökologisch orientierten Raumentwicklung als „*wenig effektiv*“. Eine weitere Ursache für den mangelnden Beitrag der Regionalplanung zu einer multifunktionalen Raumentwicklung bzw. der umweltgerechten Mehrfachnutzung der Landschaft sehen Hübler et al. (1996: 44) in der fehlenden Effektivität ihrer Instrumente bei der Beeinflussung von Raumnutzungen. Die Instrumente der Regionalplanung sind nur geeignet, eine Nutzung oder Funktion zu 'verorten', nehmen jedoch keinen Einfluss auf die Intensität einer Nutzung (von Dressler et al. 2000: 200). Sowohl Kiemstedt et al. (1993) als auch Finke et al. (1993) stellen eine unzureichende Berücksichtigung der in den Landschaftsrahmenplänen enthaltenen, raumbedeutsamen Ziele von Naturschutz und Landschaftspflege in den Regionalplänen fest. Das liegt zum Teil an der fehlenden Passfähigkeit der Planungskategorien und Planungsebenen (Hübler et al. 1996), vor allem jedoch daran, dass im Konfliktfall landschaftsplanerische Ziele oft unberücksichtigt bleiben (Bauer et al. 1996: 121). In methodischer Hinsicht bestehen laut Kistenmacher et al. (1993: 130f) Defizite bei Darstellung und Nachvollziehbarkeit der Herleitung sowie der fachlichen Grundlagen und Abwägungskriterien für Vorranggebiete zur Sicherung von Freiraumfunktionen.

Der Landschaftsplanung wird auch nach 25 Jahren ihres Bestehens mangelnde Effizienz und ungenügende Durchsetzungskraft gegenüber anderen Planungen vorgeworfen. Ein schwerwiegender Mangel liegt in den uneindeutigen Rahmenregelungen durch das BNatSchG, die laut Ramsauer (1993) dazu geführt haben, dass in den Bundesländern eine Artenvielfalt der

Regelungen entstanden ist, „wie sie in der Natur selbst nur noch selten anzutreffen sein dürfte“ (ebd.: 110). Bei der Landschaftsplanung verbergen sich hinter dem Anspruch, ‚querschnittsorientierte Fachplanung‘ zu sein, komplexe Anforderungen und Widersprüche, die zu ihrer geringen Durchsetzungsfähigkeit beitragen. Besonders gravierend ist dies für die überörtliche Landschaftsplanung (Landschaftsprogramme und Landschaftsrahmenpläne). Die Querschnittsorientierung verlangt hier die Berücksichtigung der Ziele und Grundsätze der Landes- und Regionalplanung, so dass die Landschaftsplanung bereits bei der Formulierung innerfachlicher Ziele für Naturschutz und Landschaftspflege eine Abwägung mit den Zielen der räumlichen Gesamtplanung vornehmen muss. Ramsauer (1993: 109) vertritt daher die Auffassung, dass grundsätzlich neue Impulse für die gesamträumliche Entwicklung von der Landschaftsplanung daher kaum ausgehen können. Dem ist allerdings entgegenzuhalten, dass die überörtliche Landschaftsplanung dieses ‚Schicksal‘ mit anderen überörtlichen Fachplanungen teilt (z.B. wasserwirtschaftliche Rahmenplanung). Außerdem ist die Regionalplanung im Sinne des Gegenstromprinzips gehalten, die Belange der Landschaftsplanung frühzeitig zu berücksichtigen. Dass dies nach Ansicht vieler Autoren nicht ausreichend geschieht, liegt nicht zwangsläufig an der rechtlichen Verfahrensregelung, obwohl der rein gutachterliche Status der Landschaftsrahmenplanung in Sachsen-Anhalt durchaus auf eine verfahrenstechnische Benachteiligung hinausläuft.

Die Landschaftsplanung hat den Auftrag, nach einer umfassenden Betrachtung der Funktionen und Belastungen des Naturhaushaltes nutzungs- und schutzgutbezogene Aussagen zu machen. Diesem Anspruch kann sie mit ihrer begrenzten finanziellen Ausstattung und ohne eigenständiges Implementierungsinstrumentarium nicht gerecht werden, was zu Umsetzungs- und Steuerungsdefiziten führt (Hübler et al. 1996: 99).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich die Defizite planerischer Umweltvorsorge auf regionaler Ebene auf die folgenden Aspekte konzentrieren:

- schwache Position von Regionalplanung und Landschaftsrahmenplanung zwischen den vertikalen und horizontalen Interessensverflechtungen ohne eigene oder nur mit schwacher Lobby auf politischer Ebene
- keine formal außenverbindlichen Instrumente zur Durchsetzung eigener Ziele
- Wirksamkeit der Landschaftsrahmenplanung ist abhängig von der Berücksichtigung ihrer Ziele im Regionalplan, die jedoch häufig unterbleibt
- traditionell konservierende Methoden und Konzepte, fehlende aktive Entwicklungssteuerung
- mangelhafte Transparenz und Außendarstellung von Zielformulierungen und Entscheidungsprozessen

4.4 Planungsprozesse zur Sicherung von Landschaftsfunktionen

Die planerische Umsetzung einer Integration von Schutz und Nutzung der Landschaft ist schwierig und wird kontrovers diskutiert. Der traditionelle Naturschutz konzentriert sich auf Schutzgebietssysteme, in denen mit restriktiven Mitteln bestimmte Nutzungen und Nutzungs-

formen untersagt sind. Diese ‚Negativplanung‘ hat zunehmende Akzeptanzprobleme und fördert die Segregation in wenige ökologisch verträgliche und viele ökologisch unverträgliche Bereiche der Landschaft (Haber 1972, Plachter 1994). Dieses Phänomen gilt aber generell für alle Fachplanungen, die an der Durchsetzung ihrer eigenen Ziele interessiert sind. Die Raumplanung als integrierende und abwägende räumliche Gesamtplanung verfügt nicht über die Mittel zu einer Integration der häufig konträren Einzelziele (Kühn 1999: 13f).

Als gescheitert wird von Kühn (1999: 19) der Versuch zur Etablierung einer integrierten Entwicklungsplanung angesehen, der die (westdeutsche) Planungsdebatte der 60er und 70er Jahre bestimmt hat, sich jedoch vor dem Hintergrund der zu berücksichtigenden räumlichen Komplexität und angesichts verbreiteter Egoismen der sektoralen Politik- und Planungsbereiche nicht verwirklichen ließ. Damit wurde gerade auch von landschaftsökologischer Seite die Hoffnung verknüpft, dass systemorientierte, ganzheitliche und mit einer landschaftshaushaltlichen Denkweise verbundene Forschungsergebnisse verstärkt von der Planung aufgegriffen würden. Der integrierten Entwicklungsplanung folgte in den 80er und 90er Jahren eine Abwendung von schwerfälligen Plänen und Programmen hin zu projektorientierter Arbeit. Diese Projektorientierung verfolgt auch der Sachverständigenrat für Umweltfragen für eine dauerhaft-umweltgerechte Nutzung ländlicher Räume (SRU 1996: 38). Kleine Projekte haben durchaus Erfolg, es fehlen jedoch der Zusammenhang und die flächendeckende Wirksamkeit.

Die Planungsdiskussion der 90er Jahre war stark von der Nachhaltigkeitsdiskussion geprägt. Eindeutige Prioritäten sind nicht mehr zu erkennen: Flächendeckende Aufstellung von Plänen und Durchführung von Projekten werden gleichermaßen verfolgt, die Bedeutung sektoraler Fachplanungen wird anerkannt und gleichzeitig versucht, die Möglichkeiten integrierter Entwicklungsplanung zu verbessern⁹. Letztlich nicht neu ist die Forderung nach **Partizipation** der Akteure und Nutzer am Planungs- und Entscheidungsprozess, die jedoch weit über die etablierten Formen der Bürgerbeteiligung und der Beteiligung der Träger öffentlicher Belange in Planungsverfahren hinausgeht. Dem liegt die Erkenntnis zugrunde, dass neben der bereits erwähnten Schwäche formaler regional- und landschaftsplanerischer Instrumente eine wesentliche Ursache für die geringe Effektivität planerischer Umweltvorsorge darin zu sehen ist, dass „die Umsetzung landschaftsplanerischer Ziele nicht in ökologischen, sondern in sozioökonomischen Systemen erfolgt“ (Luz 1996, nach Kühn 1999: 21). Damit wird die gesellschaftliche Akzeptanz umweltbezogener räumlicher Entwicklungsziele zum zentralen Kriterium der Integration von Schutz und Nutzung der Landschaft. Diese pragmatische Einsicht besitzt aber auch eine umweltethische Grundlage, da Akzeptanz letztlich nur durch Verständigung auf eine gemeinsame normative Grundlage erreicht werden kann, was wiederum Partizipation und Diskussion voraussetzt (vgl. Ott 2000: 43f).

Die Herstellung gesellschaftlicher Akzeptanz ist nicht allein an die formalen Planungsinstrumente gebunden, sondern ist auf informellem Wege, über Information und Transparenz der Zielvorstellungen durchaus erfolgreich (Jessel 1998: 38). Bauer et al. (1996: 98) kommen in

⁹ Ob die Diskussion um die Umweltschutzplanung und ein Umweltgesetzbuch der neue Versuch einer integrierten Entwicklungsplanung oder einer starken sektoralen Umweltplanung ist, kann hier nicht geklärt werden.

diesem Zusammenhang zu dem Schluss, dass sich die Leistungsfähigkeit und die Hauptaufgaben der Raumplanung auf folgende Aspekte beschränken:

- Identifikation potentieller Raumnutzungskonflikte zwischen den Vorhaben unterschiedlicher Fachplanungen (horizontale Koordination) und politischer Entscheidungsebenen (vertikale Koordination).
- Frühzeitige Darstellung der Konsequenzen von Maßnahmen und Projekten auf die Funktionsfähigkeit von Naturräumen.
- Bereitstellung von Daten, Entwicklungstrends und Prognosen als Planungsgrundlage für die einzelnen Politikbereiche.

Bauer et al. (ebd.) sehen damit die aktive Rolle der Raumplanung auch im Rahmen der räumlichen Umweltvorsorge verstärkt als Dienstleister der Entscheidungsvorbereitung und Moderator des Diskussions- und Abwägungsprozesses. Bei der Wahrnehmung dieser koordinatorischen Aufgaben hat sich nach Ansicht der Autoren insbesondere die Regionalplanung bewährt (ebd.: 100). Der AK ‚Regionalplanung 2000‘ der Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL 1995b: 93, 105) hebt die Bedeutung des umweltbezogenen Planungsmanagements für die Regionalplanung hervor. Als wesentliche Elemente eines solchen Managements identifiziert der AK den Einsatz von Informationssystemen wie GIS, welche die Grundlagen für Zielformulierungen veranschaulichen, deren Plausibilität erhöhen und die Transparenz von Entscheidungsprozessen verbessern. Neben diesem technischen Aspekt betont der AK aber auch die Bedeutung der Methodik in Form adäquater Beratungstechniken (z.B. Mediation und Moderation).

4.5 Schlussfolgerungen für die landschaftsökologische Verfahrensentwicklung

Die Verfahrensentwicklung soll eine zielgerichtete Analyse und Bewertung der Landschaftsfunktionen ermöglichen. Daher muss sie den Erfordernissen der Planung für den Einsatz ihrer Instrumente gerecht werden und in Planungsprozesse integriert werden können. Aufbauend auf den Ausführungen der vorangegangenen Kapitel lassen sich Anforderungen an die Methoden und Inhalte der landschaftsökologischen Analyse und Bewertung sowie ihren Beitrag zur Formulierung von Zielen zur Sicherung und Entwicklung von Landschaftsfunktionen formulieren:

- *Bereitstellung der fachlichen Grundlagen für Abwägungs- und Entscheidungskriterien bei der Formulierung von Zielen der Umweltvorsorge*

Die gewachsene Bedeutung partizipativer Planungsprozesse und informeller Planungsformen zur Erlangung gesellschaftlicher Akzeptanz der Umweltvorsorge verlagert die Zielentwicklung selbst verstärkt in den eigentlichen Planungsprozess. Damit geht die Bedeutung auf fachlicher Grundlage als Expertenmodelle entwickelter Zielsysteme zurück. Im Vordergrund steht vielmehr die nachvollziehbare Aufbereitung und Darstellung der Bedeutung und Empfindlichkeiten von Landschaftsfunktionen, ihrer räumlichen Wechselwirkungen und ihr Bezug zu raumbedeutsamen Nutzungen und Schutzgütern.

- *Herstellung des adäquaten räumlichen und inhaltlichen Bezugs für die Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten zur Sicherung von Landschaftsfunktionen*

Für die Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten ist die funktionsräumliche Differenzierung der Bedeutung und Empfindlichkeit der betrachteten Landschaftsfunktionen erforderlich. Diese Differenzierung muss unabhängig von vordefinierten Raumkategorien sein, um die Funktionen auch auf regionaler Ebene möglichst zielgerichtet zuweisen zu können und um in Planungsprozessen einen möglichst flexiblen Raumbezug zu ermöglichen.

- *Verwendung flächendeckend verfügbarer Daten und praktikabler Methoden bei Analyse und Bewertung der Landschaftsfunktionen*

Komplexe Modellanwendungen mit hoch aufgelösten Daten liefern zwar aus landschaftsökologischer Sicht sehr gute Ergebnisse, gerade wenn es um landschaftshaushaltliche Zusammenhänge geht. Aus planerischer Sicht sind sie jedoch nur von begrenztem Nutzen, da Planung in einen sehr engen finanziellen und zeitlichen Rahmen eingebunden ist, in dem keine umfangreichen Datenaufnahmen und Modellkalibrierungen möglich sind. Sinnvoller erscheint es, vorhandene Daten zu nutzen und mit etablierten Methoden zu praktikablen Ergebnissen zu kommen. Diese Ergebnisse werden in ihrer Aussagekraft begrenzt sein und häufig hinter den Erwartungen der Planung zurückbleiben. Die Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen landschaftsökologischer Analyse auf mesoskaliger Ebene ist daher besonders wichtig.

- *Aufbau eines Geographischen Informationssystems zur generellen Unterstützung von Planungsprozessen*

Die Koordinationsaufgaben der Regionalplanung, die geforderte Transparenz von Planungsprozessen aber auch die Unterstützung politischer Entscheidungen lassen Geographische Informationssysteme zu einem wichtigen Hilfsmittel der Regionalplanung werden. Neben der reinen Darstellung von Nutzungen und Schutzgütern lassen sich über die räumliche Analyse gezielt und kurzfristig Aussagen und Darstellungen zu spezifischen, sich teilweise im Planungsprozess erst entwickelnden Fragestellungen vornehmen. Die einzelnen Analyse- und Bewertungsschritte lassen sich visualisieren und machen damit auch Abwägungs- und Entscheidungsprozesse transparent. Die gewachsene Bedeutung partizipativer Planungsprozesse und diskursiver Zielentwicklung verlangen zudem den Zugang zu möglichst aussagekräftigen Informationen für alle Beteiligten.

5 Der Regierungsbezirk Dessau als Untersuchungsraum

Die Anwendung des entwickelten Verfahrens erfolgt am Beispiel des Regierungsbezirks Dessau im Osten von Sachsen-Anhalt, einer 4.295 km² großen Verwaltungs- und Planungsregion nördlich und südlich der mittleren Elbe. Die Region ist ein charakteristischer Ausschnitt des norddeutschen Altmoränengebietes mit einer vielfältigen naturräumlichen Ausstattung und einer von räumlichen Gegensätzen geprägten kulturräumlichen Entwicklung, die aktuell von massiven Veränderungen geprägt ist, die durch die grundlegenden Änderungen der sozioökonomischen und politischen Rahmenbedingungen in den Jahren 1989 und 1990 ausgelöst worden sind. Dessau ist das Oberzentrum des Untersuchungsraumes und von daher für die Namensgebung geeignet, zumal keine einheitliche, naturräumlich oder historisch-geographisch motivierte Benennung möglich ist.

Der nun folgende Abriss der Landschaftsentwicklung basiert neben der Auswertung der digitalen Datengrundlagen (siehe Kapitel 6.1 und Tabelle 18) auf den Ausführungen von Bramer et al. (1991), Liedtke (1960), Oelke (1997), Wagenbreth & Steiner (1990) sowie den Darstellungen im Atlas der DDR (ADW 1981) und dem Agraratlas des Landes Sachsen-Anhalt (MRLU 1997a).

5.1 Landschaftsentwicklung und Landschaftsstruktur

Geologie und Geomorphologie

Die natürliche Oberflächengestalt des Regierungsbezirks Dessau ist fast ausschließlich das Resultat glazialer und periglazialer Prozesse. Ältere reliefwirksame Formen beschränken sich auf oberflächennah anstehende meso- und paläozoische Gesteine im Südosten und vereinzelte, flache vulkanische Kuppen im Süden der Region.

Das enge 80 bis 100 m tief eingeschnittene Durchbruchstal der Saale zwischen Friedeburg und Rothenburg verdankt seine Entstehung den hier oberflächennah anstehenden Sandsteinen und Konglomeraten der oberkarbonischen Mannsfelder Schichten, die über der in hercynischer Streichrichtung ausgerichteten Halle-Hettstedter Gebirgsbrücke aufgewölbt sind. Nach Norden schließen sich bis Bernburg im Bereich des sich erweiternden Saaletales Schiefertone und Sandsteine des Buntsandsteins an. Das Zechstein im Liegenden des Buntsandsteins enthält reiche Steinsalzvorkommen, die seit Jahrhunderten unter Tage abgebaut werden. Nördlich von Bernburg werden die Hänge des Saaletales von triassischen Muschelkalken gebildet, die auch in erheblichem Umfang abgebaut werden.

Im Bereich der Fuhneue im südlichen Köthener Ackerland und im Brehnaer Ackerland finden sich im Randbereich des karbon- und permzeitlichen Halleschen Porphyrykomplexes einige Kuppen aus Quarzitporphyr (z.B. Quetzer Berg südlich Zörbig). Die durch tertiäre Verwitterung und glaziale Überprägung entstandenen Porphyrykuppen besitzen im Regierungsbezirk Dessau bei weitem nicht die Reliefwirksamkeit des südlich der Region gelegenen 250 m hohen Petersbergs. Eine Ausnahme ist der 40 m über das Muldetal bei Muldenstein aufragende Steinberg (117 m).

Tertiäre Schichten finden sich oberflächennah als sogenannte Rupeltone im nördlichen Köthener Ackerland und in Stauchungszonen im Bad Schmiedeberger Endmoränenbogen, im Burger Vorfläming bei Reinsdorf nördlich von Wittenberg und im Leitzkauer Ackerland. Für die wirtschaftliche Entwicklung und heutige Landschaftsstruktur sind die braunkohle-führenden Schichten des Tertiärs von besonderer Bedeutung, die bis in die 1990er Jahre in den Tagebauen des Bitterfelder-Gräfenhainicher Braunkohlereviere abgebaut wurden und eine anthropogene Bergbaufolgelandschaft hinterlassen haben. Seit dem Mittelalter gab es eine geregelte Gewinnung der oberflächennah anstehenden Braunkohle, bis in das 19. Jh. hinein auch unter Tage, wovon ehemalige Gruben und Stollen im südlichen Köthener Ackerland (z.B. Grube Minna-Anna östlich von Gröbzig), das Seengebiet des bergbaulich bedingten Senkungsfeldes südlich von Aken (sog. ‚Schachtteiche‘) und im Bad Schmiedeberger Endmoränenkomplex zeugen.

Seine glaziale Prägung erfuhr der zum norddeutschen Altmoränengebiet gehörende Untersuchungsraum während mehrerer Stadien der Saaleeiszeit. Im Norden und Süden bilden die Endmoränenzüge mit den süd- bis südwestlich vorgelagerten Sanderflächen des Fläming und der Dübener Heide die Höhenzüge der Region. Im Fläming können mehrere Eisrandlagen differenziert werden, die jedoch kaum einheitliche Endmoränen hinterlassen haben. Typisch für den zur Region gehörenden Teil des Fläming ist vielmehr ein kleinräumiger Wechsel zwischen Endmoränen (z.B. Schlossberg nordwestlich von Rosslau), Sandern und Grundmoränen. Zusätzlich werden die ehemaligen Eisrandlagen heute durch das sich erst seit dem Spätglazial entwickelnde Gewässernetz zerschnitten (z.B. Rossel und Zahna). Die Grundmoränen aus salmigen und mergeligen Geschiebelehmen sind sowohl in großräumiger (Zerbster Ackerland) als auch eher kleinräumiger Verbreitung (z.B. Agrarinseln von Straach – Cobbelsdorf oder Sernö) bevorzugte Agrarstandorte im Fläming. Im Endmoränenkomplex der Dübener Heide ist ein idealtypischer glazialer Formenschatz erhalten geblieben. Geomorphologisch markant ist der halbkreisförmige Bad Schmiedeberger Endmoränenbogen, in dem tertiäre und pleistozäne Schichten in wechselnder Folge aufgeschuppt sind. Nach Osten und Nordosten umschließt der fast 200 m hohen Endmoränenbogen das ca. 100 m tiefer gelegene Zungenbecken um Bad Schmiedeberg. Im Westen und Südwesten sind ausgedehnte bis 40 m mächtige Sanderflächen vorgelagert, die sich langsam zum Muldetal hin abflachen. Die Entwicklung des Gewässersystems seit dem Pleistozän hat zur vergleichsweise tiefen Einkerbung des nach Süden entwässernden Hammerbaches, vor allem aber der Oberläufe des nach Norden bzw. Osten entwässernden Kemberger Flieths und Pretzscher Baches geführt.

Westlich von Mulde und Elbe liegt die nordöstliche Grenze der Lössverbreitung in Mitteleuropa¹⁰, die in der Region der Linie Nienburg – Köthen – Zörbig folgt. Zwischen Dessau und Köthen erfolgt in besonders charakteristischer Weise der Übergang vom saalezeitlichen Grundmoränen- und Sandermaterial über den schmalen Sandlössgürtel zum weichselzeitlichen Lössgebiet. In der Region erreichen die Lössmächtigkeiten von 1-2 m, teilweise auch mehr als 2 m. Der westliche Teil des Köthener Ackerlandes unterscheidet sich durch sein flach-

¹⁰ Lediglich das sich nach Nordosten an den Regierungsbezirk anschließende markante Band der Jüterboger Lössinsel im Fläming bildet eine Ausnahme von dieser Grenzlinie.

kuppiges Relief von der weiteren Lössplatte, da hier Endmoränenreste der drenthezeitlichen Eisrandlage die Lössbedeckung durchragen (Akazienberg (105 m) westlich Gröbzig, Pilsenhöhe (110 m) westlich Baasdorf und Mühlberg (109 m) westlich Crüchern).

Teil der pleistozänen Entwicklung ist die Anlage des Gewässersystems mit seinen die Region prägenden Flusslandschaften. Der gesamte Untersuchungsraum gehört zum Einzugsgebiet der Elbe, welche die Region von Südosten nach Nordwesten durchfließt und mit Schwarzer Elster, Mulde und Saale hier bedeutende Zuflüsse erhält. Eine physiognomische Zweiteilung erfährt der Regierungsbezirk durch das saalezeitlich angelegte Magdeburger Urstromtal. Seine größte Breite hat es mit 15 - 25 km in der Elbe-Elster-Niederung, in der sich Schwarzer Elster und Elbe in die ausgedehnten weichselzeitlichen Niederterrassen eingeschnitten haben. Auch die holozäne Elbaue hat hier eine Breite von ca. 12 km, die nach Westen kontinuierlich auf ca. 5 km bei Aken abnimmt. Sowohl Terrassen als auch Auen besitzen spätglaziale und holozäne Flugsanddecken und Dünen, die in der Annaburger Heide großräumig ausgeprägt sind, zwischen Prettin und Wittenberg inselhaft in der Aue gelegen und zwischen Dessau und Aken mit Aue und Niederterrasse verzahnt sind. Während das Saaletal die bereits beschriebene präquartäre Anlage besitzt, ist das Muldetal ebenfalls ein saalezeitliches Urstromtal, allerdings mit einer elsterzeitlichen Grundanlage. Pleistozän angelegten Schmelzwasserbahnen folgen ebenfalls die Fuhne sowie die Oberläufe von Ehle, Nuthe und Rossel im Fläming.

Klima

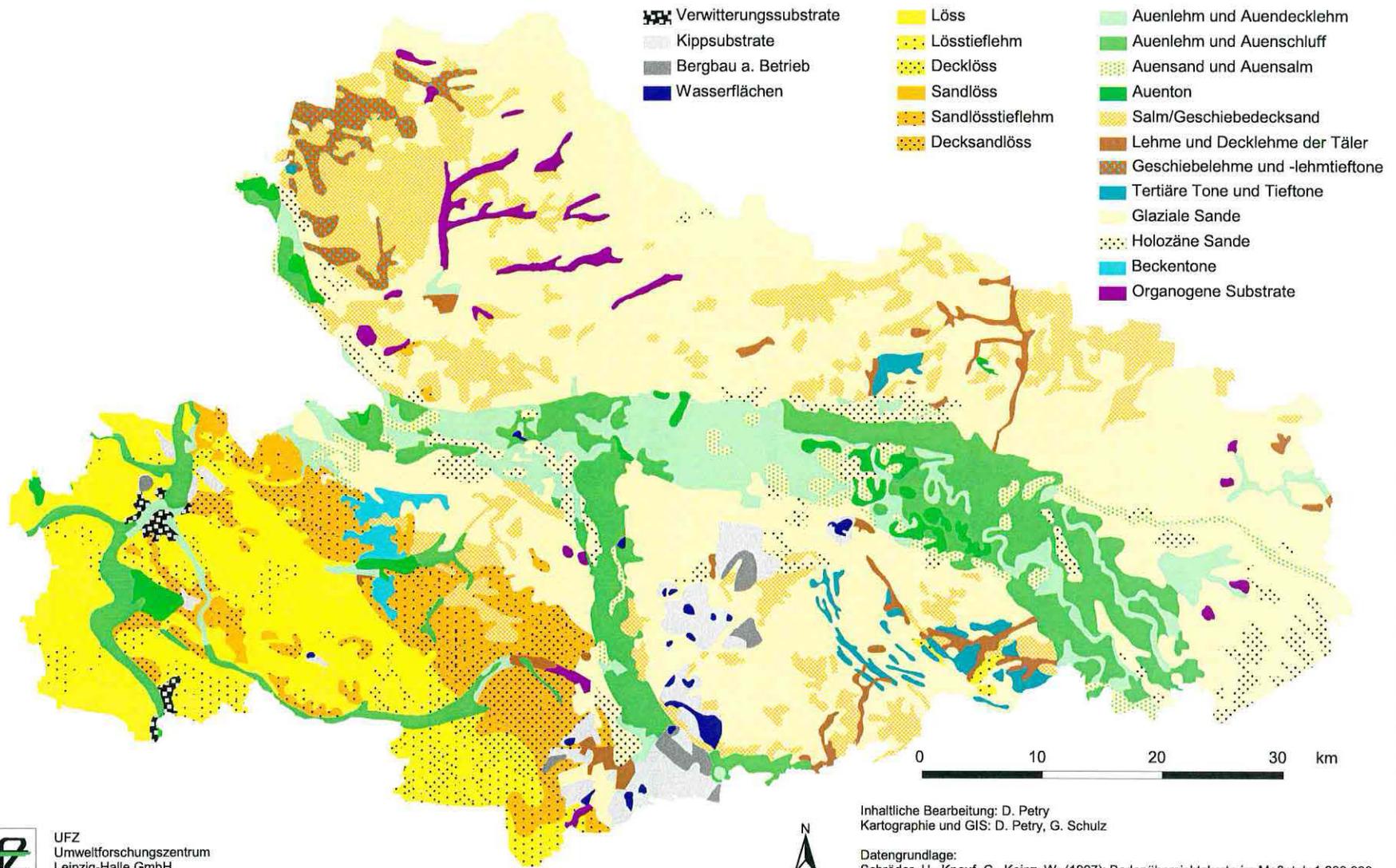
Die Klimaverhältnisse des Regierungsbezirks Dessau besitzen bereits subkontinentale Züge. Der Jahresniederschlag liegt zwischen 450 und 650 mm, mit einer durch die Lage im Lee des Harzes bedingten Zunahme vom Zentrum des mitteldeutschen Trockengebietes um Bernburg nach Osten und reliefbedingter Maxima in Fläming und Dübener Heide. Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt im Tiefland bei ca. 9 °C bei einem gleichzeitigen leichten Anstieg der Amplitude der Monatsmittelwerte von West (17,5 – 18 °C) nach Ost (19 – 19,5 °C). Kältester und wärmster Monat sind Januar und Juli.

Böden

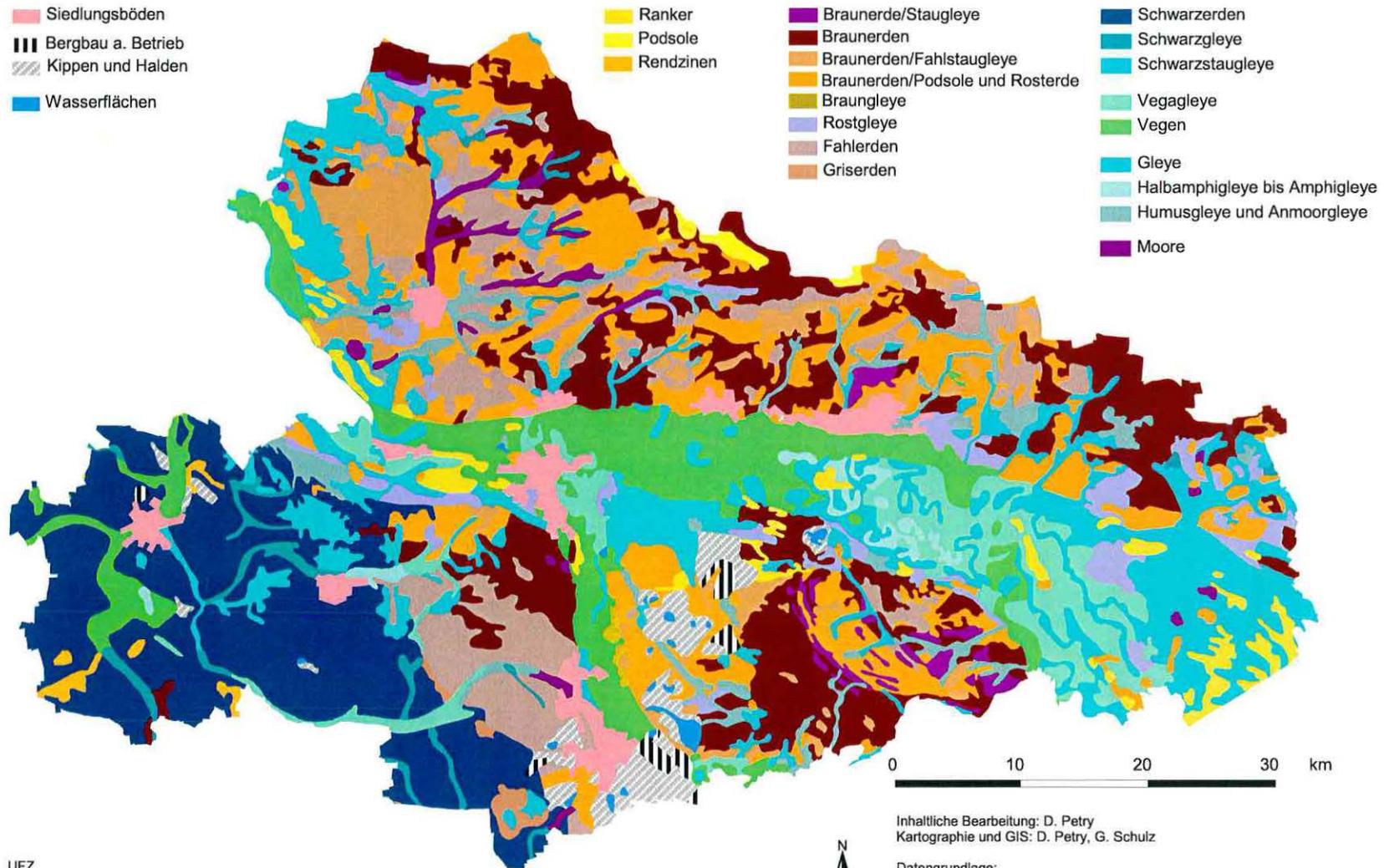
Die Böden der Region haben sich fast ausschließlich aus glazialen und holozänen Substraten entwickelt. Substrate und Bodentypen des Regierungsbezirks Dessau sind in den Karten 1 und 2 dargestellt.

Im Osten reichen auf den Lössen die Ausläufer des Schwarzerdegebietes in die Region hinein. In Abtragslagen sind sie zu Löss-Rendzinen degradiert. In den Niederungen haben sich Schwarzgleye und –pseudogleye, teilweise auf Lösskolluvien, entwickelt. Auf den Sandlössen, mit einer im Vergleich zum Löss stärkeren Durchsickerung, sind vor allem Fahlerden entwickelt. Die salmigen und lehmigen Grundmoränen des Zerbster Ackerlandes aber auch der Agrarinseln des Flämings und Dübener Heide weisen Parabraunerde-Fahlerde-Braunerde-Bodengesellschaften auf. Großflächige Pseudovergleyungen finden sich vornehmlich im Bereich toniger tertiärer Hochlagen, wie sie vor allem durch glaziale Stauchungen verursacht sind (z.B. Leitzkauer Faltenbogen, Bad Schmiedeberger Endmoräne). Auf glazialen Sanden sind nährstoffarme, unter Wald podsoliierte Braunerden entwickelt.

Karte 1: Substrate der Bodenbildung



Karte 2: Bodentypen



UFZ
Umweltforschungszentrum
Leipzig-Halle GmbH
Sektion Angewandte Landschaftsökologie

Inhaltliche Bearbeitung: D. Petry
Kartographie und GIS: D. Petry, G. Schulz

Datengrundlage:
Schröder, H., Knauf, C., Kainz, W. (1997): Bodenübersichtskarte
im Maßstab 1:200.000, Region Dessau,
Geologisches Landesamt Sachsen-Anhalt

Im zentralen Fläming mit Jahresniederschlägen über 600 mm hat die Bodenentwicklung Podsole und Eisenhumuspodsole hervorgebracht. Die Auen der großen Flusstäler tragen typische Auenböden (v.a. Vegen), im östlichen Elbtal verstärkt als Vegagleye ausgeprägt. Auf den Niederterrassen finden sich, durch Grundwasserabsenkung und Melioration entstandene reliktsche Sand-Gleye (nördliche Oranienbaumer Heide). Auf den jüngeren Dünen hat die Pedogenese erst zur Ausbildung von Rankern geführt. Vermoorungen und Humusgleye besitzen vor allem Niederungen, die auf ehemalige Schmelzwasserabflüsse zurückgehen, wie zum Beispiel Teile der Fuhneue (Vogtei), die Wiesentäler der Nuthen, der Mittellauf der Rossel, aber auch Flussaltarme in den Terrassen wie die Wulfener Bruchwiesen westlich von Aken.

Die Entwicklung der Schwarzerden erfolgte unter den kontinentaleren Klimabedingungen des Frühholozän (Präboreal und Boreal) unter Waldsteppe. Unter den humideren Klimabedingungen des Atlantikums mit der Entwicklung geschlossener Wälder hat eine Weiterentwicklung zu Parabraunerden eingesetzt, die in degradiert Form als Griserden erhalten sind. Das Schwarzerdegebiet ist jedoch Altsiedelland, so dass bereits im Atlantikum Beweidung und im Zuge der neolithischen Revolution vor allem Ackerbau eine Bewaldung verhinderten bzw. zurückdrängten und so die pedologische Entwicklung hemmten. Die landwirtschaftliche Nutzung hat also eine klimatisch bedingte Weiterentwicklung der Schwarzerden gehemmt, gleichzeitig jedoch zu deren Degradierung als Folge von Boden-erosion und Nährstoffentzug geführt.

Landnutzung

Die Landnutzungsstruktur der Region Dessau ist von großen räumlichen Unterschieden und Gegensätzen gekennzeichnet (Karte 3). In den Ausläufern der Magdeburger Börde im Westen der Region finden sich die für diesen Raum typischen Intensivagrarlandschaften. Köthener und Quellendorf-Thalheimer Ackerland sowie die zur Region gehörenden Teile des östlichen und nordöstlichen Harzvorlandes sind Landschaften, in denen Ackerflächen ca. 90 % der gesamten Fläche einer Landschaftseinheit ausmachen (Abbildung 8 und Anhang 1). Einen ähnlich hohen Anteil ackerbaulich genutzter Fläche besitzen aber auch außerhalb der Lössregion gelegene Landschaften wie Leitzkauer und Zerbster Ackerland im Nordosten oder Teile des Elbtales zwischen Pretzsch und Wittenberg. Geschlossene Waldlandschaften sind typisch für weite Teile des Flämings und der Dübener Heide. Beide besitzen eine überregionale Bedeutung als Erholungsräume, was in ihrer Ausweisung als Naturparke (der Fläming nur in seinen brandenburgischen Teilen) mit großflächigen Landschaftsschutzgebieten zum Ausdruck kommt. Für mitteleuropäische Verhältnisse einzigartig naturnahe Auwälder sind zentrale Bestandteile des Biosphärenreservates „Mittlere Elbe“, das als erstes Gebiet in Deutschland bereits 1979 von der UNESCO¹¹ anerkannt wurde.

Neben reinen Agrar- und Waldlandschaften finden sich aber auch grünlandbestimmte Auenlandschaften (Teile des Wittenberg-Dessauer Elbtales oder die Fuhneue) und Landschaften mit einem kleinräumigeren Mosaik land- und forstwirtschaftlich genutzter Flächen (z.B. Burger Vorfläming, Seydaer Ostfläming). Hinzu kommen die ausgedehnten Bergbaufol-

¹¹ Die United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization ist zuständig für die Aufnahme von Natur- und Kulturdenkmälern in die Liste des Weltkultur- und Naturerbes.

Karte 3: Bodenbedeckung im Regierungsbezirk Dessau

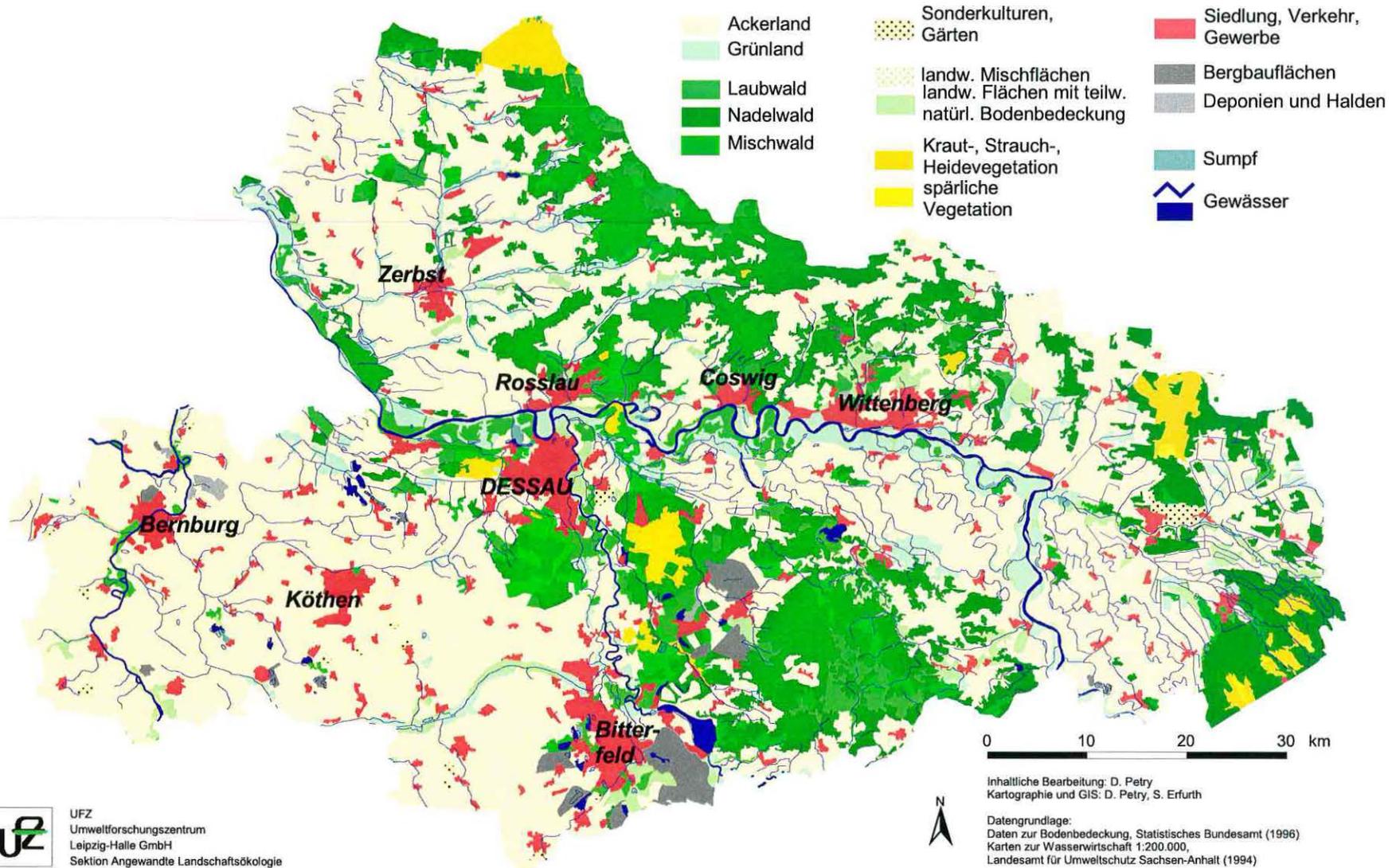


Tabelle 14: Bevölkerungsentwicklung im Regierungsbezirk Dessau nach Landkreisen zwischen 1990 und 1999 (Quelle: Statistisches Landesamt 2000; Oelkers 1997)

	Regierungs- bezirk	Stadt Dessau	Anhalt- Zerbst	Bern- burg	Bitter- feld	Köthen	Witten- berg
1990	602.184	97.331	81.959	78.509	123.126	76.262	144.997
1992	585.355	95.104	79.729	75.848	119.952	74.083	140.639
1994	577.334	92.535	79.664	73.833	118.394	73.058	139.850
1996	570.238	90.131	79.440	72.679	116.822	72.636	138.530
1999	552.374	85.000	78.697	71.172	111.900	71.249	134.356

Die schwierige wirtschaftliche Situation stellt auch die Regional- und Landschaftsplanung vor besondere Probleme. Neben der Suburbanisierung ist der Ausbau des Verkehrsnetzes eine der zentralen Steuerungsaufgaben der Raumplanung. Hinzu kommt der große Erfolgsdruck auf der politischen Ebene zur Ansiedlung von Industrie und Gewerbe. Insgesamt geraten dadurch Aufgaben der planerischen Umweltvorsorge in die Defensive. Deren Ziele im politischen und planerischen Diskurs plausibel und transparent zu machen und in die notwendige wirtschaftliche Entwicklung zu integrieren, ist eine der Aufgaben des hier entwickelten Verfahrens.

5.2 Regional- und Landschaftsplanung

Der Regierungsbezirk Dessau ist seit der Neufassung des Landesplanungsgesetzes (LPIG-LSA) im Jahre 1998 identisch mit der Planungsregion Anhalt-Bitterfeld-Wittenberg. Der neue Träger der Regionalplanung, die kommunal verfasste Regionale Planungsgemeinschaft, beschließt für die Region das Regionale Entwicklungsprogramm (REP), dessen erste Generation 1996 noch vom Regierungspräsidium als Oberer Planungsbehörde erstellt worden war (MRLU 1996b). Durch das Gesetz zur Neufassung des Landesentwicklungsplan von 1999 (LEP-LSA) ist die Überarbeitung des REP bis zum Jahr 2004 vorgeschrieben worden.

Die Gliederung der Raum- und Landschaftsplanung in Sachsen-Anhalt ist bereits in Tabelle 12 dargestellt worden. Von der Landschaftsplanung werden in Sachsen-Anhalt auf regionaler Ebene Landschaftsrahmenpläne (LRP) für das Gebiet eines Landkreises erstellt. Planungsträger sind Naturschutzbehörden der Landkreise in Abstimmung mit der oberen Naturschutzbehörde beim Regierungspräsidium. Die aktuelle Generation der LRP wurde größtenteils noch vor der Kreisgebietsreform 1994 erstellt, so dass sie sich auf die ehemaligen Kreisgebiete beziehen. Der LRP ist in Sachsen-Anhalt ein reiner Fachplan für Naturschutz und Landschaftspflege mit der Rechtsform eines Gutachtens (§ 6 NatSchG LSA). Die Richtlinie zur Aufstellung des LRP legt darüber hinaus fest, dass er gleichzeitig Fachbeitrag für das Regionale Entwicklungsprogramm nach dem Prinzip der Sekundärintegration ist. Das bedeutet, dass die in ihm formulierten Ziele und Maßnahmen zu Schutz, Pflege und Entwicklung von Natur und Landschaft nur unter Abwägungsvorbehalt und nur wenn es sich um raumbedeutsame Erfordernisse und Maßnahmen handelt verbindlich in das REP übernommen werden. In das aktuelle Regionale Entwicklungsprogramm haben die Inhalte der LRP, die größtenteils älter als das REP sind, keinen Eingang gefunden. Von Dressler et al.

(2000: 89) bemängeln, dass aus diesem Grund erstellte sogenannte ‚vorgezogene Zielkonzepte‘ des Landschaftsrahmenplans ebenfalls nicht in das REP übernommen worden sind.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die LRP für die Kreise Bernburg, Jessen (Altkreis), Köthen und Wittenberg auf ihre Hinweise für die Raumordnung ausgewertet. Die Hinweise bleiben insgesamt sehr allgemein und beschränken sich auf Forderungen zur Ausweisung vorhandener Schutzgebiete als Vorranggebiete im Regionalplan oder die Minimierung der Neuversiegelung durch Siedlungs- und Gewerbegebietserweiterungen. Einzige Ausnahme ist der LRP für den Kreis Bernburg, der einen vergleichsweise ausführlichen Begründungsteil für die Hinweise an die Raumordnung enthält. Kartographische Darstellungen für die Integration von Zielen in die Regionalplanung fehlen vollständig.

Von Dressler et al. (ebd.) sehen eine zusätzliche Schwierigkeit der Integration landschaftsplanerischer Inhalte in die Regionalplanung in den sehr unterschiedlichen Planungsmaßstäben: Während das REP im Maßstab 1:200.000 erstellt ist, haben die LRP einen einheitlichen Maßstab von 1:50.000¹².

Auf Landesebene ist bereits 1993 durch das damalige Ministerium für Umwelt und Naturschutz (MUN 1994) als Oberster Naturschutzbehörde das Landschaftsprogramm formuliert worden, ebenfalls ein reiner Fachplan als Vorgabe für die nachfolgenden Ebenen der Landschaftsplanung und ein gutachtlicher Fachbeitrag des Naturschutzes für die Landesplanung. Bezogen auf Landschaftseinheiten werden Leitbilder mit allgemeinen Zielaussagen für die Entwicklung von Natur und Landschaft formuliert (siehe Anhang 2). So werden beispielsweise für das Köthener Ackerland die Verkleinerung der Ackerschläge, die Anlage von Feldgehölzen, die Verbesserung der Gewässergüte, die Anlage von Gewässerrandstreifen und die oberste Priorität des Bodenschutzes in Lössgebieten gefordert (MUN 1994: 122ff.). In Ergänzung der in Kapitel 3.3 erläuterten übergeordneten Leitbilder und Umweltqualitätsziele lassen sich die Leitbilder des Landschaftsprogramms als regionalisierte Form normativer Kriterien der Funktionsbewertung im Regierungsbezirk Dessau verwenden.

Das Regionale Entwicklungsprogramm Dessau von 1996 formuliert auf der Grundlage des alten Landesentwicklungsprogramms von 1992 Ziele und Grundsätze der Raumordnung für den Regierungsbezirk Dessau (MRLU 1996b). Kernelemente des REP sind folgende - in der Regel flächenkonkreten – Ausweisungen:

- *Vorranggebiete* für Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Rohstoffgewinnung, Natur und Landschaft, Erholung, Wassergewinnung sowie Hochwasserschutz
- *Vorrangstandorte* für großflächige Industrieansiedlungen, großflächige Verkehrsanlagen sowie Ver- und Entsorgungsanlagen
- *Vorsorgegebiete* für Rohstoffgewinnung, Wassergewinnung, Erholung, Natur und Landschaft sowie Aufforstung

¹² Das LPIG LSA schreibt für die Fortschreibung der REP einen Planungsmaßstab von 1:100.000 vor; es bleibt jedoch abzuwarten ob die damit verbesserte Passfähigkeit der Planungen zu einer besseren Integration landschaftsplanerischer Inhalte in das REP führt.

- *Regional bedeutsame Standorte* für Gewerbe, Verkehrsanlagen, Ver- und Entsorgungsanlagen, großflächige Freizeitanlagen, militärische sowie sonstige Anlagen
- *Wiederherzustellende Landschaftsteile*
- *Zentralörtliche Gliederung*
- Aussagen und Darstellungen zur Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur

Im Zuge der Verfahrensanwendung sind die Vorrang- und Vorsorgegebiete für Landwirtschaft und Wassergewinnung von zentraler Bedeutung, da sie sich direkt auf die ausgewählten Landschaftsfunktionen ‚Erneuerung der Grundwasserressourcen‘ und ‚Landwirtschaftliche Produktionsfunktion‘ beziehen. Hinsichtlich der Regulation des Wasser- und Stoffrückhalts in der Landschaft werden weiterhin die Vorrang- und Vorsorgegebiete für Natur und Landschaft sowie Forstwirtschaft in die nähere Betrachtung mit einbezogen.

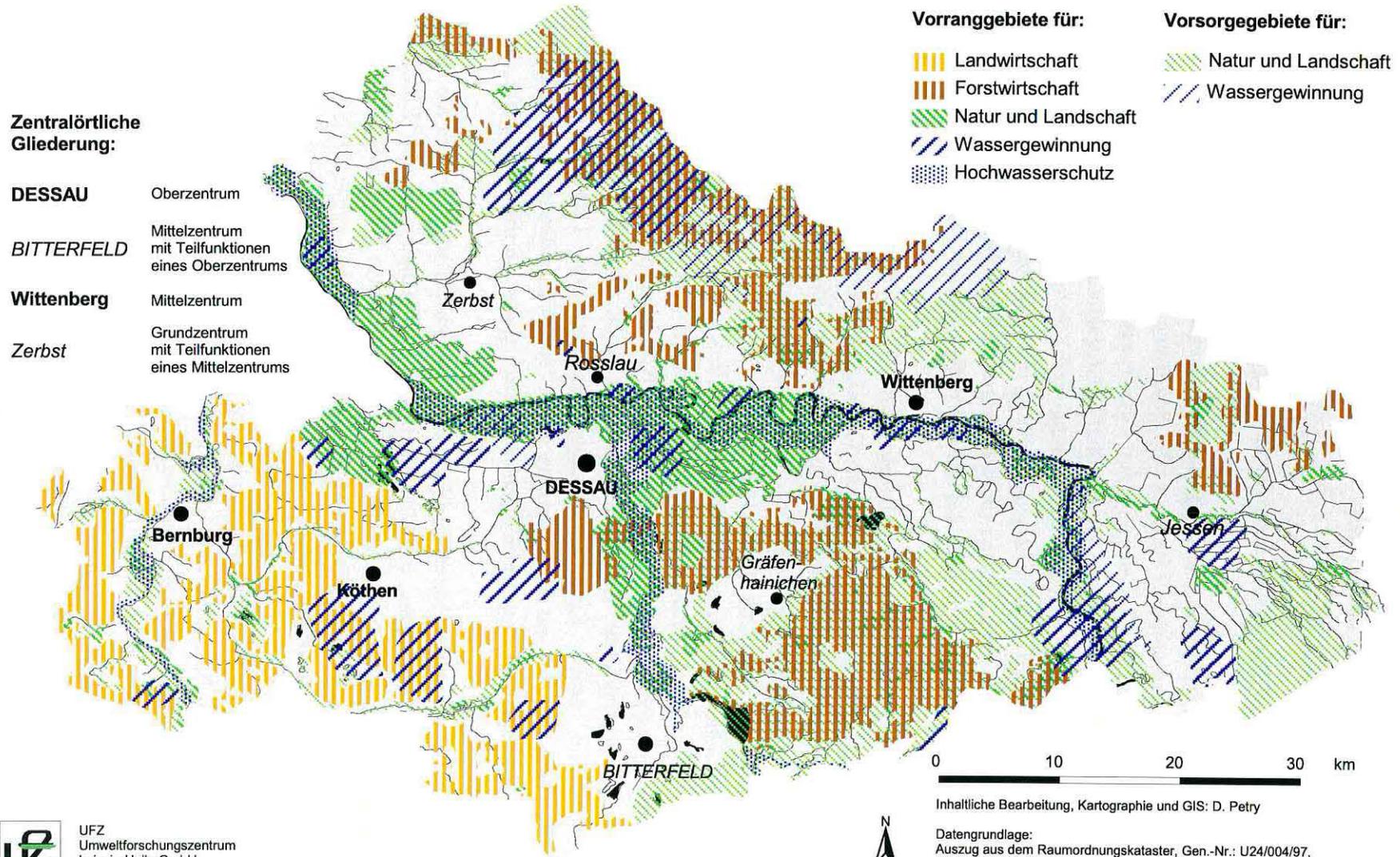
Karte 4 enthält die ausgewählten Gebietskategorien des REP, auf die sich auch im Rahmen der Funktionsbewertung in Kapitel 8 und der Diskussion des Verfahrens in Kapitel 1 bezogen wird.

Im Sinne einer planerischen Umweltvorsorge mit dem Ziel einer umweltgerechten räumlichen Entwicklung entfalten die ausgewählten Gebietskategorien des REP nur begrenzte Wirkung. Die Vorranggebiete für Landwirtschaft beschränken sich auf die ertragreichsten Böden des Löss-Schwarzerdegebietes. Aussagen zur Funktionssicherung, beispielsweise zu Anforderungen des Bodenschutzes, werden nicht getroffen.

Die gebietlichen Festsetzungen zur Sicherung der Grundwassergewinnung beschränken sich auf die Übernahme der nach dem Wassergesetz des Landes Sachsen-Anhalt ausgewiesenen Wasserschutzgebiete als Vorranggebiete für Wassergewinnung. Als Vorsorgegebiete sind zusätzlich zentrale Teile des Fläming und das Elbtal zwischen Prettin und Elster berücksichtigt. Im neuen Landesentwicklungsprogramm sind Letztere zu Vorranggebieten aufgewertet worden, was seine Ursache in der Trinkwasserzielplanung des Landes Sachsen-Anhalt zu haben scheint, die eine stärkere Nutzung des Uferfiltrats anstrebt (MRLU 1996c, vgl. Kapitel 8.1).

Auch bei den Vorranggebieten für Natur und Landschaft handelt es sich um eine sogenannte nachrichtliche Übernahme von Schutzgebieten der Fachplanung: das Europäische Vogelschutzgebiet im Zerbster Ackerland, das Biosphärenreservat ‚Mittlere Elbe‘ und die bestehenden, einstweilig sichergestellten und geplanten Naturschutzgebiete (NSG). Als Vorsorgegebiete sind zusätzlich bestehende und geplante Landschaftsschutzgebiete (LSG) sowie Flächen für das im Aufbau befindliche Ökologische Verbundsystem (ÖVS) des Landes (MRLU 1997b) in den REP aufgenommen worden. Die Vorranggebiete Forstwirtschaft zielen auf einen reinen Bestandsschutz, in den alle größeren existierenden Waldflächen eingeschlossen sind. Ausnahmen sind die Annaburger Heide und die Auwälder des Biosphärenreservates. Im Biosphärenreservat steht die naturnahe Waldentwicklung eindeutig über einem forstwirtschaftlich definierten Vorrang. Vorsorgegebiete für Aufforstung werden nicht festgesetzt, es findet sich lediglich der textliche Hinweis auf eine anzustrebende Erhöhung des Waldanteils in den Intensivagrarlandschaften.

Karte 4: Vorrang- und Vorsorgegebiete des Regionalen Entwicklungsprogramms Dessau



Die Täler von Elbe, Mulde und Saale sind als Vorranggebiete für den Hochwasserschutz ausgewiesen, was zur Erhaltung und Entwicklung natürlicher Überschwemmungsgebiete und Retentionsräume beitragen soll.

Eine aktive Rolle der Regionalplanung in der planerischen Umweltvorsorge, wie sie in der Planungsdiskussion zunehmend gefordert und in Kapitel 4 skizziert wird, kommt im REP nur bedingt zum Ausdruck. Die ausgewiesenen Vorrang- und Vorbehaltsgebiete sind überwiegend unveränderte Übernahmen von Fachplanungen (Wasserwirtschaft, Naturschutz) oder allein auf den Nutzungsanspruch ausgerichtet (Landwirtschaft, Forstwirtschaft). Ihrem Auftrag zur Integration einerseits unterschiedlicher Interessen und andererseits von Nutzungsanforderungen und Umweltvorsorge wird die Regionalplanung so nur bedingt gerecht, was aber ein überregional festzustellendes Problem ist (Kiemstedt et al. 1993, Finke et al. 1993, Finke 1996, von Dressler 2000). Eine Ausnahme, auch im Hinblick auf die Weiterentwicklung des regionalplanerischen Instrumentariums als Teil der Umweltvorsorge, sind die vorsorgliche Sicherung von Flächen für den Biotopverbund und die Ausweisung von Vorranggebieten für den Hochwasserschutz. Letzteres stellt zumindest für das Einzugsgebiet der Elbe eine Novität dar, die in anderen Regionen und Bundesländern noch nicht realisiert ist (Böhm, H.R. 1999).

6 Datengrundlagen und Geographisches Informationssystem

Für die Verknüpfung und Anwendung der in Kapitel 7 erläuterten Methoden und Modelle wurde eine GIS-Umgebung erstellt. Teil der GIS-Anwendung ist der Aufbau einer integrierten Datenbank mit den in diesem Kapitel erläuterten Daten sowie zusätzlichen Daten der Raum- und Umweltplanung. Deren Kenntnis ist Voraussetzung einer problem- und zielorientierten GIS-Anwendung und Datenverwaltung. Die Funktionsweise der GIS-Anwendung wird erläutert und in ihren Möglichkeiten und Grenzen diskutiert.

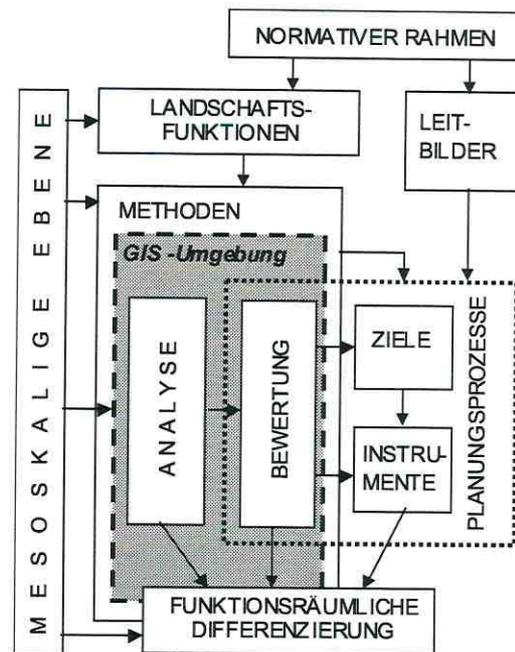


Abbildung 9: In Kapitel 6 bearbeitete Teile der Verfahrensentwicklung

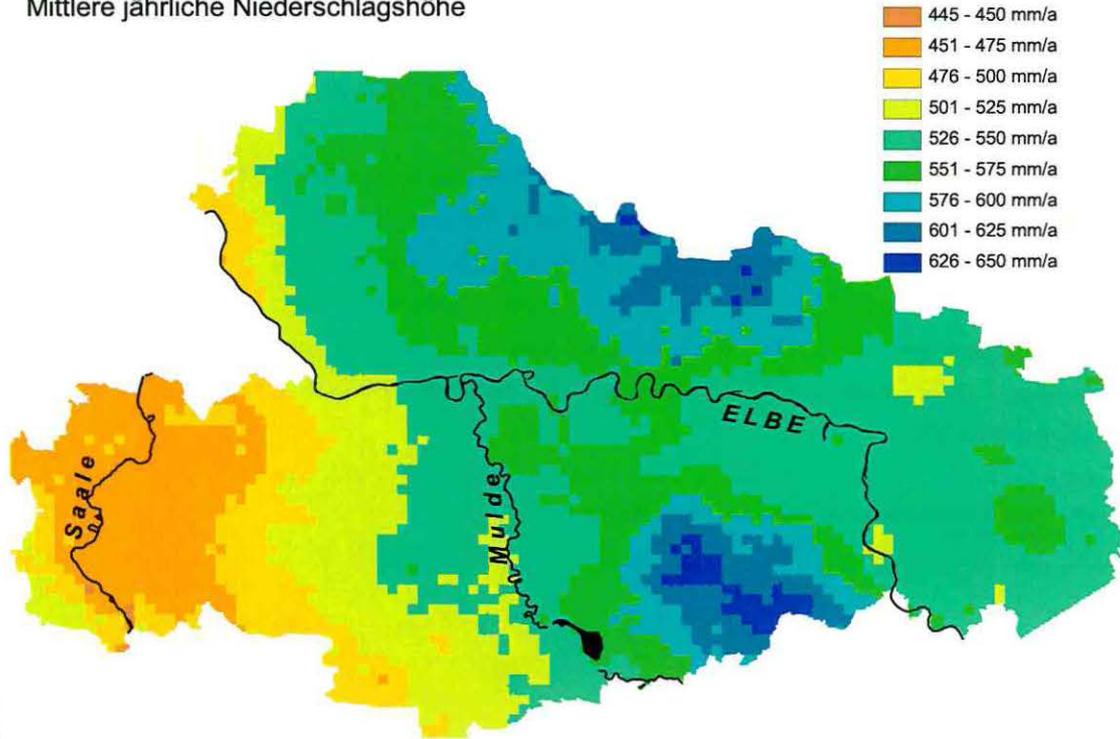
6.1 Datengrundlagen der Verfahrensanwendung im Regierungsbezirk Dessau

6.1.1 Klima

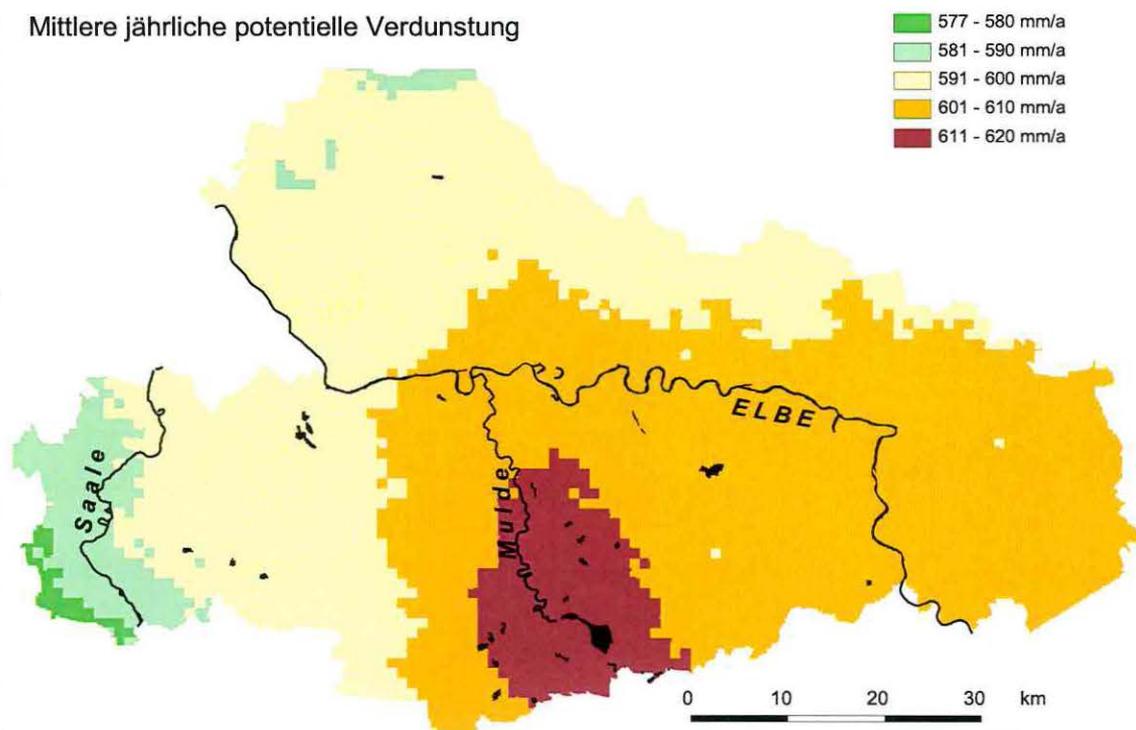
Für die Berechnung des Gesamtabflusses mit dem Modell ABIMO werden Daten zu Niederschlagsverteilung und potentielle Verdunstung als Eingangsdaten benötigt. Weiterhin dienen klimatische Daten der Bestimmung der Bodenkundlichen Feuchtestufe (Klimabereich) und des Biotischen Ertragspotentials (Jahresniederschlag und Jahresdurchschnittstemperatur). Die langjährigen Mittel des Jahresniederschlags und der potentiellen Verdunstung wurden als digitale 1 km-Rasterdaten durch den Deutschen Wetterdienstes (DWD) für die Messreihe 1961 – 1990 bereitgestellt (Karte 5). Die Datengrundlage bilden die reliefabhängig interpolierten Messdaten der Wetterstationen des DWD. Durch die Interpolation kommt es zu Ungenauigkeiten, die vom DWD mit einer Fehlertoleranzbreite von $\pm 7\%$ angegeben werden. Als zusätzliche Informationsgrundlage diente der Agraratlas des Landes Sachsen-Anhalt (MRLU 1997a), der weiterreichende meteorologische und agrarmeteorologische Daten auf Gemeindeebene enthält. Die Werte der Jahresdurchschnittstemperatur und des kältesten und wärmsten Monats lassen sich hier ablesen. Aufgrund der geringen räumlichen Differenzierung dieser Daten im Untersuchungsraum konnte auf eine digitale Aufbereitung verzichtet werden.

Karte 5: Klimatische Datengrundlagen

Mittlere jährliche Niederschlagshöhe



Mittlere jährliche potentielle Verdunstung



UFZ
Umweltforschungszentrum
Leipzig-Halle GmbH
Sektion Angewandte Landschaftsökologie



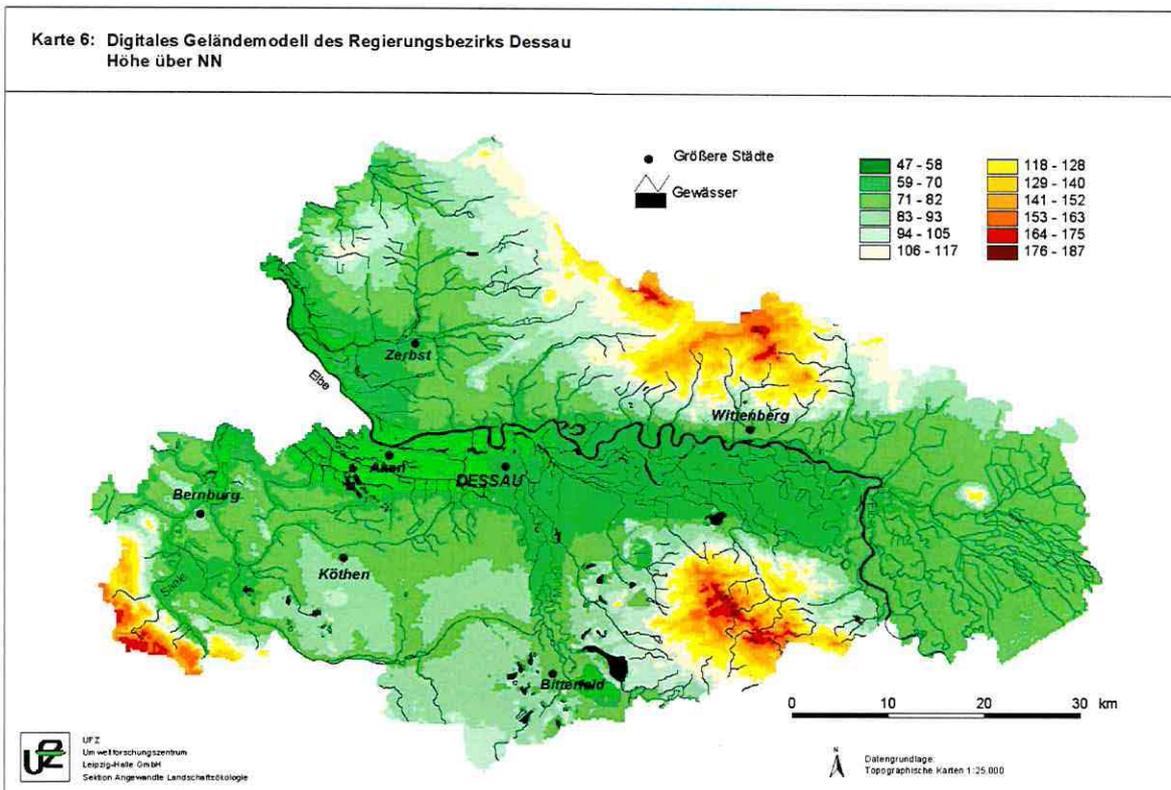
Inhaltliche Bearbeitung und Kartographie: D. Petry
GIS: D. Petry und S. Erfurth

Datengrundlage:
30-jähriges Mittel (1961 - 1990), Deutscher Wetterdienst

6.1.2 Relief

In wasser- und stoffhaushaltlichen Untersuchungen kommt dem Relief als Steuergröße eine besondere Bedeutung zu. Kuppen-, Hang- und Senkenbereiche, als typische Reliefsequenzen in landschaftswasserhaushaltlichen Analysen (z.B. Gerold 1999), sind reliefbedingt durch unterschiedliche Qualitäten und Quantitäten des Wasser- und Stoffumsatzes charakterisiert. Neben der relativen Höhe (Kuppen- oder Senkenbereich) ist die Hangneigung ein wesentlicher differenzierender Faktor, aber auch die Exposition trägt zur standörtlichen Differenzierung des Bodenwasserhaushaltes bei.

Für den Regierungsbezirk Dessau wurde an der Sektion Angewandte Landschaftsökologie des UFZ ein Digitales Geländemodell (DGM) mit einer Rasterweite von 250 m erstellt (Karte 6). Mit der Raster-Punkt-Methode wurden Topographische Karten (TK) im Maßstab 1:25.000 mit einem 1 cm-Raster überlagert. Für jeden Rasterschnittpunkt lässt sich die Geländehöhe aus Höhenlinien und Höhenpunkten manuell ermitteln und in eine Datenbank eingeben. Anschließend erfolgte im GRID-Modul von ARC/INFO® die GIS-technische Aufbereitung des Geländemodells.



Die Rasterweite und damit auch die räumliche Auflösung des verwendeten DGM sind relativ gering. In der mesoskaligen Landschaftsmodellierung werden in der Regel DGM mit deutlich größerer Auflösung verwendet (z.B. 80 m bei Dabbert et al. 1999, 30 m bei Gerold 1999). Die alleinige Beurteilung der räumlichen Auflösung eines DGM an der Rasterweite der Höhenangaben ist jedoch falsch und irreführend. DGM basieren in der Regel entweder auf der Auswertung von TK oder auf Fernerkundungsdaten. Im Bereich der Fernerkundung wurden sehr grobe DGM bereits aus Satellitendaten abgeleitet, der übliche Weg geht jedoch über

stereoskopische Luftbilder. Hier basiert die hohe Auflösung eines DGM tatsächlich auf einer hoch aufgelösten Datengrundlage; ein für große Räume sehr teures und aufwändiges Verfahren. DGM auf der Grundlage von TK werden entweder mit der beschriebenen Raster-Punkt-Methode oder durch die Interpolation digitalisierter Höhenlinien erstellt. Letzteres Verfahren liegt den meisten kommerziell, beispielsweise durch die Landesvermessungsämter, vertriebenen DGM zugrunde. Mit Hilfe der Interpolation lassen sich technisch problemlos räumliche Auflösungen von 50 m und geringer erzielen. Entscheidendes Qualitätskriterium für die Güte des DGM ist jedoch die Differenziertheit der Höhenlinien in der TK. Für Räume mit relativ geringen Höhenunterschieden wie dem Regierungsbezirk Dessau oder dem gesamten norddeutschen Tiefland weist in der Regel die TK25 (TK im Maßstab 1:25.000) die maximale Höhenliniendichte und -differenzierung auf. Die topographischen Grundkarten, TK10 in den neuen und TK5 in den alten Bundesländern, liefern zusätzliche Informationen nicht durchgängig und in einem Umfang, der einen Skalenwechsel nicht rechtfertigt. Die Höhenlinien der TK25 lassen sich mit einem 250 m-Raster hinreichend genau wiedergeben, so dass sich die Güte der Datengrundlage in der Auflösung des DGM widerspiegelt. Auf der Interpolation von Höhenlinien basierende hoch aufgelöste DGM verschleiern hingegen die Güte ihrer Ausgangsdaten.

Ein Vergleich des verwendeten DGM mit einem vom Landesamt für Landesvermessung und Datenverarbeitung vertriebenen DGM mit einer Rasterweite von 40 m wurde in ausgewählten Testgebieten (Einzugsgebiet der Rossel, südliches Köthener Ackerland) von Gränitz (in Vorbereitung) durchgeführt. Die höhere Auflösung führt zu einer besseren räumlichen Differenzierung des Reliefs, was beispielsweise die Ableitung von Fließbahnen, Hangformen und Expositionen erlaubt. Die Differenzierung der Hangneigungen ändert sich jedoch nicht grundlegend, weder im räumlichen Verteilungsmuster noch in den absolut berechneten Hangneigungsgraden.

Mit Hilfe des verwendeten DGM lassen sich im GIS die Hangneigungen berechnen, die als Eingangsdaten für die vereinfachte ABAG (potentielle Erosionsgefährdung durch Wasser) und den Abflussquotienten (Bestimmung des Direktabflusses) benötigt werden.

6.1.3 Boden

Die Böden des Untersuchungsraumes sind aufgrund ihrer zentralen landschaftsökologischen Funktionen wesentliche Faktoren der drei bearbeiteten Landschaftsfunktionen. Die Bodenverhältnisse bestimmen maßgeblich die Ausprägung landschaftlicher Strukturen und Prozesse und sind als dynamische Systeme wiederum selbst ein Ausdruck der Landschaftsentwicklung. Böden und insbesondere der Bodenwasserhaushalt als sehr dynamisches Teilsystem wurden daher bereits von Neef et al. (1961) neben der Vegetation als ‚landschaftsökologische Hauptfaktoren‘ bezeichnet. In der Verfahrensanwendung sind daher die bodenkundlichen Datengrundlagen von zentraler Bedeutung. Entsprechend sollen sie hier ausführlicher diskutiert werden.

In der deutschen Bodenkunde hat sich die Bodenform als Ausdruck von Substrat und Genese zur zentralen bodensystematischen Einheit entwickelt (AK Bodensystematik 1998), der auch in der Landschaftsökologie besondere Bedeutung beigemessen wird (Mosimann 1980, Haase

1991, Leser 1997). Mosimann (1980: 66) macht die geoökologische Bedeutung der Bodenform an vier Punkten fest (Hervorhebungen im Original kursiv):

- „1. *Sie ist ein hochintegrales Merkmal für die Gesamtheit der physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse an der Erdoberfläche in Vergangenheit und Gegenwart.*
2. *Sie ist Ausdruck realer Verhältnisse an der Erdoberfläche und beschreibt wesentliche Teile des Geosystems.*
3. *Die Bodenform ist stabil. Dadurch eignet sie sich besonders als Gerüst für die räumliche Ordnung der materiellen Ausstattung des Systems 'Landschaft'. Diese Stabilität begrenzt aber auch die Aussagekraft, weil sie kurzfristige Veränderungen nicht unbedingt sichtbar macht.*
4. *Die Bodenform gibt einen genetischen Entwicklungsstand wieder. Sie erlaubt damit, festgestellte Eigenschaften in einen räumlichen und zeitlichen Rahmen zu stellen.“*

Für den Regierungsbezirk Dessau steht die vom Geologischen Landesamt (GLA) herausgegebene Bodenübersichtskarte im Maßstab 1:200.000 (BÜK200) digital zur Verfügung (Schröder, Knauf & Kainz 1997). Großmaßstäbigere Kartenwerke wie die Bodenkarte 1:50.000 befinden sich noch im Aufbau. Ältere flächendeckend verfügbare Bodendaten wie die Reichsbodenschätzung werden zur Zeit für Sachsen-Anhalt flächendeckend digital aufbereitet (LAU 1998). Die Reichsbodenschätzung erlaubt zwar räumlich differenziertere Aussagen als die BÜK200, genügt aber nicht mehr den heutigen bodensystematischen Standards, die zudem in den 1990er Jahren eine Angleichung zwischen ost- und westdeutscher Terminologie erfahren hat (Altermann & Kühn 1994, 1998, Hartmann & Kainz 1997, AK Bodensystematik 1998).

Die Verfahrensanwendung im Regierungsbezirk Dessau arbeitet mit der BÜK200. Dies hat (a) arbeitspraktische (flächendeckende digitale Verfügbarkeit), (b) fachliche (Bodenformengesellschaften als Grundlage der ausgewiesenen Bodeneinheiten) und (c) planungspraktische (von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) koordiniertes und damit überregional verfügbares und vergleichbares Kartenwerk) Gründe. In die BÜK200 wurden unter anderem die Ergebnisse der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK) mit einbezogen (Hartmann & Böthmer 1997), die in der DDR in den 1970er und 1980er Jahren im Maßstab 1:100.000 durchgeführt wurde. Daher weist die BÜK200 eine für kleinmaßstäbige Bodenkarten hohe räumliche Differenziertheit auf, so dass die von Hennings (1998) geäußerte Kritik, die BÜK200 stelle gegenüber der BÜK1000 nur eine unwesentliche Verbesserung dar, auf das verwendete Kartenblatt nicht zutrifft. Die in der Bodenkarte enthaltenen Substratflächentypen und Bodentypen sind in den Karten 1 und 2 bereits dargestellt worden.

Ableitung bodenkundlicher Parameter aus der Bodenübersichtskarte 1:200.000 (BÜK200)

Zum Zeitpunkt der Verfahrensanwendung stand die BÜK200 erst in einer vorläufigen Version zur Verfügung, was sich vor allem in einer reduzierten Flächendatenbank äußerte. Grundlage für die Ableitung bodenkundlicher Kennwerte ist der Substratflächentyp in der in der DDR üblichen Schreibweise (vgl. Lieberoth 1982, TGL¹ 24300/07), der Angaben zu den

¹ Technische Güte und Lieferbedingungen; staatliche Standards der DDR, den bundesdeutschen DIN-Normen vergleichbar, jedoch mit dem Charakter einer Rechtsvorschrift.

Flächenanteilen und Schichtungen vorkommender Substrate enthält. Aus den Substratflächentypen wurden durch Kainz & Hartmann (1997) Bodenartenspektren abgeleitet, welche die Substratverhältnisse durch Bodenartenminima und –maxima wiedergeben. Die Vorgehensweise ist beispielhaft in Tabelle 15 dargestellt. In der Flächendatenbank des GLA werden aus den Bodenartenspektren unter Berücksichtigung der Schichtung – aber ohne die im Substratflächentyp ausgedrückten Flächenanteile – Kennwerte wie die nFK abgeleitet. Dies geschieht durch Bildung des arithmetischen Mittels der jeweiligen Kennwerte für die Bodenartenminima und -maxima nach Maßgabe der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA4) (AG Boden 1994).

Tabelle 15: Ableitung von Bodenartenspektren aus den Substratflächentypen der Bodenformengesellschaften der Bodeneinheiten der BÜK 200 (nach Kainz & Hartmann 1997, verändert)

Bodenformengesellschaften (Beispiele)	Substratflächentyp	Bodenarten- minimum	Bodenarten- maximum
Löss-Schwarzerden bis Braunschwarzerden, in Abtragslagen Rendzinen	ö Löss	Uu	Ut4
Lössstiefler-Schwarzerden bis Braunschwarzerden	ö/l Lössstiefler	Uu/SI3	Ut4/Ls2
Löss über Lehm bis Ton-Staugleye auf Tertiärton und Unterem Buntsandstein	ö/l-t Lössstiefler bis Ton	Uu/SI3-Lt2	Ut4/Ls2-Tt

Aus den in Tabelle 15 angeführten Beispielen wird die teilweise große Heterogenität der Bodeneinheiten deutlich, welche die Ableitung landschaftsökologisch relevanter Bodenparameter für geschichtete, ein großes Bodenartenspektrum oder mehrere Substrate umfassende Substratflächentypen kompliziert werden lässt. Hinzu kommt, dass zwischen Bodenart und bodenkundlichen Parametern kein linearer Zusammenhang besteht. Das Bodenartenspektrum ‚Uu bis Ut4‘ (Schluff bis stark toniger Schluff) lässt sich nicht in eine Spannbreite der nFK-Werte 26,0 bis 20,5 Vol.-% (nach KA4) und deren Mittelwert 23,25 Vol.-% übersetzen. Die vereinfachte Vorgehensweise des GLA ohne Berücksichtigung der Flächenanteile und mit einfacher Mittelwertbildung erscheint daher nicht ausreichend.

Im Folgenden wird eine Vorgehensweise zur Ableitung bodenkundlicher Parameter aus den Substratflächentypen der BÜK200 entwickelt und erläutert, die der Heterogenität der Bodenverhältnisse Rechnung trägt:

a) *Bestimmung der repräsentativen Bodenart eines Substrates*

Jedem Einzelsubstrat werden Bodenartenspektren, repräsentiert durch Bodenartenminima und –maxima, nach den Angaben von Kainz & Hartmann (1997) in der Flächendatenbank der BÜK200 zugewiesen. Die Bodenarten eines Substrates werden nach Maßgabe der KA4 (AG Boden 1994: 135) in 6 Werte der Korngrößenverteilung (Minima und Maxima der Ton-, Schluff- und Sandfraktion) übersetzt. Mit Hilfe dieser Quantifizierung lässt sich die mittlere Korngrößenverteilung eines Substrates berechnen. Der mittleren Korngrößenverteilung lässt sich wiederum eine Bodenart zuordnen, zu deren nach KA4 definierter Korngrößenverteilung die berechnete, mittlere Verteilung die geringste Abweichung (Summe der Einzelabweichungen der 6 Werte der Korngrößenverteilung) besitzt. So wird für jedes Substrat eine repräsentative Bodenart definiert, für welche die Ausprägungen bodenkundlicher Parameter bestimmt werden können. Tabelle 16 veranschaulicht die Vorge-

hensweise am Beispiel des Lösses, dessen mittlere Korngrößenverteilung die geringste Abweichung zu derjenigen der Bodenart ‚Ut3‘ (mittel toniger Schluff) besitzt.

Tabelle 16: Ableitung repräsentativer Bodenarten aus den Korngrößenverteilungen des Bodenartenspektrums nach KA4 am Beispiel des Substrates ‚Löss‘

Substrat ‚Löss‘		Ton		Schluff		Sand	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
Bodenartenminimum	Uu →	0	8	80	100	0	20
Bodenartenmaximum	Ut4 →	17	25	65	83	0	18
		↓					
mittlere Korngrößenverteilung		8,5	16,5	72,5	91,5	0	19
		↓					
repräsentative Bodenart	Ut3 ←	12	17	65	88	0	23

Dies verhindert, dass Ausprägungen gemittelt werden, zwischen denen kein pedologisch begründeter linearer Zusammenhang besteht. Stattdessen werden Korngrößenverteilungen, welche die pedologischen Verhältnisse wiedergeben, gemittelt und stehen dann für Parameterzuordnungen zur Verfügung. In der Verfahrensanwendung sind dies:

- *Feldkapazität (FK)* diejenige Wassermenge, die ein Boden maximal gegen die Schwerkraft zurückhalten kann (Speicherfeuchte); Angabe in Vol.-% oder mm/m³
- *nutzbare Feldkapazität (nFK)*: pflanzenverfügbare Feldkapazität in Vol.-% oder mm/m³(ohne Totwasseranteil)
- *kf-Wert*: Wasserdurchlässigkeit des Bodens im wassergesättigten Zustand; Angabe meist in cm/d (Fließgeschwindigkeit)
- *effektive Durchwurzelungstiefe (WE)*

Für weitere Erläuterungen dieser Kenngrößen sei auf die bodenkundliche Fachliteratur verwiesen (z.B. Schachtschabel et al. 1989). Die Ableitung der repräsentativen Bodenarten und den jeweiligen Parameterzuordnungen ist in Tabelle 17 wiedergegeben.

Tabelle 17: Repräsentative Bodenarten und bodenkundliche Parameter der Substrate und Bodenartenspektren der BÜK200 für den Regierungsbezirk Dessau

Flächendatenbank der BÜK200				Eigene Ableitung			
Name	Substrate Symbol	Bodenarten Min. Max.		Repräsentative Bodenarten	nFK Vol.-%	FK Vol.-%	kf cm/d
		(Auen-)Sand	os, s				
Tief-, Bändersand	d, bs	Ss	Sl2	Su2	16,0	21,5	88
(Auen-, Berg-)Salm	om, vm, m	Su2	Sl2	Su2+Sl2	16,8	22,8	69
(Auen-)Lehm	ol, l	Sl3	Ls2	Ls3	15,0	33,5	7
Berglehm	vl	Sl3	Ls4	Sl4	17,0	28,5	21
(Kolluvial-)Sandlöss	esö, sö	Sl3	Uls	Slu	21,0	31,5	11
Berglöss	vö	Sl3	Tu4	Ls2	15,5	33,5	20
Löss	ö	Uu	Ut4	Ut3	23,5	36,0	8
Auenschluff	ou	Us	Ut4	Ut3	23,5	36,0	8
Auenton	ot	Ls2	Tu2	Lt3	41,0	43,5	10
(Berg-)Ton	vt, t	Lt2	Tt	Tl	14,5	50,5	3
Torf, Mudde	h, y	h, y	h, y	h, y	40,0	70,0	25

b) *Bestimmung bodenkundlicher Parameter unter Berücksichtigung von Substratschichtung und Flächenanteilen*

Substratflächentypen enthalten Angaben zu Schichtungsverhältnissen innerhalb eines Substratyps und zu den Flächenanteilen bei mehreren Substrattypen in einer Bodeneinheit.

Dabei bedeuten vereinfacht:

- / = Substratwechsel bei 60 cm unter Flur (ö/1 = Lössstieflerhm)
- // = Substratwechsel bei 100 cm unter Flur (s//1 = lehmunterlagerter Sand)
- = Substrattyp 1 dominiert über Substrattyp 2 im Verhältnis 70-30
(ol-ou = Auenlehm bis Auenschluff)
- + = Substrattyp 1 und 2 annähernd gleich dominant (1+t = Lehm + Ton)

Mit Hilfe dieser Angaben lassen sich auf Grundlage der repräsentativen Bodenarten für die teilweise sehr komplexen Substratflächentypen der Bodeneinheiten der BÜK200 bodenkundliche Parameter berechnen.

Anhang 4 enthält die für die Verfahrensanwendung relevanten und oben erläuterten bodenökologischen Parameter. In der BÜK200 als Siedlungs-, Bergbau- oder Kippflächen ausgewiesene Bodeneinheiten sind in der Tabelle nicht berücksichtigt. Bergbau- und Kippböden werden nicht in die Verfahrensanwendung einbezogen und Siedlungsböden (mit vorgestelltem ‚a‘ im Substrattyp) werden entweder entsprechenden Substratflächentypen gleichgestellt (‚a/s‘ = ‚s‘) oder bei bestimmten Anwendungen (z.B. Einschätzung der Erosionsgefährdung) nicht berücksichtigt.

6.1.4 Bodenbedeckung

Sowohl für die allgemeine Charakterisierung der Landnutzungsstruktur des Regierungsbezirks Dessau (siehe Karte 3) als auch für die Landnutzungsparameter der verwendeten Methoden und Modelle wurden die Daten zur Bodenbedeckung des CORINE²-Projektes Land Cover eingesetzt (Statistisches Bundesamt 1996). Die CORINE-Daten entstammen einem europaweiten Vorhaben zur Bereitstellung vergleichbarer Daten zur Bodenbedeckung, die von der Europäischen Umweltagentur (im EIONET³) und dem Statistischen Bundesamt (im STABIS⁴) als geographische Basisdaten verwendet werden. Als Datengrundlage dienten Topographische Karten im Maßstab 1:100.000 sowie Satelliten- und Luftbilder aus den Jahren 1989 bis 1992. Die Mindestgröße ausgewiesener Einzelflächen beträgt 25 ha, was weniger den Datengrundlagen als vielmehr der Aufwandsreduzierung geschuldet ist (Statistisches Bundesamt 1994).

Maßstab und Zweck der CORINE-Daten bedingen eine auf regionaler Betrachtungsebene relativ geringe Differenzierung der Landnutzung, die zudem durch unübersehbare Fehler in der Klassifizierung gekennzeichnet ist. Die im Regierungsbezirk Dessau vorkommenden Nutzungsklassen sind in Anhang 3 enthalten. Der große Vorteil liegt in der einfachen Zugänglichkeit der Daten und ihrer überregionalen Vergleichbarkeit. Im Vergleich zu den ATKIS⁵-

² CoORDination of INformation on the Environment

³ Environmental Information and Observation Network

⁴ Statistisches Informationssystem zur Bodennutzung

⁵ Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem

Daten der Landesvermessungsämter besitzen sie auch eine deutlich einfachere Handhabbarkeit. Zudem lassen sich Fehler aufgrund der groben Auflösung und vergleichsweise geringen inhaltlichen Differenzierung leicht identifizieren und in ihrer Wirkung auf das Muster der Landnutzungsstruktur, beispielsweise in statistischen Auswertungen, einschätzen. Petry et al. (2000) haben in einer vergleichenden Untersuchung zur Eignung von CORINE-Daten und Daten der amtlichen Biotoptypenkartierung im Maßstab 1:10.000 festgestellt, dass sich auf mesoskaliger Ebene (Nutzungsstruktur von Landschaftseinheiten, Naturräumen oder Landkreisen) für die Nutzungstypen Wald, Acker, Grünland nur geringfügige Differenzen zwischen beiden Datentypen ergeben. Eine Verwendung der CORINE-Daten erscheint gemessen an den Anforderungen der Verfahrensanwendung, die nur Grundtypen der Bodenbedeckung benötigt, sowohl aus arbeitspraktischer als auch aus fachlicher Hinsicht gerechtfertigt.

6.2 Aufbau eines relationalen Datenmodells innerhalb des GIS

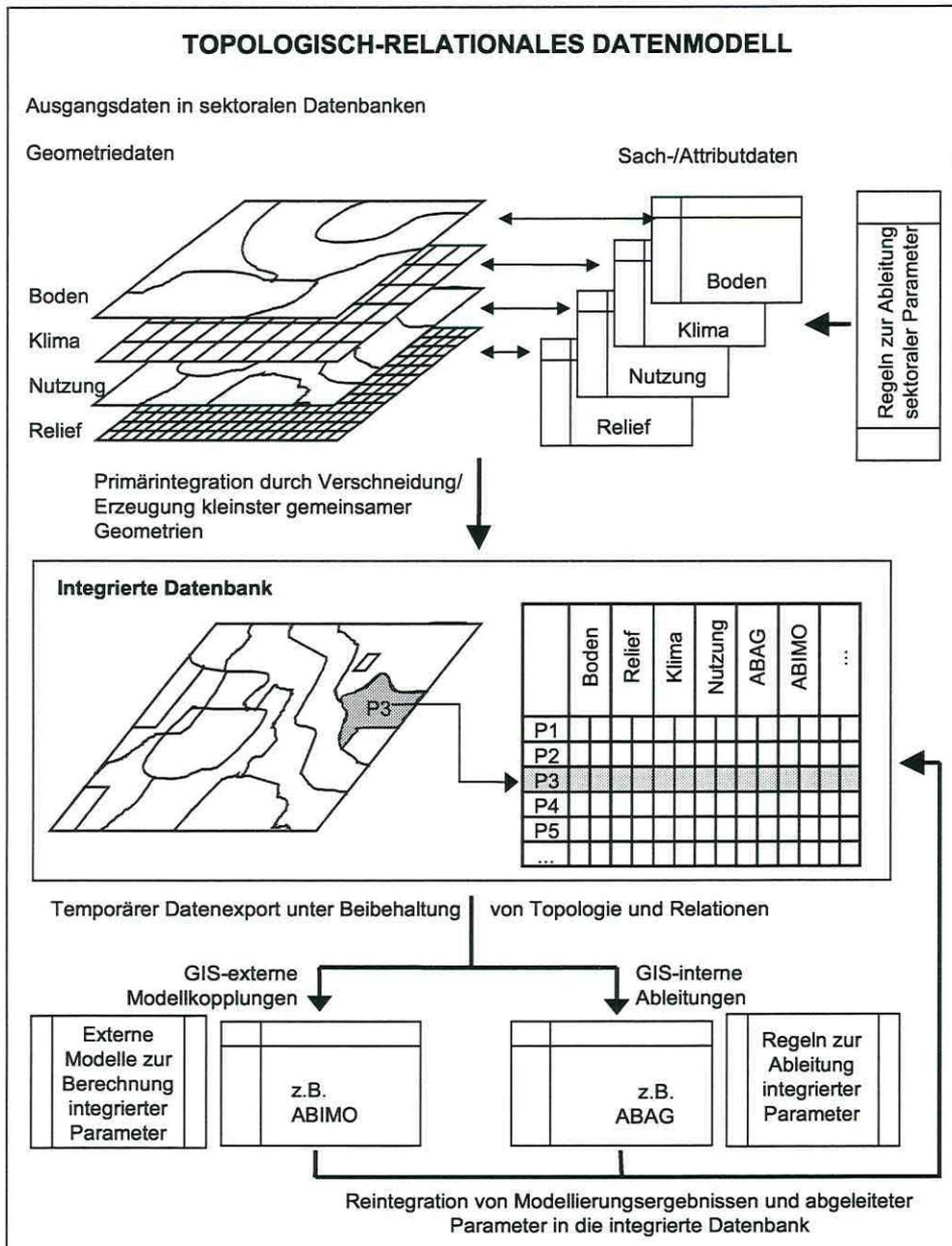
Analyse und Bewertung von Landschaftsfunktionen erfordern eine Vielzahl unterschiedlicher Informationen zu Klima, Relief, Boden und Nutzung, die mit den in Kapitel 7 beschriebenen Methoden und Modellen verknüpft werden. Dies erfordert einen integrierten Ansatz, der bereits die Ausgangsdaten zueinander in Relation setzt und Wechselwirkungen zwischen Einzelfaktoren in die Betrachtung mit einzubeziehen hilft. Im Unterschied zu sektoralen Vorgehensweisen, bei denen Landschaftskompartimente oder Schutzgüter separat bewertet und erst die Ergebnisse integriert werden, bezeichnen Dabbert et al. (1999: 4) den hier gewählten Ansatz als Primärintegration.

6.2.1 Das Datenmodell

Die Auswahl der Datengrundlagen orientiert sich an den Anforderungen der verwendeten Methoden und der flächendeckenden Verfügbarkeit für den Regierungsbezirk Dessau (Tabelle 18). Im Zuge der Primärintegration wurden die Eingangsdaten mit der GIS-Software ArcView[®] zu einem topologisch-relationalen Datenmodell verknüpft (Abbildung 11). Als Rasterdaten vorliegende Informationen wurden vektorisiert, um eine Verschneidung aller vorliegenden Daten zu ermöglichen. Deren Ergebnis ist eine neue Topologie aus den kleinsten gemeinsamen Geometrien (KGG) der Eingangsdaten und damit verknüpft eine die Ausgangsdaten enthaltende Datenbank, die im Folgenden als *integrierte Datenbank* bezeichnet wird. KGG besitzen eine homogene Struktur der ihnen zugeordneten Sachdaten oder Attribute. Jedes einzelne Polygon verfügt also über eine einheitliche Ausprägung der in den Ausgangsdaten enthaltenen Parameter (z.B. Bodenform, Geländehöhe oder Nutzungstyp).

Das unbearbeitete Verschneidungsprodukt besteht aus ca. 120.000 Polygonen. Dies führt auch mit heute üblichen Rechnerkapazitäten zu sehr langen Zeiten für Kartenaufbau, Abfragen, statistische und räumliche Analysen, die dem hier erhobenen Anspruch der einfachen Handhabbarkeit entgegen stehen. Zudem entsteht eine Vielzahl kleinster Splitterpolygone ohne sinnvolle inhaltliche Eigenständigkeit. Daher wurden die Polygone der integrierten Datenbank nach der Verschneidung aggregiert, indem Polygone unterhalb einer definierten Mindestgröße dem Nachbarpolygon, zu dem die längste Grenze besteht, angegliedert wurden.

Abbildung 10: GIS-Datenmodell des Verfahrens zur Analyse und Bewertung von Landschaftsfunktionen im Regierungsbezirk Dessau



Als ein optimaler Kompromiss zwischen Speicherplatzminimierung und Aussagegenauigkeit hat sich für den Regierungsbezirk Dessau eine Mindestgröße von 50 ha erwiesen:

- Mit 50 ha liegt die Mindestgröße unter der Flächengröße der Eingangsdaten mit der größten räumlichen Auflösung, den Rasterzellen des Geländemodells mit einer Kantenlänge von 250 x 250 m (= 62,5 ha).
- Die Veränderung von Informationen aus den Ausgangsdaten bleibt auf dieser Generalisierungsebene klein. Die Flächenanteile von Bodenformen oder Nutzungsklassen mit geringer Verbreitung und Einzelflächengröße im Untersuchungsraum ändern sich um maximal

5%, bei solchen mit großer Verbreitung und großen Einzelflächengrößen liegt die Veränderung bei $\leq 1\%$.

- Durch die Zuordnung aller Polygone < 50 ha zu Nachbarpolygonen reduzierte sich die Gesamtzahl der Polygone auf 17.000. Damit liegen die Zeiten für den Bildaufbau im Sekundenbereich, diejenigen für Abfragen, statistische Analysen, Parameterableitungen im Minutenbereich.

Tabelle 18: Ausgangsdaten für die Analyse und Bewertung von Landschaftsfunktionen

Thema	Datenquelle	Auflösung und Datentyp	Inhalt
Boden	Bodenübersichtskarte, Region Dessau, des GLA Sachsen-Anhalt	1:200.000 1025 Polygone	Bodentyp, Bodenform, Substrat, Bodenarten-minima und -maxima
Klima	Langjährige Mittel von Klimadaten für die Zeitreihe 1961-1990 des DWD	1km x 1km Raster	Jahresniederschlag Sommerniederschlag potentielle Verdunstung
Relief	Digitales Geländemodell am UFZ auf Basis der TK25 erstellt	250m x 250m 68912 Rasterzellen	Geländehöhe
Nutzung	CORINE land cover / Daten zur Bodenbedeckung des Statistischen Bundesamtes	1:100.000 1054 Polygone	Nutzungstyp/ Bodenbedeckungstyp
Regionalplanung	Auszug aus dem Raumordnungskataster	1:200.000	Vorranggebiete, Vorsorgegebiete
Gewässer	Digitalisierung am UFZ auf Basis der Karte zur Wasserwirtschaft des LAU	1:200.000	Gewässernetz

6.2.2 Der Landschaftsbezug von kleinsten gemeinsamen Geometrien – ein Skalenproblem?

Die Erzeugung kleinster gemeinsamer Geometrien führt verglichen mit den Ausgangsdaten zu einer deutlich höheren geometrischen Auflösung mit deutlich mehr und deutlich kleineren Flächen. Es entsteht der optische Eindruck eines Skalenwechsels. Hinsichtlich der Sachinformationen der Ausgangsdaten ist dies jedoch nicht der Fall. Auf der Skalenebene der Ausgangsdaten charakterisieren die Sachinformationen ihre Bezugsflächen als homogene Einheiten durch die Angabe dominierender (z.B. Boden, Nutzung) oder mittlerer (z.B. Relief, Niederschlag) Parameterwerte, die sich durch Übertragung auf mehrere kleinere Teilflächen nicht disaggregieren lassen. So kann beispielsweise eine Bodeneinheit der BÜK200 durch die Verschneidung auf 10 verschiedene Teilflächen verteilt werden, die jeweils identische Informationen zur Bodeneinheit enthalten, aber mit unterschiedlichen Relief-, Klima- und/oder Nutzungsinformationen kombiniert sind. Mithin ändert sich durch die Erzeugung von KGG der Skalenbezug der Ausgangsdaten nicht. Ihre räumliche Differenzierung nimmt nicht zu, obwohl sie nun für kleinere räumliche Bezugseinheiten definiert sind. Der entscheidende Informationsgewinn besteht in der nun möglichen Kombination unterschiedlicher Sachinformationen aus den sektoralen Datenbanken. Der Wert eines integrierten Parameters für eine einzelne Fläche resultiert aus der Verknüpfung von Einzelparametern, die jeweils nur auf einer

kleineren Maßstabsebene gültig sind. Dadurch steigt mit der räumlichen Auflösung der KGG die Unsicherheit auf ihrer Grundlage erzielter sachlicher Aussagen. In der vorliegenden Arbeit kann diese Unsicherheit akzeptiert werden, da nicht die einzelne Teilfläche interessiert, sondern die großräumige funktionsräumliche Differenzierung, die in Beziehung zu regional-planerischen Gebietskategorien zu setzen ist. Die begrenzte Möglichkeit, mit den angewendeten numerischen Modellen quantitative Aussagen zu machen, ist in der Verfahrensentwicklung jedoch weniger der Verwendung von KGG als des Einsatzes kleinmaßstäbiger Datengrundlagen geschuldet.

Sowohl in der allgemeinen GIS-Literatur (z.B. Bartelme 1995, Bill 1996) als auch in der Literatur mit explizitem GIS-Anwendungsbezug in der Umweltplanung (z.B. Schaller 1996, Blaschke 1997, Dabbert et al. 1999) wird die größere räumliche Auflösung von KGG häufig mit einer größeren sachlich-thematischen Auflösung gleichgesetzt und das damit verbundene Skalenproblem vernachlässigt. In der Landschaftsökologie oder auch der Hydrologie ist es üblich, KGG als Flächen mit homogenem Verhalten im betrachteten Prozessgeschehen (z.B. als ‚kleinste homogene Einheiten‘ bei Diekkrüger (1999), als ‚Representative Elementary Areas‘ bei Gerold (1999)) zu verwenden. Mit Blick auf die obigen Ausführungen müssen auf diese Weise erzielte Ergebnisse kritisch und im größeren räumlichen Zusammenhang reflektiert werden. Das gilt vor allem für quantitative Aussagen, beispielsweise die Ergebnisse numerischer Modellierung.

6.2.3 Analysen mit dem GIS-Datenmodell

Innerhalb des relationalen Datenmodells bleiben die sektoralen Datenbanken der Ausgangsinformationen mit der integrierten Datenbank des Verschneidungsproduktes über ihre jeweiligen Primärschlüssel (üblicherweise die ID-Nummer (Identifizierungscode) eines Polygons) und gemeinsame Attribute verknüpft. Dadurch ist einerseits ein interaktiver Datenaustausch zwischen den einzelnen Datenbanken möglich und andererseits kann der Umfang der integrierten Datenbank auf die für die Analyse und Bewertung erforderlichen Attribute beschränkt bleiben. Mit diesem Datenmodell sind in der GIS-Anwendung unter Beibehaltung einer logischen Struktur mit eindeutigen Datenzuordnungen sehr flexible Datenanalysen möglich, was an drei Beispielen erläutert werden soll (siehe auch Abbildung 10):

- Primäre Grundinformation der bodenkundlichen Datenbank ist die Bodenform. Aus der Bodenform lassen sich über das zugehörige Substrat und dieses charakterisierende Bodenartenspektren repräsentative Bodenarten ableiten (Vorgehensweise siehe Kapitel 6.1.3). Aus der repräsentativen Bodenart lassen sich wiederum für die Analyse der Landschaftsfunktionen relevante Parameter, wie die nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes, ableiten. Aus Gründen der Handhabbarkeit und Übersichtlichkeit ist es sinnvoll, solche sektoralen Ableitungen innerhalb der bodenkundlichen Primärdatenbank vorzunehmen und nur die für die weitere Analyse relevanten Parameter in die integrierte Datenbank zu übernehmen. Speicherumfang und Rechenzeiten bei Arbeiten mit der integrierten Datenbank bleiben auf diese Weise auf ein notwendiges Minimum beschränkt.
- Solche sektoralen Ableitungen bilden die Grundlage für komplexere integrierte Analysen: Die Berechnung der ABAG muss zwangsläufig innerhalb der Datenstruktur der integrier-

ten Datenbank erfolgen, da Niederschlags-, Relief-, Boden- und Nutzungsdaten benötigt werden. Dennoch ist es sinnvoll, die zur Berechnung der ABAG relevanten Parameter unter Beibehaltung der Topologie aus der integrierten Datenbank zu extrahieren. In einer eigenen Datenbank, aber nach wie vor im GIS, können dann die relevanten Faktoren bestimmt und das Ergebnis für die KGG berechnet werden. Über die gemeinsame ID braucht dann lediglich das Ergebnis in die integrierte Datenbank eingefügt zu werden.

- Eine dritte Form der Datenanalyse und Parameterableitung ist die Kopplung des GIS-Datenmodells mit externen Modellen. Die Berechnung der Grundgrößen des Landschaftswasserhaushaltes erfolgt teilweise mit dem Modell ABIMO, das auf einer eigenen Datenbankplattform arbeitet. Über eine Schnittstelle im GIS können die für ABIMO relevanten Parameter aus der integrierten Datenbank in das Modell exportiert, die ABIMO-Modellierung durchgeführt und die Ergebnisparameter anschließend der integrierten Datenbank angefügt werden.

7 Methoden zur Analyse und Bewertung von Landschaftsfunktionen

In Kapitel 7 werden die methodischen Voraussetzungen für die Analyse und Bewertung von Landschaftsfunktionen erarbeitet. Das Kapitel geht über eine Dokumentation der verwandten Verfahren und Modelle hinaus, indem die skalenspezifische und planungsbezogene Anwendbarkeit von Methoden und Modellen diskutiert wird und diese zu einem konsistenten Methodensystem verknüpft werden. Eingangs werden die Grundlagen planungsfachlicher Bewertungsverfahren dargestellt, an denen sich die Verfahrensentwicklung orientiert und in die sich die in diesem Kapitel erläuterten Methoden und Modelle einfügen.

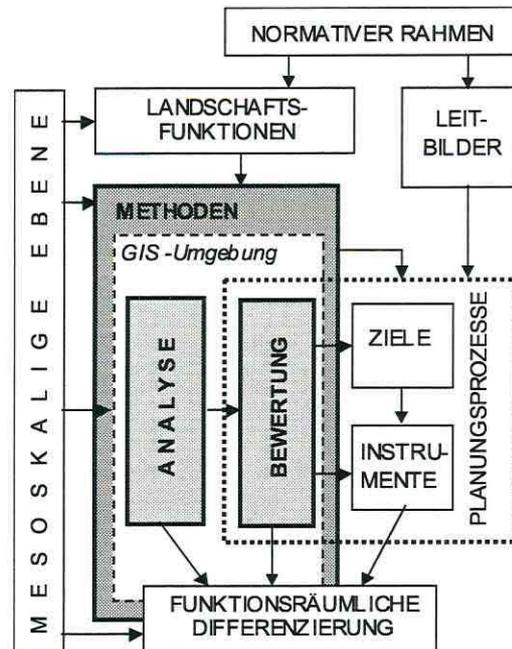


Abbildung 11: In Kapitel 7 bearbeitete Teile der Verfahrensentwicklung

7.1 Grundlagen planungsbezogener Bewertungsverfahren

In Kapitel 2.3 ist auf die notwendige Trennung von Sach- und Wertebene sowie die Verwendung transparenter Kriterien für die Transformation sachbezogener in wertbezogene Aussagen hingewiesen worden. Bastian (1997) veranschaulicht die in einer Bewertung erforderlichen Schritte von der Analyse bis zur Handlung in einem allgemeinen Modell (Abbildung 12). Handlungen haben je nach Planungszusammenhang direkte oder indirekte Auswirkungen auf eine Landschaft. Eine direkte Handlung ist die Ausführung eines Vorhabens (Bau einer Umgehungsstraße, Förderung von Grundwasser) in der - nach Analyse und Bewertung der damit verbundenen Folgen und Wirkungen in einer UVP - favorisierten Form, welche die Durchführung von Ausgleichsmaßnahmen im Zuge der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung einschließt. Eine indirekte Handlung ist die Ausweisung eines Vorranggebietes für Natur und Landschaft im Regionalplan, die sich auf die Landschaftsentwicklung über ihre bindende Wirkung für Fachplanungen und Aufsichtsbehörden auswirkt¹⁸.

¹⁸ Sog. Behördenverbindlichkeit; im Unterschied zur Außenverbindlichkeit, die - auch außerhalb des Verwaltungshandelns - für jeden Bürger bindend ist (z.B. rechtsverbindlicher Bebauungsplan, Bestimmungen in einem Naturschutzgebiet)

Für die Verfahrensentwicklung kann das Modell von Bastian nicht unverändert übernommen werden, da die Trennung zwischen Sach- und Wertebene nicht eindeutig ist und der Planungsprozess als eigentliche *Bewertung* nicht eindeutig zuzuordnen ist. Die erste Bewertungsebene wird in Anlehnung an Scholles (1997, vgl. nachfolgendes Teilkapitel) in der Verfahrensentwicklung als *Einschätzung* (Sachebene) bezeichnet, darin eingeschlossen sind aber Teile der 2. Bewertungsebene nach Bastian. Die planerische *Bewertung* (Wertebene) verteilt sich auf 2. und 3. Bewertungsebene, da sie die gesellschaftlich-politisch motivierte Interessenabwägung einschließt. Diese findet idealtypischer Weise in einem partizipativen Prozess statt, in dem alle Beteiligten Zugang zum verfügbaren Abwägungsmaterial – dazu gehören die Ergebnisse des hier entwickelten Verfahrens – haben (siehe Kapitel 4.4). Es bleibt jedoch festzuhalten, dass standardisierte Bewertungsverfahren nicht zwangsläufig zu gesellschaftlich-politischen Bewertungen und Entscheidungen führen, die sich am Leitbild nachhaltiger Landschaftsentwicklung orientieren.



Abbildung 12: Schema eines mehrstufigen Bewertungsmodells (Bastian 1997, verändert)

7.1.1 Bewertungsverfahren

Auf der in Abbildung 12 dargestellten fachlichen Bewertungsebene lassen sich in Anlehnung an Marks et al. (1992: 28) vier Grundtypen landschaftsbezogener ökologischer Verfahren unterscheiden:

- Ökologische Eignungsbewertung (Wert eines Raumes oder naturräumlicher bzw. landschaftlicher Potentiale für eine bestimmte Nutzung)
- Ökologische Belastungsbewertung (Belastung bzw. Beeinträchtigung eines Raumes, eines Potentials, eines Schutzgutes oder einer Funktion durch die Einwirkung anthropogener Belastungsfaktoren)
- Ökologische Wertanalyse (Wert eines Raumes, Schutzgutes, Potentials oder einer Funktion für Naturnähe oder Funktionsfähigkeit eines Raumes)
- Ökologische Risikoanalyse (Kombination von Belastungsbewertung und Wertanalyse zur Bewertung des Risikos eines Eingriffs in die Leistungs- oder Funktionsfähigkeit eines Raumes, Schutzgutes oder einer Funktion)

Unter planungsfachlichen und methodischen Gesichtspunkten der nachfolgend erläuterten Ökologischen Risikoanalyse ist eine Unterscheidung in Eignungsbewertung und Wertanalyse

unerheblich. Die Eignung eines Raumes (oder Schutzgutes, Funktion, etc.) kann sowohl für eine direkte Nutzung durch den Menschen als auch für Lebensgemeinschaften gefährdeter Tiere und Pflanzen oder die Regulation des Wasser- und Stoffhaushaltes bestimmt werden. Das alles sind Nutzen, die von der Landschaft oder ihren Kompartimenten realisiert werden. Die Verwendung des Begriffes ‚Wertanalyse‘ ist zudem irreführend, da sich der Wert eines Raumes erst aus der kombinierten Betrachtung von Eignung und Belastung bzw. Empfindlichkeit herleiten lässt.

Um ein besseres Verständnis der beschriebenen Begriffsvielfalt zu erreichen, sollen im Folgenden die auf Bachfischer et al. (1980) zurückgehende Ökologische Risikoanalyse und die von Bechmann (1987, 1989) für Anwendungen im Umweltbereich modifizierte Nutzwertanalyse erläutert werden. Beide Methoden haben sich in den vergangenen 20 Jahren zu unverzichtbaren Bestandteilen der Umweltplanung und –bewertung entwickelt. Sie dienen der Bewertung von Funktionen, Schutzgütern, Potentialen, Landschaften oder Biotopen unter bestimmten Gesichtspunkten oder zur Bewertung von Beeinträchtigungen durch geplante oder ungeplante Veränderungen der Umwelt. In der DDR wurden im Zuge der methodischen Fundierung der Territorialplanung ebenfalls Verfahren zur Umweltbewertung entwickelt, die vor allem durch Niemann (1982) als polyfunktionale Landschaftsanalyse vorangetrieben wurden. Viele landschaftsbezogene Bewertungsverfahren (z.B. Marks et al. 1992, Plachter 1994, Meyer 1997, Bastian & Schreiber 1999) beruhen auf einem risiko- und/oder nutzwertanalytischen Grundkonzept.

Die Ökologische Risikoanalyse

Nach Bachfischer et al. (1980: 526) ist es das Ziel der Ökologischen Risikoanalyse, „*die wechselseitigen Nutzungseinflüsse auf den Landschaftshaushalt zu beurteilen und damit Abwägungskriterien aus dem ökologischen Bereich für die Erstellung eines Gesamtkonzeptes der Raumnutzung zu liefern*“. An den methodischen Grundlagen für die heute vermehrt geforderte Berücksichtigung ökologischer Belange in der räumlichen Gesamtplanung ist also bereits vor 20 Jahren gearbeitet worden. Bewertungsgegenstand des Verfahrens ist entweder ein bestimmter Raumausschnitt und/oder eine Funktion, ein Potential oder ein Schutzgut. Das Grundprinzip basiert auf der indikatorbasierten Bestimmung der Eignung oder Leistungsfähigkeit und der Beeinträchtigungsempfindlichkeit des Bewertungsgegenstandes auf der einen und der Beeinträchtigungsintensität auf der anderen Seite (Abbildung 13). Die Möglichkeit zur Kombination unterschiedlicher wertbestimmender Kriterien wie Eignung, Empfindlichkeit, Belastungsintensität und Risiko machen die Ökologische Risikoanalyse sehr flexibel und haben sie zu einer wichtigen Methode gerade in der UVP gemacht (umfassende Diskussion bei Scholles 1997). Die Operationalisierung der einzelnen Kriterien und deren Aggregation lassen sich mit Hilfe von Bewertungsbäumen und Matrizen veranschaulichen. In Abbildung 14 ist die Vorgehensweise exemplarisch für die in dieser Arbeit bearbeitete Landschaftsfunktion „Erneuerung der Grundwasserressourcen“ dargestellt. Die Verwendung von Bewertungsbäumen und Matrizen ermöglicht den Transfer von der Sach- auf die Wertebene sowohl mit ordinal als auch kardinal skalierten Daten. Die einzelnen Bewertungsschritte bauen nach-vollziehbar aufeinander auf, bedürfen aber noch der expliziten Darstellung der normativen Kriterien, die verwendet werden um Eignungs-, Empfindlichkeits- oder Schutzwürdigkeitsstufen festzulegen. Dazu dienen die in Kapitel 3 definierten normativen Grundlagen.

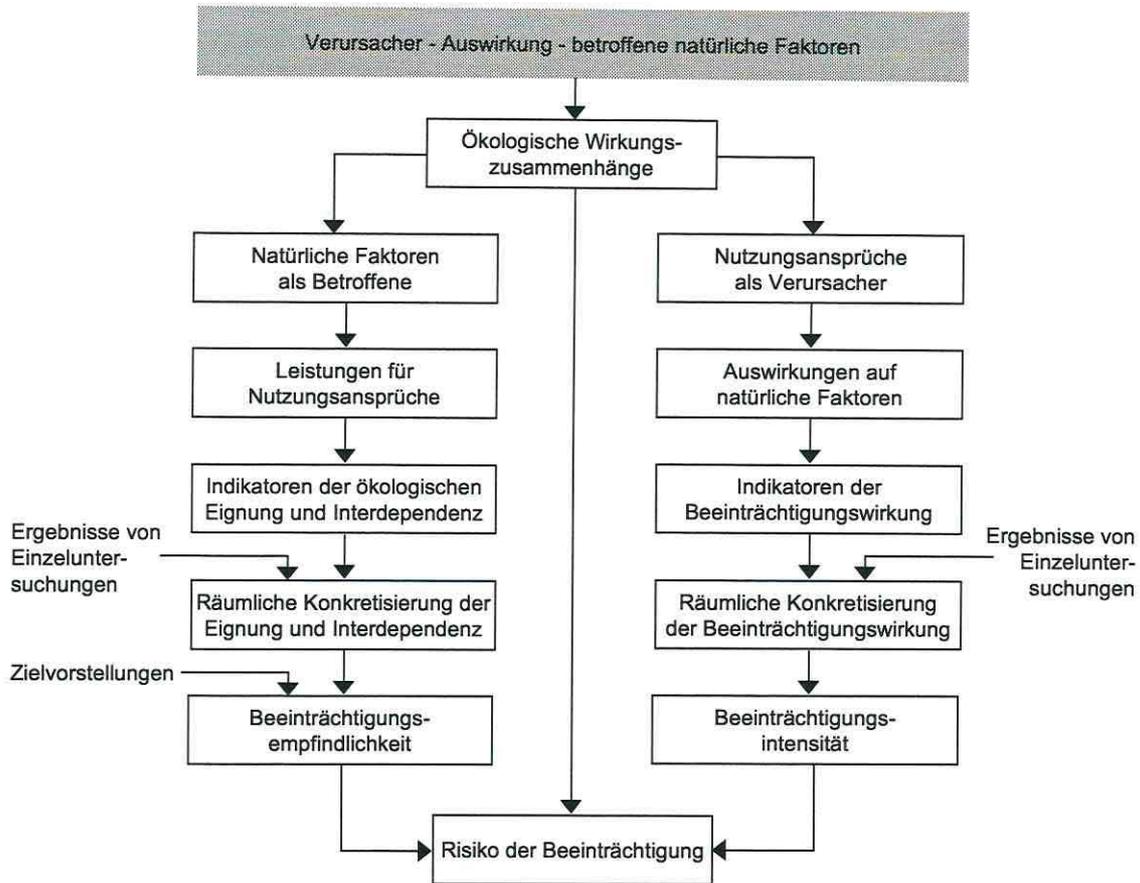


Abbildung 13: Ablaufschema der Ökologischen Risikoanalyse (Bachfischer 1978, verändert)

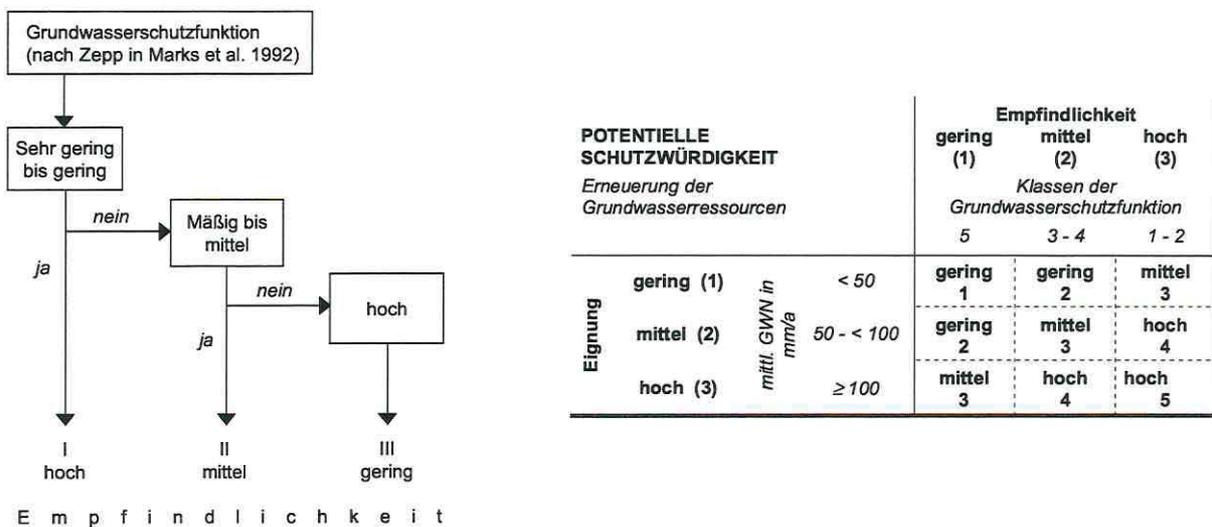


Abbildung 14: Bewertungsbaum zur Bestimmung der Empfindlichkeit und Verknüpfungsmatrix zur Bestimmung der potentiellen Schutzwürdigkeit für die Landschaftsfunktion Erneuerung der Grundwasserressourcen

Die Nutzwertanalyse

Für die Bestimmung von Eignungen und Empfindlichkeiten innerhalb der Ökologischen Risikoanalyse können nutzwertanalytische Verfahren verwendet werden. Die Nutzwertanalyse ist von Bechmann (1987, 1989) für die Anwendung in der Umweltplanung weiterentwickelt worden und erlaubt die Verwendung ordinal- wie kardinalskaliertener Daten. Das Prinzip ist in Abbildung 15 veranschaulicht. Viele in der landschaftsökologischen und naturschutzfachlichen Literatur verbreiteten Verfahren arbeiten nach einem nutzwertanalytischen Prinzip. Das gilt für die Methoden zur Bewertung des Leistungsvermögens des Landschaftshaushaltes (Marks et al. 1992), für die Bewertung der Gewässerstrukturgüte (LUA 1998, Zumbroich et al. 1999) ebenso wie für das von Plachter (1994) entwickelte synoptische Bewertungsverfahren im Naturschutz (vgl. Auhagen in Bastian & Schreiber (1999), Scholles (1997)).

In Anlehnung an die in Abbildung 15 verwendeten Begriffe soll dies am Beispiel der Erosionswiderstandsfunktion (Marks et al. 1992) erläutert werden. Im Sinne der Nutzwertanalyse ist

- der Erosionswiderstand eines Raumes als *Wertträger* zu verstehen,
- seine *Merkmale* (besser geeignet als der von Bechmann verwendete und in Abbildung 15 wiedergegebene Begriff *Bewertungskriterien*, der auf eine im Sachmodell noch nicht vorhandene normative Komponente hindeutet) sind Faktoren wie Bodenart oder Hangneigung,
- als *Zielerträge* lassen sich Bodenabtragsmengen in t/ha/a verstehen,
- aus denen sich über ein definiertes *Wert- und Zielsystem* (z.B. die in Kapitel 3 genannten Leitbilder und UQZ),
- die *Zielerfüllungsgrade* des Erosionswiderstandes in der Form gering, mittel, hoch ableiten lassen.
- Werden für einen Wertträger mehrere Zielerfüllungsgrade bestimmt, so lassen diese sich zu einem einheitlichen *Nutzwert* aggregieren. Beim Beispiel ‚Erosionswiderstand‘ sind Zielerfüllungsgrad und Nutzwert identisch, da nur ein Zielerfüllungsgrad betrachtet wird.

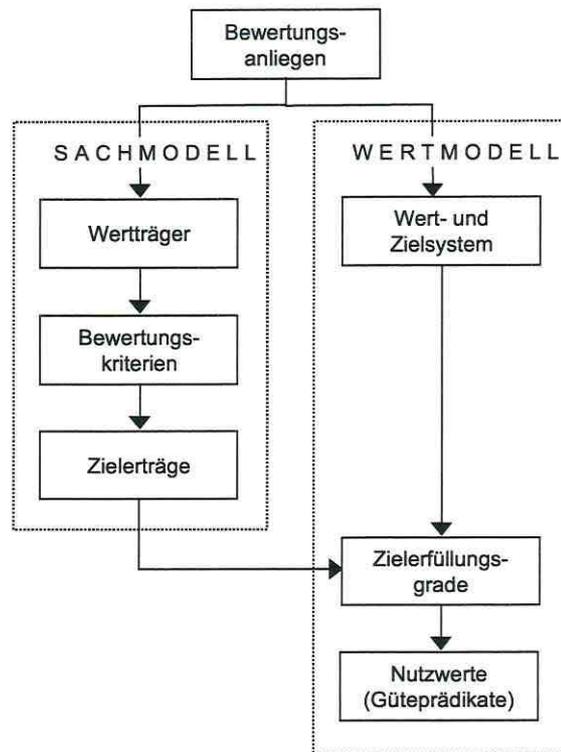


Abbildung 15: Aufbau einer Nutzwertanalyse (nach Bechmann 1989, verändert)

Schlussfolgerungen

In der Umweltbewertung ergänzen sich risiko- und nutzwertanalytische Elemente je nach Aufgabenstellung und erforderlichem Konkretisierungsgrad. In dieser Arbeit werden die im Folgenden erläuterten fachlichen Methoden und Modelle, die größtenteils eine nutzwertanalytische Grundstruktur aufweisen, auf risikoanalytischem Wege miteinander verknüpft. Allerdings wird auf eine Berücksichtigung der Beeinträchtigungsintensitäten verzichtet, da die hierzu erforderlichen Datengrundlagen (z.B. Bewirtschaftungsdaten der Landwirtschaft, Daten der Grundwasser- und Gewässergüte) auf der gewählten Maßstabebene mit vertretbarem Aufwand nicht flächendeckend verfügbar gemacht werden konnten.

In Anlehnung an ein vereinfachtes risikoanalytisches Prinzip von Kühling (1992), das in Abbildung 16 dargestellt ist, wird der Untersuchungsraum hinsichtlich seiner Eignung bzw. Leistungsfähigkeit und Empfindlichkeit für die Erfüllung bzw. gegen die Beeinträchtigung der betrachteten Landschaftsfunktionen bewertet. Nach dem Prinzip der beschriebenen Verknüpfungsmatrix (Abbildung 14) erfolgt die Bewertung der potentiellen Schutzwürdigkeit. Die tatsächliche Funktionserfüllung (Leistung) und das Risiko ihrer Schädigung durch bestimmte Nutzungen oder Vorhaben werden nicht bewertet. Gegen eine Risikobewertung spricht neben der erwähnten Begrenzung verwendeter Daten, dass das entwickelte Verfahren auf der strategischen Ebene planerischer Umweltvorsorge arbeitet (Sicherung und Entwicklung von Landschaftsfunktionen unabhängig von konkreten Vorhaben). Durch den Ausdruck *potentielle* Schutzwürdigkeit soll die fehlende Berücksichtigung der vorhandenen Beeinträchtigungen und die beschränkte Zahl von Faktoren der Funktionsbewertung betont werden.

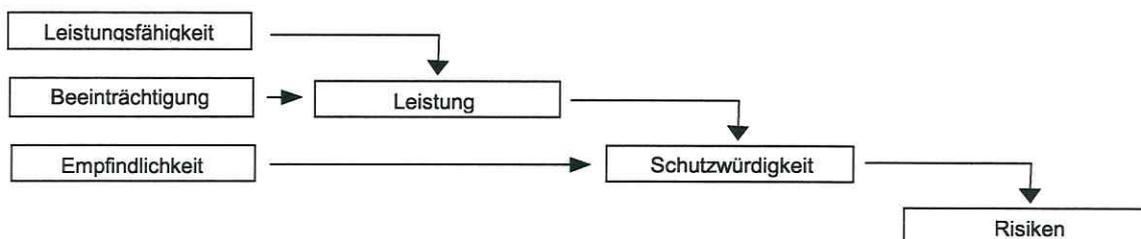


Abbildung 16: Modifizierte Form der Ökologischen Risikoanalyse in der Umweltplanung (nach Kühling 1992)

7.1.2 Indikatoransatz

In der aktuellen nationalen und internationalen umweltpolitischen Diskussion spielen Indikatoren für Umweltbewertungen und die Messbarkeit nachhaltiger Entwicklung eine zentrale Rolle (BMU 1998, 2000, OECD 1998, UNCSD 1999). Besondere Bedeutung haben dabei die Arbeiten der OECD (1998) erlangt, die von der United Nations Commission on Sustainable Development und vom Umweltbundesamt aufgegriffen werden und Eingang in die Forschungstätigkeit, z.B. zum Bodenschutz (Frielinghaus et al. 1997), finden. Nach der Definition der OECD (1998) ist ein Indikator ein „parameter, or a value derived from parameters, which points to, provides informations about, describes the state of a phenomenon/environment/area, with a significance extending beyond that directly associated with a parameter value“. Ganz ähnlich definieren

Bastian & Schreiber (1999: 550) einen Indikator als „Reaktionsgröße, deren raum-zeit-varianten Zustand vergleichsweise leicht erfassbar ist und die zugleich überdurchschnittlichen Erklärungsgehalt in bezug auf das zugrunde gelegte Problem besitzt“. Bezüglich der unterschiedlichen Typen von Indikatoren existieren teilweise konträre Auffassungen. Das in Abbildung 17 wiedergegebene Pressure-State-Response (PSR) Modell der OECD (1998) unterscheidet zwischen Belastungs-, Zustands- und Reaktionsindikatoren. Diese Gliederung wird auch in den Entwurf des Indikatorensystems zur Umweltberichterstattung des Umweltbundesamtes (Walz et al. 1997) übernommen. Mit Hilfe dieses Modells und der zugehörigen Indikatoren können die Belastungen und Zustände der Umwelt umfassend erfasst werden und zusätzlich gesellschaftliche Reaktionen auf Umweltsituationen registriert werden.

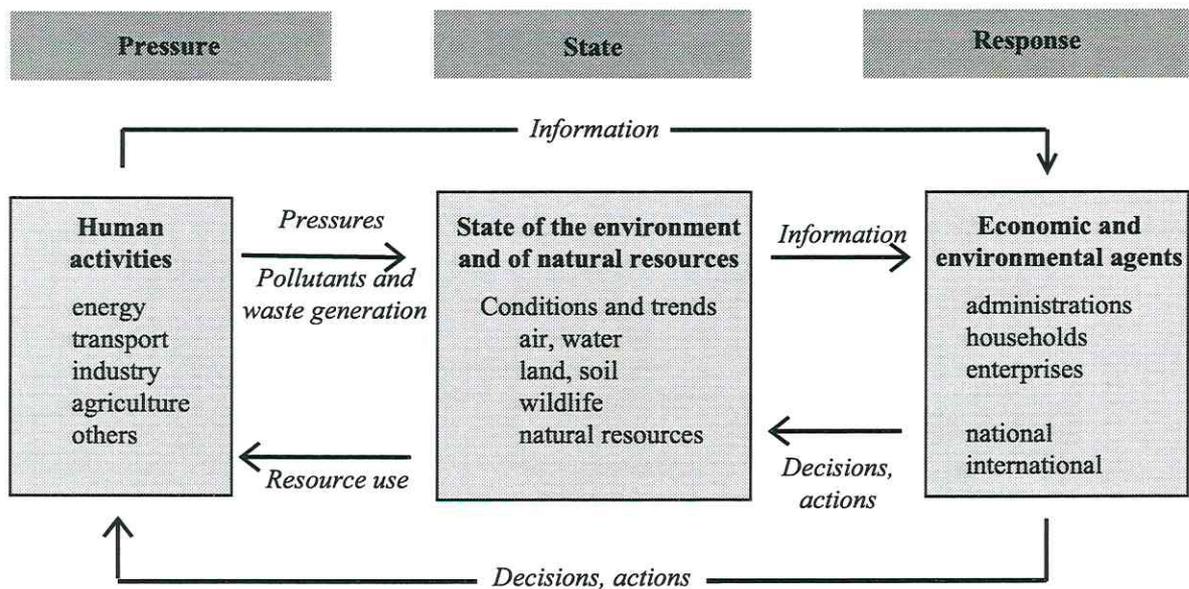


Abbildung 17: Das Pressure-State-Response (PSR) Modell (nach OECD 1998)

Das Modell dient dem Monitoring und kann Entwicklungen und Trends aufzeigen. Die verwendeten Indikatoren müssen nach OECD (1998) folgende Kriterien erfüllen:

Politische Relevanz	Umweltindikatoren
	<ul style="list-style-type: none"> - geben ein repräsentatives Bild der Umweltbedingungen, Umweltbelastungen und der gesellschaftlichen Reaktionen darauf - sind einfach, leicht zu interpretieren und monitoringfähig (Trends aufzeigen) - sind sensibel für Veränderungen der Umwelt und damit zusammenhängenden menschlichen Aktivitäten - sind international vergleichbar - besitzen nationale Aussagekraft oder geben regionale Umweltaspekte von nationaler Bedeutung wieder - besitzen einen Grenz- oder Schwellenwert, mit dem die tatsächliche Ausprägung des Indikators verglichen werden kann
Analytische Zuverlässigkeit	Umweltindikatoren
	<ul style="list-style-type: none"> - sind unter technischen und wissenschaftlichen Gesichtspunkten theoretisch gut begründet - besitzen Gültigkeit nach internationalem Standard oder Konsens - eignen sich zur Verknüpfung mit ökonomischen Modellen, Vorhersagen, Informationssystemen

Messbarkeit	<p>Datengrundlagen der Indikatoren sollten</p> <ul style="list-style-type: none"> - verfügbar sein, oder mit vertretbaren Kosten/Nutzen-Verhältnis verfügbar gemacht werden können - adäquat dokumentiert und von anerkannter Qualität sein - mit zuverlässigen Methoden in regelmäßigen Abständen aktualisiert werden können
-------------	--

Die OECD räumt jedoch ein, dass diese hohen Anforderungen nicht von allen Indikatoren erfüllt werden können (1998: 107). Für die nachhaltige Stadtentwicklung (Forschungsfeld ‚Experimenteller Wohnungs- und Städtebau, – ExWoSt) definiert das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Dosch & Fuhrich 1999) Ziel- und Erfolgsindikatoren und stellt fest, dass Indikatoren alltägliche und etablierte Größen zur ‚Anzeige‘ bestimmter Zustände und Entwicklungen sind. Anforderungen an ihre Auswahl sind am Zweck des Einsatzes von Indikatoren zu orientieren. Das BBR weist darauf hin, dass Indikatoren weniger wissenschaftlich exakte, als vielmehr gesellschaftlich zu formulierende und im politischen Bereich wirksam werdende Größen sind (Tabelle 19).

Tabelle 19: Anforderungen an Indikatoren im ExWoSt-Forschungsfeld „Städte der Zukunft“ (nach Dosch & Fuhrich 1999)

Indikatoren dienen als...	Maßstab für Veränderungen Prüfgrößen für Zielerreichung Ausdruck für politischen Konsens Instrument der Erfolgskontrolle
Indikatoren sind...	im gesellschaftlichen Diskurs zu formulieren politisch zu entscheiden wissenschaftlich nicht exakt zu definieren räumlich differenziert zu bewerten zeitlich unterschiedlich bedeutsam
Kriterien für Kernindikatoren	Bestandteil der Qualitätsvereinbarung Hohe Aussagekraft Erlebbarkeit, Vermittelbarkeit Allgemeingültigkeit, Übertragbarkeit geringe Komplexität Messbarkeit, Verfügbarkeit (statistische) Differenziertheit Kosten der Datenerhebung

Die vorgestellten Kriterien und Anforderungen an Indikatoren können mit vorhandenen Daten häufig nicht erfüllt werden. So stellen Walz et al. (1997) in einer UBA-Studie zur Umweltberichterstattung fest, dass in vielen Bereichen Quantifizierbarkeit und Datenverfügbarkeit erforderlicher Indikatoren nicht oder kaum gegeben ist. Für den Bereich Boden lassen sich daher laut der genannten Studie nur die in Tabelle 20 genannten Indikatoren verwenden.

Tabelle 20: Indikatoren im Bereich Bodenressourcen (nach Walz et al. 1997)

Pressure	State	Response
Anteil Ackerfläche an Gesamtfläche	Erosion, Erosionsrisiko Bodenverdichtung	Anteil stillgelegter Flächen an ges. ackerbaulichen Flächen
Versiegelungsgrad	(langfristig)	

Frielinghaus et al. (1997) stellen daher für den Bereich Boden fest, dass anstelle von Belastungs- und Zustandsindikatoren vorläufig mit Gefährdungs- und Belastbarkeitsindikatoren gearbeitet werden muss. Zudem verweisen sie darauf, dass der Flächenstilllegungsanteil kein Response-Indikator gesellschaftlicher Reaktionen auf Belastungen des Bodens ist, sondern das Resultat ökonomisch und politisch motivierter agrarpolitischer Rahmenbedingungen. Alternativen werden jedoch keine genannt. Mögliche Alternativen wären beispielsweise der Konkretisierungs- und Verbindlichkeitsgrad von Regeln der ordnungsgemäßen Landwirtschaft oder auf regionaler Ebene der bodenschutzorientierte Einsatz von Vorranggebieten der Regionalplanung, der in Kapitel 8 erläutert wird.

Schlussfolgerungen

Die Analyse und Bewertung der Landschaftsfunktionen erfolgt nach dem, im vorangegangenen Teilkapitel erläuterten, risikoanalytischen Prinzip über Indikatoren zur Einschätzung von Eignungen und Empfindlichkeiten. Die Indikatoren müssen mit Hilfe von Kenngrößen und Parametern, die sich mit den beschriebenen Datengrundlagen unter Verwendung der im Folgenden diskutierten Methoden und Modelle bestimmen lassen, operationalisiert werden. Die Verwendung von Ergebnissen der Methoden- und Modellanwendung als Indikatoren ist im Hinblick auf die oben genannten Kriterien nicht unproblematisch. Die Berechnung der Grundwasserneubildungsrate als Indikator für die Eignung eines Landschaftsausschnittes für die Funktion ‚Erneuerung der Grundwasserressourcen‘ erfordert die Berücksichtigung zahlreicher Parameter in einem numerischen Modell. Der Indikator ist zwar ‚international vergleichbar‘, ‚theoretisch gut begründet‘, und er eignet sich auch zur ‚Verknüpfung mit ökonomischen Modellen‘, aber von einer ‚geringen Komplexität‘ kann nicht die Rede sein (was von BBR und OECD gefordert wird). Als Argument für die Verwendung komplexer Indikatoren lässt sich die große Komplexität landschaftlicher Zusammenhänge gerade auf mesoskaliger Ebene anführen, welche die Verwendung einfacher Größen ausschließt, was bereits in Kapitel 2.2.1 mit dem Zitat von Hobbs (1997) angemerkt worden war. Dessen ungeachtet ist es auch Aufgabe der angewandten Landschaftsökologie, möglichst einfache und aussagekräftige Indikatoren für planerische Umweltvorsorge und nachhaltige Landschaftsentwicklung zu definieren. In der vorliegenden Arbeit wird versucht, diesem Anspruch gerecht zu werden, indem möglichst einfache und planungspraktisch verwendbare, aber in der Fachliteratur gleichzeitig anerkannte Methoden zur Ableitung von Indikatoren eingesetzt werden.

7.2 Erneuerung der Grundwasserressourcen

Die Landschaftsfunktion *Erneuerung der Grundwasserressourcen* ist eine Teilfunktion des Landschaftswasserhaushaltes. In der wasserhaushaltlichen Grundgleichung

$$R = P_o - ET_a$$

ist die Grundwasserneubildung Teil des Gesamtabflusses ‚R‘ und damit wesentlich von Niederschlagshöhe ‚Po‘ und tatsächlicher Verdunstung ‚ETa‘ bestimmt. Während die Niederschlagshöhe von den klimatischen Gegebenheiten und dem Relief abhängig ist, sind für die Ausprägung der tatsächlichen Evapotranspiration die Bodenverhältnisse (Wasserspeicher-

kapazität des Wurzelraumes), die Bodenbedeckung bzw. Landnutzung (Versiegelung, Entnahme von Bodenwasser) sowie der Grundwasserflurabstand (kapillarer Aufstieg) entscheidend. Wichtigste Teilgröße der Grundwasserneubildung ist die Sickerwasserrate, also der Anteil des in den Boden infiltrierten Niederschlags, der aus dem Wurzelraum versickert. Grundwasserneubildung kann aber auch unter influenten Abflussverhältnissen aus Oberflächengewässern erfolgen, wenn der Grundwasserspiegel unterhalb des Wasserspiegels des Oberflächengewässers liegt (auch als Seihwasser oder Uferfiltrat bezeichnet). Betrachtet man einen konkreten Raum, so kann zusätzlich lateral zuströmendes Wasser zur Grundwasserneubildung beitragen. Neben der Grundwasserneubildung tragen aber auch Oberflächenabfluss und unterirdischer Direktabfluss (Interflow, schneller Grundwasserabfluss) zum Gesamtabfluss bei, die wiederum von Hangneigung, stauenden Schichten im Untergrund, Infiltrationskapazität des Bodens und Bodenbedeckung abhängig sind. Die verschiedenen Teilaspekte des Abflussgeschehens veranschaulicht Abbildung 18.

Um alle erwähnten Teilprozesse bestimmen zu können, sind detaillierte Daten zu Versiegelungsgrad, stauenden Schichten im Untergrund, Entwässerungssystem landwirtschaftlicher Flächen erforderlich. Gängige Verfahren zur Berechnung oder Abschätzung der Grundwasserneubildung auf regionaler Ebene berechnen daher lediglich die Sickerwasserrate aus dem Boden und setzen sie mit der Grundwasserneubildung gleich (Renger & Strebel 1980, Glugla & Fürtig 1997). Der Anteil des Zwischenabflusses, der oberflächennah lateral einem Vorfluter zuströmt, wird bei diesen Methoden vernachlässigt. Im Folgenden werden die Begriffe Sickerwasserrate und Grundwasserneubildung synonym verwendet.

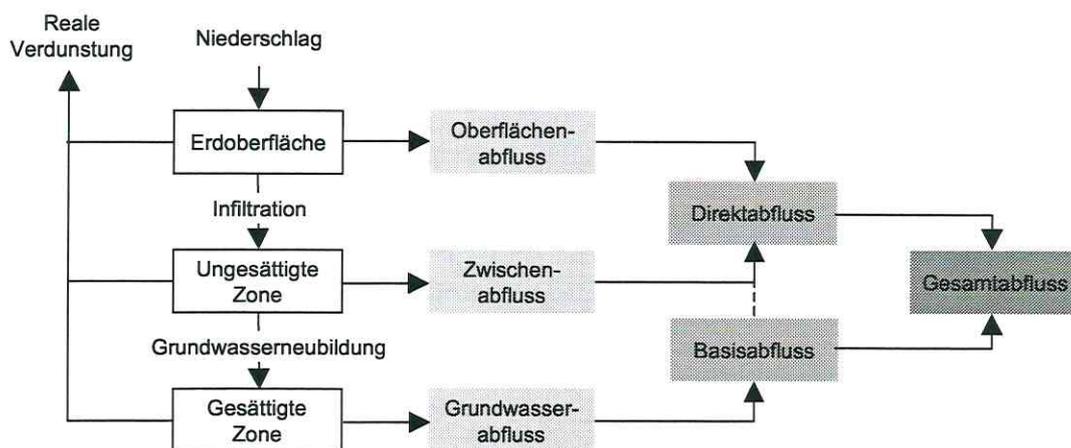


Abbildung 18: Landschaftswasserhaushalt und Abflusskomponenten (nach Baumgartner & Liebscher 1990)

Neben der Höhe der Grundwasserneubildung ist die Funktion *Erneuerung der Grundwasserressourcen* auch von der Qualität des gebildeten Grundwassers abhängig. Bodenverhältnisse und geologischer Untergrund bestimmen die potentielle Gefährdung gegenüber Stoffeinträgen aus diffusen (z.B. Landwirtschaft, atmosphärischer Eintrag) und punktuellen Quellen (z.B. Altlasten, Unfälle, Umschlagplätze für Gefahrstoffe). Dabei muss für jede Stoffgruppe (z.B. Nitrat, Phosphat, Pflanzenschutzmittel) eine eigene Einschätzung vorgenommen werden, da

sie unterschiedliche Verlagerungseigenschaften besitzen und in ihrem Bindungsverhalten im Boden variieren.

7.2.1 Höhe der Grundwasserneubildung als Eignungsindikator

Mit im Rahmen dieser Arbeit und für die planerische Umweltvorsorge vertretbarem Aufwand und den flächendeckend verfügbaren Daten ist keine exakte Berechnung des tatsächlichen Grundwasserdargebotes möglich. Vielmehr ist es das Ziel, den Beitrag eines Landschaftsausschnittes zur Grundwasserneubildung einzuschätzen.

Berechnung des Gesamtabflusses mit dem Modell ABIMO

Das Abfluss-Bildungs-Modell ABIMO der Bundesanstalt für Gewässerkunde ist ein deterministisches, konzeptionelles Modell, mit dem langjährige Mittelwerte von Gesamtabfluss und Grundwasserneubildung größerer Räume berechnet werden können. Die Kalibrierung erfolgte anhand umfangreicher Daten von Lysimeterstationen im Jung- und Altmoränengebiet der ehemaligen DDR. Das Modell ist in ebenen Lockergesteinsbereichen anwendbar, in denen laterale Wasserbewegungen zu vernachlässigen sind (Glugla & Fürtig 1997). ABIMO ist damit auch in Untersuchungsgebieten mit relativ trockenen Klimabedingungen einsetzbar, in denen vergleichbare mesoskalig einsetzbare Verfahren (z.B. Renger & Strebel 1980, Renger & Wessolek in DVWK 1996a) die Sickerwassermenge häufig überschätzen (Frede & Dabbert 1998). Die Entwicklung des Modells geht auf Modifikationen der BAGROV-Beziehung zur Berechnung der realen Evapotranspiration (ET_a , s.u.) durch Glugla & Tiemer (1971) zurück. In den 1980er Jahren erfolgten erste praktische Anwendungen an der ehemaligen Wasserwirtschaftsleitung Berlin (Modell RASTER, Arbeitsplatz Grundwasserdargebot; Glugla & König 1989). Durch die Restriktionen des Modellansatzes entspricht der berechnete Gesamtabfluss ‚R‘ der Grundwasserneubildungsrate, wobei ‚R‘ durch die Berücksichtigung von Versiegelungsgrad und Beregnung landwirtschaftlicher Flächen modifiziert werden kann. In der vorliegenden Verfahrensentwicklung wird den Restriktionen des Modells begegnet, indem über die unten beschriebene Methodik die Grundwasserneubildung vom Direktabfluss getrennt wird. Die folgenden Erläuterungen beziehen sich somit zunächst auf die Berechnung des Gesamtabflusses.

Kern des Modells ABIMO ist die Berechnung der tatsächlichen Evapotranspiration (ET_a) mit der BAGROV-Beziehung, die klimatischen Gegebenheiten (Niederschlag, potentielle Verdunstung (ET_p)) und weitere Standorteinflüsse (Landnutzung, Boden) in physikalisch und empirisch begründeter Weise verknüpft (vgl. Glugla & Tiemer 1971, DVWK 1996a):

$$\frac{dET_a}{dP_o} = 1 - \left(\frac{ET_a}{ET_p} \right)^n$$

Die Ausprägung der ‚ ET_a ‘ wird wesentlich durch den Effektivitätsparameter ‚ n ‘ bestimmt, der den Einfluss der Faktoren Landnutzung und Boden wiedergibt (Abbildung 19).

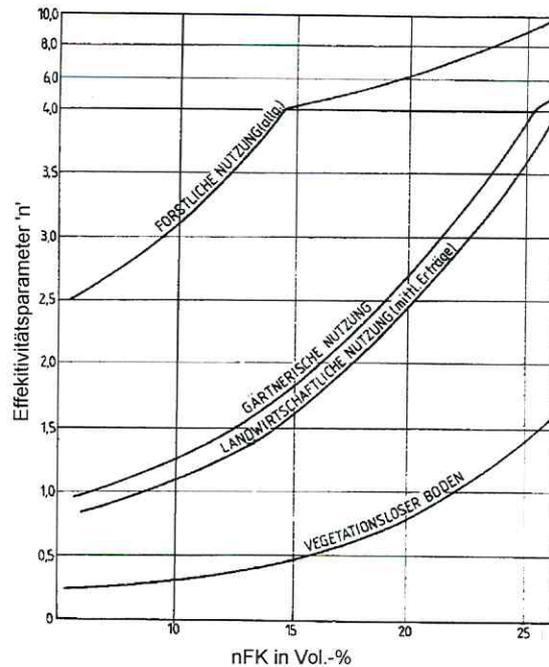


Abbildung 19: Ausprägung des Effektivitätsparameters „n“ der BAGROV-Beziehung in Abhängigkeit von Landnutzung und Boden (nach DVWK 1996a, verändert)

Je größer „n“, desto mehr nähert sich ET_a an ET_p an. Versiegelte Flächen erhalten den Wert „n“ = 0,1. Die mittlere jährliche kapillare Aufstiegsrate beeinflusst die für die Verdunstung zur Verfügung stehende Wassermenge erheblich und wird modellintern aus Grundwasserflurabstand, Bodenart und Landnutzung berechnet.

Zur Berechnung der Grundwasserneubildung benötigt ABIMO die in Tabelle 21 genannten obligatorischen Daten, die durch optionale Angaben weiter differenziert werden können. Der genaue Programmablauf von ABIMO kann Anhang 5 entnommen werden.

Tabelle 21: Eingangsparameter zur Berechnung der Grundwasserneubildung mit dem Modell ABIMO (nach Glugla & Fürtig 1997)

Obligatorische Daten	Optionale Daten
Jahresniederschlag in mm	Sommerniederschlag
Potentielle Jahresverdunstung in mm	Potentielle Verdunstung im Sommer
Grundwasserflurabstandsklasse (< 1m, 1-2m, >2m)	Hauptbodenart (Sand, Lehm, Schluff, Ton, Hoch- /Niedermoor)
Landnutzung: - Landwirtschaft - Wald - Gewässer - Gärtnerische Nutzung - Vegetationslose Flächen	Ertragsklasse, Beregnungsmenge Baumart (Nadel-, Laubholz), Begründungsjahr
Nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelaumes in Vol.-%	
Versiegelungsgrad in %	
Kanalisationsgrad in %	

Die zusätzliche Angabe der Klimadaten für das Sommerhalbjahr ist für den mitteldeutschen Raum nicht erforderlich, da die modellinternen Algorithmen diese hinreichend genau berücksichtigen (vgl. Petry et al. 2000). Bei Grundwasserflurabständen von $< 1\text{ m}$ unter Landwirtschaft, bzw. $1\text{--}2\text{ m}$ unter Wald dient die Hauptbodenart zur Bestimmung des kapillaren Aufstiegs. Für die nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes (nFK_{WE}) wird vereinfacht ein Wurzelraum von 1 m unter landwirtschaftlicher Nutzung und von 2 m unter Wald festgelegt. Herzog & Kunze (1999) haben in einer Sensitivitätsanalyse den Einfluss der Eingangsdaten auf das Modellierungsergebnis untersucht. Bei Petry et al. (2000) findet sich eine umfassende Diskussion des Einflusses verschiedener Datengrundlagen auf das Modellierungsergebnis und der Anwendbarkeit des Modells auf regionaler Ebene. Die Ergebnisse der Wasserhaushaltsmodellierung sind in Karte 7 getrennt nach realer Verdunstung und Gesamtabfluss dargestellt.

Als Eingangsdaten dienten die in Kapitel 6.1 dokumentierten Informationen. Langjährige Mittel des Niederschlags und potentiellen Verdunstung wurden den Rasterdaten des DWD entnommen, die Nutzungsart ließ sich aus den CORINE-Daten ableiten. Den abgeleiteten repräsentativen Bodenarten der Bodenformengesellschaften der BÜK200 wurden für die Verfahrensanwendung Hauptbodenarten und nFK -Werte zugeordnet (Anhang 4) und in ABIMO verwendet. Die Klasse des Grundwasserflurabstandes konnte ebenfalls aus der BÜK200 abgeleitet werden. Der Grundwasserflurabstand wird in der Verfahrensanwendung aus den bodengenetischen Merkmalen zur Hydromorphie der Bodentypen abgeleitet. Enthält die BÜK200 Informationen über anthropogene Veränderungen des Bodenwasserhaushaltes (z.B. reliktsche Grundwasserböden in der Oranienbaumer Heide durch bergbaubedingte Grundwasserabsenkungen), wird dies über eine Abstufung berücksichtigt. Die Informationen der BÜK200 wurden anhand der analog vorliegenden Kartenblätter der Mittelmaßstäbigen Standortkartierung (MMK) erweitert und ergänzt.

Trennung von Grundwasserneubildung und Direktabfluss

Der Anteil des Direktabflusses am Gesamtabfluss kann mit Hilfe des Abflussquotienten Q_A bestimmt werden, der über das Verfahren von Dörhöfer & Josopait (1980), das von Röder (1997, in Bastian & Schreiber 1999) modifiziert wurde, berechnet werden kann.

Dörhöfer & Josopait (ebd.) konnten anhand von Pegelbewertungen im südniedersächsischen und nordhessischen Locker- und Festgesteinsbereich nachweisen, dass das Verhältnis zwischen Gesamtabfluss R und Direktabfluss R_D konstant und unabhängig von der Niederschlagshöhe ist. Hohe Korrelationen ergeben sich hingegen zwischen R/R_D -Verhältnis und Reliefenergie im Festgesteinsbereich und dem Grundwasserflurabstand im Lockergesteinsbereich. Danach steigt der Anteil des Direktabflusses mit sinkendem Grundwasserflurabstand. Röder in Bastian & Schreiber (1999) hat die Vorgehensweise modifiziert und verwendet den Hydromorphiegrad anstelle der Grundwasser- und Staunässestufe sowie eine etwas feinere Einteilung der Hangneigung in Grad (Tabelle 22). Die zusätzliche Angabe des Grundwasserflurabstandes und Beispiele von Bodentypen sind Mannsfeld et al. (1998) entnommen. Die Validierung der Einstufung erfolgte in Teileinzugsgebieten der Großen Röder, einem Zufluss der Schwarzen Elster im Sächsischen Lössgefülle.

Tabelle 22: Ermittlung des Abflussquotienten ,Q_A' in Abhängigkeit von Hangneigung und Hydromorphiegrad nach Röder (in Bastian & Schreiber 1999) und Mannsfeld et al. (1998)

Hydromorphiegrad	Hangneigung in Grad						GWFA	Bodentypen
	0-0,5	>0,5-3	>3-7	>7-12	>12-25	>25		
terrestrisch	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0	2,3	> 1,5	Ranker, Rendzina, (Para-) Braunerde, Fahlerde, Rosterde, Schwarzerde, Griserde
halbhydromorph	2,0	2,0	2,0	2,0	2,3	2,3	0,8 - 1,5	Braunstaugley, Braungley (Vega)
hydromorph	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	< 0,8	Gley, Staugley, Amphigley, Anmoor, Moor

Die Höhe des Direktabflusses lässt sich durch Einsetzen von Q_A in folgende Gleichung berechnen

$$R_D = R_U - \left| \frac{R_U}{Q_A} \right|$$

Die Höhe der um Oberflächen- und Zwischenabfluss (Direktabfluss) bereinigten und präzisierten Grundwasserneubildung (Basisabfluss) ergibt sich dann aus R_U - R_D und ist in Karte 8 für den Regierungsbezirk Dessau wiedergegeben.

Differenzierung der Kenngrößen des Landschaftswasserhaushaltes im Regierungsbezirk Dessau

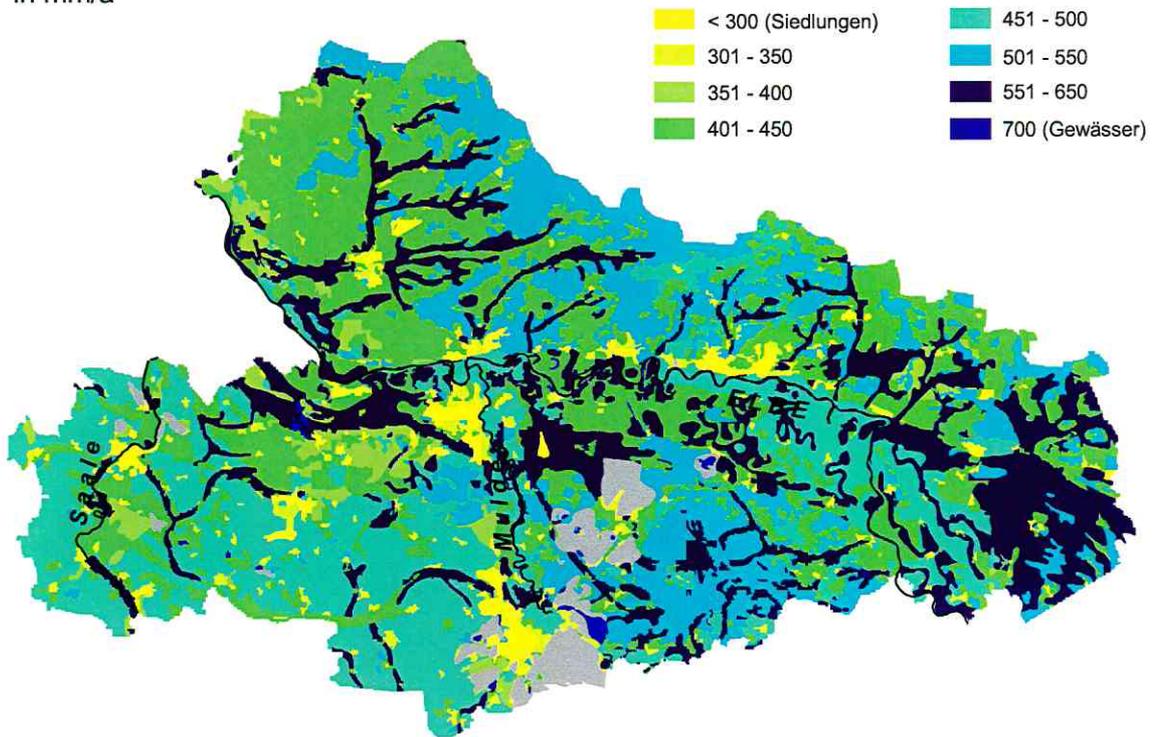
Die Höhe der Grundwasserneubildung zeigt auf regionaler Ebene eine weitgehend naturräumlich bedingte Differenzierung. Die klimatischen Verhältnisse mit relativ geringen Niederschlägen und relativ hoher potentieller Verdunstung führen zu einem insgesamt relativ niedrigen Gesamtabfluss. Marks et al. (1992: 84) liefern eine allgemeine Klassifizierung der Höhe der Grundwasserneubildung (Tabelle 23). Diese Klassifizierung ist keine Bewertung, sondern eine fachliche Einschätzung, so dass für die Funktionsbewertung in Kapitel 8.1 normative Kriterien unter Berücksichtigung regionaler Gegebenheiten definiert werden müssen.

Tabelle 23: Quantitative Einschätzung der Grundwasserneubildung nach Marks et al. (1992)

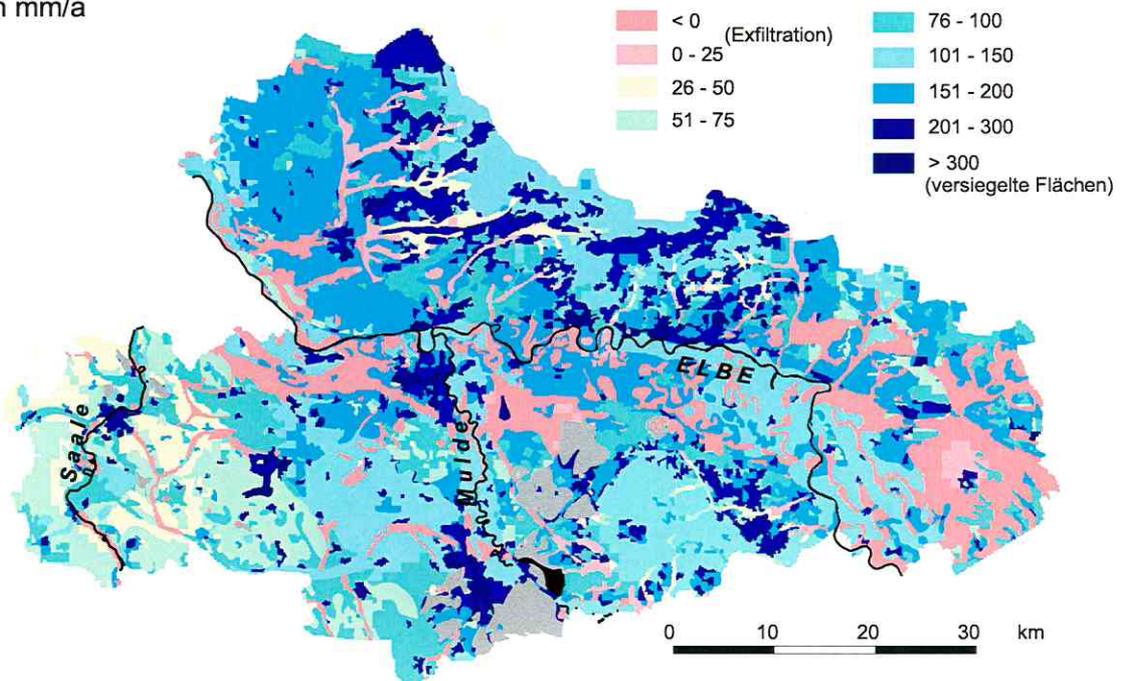
Grundwasserneubildung in mm/a	Bewertung
≥ 320	sehr hoch
≥ 240 - < 320	hoch
≥ 180 - < 240	mittel
≥ 100 - < 180	gering
< 100	sehr gering

Karte 7: Kenngrößen des Landschaftswasserhaushaltes im Regierungsbezirk Dessau

Langjähriges Mittel der realen Verdunstung
in mm/a



Langjähriges Mittel des Gesamtabflusses
in mm/a



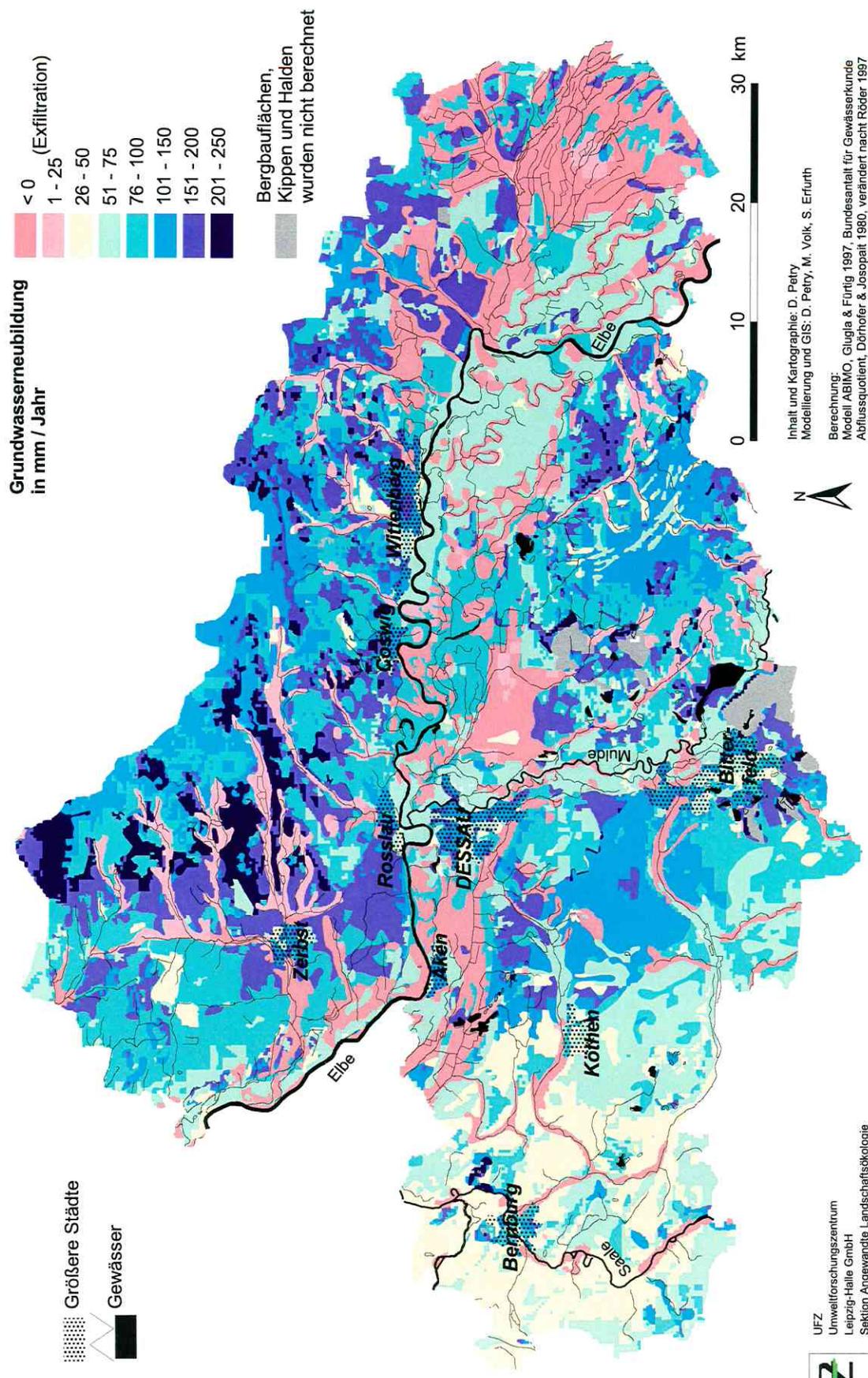
UFZ
Umweltforschungszentrum
Leipzig-Halle GmbH
Sektion Angewandte Landschaftsökologie



Berechnung:
Modell ABIMO, Glugla & Fürtig 1997,
Bundesanstalt für Gewässerkunde

Inhalt und Kartographie: D. Petry
Modellierung & GIS: D. Petry, M. Volk, S. Erfurth

**Karte 8: Kenngrößen des Landschaftswasserhaushaltes im Regierungsbezirk Dessau
Mittlere jährliche Grundwasserneubildung (Basisabfluss)**



Im Regierungsbezirk Dessau lassen sich in Bezug auf die Grundwasserneubildung vereinfacht drei funktionale Raumtypen voneinander unterscheiden (siehe Karte 8):

- Der westliche Teil des Regierungsbezirks mit Jahresniederschlägen von < 550 mm ist durch geringe bis sehr geringe Grundwasserneubildungsraten gekennzeichnet. Vor allem in den Lössgebieten westlich der Saale, im Köthener und Brehnaer Ackerland, aber auch in den lehmigen Grundmoränen des Zerbster Ackerlandes westlich der Nuthe betragen die Sickerwasserraten überwiegend < 100 mm/a. Die trockensten Bereiche westlich und östlich der Saale um Bernburg mit weniger als 475 mm Jahresniederschlag weisen als Teil des mitteldeutschen Trockengebietes weniger als 50 mm Grundwasserneubildung auf.
- Die höher gelegenen Sandgebiete des Flämings und Vorflämings sowie der Dübener Heide mit Grundwasserflurabständen > 2 m (außerhalb der Talungen) und höheren Niederschlägen zwischen 550 und 650 mm besitzen die höchsten Grundwasserneubildungsraten der Region, die unter Wald zwischen 100 und 150 mm im Jahr liegen und unter landwirtschaftlicher Nutzung Werte zwischen 150 und 230 mm erreichen. In den Sandgebieten sind es vor allem die landwirtschaftlich genutzten Teile.
- In Flusstälern und Niederungsbereichen mit einem geringen Grundwasserflurabstand von < 1 m übersteigt die tatsächliche Verdunstung im langjährigen Mittel die Niederschlagsmenge.

Eine deutlich nutzungsabhängige Differenzierung der Grundwasserneubildung ist nur in den niederschlagsreicheren Gebieten zu erkennen, da sich dort die Vegetationsdecke stärker auf die tatsächliche Evapotranspiration auswirkt. Besonders markant ist dies im Fläming und Vorfläming, wo unter Wald zwischen 100 und 130 mm Sickerwasser für die Grundwasserneubildung zur Verfügung stehen, während dies in den Agrargebieten des Zerbster Ackerlandes östlich und südlich der Nuthe und den Agrarinseln im mittleren Fläming zwischen 170 und 230 mm sind. Ähnlich hohe Sickerwasserraten besitzen die ehemals militärisch genutzten, ausgedehnten Offenlandbereiche der Glücksburger Heide nördlich von Jessen und die zur Region gehörenden Teile des Truppenübungsplatzes Altengrabow nordöstlich von Loburg.

Eine Zwischenstellung zwischen versickerungsarmem Lössgebiet und versickerungsreichem Sandgebiet nimmt der südöstliche, regenreichere Teil des Sandlössgürtels westlich und südlich der Mosigkauer Heide ein. Er besitzt vor allem aufgrund seiner höheren Durchlässigkeit ca. 50 mm höhere Sickerwasserraten als das benachbarte Lössgebiet. Durch die landwirtschaftliche Nutzung ist zudem die Grundwasserneubildung höher als in den Waldgebieten der klimatisch vergleichbaren, aber aus durchlässigen Sanden aufgebauten Mosigkauer Heide.

Eine kleinräumig prägnante funktionale Differenzierung liefern in diesem Zusammenhang die meist bewaldeten holozänen Dünen und Flugsanddecken als einzige Bereiche in der Elbaue (z.B. als schmales Band nördlich und südlich von Klöden im Elbe-Elster-Tiefland oder östlich von Aken), in denen Niederschlagswasser in nennenswertem Umfang zur Grundwasserneubildung beiträgt.

Validierung von Modellierungsergebnissen

Eine einzugsgebietsbezogene Validierung von Modellierungsergebnissen, die prinzipiell über die Berechnung des Basisabflusses aus Pegeldata möglich ist (vgl. Hölting 1996, Wohrab et

al. 1992), ließ sich für das Untersuchungsgebiet nicht vornehmen. Auf mesoskaliger Ebene wurde dies erfolgreich von Diekkrüger (1999) und Gerold (1999) durchgeführt. Für mehr oder weniger vollständig im Untersuchungsgebiet liegende Einzugsgebiete, wie beispielsweise die den Fläming entwässernden Einzugsgebiete von Nuthe, Rossel oder Zahna, liegen keine verlässlichen Pegeldaten vor (STAU Halle, Abt. Gewässerschutz, mündl. Mitt. 1999). Zudem sind die Einzugsgebiete von Grund- und Oberflächenwasser im Fläming aufgrund der intensiven glazigenen Stauchungen keineswegs identisch (Schobeß 1994).

Zu anderen für den Untersuchungsraum vorliegenden neueren Untersuchungen zeigt die durchgeführte Modellierung gute Übereinstimmungen. Kunkel & Wendland (1998) haben im Rahmen des Forschungsverbunds ‚Elbe-Ökologie‘ eine landschaftswasserhaushaltliche Modellierung des Elbeeinzugsgebietes nach der Methodik von Renger & Wessolek in DVWK (1996) durchgeführt. Die dort verwendeten Daten besitzen teilweise eine geringere räumliche Auflösung als diejenigen der vorliegenden Verfahrensanwendung (BÜK1000 statt BÜK200). Beide Modellierungen zeigen sowohl in der relativen räumlichen Differenzierung als auch in den absoluten Höhen des Gesamtabflusses weitgehende Übereinstimmungen. Eine detailliertere wasserhaushaltliche Analyse haben Feldhaus & Wilczynski (1997) für die Dübener Heide vorgenommen, die unter Acker für Sandböden bei 700 mm Niederschlag 143 – 166 mm/a und bei Schluff- und Lehmböden bei 540 mm Niederschlag 12 – 24 mm Grundwasserneubildung ermittelten. Auch diese Werte liegen im Bereich der in dieser Arbeit erzielten Modellierungsergebnisse. Volk & Bannholzer (1999) haben zudem im Rahmen des Forschungsprojektes, in das die vorliegende Arbeit eingeordnet ist, die vorliegenden Ergebnisse mit Experten der Forstverwaltung für den zentralen Fläming diskutiert. Zusätzliche Sicherheit bietet zudem die aufwändige Kalibrierung des Modells ABIMO über mehrere Jahrzehnte an umfangreichen Lysimeterdaten in Nordostdeutschland. Aktuell wird das Modell im Auftrag des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt zur Berechnung der Grundwasserneubildung für die gesamte Landesfläche eingesetzt (LAU, Herr Dr. Wendland, mündl. Mitt. 2000). An der Bundesanstalt für Gewässerkunde läuft die Weiterentwicklung des Modells für die Verwendung im Hydrologischen Atlas Deutschlands (BfG, Herr Dr. Glugla, mündl. Mitt. 2000).

Mesoskalige Modellierungen auf empirischer Basis lassen weder in ihrem Raumbezug noch in der Höhe der Grundwasserneubildung exakte Aussagen zu, so dass die quantitativen Ergebniswerte mit Fehlertoleranzbereichen versehen werden müssen. Petry et al. (2000) halten bei der hier erläuterten Vorgehensweise einen Fehlertoleranzbereich von ± 20 mm/a für realistisch. Dies hat seine Ursache in der zwangsläufigen Generalisierung von Eingangsparametern, der notwendigen Interpolation von Messwerten und der maßstabs- wie modellbedingten Vernachlässigung kleinräumig relevanter Differenzierungen, wie zum Beispiel des Bodenwasserhaushaltes.

7.2.2 Grundwasserschutzfunktion als Empfindlichkeitsindikator

Für die Bewertung der Leistungsfähigkeit des Landschaftshaushaltes (Marks et al. 1992) auf der Grundlage der Kartieranleitung zur Geoökologischen Karte 1:25.000 von Leser & Klink (1988) hat Zepp in Marks et al. (1992: 75ff) ein ordinalskaliertes Punktbewertungsverfahren

entwickelt, das die grundwasserschützende Wirkung der Landschaft anhand der Parameter Wasserdurchlässigkeit, Grundwasserflurabstand (GWFA) und Grundwasserneubildungsrate bewertet. Aufgrund der Ordinalskalierung und der auch mesoskalig differenzierbaren Eingangsgrößen lässt sich die Methode auch auf regionaler Ebene anwenden (vgl. Röder & Templer in Bastian & Schreiber 1999: 250).

Zepp (ebd.) verwendet die Klassifizierung der Wasserdurchlässigkeit nach Bodenarten aus Leser & Klink (1988: 108), die den Klassen des kf-Wertes in der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA4) (AG Boden 1994) entspricht. In der vorliegenden Verfahrensanwendung werden daher die den repräsentativen Bodenarten auf Basis der KA4 zugeordneten kf-Werte (Anhang 4) direkt als Ausgangsbasis für die Klassifizierung der Wasserdurchlässigkeit genutzt (Tabelle 24).

Tabelle 24: Klassen der Wasserdurchlässigkeit nach kf-Werten der repräsentativen Bodenarten der Deckschichten der BÜK200

kf-Wert	Wasserdurchlässigkeit
> 100	sehr hoch
40 - ≤ 100	hoch
10 - ≤ 40	mittel
1 - ≤ 10	gering
< 1	sehr gering

In einem zweiten Schritt wird die Klasse der Wasserdurchlässigkeit in einer Matrize mit der Klasse des Grundwasserflurabstandes zu einer 5-stufigen Einschätzung (in Bastian & Schreiber 1999: 251¹⁹) der Grundwasserschutzfunktion verknüpft (Tabelle 25). Praktisch werden jedoch nur 4 Klassen gebildet, da eine sehr hohe Geschützteit (Klasse 5) nur mit zusätzlichen Informationen zur Grundwasserbedeckung und im Hinblick auf Verlagerungseigenschaften einzelner Stoffgruppen konstatiert werden kann.

Tabelle 25: Einschätzung der Grundwasserschutzfunktion nach Zepp in Marks et al. (1992) und Röder & Templer in Bastian & Schreiber (1999) (verändert)

Grundwasserschutzfunktion	Wasserdurchlässigkeit				
	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch
GWFA < 80 cm	1	1	1	1	1
GWFA 80 – 150 cm	3	3	2	2	1
GWFA > 150 cm	4	4	3	3	2

Klassen der Grundwasserschutzfunktion: 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = hoch

Aufgrund fehlender Leitprofile in der Flächendatenbank des GLA mussten vereinfachte GWFA-Klassen gebildet werden, was sich in einer Zusammenfassung der bei Zepp (ebd.) vorgesehenen Klassen ‚80 – 130 cm‘, ‚130 – 200 cm‘ und ‚>200 cm‘ zu ‚80 – 150 cm‘ und

¹⁹ Im Original bei Zepp werden 6 Klassen gebildet und faktisch 5 verwendet. Die Reduktion auf 5 Klassen bei Bastian & Schreiber entspricht dem in der planerischen Umweltbewertung üblichen Verfahren.

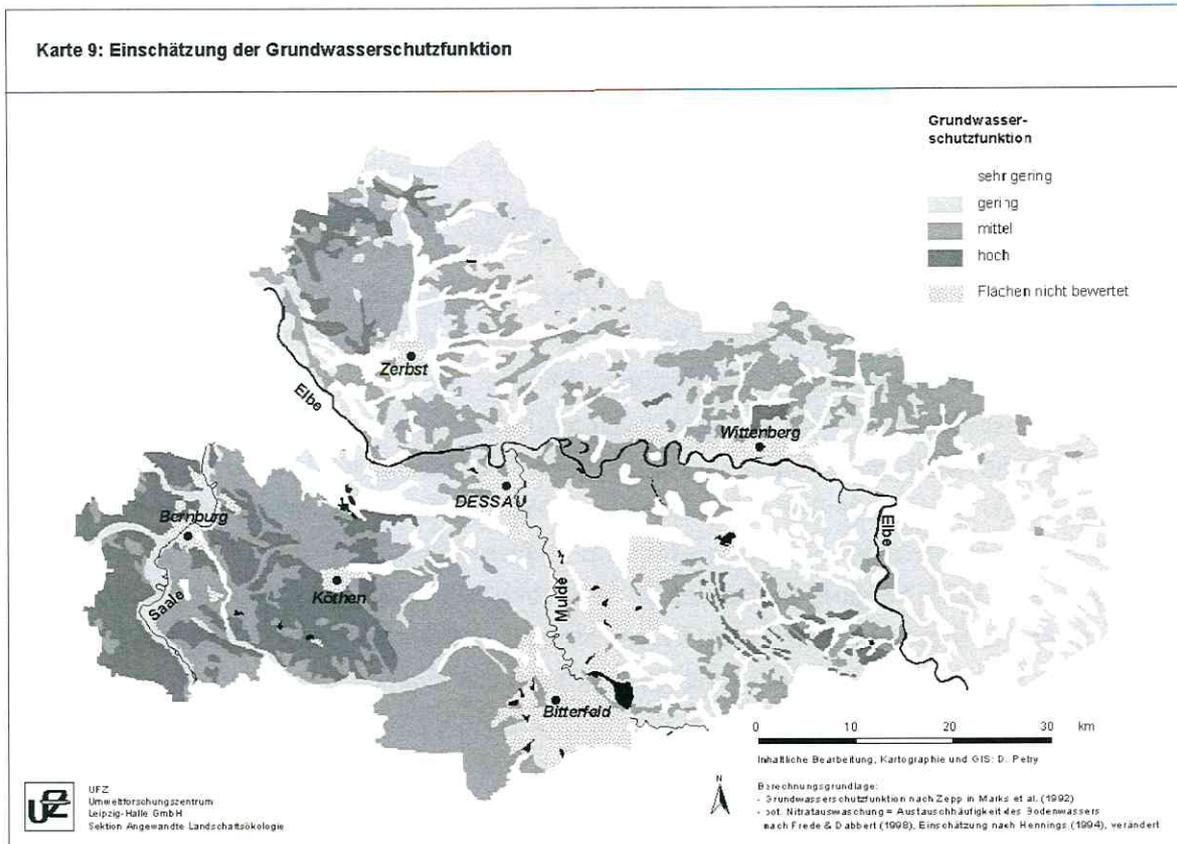
„>150 cm“ ausdrückt. Neben den Informationen der BÜK200 wurden die analog vorliegenden Kartenblätter der MMK zur Differenzierung der Grundwasserverhältnisse herangezogen. Die Einschätzung der Grundwasserschutzfunktion in Tabelle 25 gilt bei Grundwasserneubildungsraten zwischen 100 und 200 mm/a. Bei geringeren Werten erfolgt eine Erhöhung um eine Klasse, bei höheren Werten verringert sich die Grundwasserschutzfunktion um eine Klasse (Zepp in Marks et al. 1992: 76).

Die Grundwasserschutzfunktion ist umgekehrt proportional zur Empfindlichkeit der „Erneuerung der Grundwasserressourcen“ in einem Landschaftsausschnitt: Eine hohe Grundwasserschutzfunktion bedeutet eine geringe Empfindlichkeit.

Differenzierung der Grundwasserschutzfunktion im Regierungsbezirk Dessau

Karte 9 gibt die räumliche Differenzierung der Grundwasserschutzfunktion im Regierungsbezirk Dessau wieder. Eine sehr geringe Geschüttheit des Grundwassers besteht in Landschaften mit geringem GWFA, also weiten Teilen der Fluss- und Bachniederungen. Die ausgedehnten Sandgebiete des Untersuchungsraumes besitzen aufgrund der hohen Wasserdurchlässigkeiten eine geringe Geschüttheit. Gleiches gilt aber auch für das östliche Elbtal in denen Grundwassereinfluss erst tiefer als 1 m unter Flur wirksam wird. Mittlere Geschüttheiten haben durchgehend die salm- und lehmbestimmten Landschaften des Flämings und der Dübener Heide sowie die auenlehmdominierte Elbaue zwischen Wittenberg und Aken. Der Sandlössgürtel und die Teile des Lössgebietes mit geringmächtigen Lössdecken zeichnen sich ebenfalls durch eine mittlere Geschüttheit des Grundwassers aus. Lediglich die mächtigen Lössdecken und die grundwasserfernen Tonböden mit geringen bis sehr geringen Wasserdurchlässigkeiten bewirken eine hohe Grundwasserschutzfunktion.

Die Bewertung der Empfindlichkeit der Erneuerung der Grundwasserressourcen erfolgt auf der Grundlage der fünfstufigen Klassifizierung der Grundwasserschutzfunktion des Bodens, beschränkt sich also auf die ersten ein bis zwei Meter der Grundwasserbedeckung. Damit ist keine Einschätzung der Grundwassergeschüttheit im hydrogeologischen Sinne möglich. Die hierzu erforderlichen Daten zur Art und Mächtigkeit der Grundwasserleiterbedeckung (Hydrologische Karte der DDR im Maßstab 1:50.000 und Karte der Grundwasserlandschaften des LAU Sachsen-Anhalt (Schobeß 1994)) liegen für den Untersuchungsraum nicht flächendeckend vor, sind räumlich unzureichend differenziert und bislang nicht digital aufbereitet. Die Bestimmung anhand bodenkundlicher Kriterien deckt sich jedoch mit den allgemeinen Angaben zur Geschüttheit des Grundwassers bezogen auf Grundwasserlandschaften bei Schobeß (1994). Für die Minimierung von Stoffverlusten aus der Landschaft als Forderung des Nachhaltigkeitspostulates spielt die Bodendecke eine zentrale Rolle, da nur hier eine Regulation durch die Landnutzung möglich ist.



In der Lössregion ist die Geschützttheit des Grundwassers außerhalb der Niederungen bedingt durch die hohen Grundwasserflurabstände und geringen Durchlässigkeiten hoch. Gleiches gilt bei hohen Grundwasserflurabständen für Bereiche mit tonigen Substraten im Untergrund wie im Leitzkauer Ackerland und im Bad Schmiedeberger Endmoränenbogen. Deren Geschützttheit ist räumlich eng begrenzt und wird durch den auf diesen stauenden Schichten auftretenden Interflow relativiert. Mittlere Geschützttheiten besitzen Landschaften mit salmigen und lehmigen Substraten bei teilweise wechselnden Grundwasserflurabständen. Sandböden ohne Grundwassereinfluss besitzen generell eine geringe Geschützttheit des Grundwassers. Das verwendete Verfahren sieht zudem bei Sickerwasserraten von > 200 mm im Jahr eine Abstufung zu sehr geringer Geschützttheit vor. Sehr gering geschützt sind unabhängig vom Substrat der Bodenbildung alle Landschaftsteile in denen Grundwasserböden und Moore dominieren.

7.3 Landwirtschaftliche Ertragsfunktion

7.3.1 Biotisches Ertragspotential als Eignungsindikator

Bekannteste Methode zur Einschätzung des biotischen Ertragspotentials ist der Acker- bzw. Grünlandschätzungsrahmen der Reichsbodenschätzung. Dabei wird die Bodenzahl über die Parameter Bodenart, Entstehungsart des Bodensubstrates und Zustandsstufe des Bodens bestimmt (in unterschiedlicher Differenzierung für Acker- und Grünland). Durch Zu- und Abschläge in Abhängigkeit von den Klima- und Reliefverhältnissen lässt sich dann aus der Bodenzahl die Acker- oder Grünlandzahl ableiten. Da in der vorliegenden Arbeit die Reichs-

bodenschätzung nicht zum Einsatz kommt und die Bodenarten der BÜK200 mit denen der Reichsbodenschätzung nur bedingt vergleichbar sind, kommt diese Methode nicht in Betracht.

Die Bestimmung des biotischen Ertragspotentials nach Glawion in Marks et al. (1992) erfolgt mit den in Tabelle 26 genannten Faktoren und Parametern, denen auf einer 5-stufigen Skala getrennt nach Nutzungsart (Acker, Grünland, Wald) Werte von 1 bis 5 zugeordnet. Zunächst wird jedoch der Wert eines jeden Faktors über den Wert desjenigen Parameters mit der schlechtesten Ausprägung bestimmt. Die Aggregation zu einem Gesamtwert erfolgt über den Faktor mit der schlechtesten Ausprägung. Dessen Wert bildet den Gesamtwert, eine Aufwertung ist jedoch möglich, wenn alle anderen Faktoren deutlich besser bewertet sind.

Das Verfahren stellt eine Neuentwicklung, deren Validierung noch aussteht, innerhalb der Methodik zur Bewertung des Leistungsvermögens des Landschaftshaushaltes im Maßstab 1:25.000 dar. Insofern ist die Anwendung im Regierungsbezirk Dessau mit Unsicherheiten behaftet, aber nach Sandner in Bastian & Schreiber (1999: 209) möglich und kann auch in vereinfachter Form mit reduzierter Parameterzahl eingesetzt werden. Als multikriterielles Verfahren repräsentiert es die einzelnen Faktoren bis auf eine Ausnahme über mehrere Parameter. Im vorliegenden Verfahren wurde daher bei der vereinfachten Anwendung darauf geachtet, jeden Faktor weiterhin über mindestens einen Parameter zu repräsentieren. In der Verfahrensanwendung werden die Parameter zur Einschätzung des biotischen Ertragspotentials wie folgt bestimmt: Die Einschätzung der Erosionsgefährdung ist in Kapitel 7.3.2 erläutert.

Tabelle 26: Faktoren und Parameter zur Bestimmung des biotischen Ertragspotentials nach Glawion in Marks et al. (1992), verändert

Faktoren	Parameter	Anmerkungen
Relief	a) Hangneigung*	
Boden	b) Skelettgehalt c) Gründigkeit d) Bodenart e) Nährstoffangebot	
Wasserhaushalt	f) Grundwasserflurabstand g) Staunässegrad h) nutzbare Feldkapazität i) Wasserversorgung der Ökotope	wenn i) nicht vorliegt, Berechnung anhand f) - h)
Klima	j) Jahresmitteltemperatur k) Jahresniederschlag l) Frostgefährdung	ohne k), falls i) vorliegt
Gefährdung	m) Überschwemmungen n) Erosionsgefährdung	

* fett gedruckte Parameter wurden für die Verfahrensanwendung im Regierungsbezirk Dessau verwendet

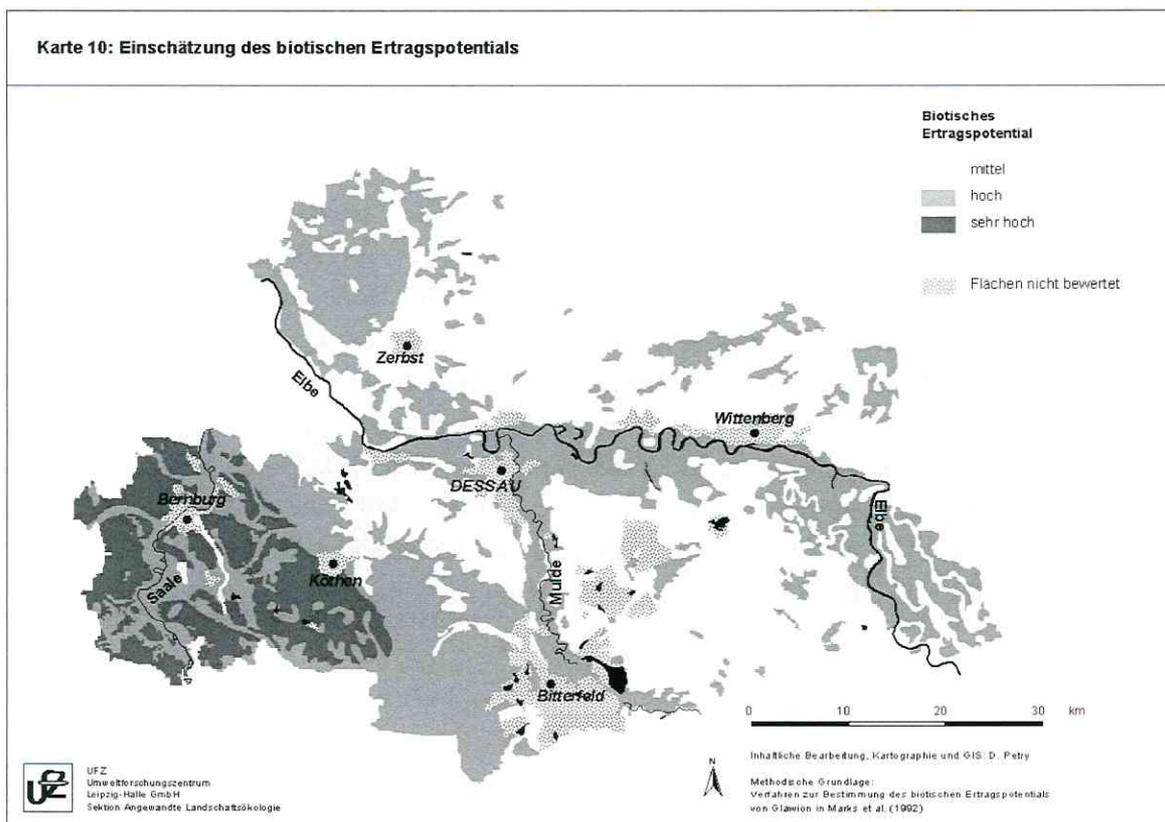
Zur Bestimmung der Gründigkeit wurde ersatzweise die effektive Durchwurzelungstiefe nach der repräsentativen Bodenart verwendet. Dies erscheint angesichts des nahezu durchgängig vorhandenen Lockergesteinsuntergrundes legitim. Die Hangneigung wurde mit Hilfe des digitalen Geländemodells (Karte 6) im GIS bestimmt und die Jahresmitteltemperatur wurde dem Agraratlas Sachsen-Anhalt (MRLU 1997a) entnommen. Die Herleitung der übrigen Parameter ist bereits oben beschrieben worden.

Differenzierung des biotischen Ertragspotentials im Regierungsbezirk Dessau

Die im Verfahren vorgesehenen Klimaparameter ‚mittlere Jahrestemperatur‘ und ‚mittlerer Jahresniederschlag‘ entfalten im Untersuchungsraum keine differenzierende Wirkung und sind durchgängig mit Wertstufe 5 belegt. Eine Ausnahme sind die höheren Lagen des Flämings und der Dübener Heide, in denen die Jahresdurchschnittstemperatur weniger als 8,5 °C beträgt und damit nur Wertstufe 4 erreicht wird. Da das Verfahren nach dem Minimumprinzip arbeitet und dieser Wert bereits durch die in diesen Bereichen verbreiteten Bodenarten unterschritten wird, kann das Klima als Faktor unberücksichtigt bleiben.

Die Einschätzung des biotischen Ertragspotentials als Indikator der Eignung eines Landschaftsausschnittes für die landwirtschaftliche Produktionsfunktion liefert ordinalskalierte Ergebnisse in 5 Stufen. Aufgrund der weiteren Vereinfachung für die Anwendung auf regionaler Ebene und die Anpassung an die verfügbaren Datengrundlagen reduziert sich die Zahl der Ergebnisklassen auf drei (Karte 10):

- a) Sehr hoch ist das biotische Ertragspotential ausschließlich in der grund- und stauwasserunbeeinflussten Lössregion östlich und westlich der Saale.
- b) Ein hohes Ertragspotential besitzen die Niederungen und Talungen der Lössregion mit hydroamorphen Merkmalen oder geringmächtigem Löss, der von Sand oder Lehm unterlagert ist (z.B. südlich der Fuhne). Des weiteren gehören der Sandlössgürtel und das salmtieflehmbestimmte Zerbster Ackerland in diese Kategorie, aber auch die salmigen - und daher meist landwirtschaftlich genutzten – Grundmoräneninseln des Flämings. Die Auen von Elbe, Mulde und Saale haben ebenfalls ein hohes Ertragspotential, sofern sie keine hydromorphen oder nur halbhydromorphen Merkmale aufweisen.



- c) Die glazialen Sandbereiche sind durch ein mittleres Ertragspotential gekennzeichnet. Limitierender Faktor sind hier eindeutig die geringe nFK und die geringe effektive Durchwurzelungstiefe.

Die räumliche Differenzierung ist insgesamt gering und erlaubt letztlich nur eine relative Unterscheidung in ertragsstarke und ertragsschwache Bereiche. Die Einschätzung der altpleistozänen Sandgebiete in eine mittlere Ertragsklasse entspricht in weiten Teilen nicht der Realität. Die zusätzliche Berücksichtigung des geringen natürlichen Nährstoffangebotes würde zu einer Einstufung als geringes biotisches Ertragspotential führen.

7.3.2 Potentielle Wassererosionsgefährdung als Empfindlichkeitsindikator

Die flächenhafte Bodenerosion durch Wasser lässt sich mit der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (ABAG) nach Schwertmann et al. (1990) bewerten, die eine Anpassung der Universal Soil Loss Equation (USLE) nach Wischmeier & Smith (1978) an mitteleuropäische Verhältnisse darstellt. Die ABAG ist ein stochastisches Modell, das auf einem empirisch und nicht prozesshaft begründeten Zusammenhang zwischen den berücksichtigten Faktoren und gemessenen Erosionsraten beruht. Dadurch ergeben sich Ungenauigkeiten, wenn es in anderen Bereichen, wie nicht ackerbauliche Nutzungsformen und kleinere Maßstabsebenen als dem Ackerschlag, angewendet wird. Die Erosionsforschung versucht daher deterministische Modelle zu entwickeln, welche die Prozessdynamik (beispielsweise den Zusammenhang zwischen Erosion und Sedimentation und die damit einher gehenden Stoffverlagerungen) in den Mittelpunkt stellen.

Der große Vorteil der ABAG liegt in der allgemeinen Akzeptanz der Methodik und ihrer weiten Verbreitung. Nach Auerswald & Schwertmann (in Rosenkranz et al. 1988ff) ist die Gleichung das einzige Vorhersagemodell, das auch für Deutschland weitgehend verifiziert ist. Mosimann (1995) stellt fest, dass die ABAG „das einzige wissenschaftlich gut abgesicherte, praxistaugliche Modell zur Abschätzung der flächenhaften Erosion im Ackerbau“ ist. Bork & Schröder (1996: 8) betonen zusätzlich die einfache Handhabbarkeit und den geringen Aufwand für den Einsatz der ABAG, der bislang von keinem anderen Modell erreicht wird. Zudem ist es in zahlreichen Methodendokumentationen (z.B. Hennings 1994, AG Boden 1994) und Fachinformationssystemen (z.B. NIBIS) standardmäßig enthalten. Bork & Schröder weisen aber gleichzeitig auf Übertragungsschwierigkeiten bei der Verwendung in Mitteleuropa und inzwischen erkannte Fehler in den, die Faktorausprägungen bestimmenden Regressionen hin (Bork & Schröder 1996: 8f). Der ABAG wird hier der Vorzug gegeben, da es als etabliertes Modell ein hohes Maß an Vergleichbarkeit und Transparenz gewährleistet. Abgesehen davon enthalten viele der neueren, deterministischen Modelle wie CREAMS oder AGNPS im Kern nach wie vor die ABAG. Die ABAG bezieht linien- und flächenhafte Erosion mit ein, wobei gerade in ebenen Landschaften die flächenhafte Schichterrosion dominiert (Auerswald 1993: 2).

Die ABAG lautet:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

Der Bodenabtragungswert A in t/ha/a als langjähriges Mittel errechnet sich aus den in Tabelle 27 erläuterten Faktoren (nach Frede & Dabbert 1998).

Tabelle 27: Faktoren der ABAG

Faktor	Beschreibung
R	Regen- und Oberflächenabflussfaktor (N/ha/a); Maß für die regionale Erosionskraft der Niederschläge eines Jahres
K	Bodenerodierbarkeitsfaktor (t/ha/a); Abtrag eines bestimmten Bodens je R-Einheit auf einem Standardhang (22m Länge, 9 % Gefälle, Schwarzbrache, Bearbeitung in Gefällerrichtung)
L	Hanglängenfaktor (dimensionslos); Verhältnis zwischen dem Abtrag auf einem beliebig langen Hang zum Abtrag auf einem Standardhang
S	Hangneigungsfaktor (dimensionslos); Verhältnis zwischen dem Abtrag auf einem beliebig steilen Hang zum Abtrag auf einem Standardhang
C	Bedeckungs- und Bearbeitungsfaktor (dimensionslos); Verhältnis zwischen dem Abtrag auf einem Hang mit beliebiger Bewirtschaftung und einem Standardhang
P	Erosionsschutzfaktor (dimensionslos); Verhältnis zwischen dem Abtrag auf einem Hang mit speziellen Erosionsschutzmaßnahmen zum Abtrag auf einem Standardhang

Die ABAG ist im Prinzip nur großmaßstäbig einsetzbar (1:5.000 bis 1:10.000), da sie schlagbezogene Kennwerte berücksichtigt (L-, S-, C- und P-Faktor). Durch die Verwendung und Kombination einer unterschiedlichen Anzahl von Einzelfaktoren lassen sich jedoch mehr oder weniger stark vereinfachte Einschätzungen vornehmen, die auch auf mesoskaliger Ebene anwendbar sind (vgl. Hennings 1994).

Im Folgenden wird die Bewertung der potentiellen Erosionsgefährdung durch Wasser mit einer schrittweisen Kombination der bodenkundlichen, morphologischen und klimatischen Einzelfaktoren der ABAG beschrieben, wie sie bei Hennings (1994) dokumentiert ist. Jeder Einzelschritt liefert ein auf seiner Integrationsebene bereits gültiges Ergebnis, so dass der Einfluss der Teilfaktoren auf das Gesamtergebnis nachvollziehbar wird und die Zahl der zu verwendenden Faktoren von der jeweiligen Datenverfügbarkeit und benötigten Aussage-schärfe abhängig gemacht werden kann. Damit ist ein hohes Maß an Transparenz gewährleistet, was in anderen Modellen nicht unbedingt gegeben ist. Sowohl Schmidt in Marks et al. (1992) und darauf aufbauend Sandner in Bastian & Schreiber (1999) nehmen eine Kombination der K-, S- und R-Faktoren vor, das dann jedoch über nutzungsabhängige Zu- und Abschläge (z.B. Multiplikationsfaktor drei bei Ackernutzung) differenziert wird. Dies widerspricht der Methodik der ABAG, die bei Weglassen der nutzungsabhängigen Faktoren C und P von Schwarzbrache ohne Erosionsschutzmaßnahmen ausgeht. Die damit einhergehenden methodischen Differenzen werden von den genannten Autoren nicht erläutert. Die Bewertung der potentiellen Erosionsgefährdung im Niedersächsischen Bodeninformationssystem (NIBIS; vgl. Müller 1997) beruht auf den Arbeiten von Capelle & Lüders (1981, 1985) und liefert eine ordinalskalierte Klassifizierung der bodenart- und hangneigungsabhängigen Erosionsgefährdung von Ackerflächen, die dann über Abschläge an die Nutzungen Grünland und Wald angepasst werden können. Auch hier ist eine Parallelisierung mit den Werten bzw. Klassen der ABAG nicht möglich.

1. Schritt: Erosionsgefährdung in Abhängigkeit von der Bodenart

Die Parametrisierung der K-Faktoren erfolgt anhand der Verknüpfungsregeln in Hennings (1994: 201ff). Grundlage ist zunächst die Zuordnung der Bodenarten zu K-Faktoren Die KA4 liefert eine Zusammenfassung der Bodenarten zu Wertebereichen von K-Faktoren (bodenart-abhängiger Anteil des K-Faktors ‚K_B‘). Dies ist gleichzeitig eine ordinalskalierte 5-stufige Einschätzung der bodenartbedingten Erodierbarkeit durch Wasser.

Tabelle 28: Bodenartbedingte Erodierbarkeit durch Wasser nach KA4 (AG Boden 1992)

Bodenart	Klasse der Erodierbarkeit	K-Faktor
gS, mS, Ts2, Ts3, Ts4, Tl, Tt	sehr gering	< 0,1
Ss, St2, St3, Lts, Tu2	gering	0,1 - < 0,2
Su2, Sl2, Sl3, Sl4, Lt2, Lt3, Ls3, Ls4, Tu3	mittel	0,2 - < 0,3
fS, Su3, Su4, Slu, Lu, Ls2, Tu4	hoch	0,3 - < 0,5
ffS, Uu, Us, Uls, Ut2, Ut3, Ut4	sehr hoch	≥ 0,5

K wird zusätzlich durch den Humusgehalt des Oberbodens (‚K_H‘), die Aggregatform (‚K_A‘), den Skelettgehalt des Oberbodens (‚K_S‘) und die Wasserdurchlässigkeit des Oberboden (‚K_D‘) bestimmt. Deren Einfluss ist insgesamt relativ gering und wird durch Zu- und Abschläge auf ‚K_B‘ wirksam (Verknüpfungsregeln 55, 56, 57 und 58 in Hennings 1994).

2. Schritt: Erosionsgefährdung in Abhängigkeit von Boden und Relief

Die zusätzliche Berücksichtigung der Hangneigung (S-Faktor der ABAG) erlaubt die Zuordnung der Hangneigungsstufe zu den Erodierbarkeitsklassen aus Tabelle 29 in Anlehnung an Capelle & Lüders (1985, dokumentiert in Hennings 1994), wie sie im NIBIS Anwendung findet. Die ursprüngliche Zuordnung bei Capelle & Lüders bezieht sich auf die Bodenartenklassen der Erodierbarkeit nach KA3²⁰, die sich teilweise von der in dieser Arbeit verwendeten Einschätzung nach KA4 unterscheidet. Die sich daraus ergebende Einschätzung der Erosionsgefährdung ist in Tabelle 29 dargestellt. Die boden- und reliefabhängige Erosionsgefährdung des NIBIS nach Capelle & Lüders sollte als eine Art Nebenprodukt der ABAG verstanden werden, da sie keine nominalskalierten Abtragsmengen zum Ergebnis hat, sondern eine dimensionslose 5-stufige Bewertung.

Tabelle 29: Klassen der boden- und reliefabhängigen Erosionsgefährdung nach Capelle & Lüders (1985, verändert)

Bodenart	Hangneigung (Klasse und %)					
	0 ≤1	1 >1-5	2 >5-9	3 >9-18	4 >18-36	5 >36
gS, mS, Ts2, Ts3, Ts4, Tl, Tt	0	0	0	2	4	5
Ss, St2, St3, Lts, Tu2	0	0	1	2	4	5
Su2, Sl2, Sl3, Sl4, Lt2, Lt3, Ls3, Ls4, Tu3	0	1	2	3	5	5
fS, Su3, Su4, Slu, Lu, Ls2, Tu4	0	2	3	4	5	5
ffS, Uu, Us, Uls, Ut2, Ut3, Ut4	1	3	4	5	5	5

²⁰ 3. Auflage der Bodenkundlichen Kartieranleitung von 1982; im Literaturverzeichnis ist nur die aktuelle, 4. Auflage enthalten (AG Boden 1992).

3. Schritt: Erosionsgefährdung in Abhängigkeit von Boden, Relief und Klima

Durch die Verknüpfung des R-, K- und S-Faktors der ABAG erhält man die nutzungsunabhängige potentielle Erosionsgefährdung und damit in Maß für die Empfindlichkeit der Landschaftsfunktion *Biotische Ertragsfunktion*. Die Differenzierung des R-Faktors erfolgt anhand einer Regressionsgleichung von Sauerborn (1994, unter Verwendung von Saupe 1985), die für das gesamte Bundesgebiet Gültigkeit besitzt.

$$R = -24,83 + 0,2206 \cdot Sx$$

Da K- und S-Faktor bereits bekannt sind, ergibt sich nach Schwertmann, Vogl & Kainz (1990) und Hennings (1994) aus dem Produkt von

$$K \cdot S \cdot R \cdot 2,0$$

die potentielle Erosionsgefährdung in t/ha/a. Tabelle 30 gibt eine 6-stufige Klassifizierung der Ergebnisse nach Hennings (1994) wieder.

Tabelle 30: Einschätzung der potentiellen Wassererosionsgefährdung in Abhängigkeit von Boden, Relief und Klima nach Hennings (1994) unter Verwendung von Schwertmann, Vogl & Kainz (1990)

Bodenabtrag in t/ha/a	Klassen der Erosionsgefährdung
< 1	keine (0)
1 - < 5	sehr gering (1)
5 - < 10	gering (2)
10 - < 15	mittel (3)
15 - < 30	groß (4)
≥ 30	sehr groß (5)

Die Einschätzung gilt für Schwarzbrache und eine einheitliche Hanglänge von 100 m. Vereinfachte Vorgehensweise und mesoskalige Ebene erlauben es die Ergebnisse lediglich als nominalskalierte relative Maßzahl zu betrachten, wie dies auch von Hennings (1994: 39) empfohlen wird.

Teilindikator Winderosion

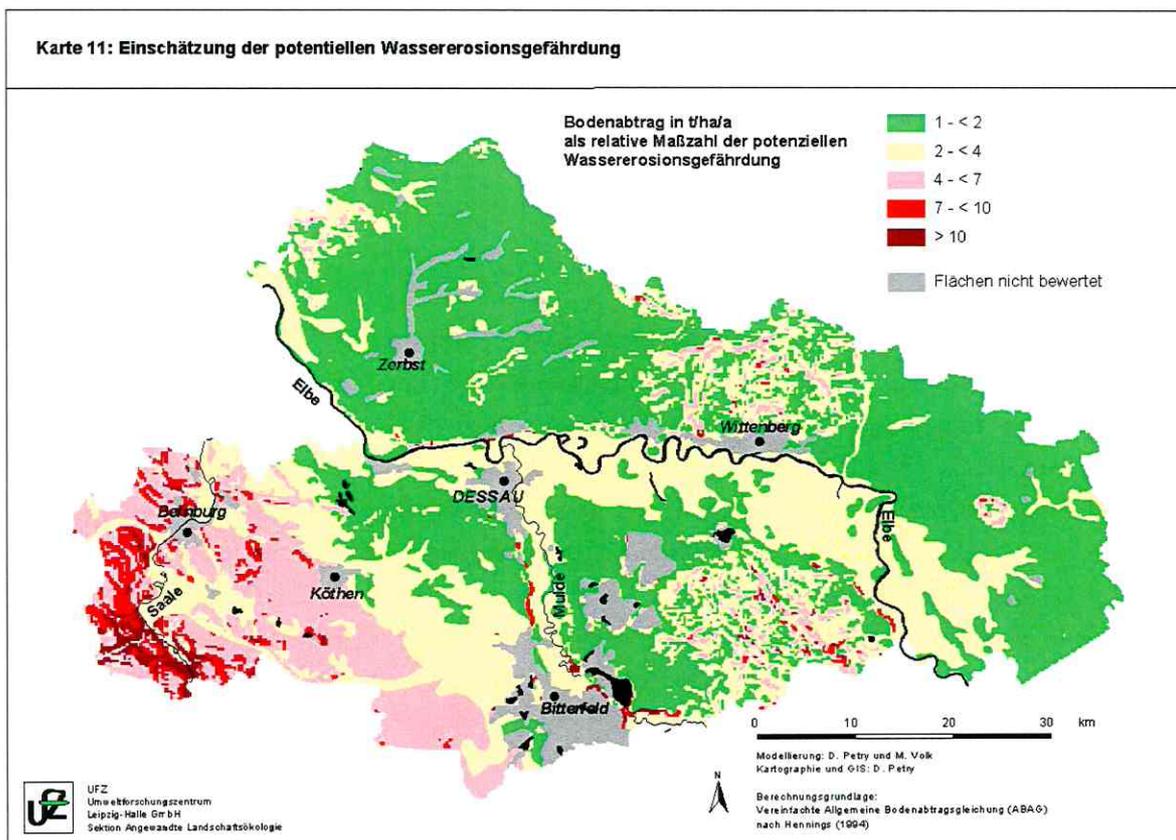
Wesentliche Faktoren der Erosionsgefährdung durch Wind sind die Wind- und Niederschlagsverhältnisse, Bodenart und -gefüge, Bodenwasserhaushalt, Geländerauhigkeit, Bodenbedeckung und Länge der Ackerschläge in Hauptwindrichtung (Bastian & Schreiber, 1994, Frielinghaus et al., 1997). Insgesamt stehen weitaus weniger Bewertungsverfahren zur Verfügung als für die Wassererosion; einen Überblick liefern Frielinghaus et al. (1997). Das NIBIS verwendet zur Einschätzung der Winderosionsgefährdung das Verfahren von Capelle & Lüders (1985, dokumentiert in Hennings, 1994), das nach Humusgehalten zusätzlich differenzierte Bodenartengruppen in Abhängigkeit von der bodenkundlichen Feuchtestufe (BKF) auf einer 6-stufigen Skala bewertet. Andere Verfahren, wie z.B. Marks et al. (1992, auch in Bastian & Schreiber, 1994), verwenden statt der BKF den ökologischen Feuchtegrad nach Ellenberg (1979) bzw. DIN. Hierzu sind detaillierte Daten zur Vegetation erforderlich, wie sie beispielsweise durch die Auswertung von Biotoptypenkartierungen gewonnen werden können. Auf diese Weise ist eine aktuellere und auch monitoringfähige Einschätzung standörtlicher

Wasserverhältnisse möglich als nach rein klimatischen und bodenkundlichen Kriterien. Littmann (1998) kommt in einer Untersuchung im nordwestlichen Münsterland zu dem Ergebnis, dass die Winderosionsanfälligkeit in entscheidendem Maße von der Aggregatstabilität abhängig ist, die den Gehalt an organischer Substanz und die Feuchtestufe in ihrer Einflussstärke übertrifft. Damit sind insbesondere Art und Zeitpunkt der maschinellen Bodenbearbeitung der steuernde und teilweise auslösende Faktor der Winderosion.

Die obigen Ausführungen haben deutlich gemacht, dass eine vereinfachte Einschätzung der potentiellen Winderosionsgefährdung methodisch möglich ist. Aufgrund der großen Bedeutung der zeitlich sehr variablen Faktoren Aggregatstabilität und Feuchtestufe, die mit der BÜK200 nicht befriedigend bestimmt werden können, wird in der Verfahrensanwendung auf eine Einschätzung der Winderosionsgefährdung verzichtet.

Differenzierung der potentiellen Wassererosionsgefährdung im Regierungsbezirk Dessau

Die potentielle Erosionsgefährdung ist nach der Klassifizierung von Schwertmann et al. (1990) und Hennings (1994) auf 93 % der Fläche des Untersuchungsgebietes als gering oder sehr gering einzustufen. Eine mittlere bis große Erosionsgefährdung besteht danach lediglich an den Hängen des Saaletales zwischen Friedeburg und Bernburg sowie den hier in das Saaletal einmündenden Kerbtälern. Geringe Erosionsgefährdungen weisen das Lössgebiet und stärker reliefierte Bereiche des Flämings und der Dübener Heide, aber auch der Leitzkauer Stauchungszone und die inselhafte Aufragung der Endmoränenkuppe nördlich von Jessen auf. Auenbereiche und Sandgebiete sind durch eine sehr geringe Erosionsgefährdung gekennzeichnet. Für eine stärkere räumliche Differenzierung der Erosionsgefährdung wird in Karte 11 eine geringere Klassenbreite verwendet als in Tabelle 30 vorgeschlagen wurde.



Es soll an dieser Stelle noch einmal betont werden, dass die Abtragszahlen in t/ha/a nicht als quantitativ exakte Werte verstanden werden dürfen, sondern als Indikatoren für eine ordinale, relative Einschätzung der potentiellen Erosionsgefährdung dienen.

7.4 Regulation des Wasser- und Stoffhaushaltes

Die Regulation des Wasser- und Stoffhaushaltes ist eine der wesentlichen Regulationsfunktionen von Landschaften. Hier lässt sich jedoch das risikoanalytische Prinzip der getrennten Betrachtung von Eignungen und Empfindlichkeiten nicht befriedigend realisieren. Eine geringe Eignung für diese Regulationsfunktion (also hoher Wasser- und/oder Stoffrückhalt in der Landschaft) bedeutet in jedem Falle eine hohe Empfindlichkeit gegenüber Stoffausträgen und Abflussbeschleunigung. Damit einhergehende Bewertungsschwierigkeiten und Folgen für die planungsbezogene Zielformulierung werden in Kapitel 8.3 diskutiert.

7.4.1 Abflussregulationsfunktion als Eignungs- und Empfindlichkeitsindikator

Unter der Abflussregulationsfunktion wird von Zepp in Marks et al. (1992) und Röder in Bastian & Schreiber (1999) die Fähigkeit einer Landschaft zum Wasserrückhalt verstanden. Ein hoher Wasserrückhalt bedeutet einen relativ geringen Direktabfluss aus der Landschaft und damit eine dämpfende Wirkung auf hochwasserrelevante Abflussspitzen. Gleichzeitig ist mit einer hohen Abflussregulation der Rückhalt wassergebundener Nähr- und Schadstoffe in der Landschaft verbunden. Neben dem Klima als entscheidender Größe, sind Hangneigung, Bodenbedeckung, Wasserspeicherkapazität des Bodens, geologischer Untergrund und Ausprägung des Gewässernetzes die Einflussfaktoren der Abflussregulation.

Der Beitrag von Drainagesystemen in der Landwirtschaft ist durchaus umstritten. Wohlrab et al. (1992) weisen darauf hin, dass durch Drainagen einerseits mehr und beschleunigt Bodenwasser den Vorflutern zugeführt wird. Andererseits wird durch die Entleerung des Wasserspeichers Boden die Erreichung der Wasserspeicherkapazität des Bodens bei Niederschlagsereignissen hinausgezögert, was eine Verminderung des Oberflächen- und Zwischenabflusses zur Folge hat. Diese komplexen Zusammenhänge bleiben denn auch in einfachen Methoden zur Einschätzung der Abflussregulationsfunktion unberücksichtigt (z.B. Marks et al. 1992).

Zepp entwickelt in Marks et al. (1992) eine Methode, die anhand der Faktoren Versiegelungsgrad/Bodenbedeckung, Hangneigung, Infiltrationskapazität, nFK und geologischer Untergrund die Abflussregulationsfunktion einschätzt. Jeder Faktor wird einzeln auf einer 5-stufigen Skala bewertet und die Gesamtbewertung erfolgt durch Bildung des arithmetischen Mittels (Tabelle 31). Ausnahmen bilden bewaldete Flächen, die generell Klasse 1 (= sehr hoch), und versiegelte Flächen, die generell Klasse 5 (= sehr gering) zugeordnet sind. Bei Grundwasserflurabständen < 2m erfolgt ein Abschlag auf die nFK von einem Punkt, um den kapillaren Aufstieg zu berücksichtigen, der die Menge des speicherbaren Niederschlags reduziert. Die von Röder in Bastian & Schreiber (1999: 262) an dieser Vorgehensweise geübte Kritik, die nFK habe bei grundwassernahen Böden keine Bedeutung für die pflanzenverfügbare Wassermenge, ist nicht nachzuvollziehen. Bei der Einschätzung der Abflussregulation interessiert die

nFK nicht hinsichtlich der pflanzenverfügbaren Wassermenge sondern als Kenngröße der Wasserspeicherkapazität des Bodens, die für Niederschlagswasser durch bereits im Boden vorhandenes kapillares Aufstiegswasser begrenzt sein kann. Die Gesamtbewertung erfolgt durch eine 5-stufige Klassifizierung der Summen der Einzelfaktoren nach Tabelle 32.

Tabelle 31: Bewertung der Einzelfaktoren der Abflussregulationsfunktion nach Marks et al. (1992) und KA4 (AG Boden 1992, zur Ableitung der nFK)

Faktoren	Bewertung des Wasserrückhaltes				
	sehr gering 1	gering 2	mittel 3	hoch 4	sehr hoch 5
Bodenbedeckung	Hackfrüchte, Gemüse, Mais	Getreide	Grünland	Buschwerk, Brachen, Obstwiesen, Niederwald	Wald
Hangneigung in Grad	> 35	15 - ≤ 35	7 - 15	2 - ≤ 7	0 - ≤ 2
Infiltrationskapazität	Tu2, Tu3, Tu4, Tl, Tt	Lt2, Lt3, Lts, Ut2, Ut3	Uu, Ut4, Uls, Lu, Ls2, Ls3	Sl4, Ls4, St2, St3, Us, Su2, Su3, Su4, Sl2, Sl3, Slu	Ss
nFK in Vol.-%	< 6	6 - 14	14 - 22	22 - 30	> 30

Tabelle 32: Einschätzung der Abflussregulationsfunktion nach Zepp in Marks et al. (1992)

Punktzahl	Bewertung
≥ 18	sehr hoch
14 - 17	hoch
10 - 13	mittel
7 - 9	gering
≤ 6	sehr gering

Eine stark vereinfachte Vorgehensweise stellt die Bewertung der Regelung des Oberflächenabflusses mit Hilfe des kf-Wertes durch Borg et al. in LAU (1998) dar. Der kf-Wert beschreibt die gesättigte Wasserleitfähigkeit des Bodens und ist somit auch ein Maß für dessen maximales Infiltrationsvermögen, das dem von Zepp (ebd.) verwendeten Infiltrationskapazität entspricht. Borg et al. in LAU (ebd.) verzichten jedoch auf eine Berücksichtigung der Wasserspeicherkapazität des Bodens, die bei Zepp (ebd.) über die nFK in die Einschätzung eingeht.

Für die Verfahrensentwicklung wird der Methode von Zepp in Marks et al. (1992) der Vorzug gegeben, da es zusätzlich die nFK als wichtige wasserhaushaltliche Kenngröße berücksichtigt.

Differenzierung der Abflussregulationsfunktion im Regierungsbezirk Dessau

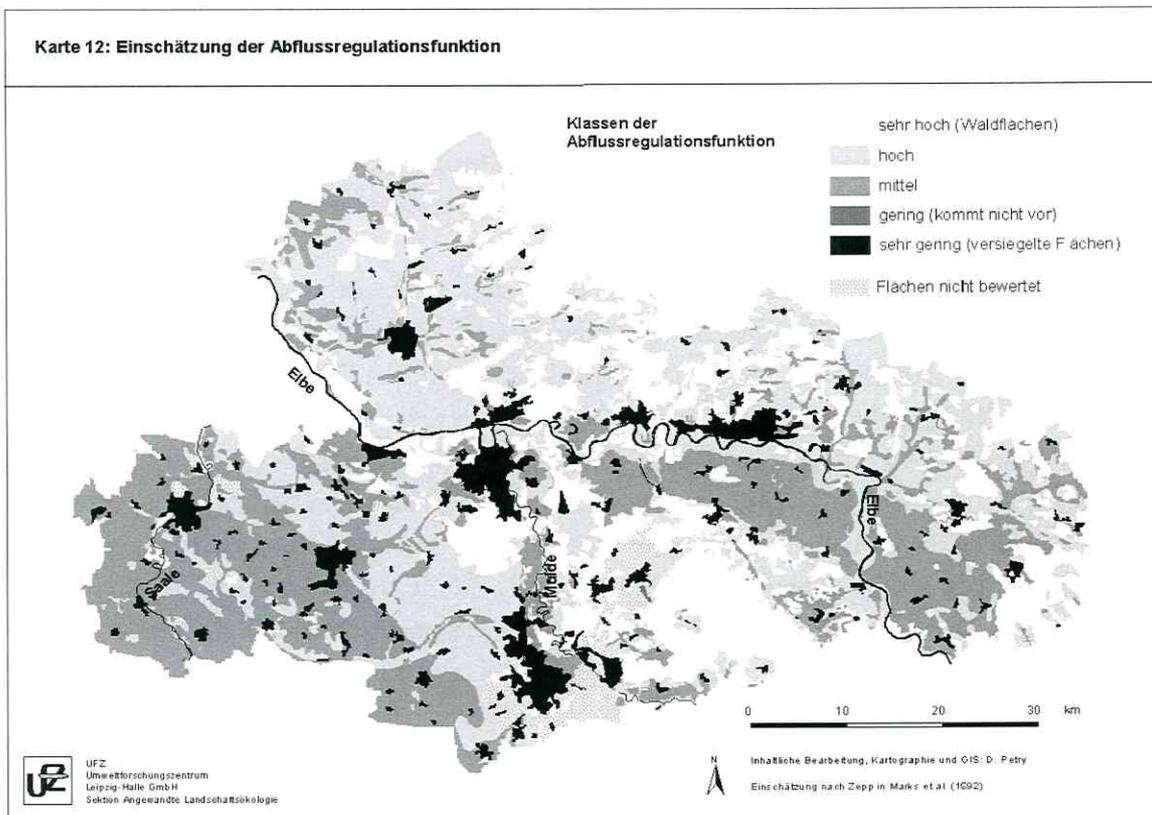
Lässt man die bewaldeten Flächen (= sehr hohe Abflussregulation) und die versiegelten Flächen (= sehr gering) außen vor, lassen sich im Untersuchungsraum nur zwei Klassen differenzieren:

- a) Eine hohe Abflussregulation besitzen die landwirtschaftlich genutzten Sandlöss-, salmige bis lehmige Grundmoränen- und Sandgebiete mit Hangneigungen von < 2° (Bereiche mit

> 2° Hangneigung fast ausschließlich bewaldet) sowie grünlandgenutzte Auenbereiche von Elbe, Schwarzer Elster und der Fuhne.

- b) Eine mittlere Abflussregulation haben das Lössgebiet und die tonigen Grundmoränenlandschaften im Leitzkauer Ackerland und nördlich von Köthen. Zudem gehören in diese Klasse die ackergenutzten schluff-, lehm- und tonbestimmten Auen von Elbe und Mulde²¹ sowie alle grundwasserbeeinflussten Niederungen mit vorrangig sandigen Böden.

Flächen mit geringer Abflussregulation kommen nicht vor. Diese Differenzierung ist insgesamt unbefriedigend, vor allem spiegeln sich die lateralen und vertikalen Wasser- und Stoffflüsse in Bereichen mit Grund- oder Stauwassereinfluss in der Klassifizierung kaum wider. Daher wird als zusätzlicher Indikator der Abflussquotient nach Dörhöfer & Josopait (1980, modifiziert durch Röder (1997)) verwendet, der bereits bei der Trennung von Basis- und Direktabfluss eingesetzt wurde. Eine weitere wichtige Größe zur Einschätzung des lateralen Wasser- und Stoffrückhaltes ist die Erosionsgefährdung, die sich in ihrer Umkehrung auch als Erosionswiderstands- oder Erosionsschutzfunktion bezeichnen lässt (wie bei Marks et al. 1992). Potentielle vertikale Wasser- und Stoffausträge lassen sich zusätzlich über die Austauschhäufigkeit des Bodenwassers als Indikator einschätzen.



²¹ Die in den CORINE-Daten ausgewiesene Ackernutzung der Muldeauen ist heute größtenteils nicht mehr existent. Infolge der Schwermetallkontaminationen der Aueböden hat eine weitgehende Nutzungsaufgabe bzw. Umwidmung zu Grünland stattgefunden.

7.4.2 Potentielle Nitratauswaschungsgefährdung und potentielle Erosionsgefährdung als zusätzliche Eignungs- und Empfindlichkeitsfaktoren

Potentielle Nitratauswaschungsgefährdung

Als zusätzlicher Indikator für die Empfindlichkeit wird die potentielle Nitratauswaschungsgefährdung landwirtschaftlich genutzter Flächen verwendet, die mit abnehmenden Feldkapazitäten und steigenden Sickerwasserraten zunimmt. Nitrat wird auf Grund seiner geringen Bindungsstärke vom Boden nicht adsorbiert und ist daher mit dem Sickerwasser leicht verlagerbar. Die potentielle Nitratauswaschungsgefährdung lässt sich daher über die Austauschhäufigkeit des Bodenwassers einschätzen. Neben der Sickerungsrate ist die Austauschhäufigkeit von der Wasserspeicherkapazität des Bodens abhängig. Diese wird durch die Feldkapazität (FK) wiedergegeben, die diejenige Wassermenge bezeichnet, die der Boden gegen die Schwerkraft festhalten kann. Konventionell ist die Feldkapazität bei einer Saugspannung von pF 1,8 erreicht, bzw. wenn alle Poren $< 50 \mu\text{m}$ mit Wasser gefüllt sind (Scheffer et al. 1989). Darin enthalten ist auch der sog. Totwasseranteil, der mit einer Saugspannung von pF $> 4,2$ im Boden gebunden ist und zumindest von Kulturpflanzen nicht genutzt werden kann. Das Totwasser ist in der Regel auf die Feinporen $< 0,2 \mu\text{m}$ beschränkt und wird auch bei gesättigten Bodenwasserverhältnissen nur in sehr langen Zeiträumen ausgetauscht (Baumgartner & Liebscher 1990, S. 404). Aufgrund des geringeren Gasaustausches in den Feinporen, können für den Totwasseranteil höhere Denitrifikationsverluste (Reduktion von Nitrat zu elementarem Stickstoff (N_2) unter anaeroben Bedingungen) konstatiert werden als für das pflanzenverfügbare Bodenwasser (Blume 1992). Durch Diffusion sind aber auch die im Totwasser gelösten Stoffe wie Nitrat am schnellen Wasseraustausch beteiligt.

Dieser Komplexität ist es zu verdanken, dass sich unter den einfachen Verfahren zur Bestimmung der Austauschhäufigkeit des Bodenwassers sowohl solche unter Verwendung der FK (DBG 1992, HLF 1995, Müller 1997, Frede & Dabbert 1998) als auch der nFK (Elhaus et al. 1989, Wohlrab et al. 1992) - ohne Totwasseranteil - als Maß für die austauschbare Wassermenge befinden. Die Verwendung der FK kommt den tatsächlichen Verhältnissen am Nächsten, da langfristig das gesamte Bodenwasser ausgetauscht wird. Bereiche unterschiedlicher Leitfähigkeit und die Porenverteilung bedingen das räumliche Nebeneinander unterschiedlicher Austauschgeschwindigkeiten. Vinten & Smith (1993) kommen beispielsweise zu dem Schluss, dass bei starken Regenfällen der überwiegende Teil der Versickerung über die Makroporen und -gänge (z.B. Wurmgänge) unter Umgehung des restlichen Porensystems erfolgt. Welche Auswirkungen dieses Phänomen auf die Auswaschung von im Bodenwasser gelösten Stoffen wie Nitrat hat, ist bislang nicht genauer untersucht (ebd.: 52).

Mit den flächendeckend zur Verfügung stehenden Daten lässt sich eine qualitative Einschätzung der potentiellen Nitratauswaschungsgefährdung anhand einer einfachen Methode durchführen. Die Einschätzung erfolgt über die jährliche Grundwasserneubildung bzw. Sickerwassermenge (SW) in mm und die Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes (FK_{WE}) in mm. Die Austauschhäufigkeit des Bodenwassers (AH) wird bei Frede & Dabbert (1998) in % je Jahr angegeben:

$$\text{AH} = (\text{SW}/\text{FK}_{\text{WE}}) \cdot 100$$

Ein AH-Wert von 100 bedeutet demnach einen vollständigen Austausch des Bodenwassers innerhalb eines Jahres. Kleinere Werte bedeuten entsprechend längere Zeiträume (50 = der vollständige Austausch des Bodenwassers dauert zwei Jahre), größere Werte den mehrfachen Austausch des Bodenwassers innerhalb eines Jahres (300 = dreimaliger Austausch des Bodenwassers in einem Jahr). Eine Klassifizierung des AH-Wertes wird in DBG (1992) vorgenommen (Tabelle 33) und ist so ebenfalls im NIBIS enthalten.

Tabelle 33: Einschätzung der potentiellen Nitratauswaschungsgefährdung anhand der Austauschhäufigkeit des Bodenwassers (nach DBG 1992, verändert)

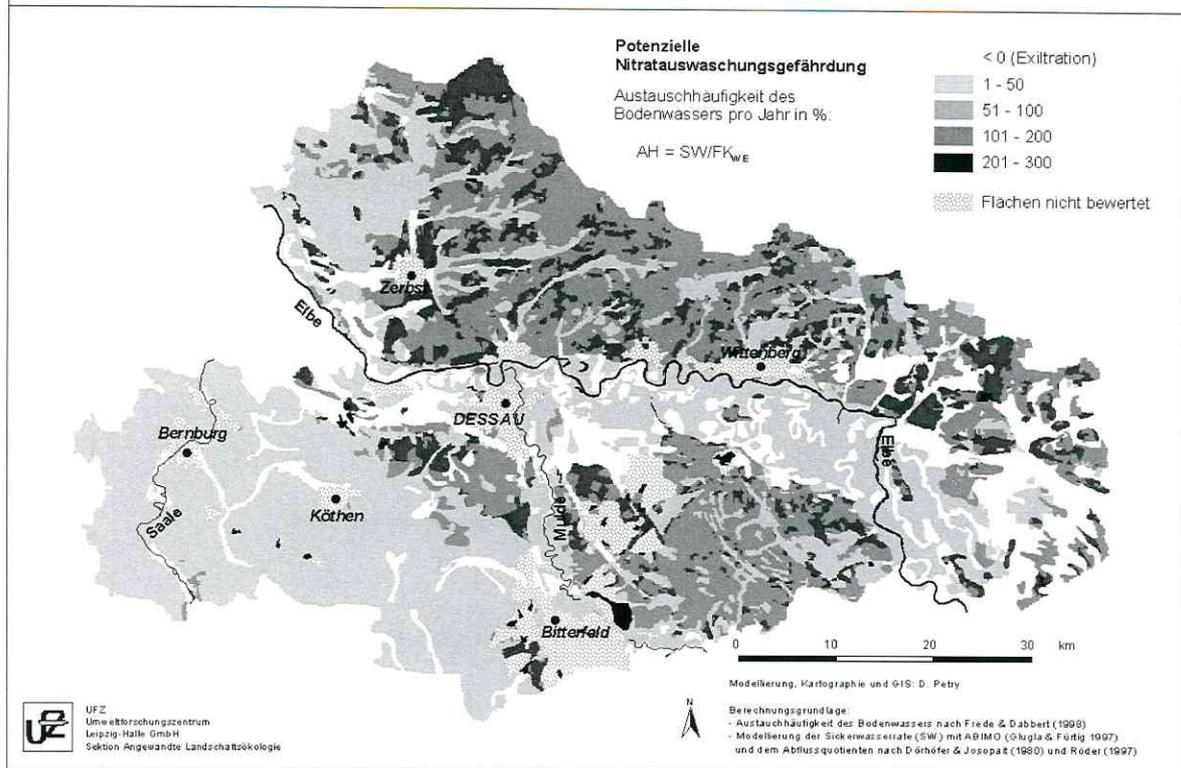
AH in %	Einschätzung der potentiellen Nitratauswaschungsgefährdung
< 70	sehr gering
70 - < 100	gering
100 - < 150	mittel
150 - < 250	hoch
≥ 250	sehr hoch

Differenzierung der potentiellen Nitratauswaschungsgefährdung im Regierungsbezirk Dessau

Aufgrund der insgesamt relativ geringen Niederschläge werden maximale Austauschhäufigkeiten des Bodenwassers von 300 % erreicht, womit maximal mittlere Nitratauswaschungsgefährdungen bestehen (Karte 13). Bei geringen bis sehr geringen Geschütztheiten des Grundwassers kann die Austauschhäufigkeit als Indikator für eine vornehmlich vertikale Wasserbewegung im Boden verwendet werden. Bereiche in denen das Bodenwasser häufiger als einmal pro Jahr ausgetauscht wird, sind ausnahmslos Gebiete mit einer Sickerwasserrate von > 100 mm, die bis auf die (ehemals) militärisch genutzten Offenlandbereiche (Glücksburger und Oranienbaumer Heide, Truppenübungsplatz Altengrabow nordöstlich von Loburg) landwirtschaftlich genutzte Landschaftsteile sind.

Die Austauschhäufigkeit des Bodenwassers liefert als Indikator nur einen ersten Anhaltspunkt für die Nitratauswaschung. In Landschaften mit sehr geringer Austauschhäufigkeit und gleichzeitig sehr geringem Direktabfluss wie dem Köthener Ackerland kann organischer Stickstoff über längere Zeiträume im Bodenwasser akkumuliert werden. Die Sickerwassermengen sind dort zwar gering, können jedoch sehr hohe Nitratkonzentrationen aufweisen. Andererseits besteht durch die längere Verweildauer des Bodenwassers im Boden die Möglichkeit einer besseren Ausnutzung organischen Stickstoffs durch die Vegetation. Dieser Zusammenhang verdeutlicht die zentrale Rolle einer angepassten Bewirtschaftung für den landschaftlichen Stoffhaushalt. Die Analysen und Bewertungen im Funktionskomplex „Erneuerung der Grundwasserressourcen“ liefern somit auch fachliche Hinweise für regional differenzierte Anforderungen an eine standortangepasste, ordnungsgemäße Landwirtschaft.

Karte 13: Einschätzung der potentiellen Nitratauswaschungsgefährdung



8 Anwendung des Verfahrens im Regierungsbezirk Dessau

In den Kapiteln 2 bis 4 wurden die theoretischen, normativen und instrumentellen Grundlagen der Verfahrensentwicklung erarbeitet und zusammengestellt. Kapitel 5 und 6 enthalten die Vorstellung des Untersuchungsraumes sowie die Diskussion der Datengrundlagen und GIS-Basis. In Kapitel 7 wurde die fachliche Einschätzung von Eignungen und Empfindlichkeiten durchgeführt und die zu Grunde liegenden Methoden diskutiert. In Kapitel 8 erfolgt nun die Transformation zur planungsbezogenen Funktionsbewertung

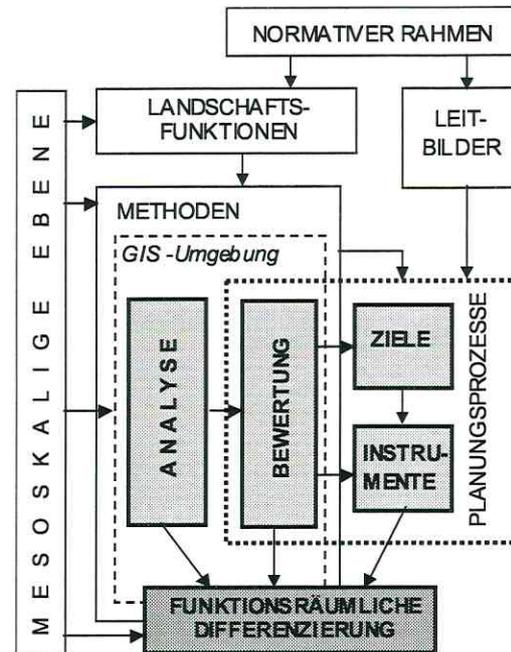


Abbildung 20: Anwendung der Verfahrensentwicklung im Regierungsbezirk Dessau

In Kapitel 7 wurden die fachlichen Einschätzungen der Eignungen und Empfindlichkeiten für die ausgewählten Landschaftsfunktionen durchgeführt und diskutiert. Daher kann im Folgenden auf eine erneute Darstellung der räumlichen Differenzierung der verschiedenen Indikatoren verzichtet werden. Zum besseren Verständnis sei auf die entsprechenden Teile in Kapitel 7 verwiesen, das den gleichen formalen Aufbau wie Kapitel 8 besitzt.

Die methodischen Schwerpunkte von Kapitel 8 liegen zum einen in der Transformation der fachlichen Einschätzungen in tatsächliche, an normativen Kriterien ausgerichteten Bewertungen der Landschaftsfunktionen. Die Bewertung von Eignungen und Empfindlichkeiten ist Grundlage für die Ableitung potentieller Schutzwürdigkeiten für die ‚Erneuerung der Grundwasserressourcen‘ und die ‚landwirtschaftliche Ertragsfunktion‘. Für die ‚Regulation des Wasser- und Stoffhaushaltes‘ wird zusätzlich der Entwicklungsbedarf ermittelt. Zum anderen dienen die Bewertungen der Identifizierung von (potentiellen) Konflikten und Komplementaritäten, die Ausgangsbasis für die Zielformulierung zur Sicherung der und Entwicklung der betrachteten Landschaftsfunktionen sind.

8.1 Analyse und Bewertung der Erneuerung der Grundwasserressourcen

Die Trinkwassergewinnung für den intraregionalen Verbrauch erfolgt im Regierungsbezirk Dessau zu fast gleichen Teilen aus Grundwasser und Uferfiltrat und betrug 1995 ca. 36,9 Mio m³. Dem steht ein Verbrauch von ca. 43,4 Mio m³ gegenüber, so dass knapp drei Viertel des Bedarfs aus der Region heraus gedeckt werden. Ein Viertel wird über Fernwasserleitungen aus dem Ostharz (für den Kreis Bernburg und Teile des Kreises Köthen) und der Torgauer Elbaue (Teile der Kreise Wittenberg und Anhalt-Zerbst sowie der Stadt Dessau) gedeckt. In der Trinkwasserzielplanung des Landes Sachsen-Anhalt ist bis zum Jahre 2010 eine leichte Reduzierung der Grundwasserförderung bei einer gleichzeitigen Erhöhung des Versorgungsanteils aus Uferfiltrat über die Fernwasserversorgung vorgesehen (MRLU 1996c: 23).²²

Im Unterschied zur Trinkwassergewinnung aus Uferfiltrat, die vom Wasserzufluss aus außerhalb des Regierungsbezirks gelegenen Teilen des Elbeinzugsgebietes abhängt, kann die Grundwassergewinnung als Nutzung endogener Ressourcen der Region bezeichnet werden. Die Einzugsgebiete der Grundwasserbrunnen befinden sich größtenteils im Regierungsbezirk Dessau, reichen jedoch im Fläming nach Brandenburg hinein. Durch den jährlichen Export von 5,8 Mio m³ Trinkwasser aus dem Westfläming (Wasserwerk Lindau, Wert für 1995) in den Großraum Magdeburg kommt diesen Ressourcen auch eine überregionale Bedeutung zu.

8.1.1 Eignung und Empfindlichkeit

Die Bewertung der Schutzwürdigkeit der Funktion baut auf die Bewertung der Eignung und Empfindlichkeit auf, für die zunächst Kriterien definiert werden. Dabei orientiert sich die Festlegung an den in Kapitel 3 zusammengestellten Anforderungen an eine nachhaltige Raumentwicklung und den dort genannten Zielen. Für den vorsorgenden Grundwasserschutz zu sichern sind Flächen mit regionaler oder überregionaler Bedeutung für den Wasserhaushalt (SRU 1998) und einer erhöhten Versickerungsgefährdung (BMU 1998, Walz et al. 1997). Ein Ziel nachhaltiger Regionalentwicklung sollte zudem eine Reduzierung der Wasserimporte sein (Locher et al. 1997), was der intraregionalen Erneuerung der Grundwasserressourcen zusätzliche Bedeutung verleiht. Im regionalen Kontext, der durch vergleichsweise geringe Gesamt-abflüsse gekennzeichnet ist, muss daher bereits eine Grundwasserneubildungsrate von >100 mm/a als hohe Eignung gewertet werden. Überblickartig sind Eignung und Empfindlichkeit für die Landschaftseinheiten des Regierungsbezirks in Abbildung 21 dargestellt. Auf eine eigene Kartendarstellung wird verzichtet, da die funktionsräumliche Differenzierung auf den in Kapitel 7.2 enthaltenen Karten 8 und 9 beruht.

Hohe Empfindlichkeiten gegen stoffliche Beeinträchtigungen bestehen bei geringer bis sehr geringer Geschüttheit des Grundwassers (Tabelle 34). Zusätzlich besteht eine sehr hohe Empfindlichkeit gegen Versiegelung. Da dies eine für alle Freiraumfunktionen gültige Aussage ist, die keiner räumlichen Differenzierung bedarf, wird sie hier nicht weiter betrachtet.

²² Eigene Berechnungen nach den Angaben der Trinkwasserzielplanung des Landes Sachsen-Anhalt (MRLU 1996c) sowie der Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH und der Trinkwasserversorgung Magdeburg GmbH.

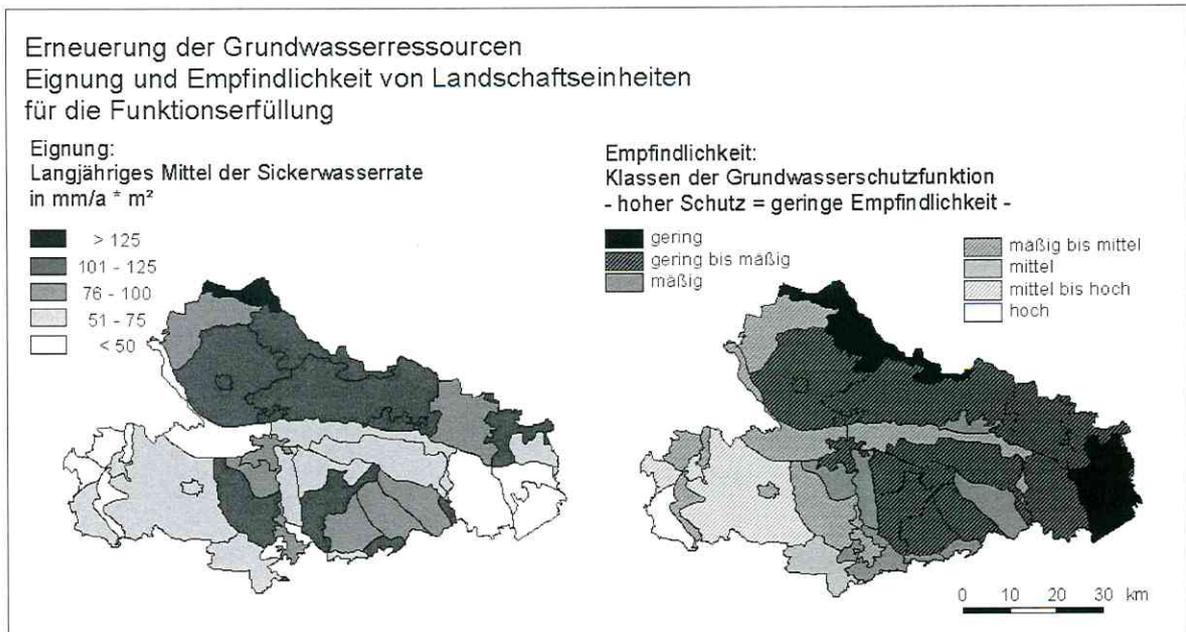


Abbildung 21: Eignung und Empfindlichkeit von Landschaftseinheiten des Regierungsbezirks Dessau in Bezug auf die Erneuerung der Grundwasserressourcen

8.1.2 Potentielle Schutzwürdigkeit

In einem zweiten Bewertungsschritt werden Leistungsfähigkeit und Empfindlichkeit zur potentiellen Schutzwürdigkeit aggregiert. Tabelle 34 enthält die Zuordnungen zu einer dreistufigen Bewertungsmatrix, die gleichzeitig als Basisaussage in Karte 14 eingeht.

Tabelle 34: Verknüpfungsmatrix zur Bewertung von Eignung, Empfindlichkeit und potentiellen Schutzwürdigkeit der Landschaftsfunktion „Erneuerung der Grundwasserressourcen“

Potentielle Schutzwürdigkeit <i>Erneuerung der Grundwasserressourcen</i>		Empfindlichkeit <i>Klassen der Grundwasserschutzfunktion</i>		
		gering (1) 5	mittel (2) 3 - 4	hoch (3) 1 - 2
Eignung	gering (1) < 50	gering 1	gering 2	mittel 3
<i>mittl. Grundwasser- neubildung in mm/a</i>	mittel (2) 50 - < 100	gering 2	mittel 3	hoch 4
	hoch (3) > 100	mittel 3	hoch 4	hoch 5

Mit der Dreistufigkeit der Bewertungsmatrix, die auch in den folgenden Teilkapiteln durchgehalten wird, folgt das Verfahren dem Beispiel von Langer (1996: 46), der dies als Grundprinzip der Risikoanalyse einführt. Theoretisch sind auch mehrstufige Verfahren möglich, was bei den meist 5-stufigen Einschätzungen in Kapitel 7 auf den ersten Blick auch nahe liegt. Die starke Differenzierung aggregierter Gesamtbewertungen aus ordinalskalierten Teilbewertun-

gen, würde jedoch eine analytische wie normative Exaktheit vortäuschen, die mit den verwendeten Methoden für komplexe Landschaftsfunktionen nicht gegeben ist. Zudem verlieren die wertenden Aussagen bei starker Differenzierung an Nachvollziehbarkeit und Anschaulichkeit, was zumindest für den Planungsprozess von Bedeutung ist. In der eigentlichen Planung erfolgt dann eine weitere Komplexitätsreduktion, da für die Funktionssicherung im Regionalplan beispielsweise nur zwei Intensitäten, als Vorrang oder Vorbehalt, möglich sind. Auch die Diskussion mit der Öffentlichkeit kann nicht mit hoch komplexen Bewertungskarten gesucht werden, sondern muss mit auf die entscheidenden räumlichen Differenzierungen reduzierten Darstellung des Planungszusammenhangs gesucht werden. In den Niederlanden beispielsweise werden zu diesem Zweck anschauliche Planungsunterlagen für die öffentliche Diskussion erstellt (vgl. Provincie Gelderland 1994).

Nach dem Prinzip der ökologischen Risikoanalyse ist bei der Erfüllung folgender Kriterien von einer hohen Schutzwürdigkeit auszugehen (vgl. Karte 14):

a) *Hobe Eignung und hohe Empfindlichkeit*

- Land- oder forstwirtschaftliche Flächen und Offenland der niederschlagsreichen, grundwasserfernen Sander und salmig-lehmigen Grundmoränen im Fläming und in der Dübener Heide.
- Waldfreie Sandflächen ohne Grundwassereinfluss mit Niederschlägen von deutlich unter 600 mm aber hoher Durchlässigkeit in den tieferen Lagen der pleistozänen Höhenzüge wie der Glücksburger Heide oder deren Randbereiche zwischen Wittenberg, Rosslau und Zerbst, aber auch westlich der Mosigkauer Heide und im südlichen Teil der Oranienbaumer Heide.
- Grundwasserfreie, sandige Niederterrasse bei Elster, Jessen und Schweinitz.

b) *Hobe Eignung bei mittlerer Empfindlichkeit*

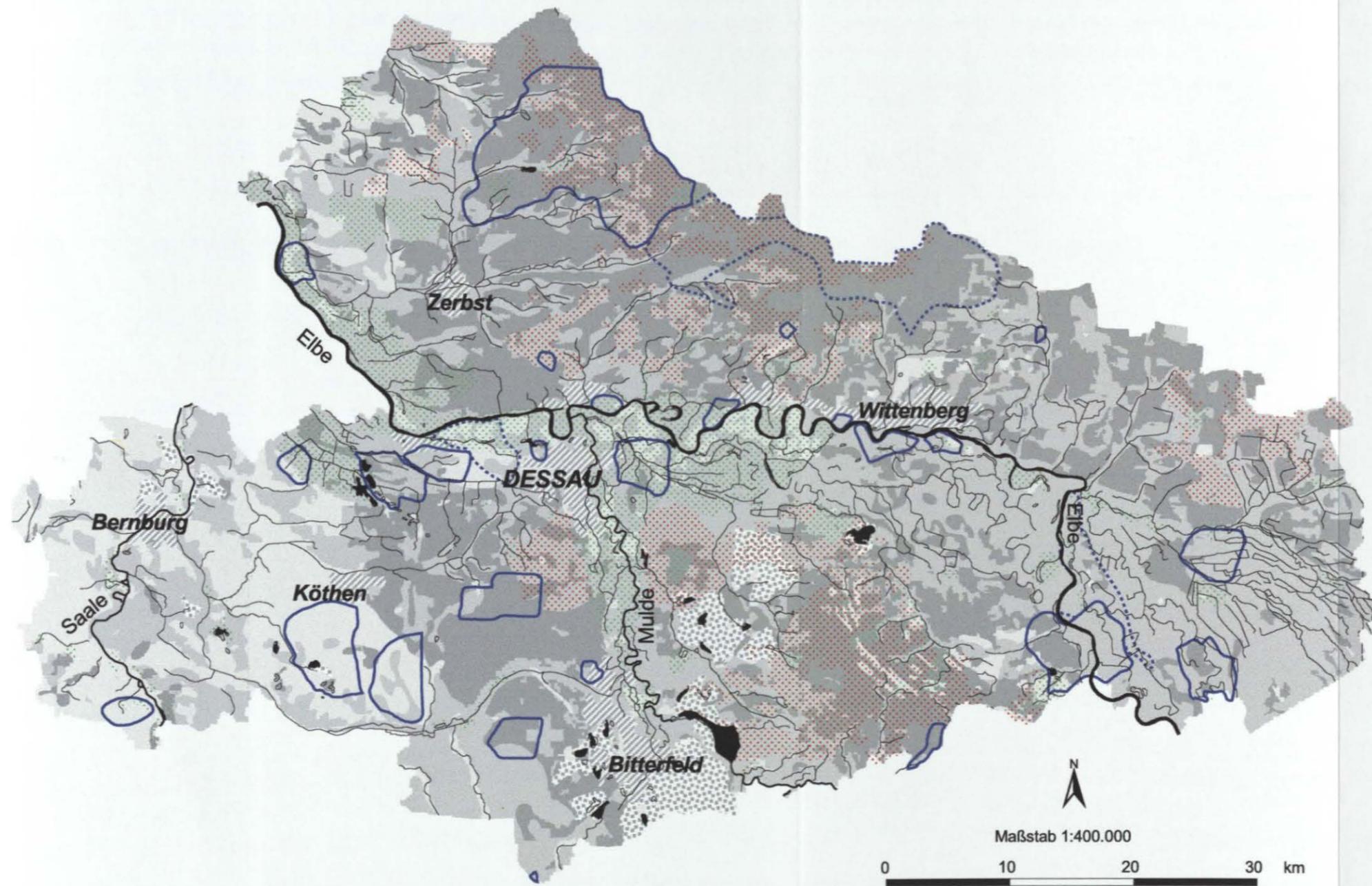
- Landwirtschaftlich genutzte salmig-lehmige Grundmoränenbereiche im mittleren Fläming mit hohen Niederschlägen über 600 mm.
- Landwirtschaftlich genutzte Bereiche des Sandlössgürtels mit über 500 mm Niederschlag.

c) *Mittlere Eignung aber hohe Empfindlichkeit*

- Landwirtschaftlich genutzte, sandige Auen und Niederterrassen mit Grundwassereinfluss tiefer als 1 m.
- Landwirtschaftlich genutzte Auen mit Auentiefen und Grundwassereinfluss oberhalb 80 cm aufgrund der Neigung des Auentons zu Makroporenbildung in Trockenphasen.

Durch die Integration von Eignung und Empfindlichkeit zur Schutzwürdigkeit bei gleichzeitiger Transparenz der Integrationsschritte (,hoch⁻,hoch⁺, ,hoch⁻,mittel⁺, ,mittel⁻,hoch⁺) lassen sich differenzierte Informationen für den planerischen Handlungsbedarf ableiten.

Karte 14: Bewertung der Landschaftsfunktion 'Erneuerung der Grundwasserressourcen'
 - Potentielle Schutzwürdigkeit und Funktionssicherung in der Regionalplanung -



Potentielle Schutzwürdigkeit
 risikoanalytische Verknüpfung von
 - mittlere Grundwasserneubildung (Eignung)
 - Grundwasserschutzfunktion (Empfindlichkeit)

- gering
- mittel
- hoch

Nicht bewertet:

- bebaute Fläche
- Bergbau- und Kippenflächen

- Gewässer

Funktionssicherung
 in der Regionalplanung

Vorranggebiete im
 Regionalen Entwicklungsprogramm

direkt:

- Vorrang Wassergewinnung
- Vorsorge

indirekt:

- Forstwirtschaft
- Natur und Landschaft
- Natur und Landschaft sowie Forstwirtschaft

Die Ausweisung von Schutz-, Vorrang- oder Vorbehaltsgebieten ist nur erforderlich, wenn die Erfüllung einer Funktion auch potentiell gefährdet ist. Die Vorrang- und Vorbehaltsgebiete zur Grundwassergewinnung des Regionalen Entwicklungsprogramms sollen überwiegend den Schutz aktuell genutzter Grundwasserressourcen gewährleisten. Sie leisten mit Ausnahme des Vorsorgegebietes im zentralen Fläming keinen Beitrag zum vorsorgenden Grundwasserschutz, der sich auf die Gesamtfunktion ‚Erneuerung der Grundwasserressourcen‘ beziehen müsste.

Ausgehend von den Bereichen mit hoher potentieller Schutzwürdigkeit für die Funktion ist es weiterhin möglich, diejenigen Raumausschnitte zu identifizieren, in denen die Grundwassernutzung nicht zu einer Absenkung des Grundwasserspiegels aus dem durchwurzelten Bodenraum führt. Letzterer Effekt ist mit einer Erhöhung der Stoffverluste aus Landschaften verbunden (Ripl & Hildmann 1994, Ripl 1995) und widerspricht den normativen Kriterien nachhaltiger Landschaftsentwicklung. Eine derartige Empfindlichkeitsbewertung ist jedoch mit den in der Verfahrensanwendung verwendeten Daten nicht möglich.

8.2 Analyse und Bewertung der landwirtschaftlichen Ertragsfunktion

In dieser Arbeit werden die natürlichen Voraussetzungen, die Landschaften zur Erfüllung einer Funktion für die landwirtschaftliche Nutzung besitzen, untersucht und im Hinblick auf die Eignung und Empfindlichkeit dieses Potentials bewertet. Die tatsächliche Funktion ist von weiteren, vor allem raumstrukturellen und sozioökonomischen Faktoren abhängig. So hat die BfLR²³ Indikatoren zur Bewertung des Rückzugspotentials der Landwirtschaft auf Kreisebene definiert, die neben boden- und klimabezogenen Parametern beispielsweise den siedlungsstrukturellen Kreistyp, die Erreichbarkeit, den Anteil der Betriebe mit LNF > 50 ha, den Grünlandanteil oder die Subventionen/100 ha umfassen (Bethe & Bolsius 1995). Für die weitere Diskussion des Agrarlandschaftswandels im europäischen Kontext sei auch auf Baldock et al. (1996) verwiesen. Mit dem Rückzug der Landwirtschaft verbundene Chancen und Risiken im Hinblick auf den Naturschutz werden bei Jongman (1995) diskutiert.

Die gegenwärtige Entwicklung von Agrarlandschaften verläuft in zwei grundverschiedene Richtungen:

- Intensivierung der Landwirtschaft in Regionen mit günstigen Produktionsbedingungen und
- Rückzug der Landwirtschaft aus der Fläche in Gebieten mit ungünstigen Produktionsbedingungen.

Dass beide Entwicklungstendenzen räumlich eng miteinander verflochten innerhalb einer Region ausgeprägt sein können, wird am Beispiel des Regierungsbezirks Dessau besonders deutlich. Im Gegensatz zum intensiv genutzten Schwarzerdegebiet im Westen und Südwesten der Region, ist in den armen Sandgebieten des Fläming und der Dübener Heide ein massiver Rückzug der Landwirtschaft zu beobachten, der durch einen sehr hohen Anteil mehr- bis

²³ Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung; heute Teil des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR)

langjähriger Brachflächen gekennzeichnet ist. Diese Entwicklung kann über den in dieser Arbeit verwendeten einfachen Indikator des vereinfachten biotischen Ertragspotentials in ihrer räumlichen Differenzierung nachvollzogen werden. Das von der BfLR bestimmte Rückzugspotential (in Bethe & Bolsius 1995: 59) zeigt für die Kreise des Regierungsbezirks Dessau fast die gesamte Bandbreite der 5-stufigen Klassifizierung von ‚sehr gering‘ (Kreise Bernburg, Köthen, Bitterfeld) bis ‚hoch‘ (Altkreise Rosslau, Gräfenhainichen und Jessen). Diese Einschätzung deckt sich weitgehend mit der über das biotische Ertragspotential bestimmten Eignung für die landwirtschaftliche Ertragsfunktion. Nach den Kriterien der EU sind die anerkannt ‚landwirtschaftlich benachteiligten Gebiete‘ der Region der gesamte Fläming und die Dübener Heide (MRLU 1996a).

8.2.1 Eignung und Empfindlichkeit

Aufgrund der geringen Klassenzahl der fachlichen Einschätzung des biotischen Ertragspotentials besteht für die Bewertung der Eignung eines Landschaftsausschnittes für die landwirtschaftliche Ertragsfunktion kein großer Spielraum. Die dreistufige Eignungsbewertung folgt daher den Klassen des Indikators, so dass dem Lössgebiet eine hohe Eignung zugewiesen wird, den Flussauen, Grundmoränen- und Sandlösslandschaften sowie den Gebieten mit geringmächtigen Lössdecken eine mittlere Eignung und den Sandgebieten eine geringe. Diese räumliche Differenzierung wird durch die landwirtschaftliche Standortbewertung im Agraratlas des Landes Sachsen-Anhalt (MRLU 1997) sowie den Angaben von Hartmann & Kainz (1996) zum Ertragspotential der Böden in Sachsen-Anhalt bestätigt. Daher kann von einer vereinfachten, aber die großräumige Differenzierung der Eignung für die Landwirtschaft hinreichend genau wiedergebenden Einschätzung ausgegangen werden.

Die Bewertung der Empfindlichkeit stützt sich auf die Wassererosionsgefährdung. Dabei wird jedoch der von Schwertmann et al. (1990) und Hennings (1994) vorgenommenen Einschätzung nicht gefolgt, da sie den Zielen nachhaltiger Entwicklung (Minimierung von Stoffausträgen (Ripl 1995), Erhaltung des Ertragspotentials und der ökologischen Bodenfunktionen (Walz et al. 1997)) nicht gerecht wird. Aufgrund dieser Ziele sind die genannten Wertungen, insbesondere für reliktsche Böden und nicht erneuerbare Substrate, nicht akzeptabel, was bereits in Kapitel 2.3 kritisch angemerkt wurde. Meyer (1997) und Meyer & Krönert (1998) schlagen als Grenze des tolerierbaren Bodenabtrags im mitteldeutschen Raum 2 t/ha/a vor, was der in der Nachhaltigkeitsdiskussion erhobenen Forderung nach einer Reduzierung der Bodenerosion auf die Bodenneubildungsrate nahe kommt. Dies würde in vielen Gebieten nur durch die Aufgabe der landwirtschaftlichen Nutzung zu erreichen sein. Für die vorliegende Arbeit wird der genannte Vorschlag eines Grenzwertes für tolerablen Bodenabtrag nicht übernommen. Es erscheint methodisch bedenklich einem Bewertungsverfahren wie der vereinfachten ABAG (die auch von Meyer (ebd.) und Meyer & Krönert (ebd.) verwendet wird), das qualitative Aussagen zur potentiellen Erosionsgefährdung unabhängig von Nutzung und Bewirtschaftungssystem macht, Toleranzgrenzen des tatsächlichen Abtrags zuzuordnen. Um die genannten Ziele zur Sicherung der landwirtschaftlichen Ertragsfunktion und der natürlichen Bodenfunktionen in das Bewertungsverfahren zu integrieren, werden die Grenzen der Bewertungsklassen von Schwertmann et al. (1990; siehe

Kapitel 7.3.2, Tabelle 30) abgesenkt (Tabelle 35). Eine hohe Empfindlichkeit der Funktion gegenüber Erosion besteht demnach im Lössgebiet sowie den stärker reliefierten Bereichen der Leitzkauer Stauchungszone, des Flämings und der Dübener Heide, den Talhängen der Saale und einigen Geländekanten an den Rändern des Muldetales und des westlichen Elbtales. Eine geringe Empfindlichkeit weisen die Sandgebiete mit $\leq 2^\circ$ Hangneigung auf (Abbildung 22).

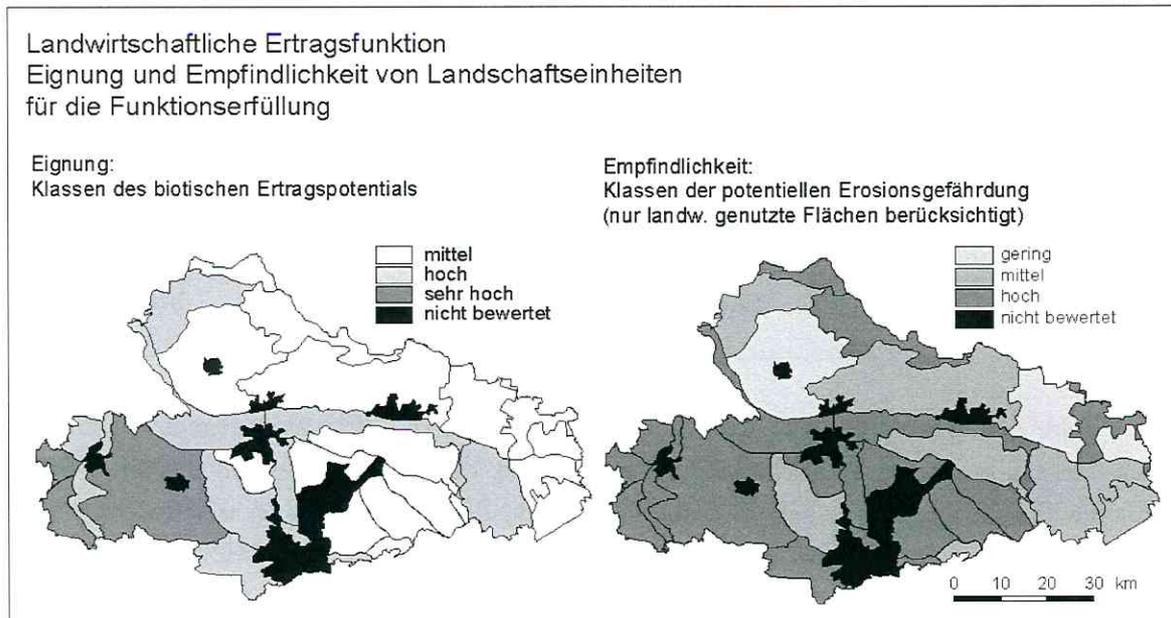


Abbildung 22: Eignung und Empfindlichkeit der Landschaftseinheiten des Regierungsbezirks Dessau in Bezug auf die ‚landwirtschaftliche Ertragsfunktion‘

Abbildung 22 gibt die Einzelbewertungen für Landschaftseinheiten wieder. Auffällig sind die hohen potentiellen Erosionsgefährdungen einiger Landschaftseinheiten des Flämings und der Dübener Heide. Dies lässt sich durch die alleinige Berücksichtigung landwirtschaftlich genutzter Flächen bei der Bildung des flächengewichteten Mittels erklären. Die landwirtschaftlich genutzten Flächen dieser Landschaftseinheiten konzentrieren sich auf salmige und lehmige Grundmoränenbereiche, bei gleichzeitig – im Vergleich zum Zerbster Ackerland beispielsweise – höheren Hangneigungen.

8.2.2 Potentielle Schutzwürdigkeit

Verfolgt man das Ziel einer nachhaltigen Landwirtschaft, muss die Schutzwürdigkeit der landwirtschaftlichen Ertragsfunktion nicht nur über das Ertragspotential, sondern auch über ihre potentielle Gefährdung bestimmt werden, wie es die Bewertungsmatrix in Tabelle 35 wiedergibt. Problematisch daran ist im Unterschied zu den vorangegangenen Erläuterungen zur Erneuerung der Grundwasserressourcen, dass die Funktion durch sich selbst gefährdet wird. Neben der wiederum ubiquitär gültigen sehr hohen Empfindlichkeit gegen Versiegelung, bildet die Bodenerosion den entscheidenden Faktor, der zu einer irreversiblen Schädigung der Ertragsfunktion - durch ihre Wahrnehmung in Form der Landbewirtschaftung - führt. Die Substrate der Bodenbildung im Regierungsbezirk Dessau sind nicht erneuerbar, da es sich

überwiegend um, in ihrer Mächtigkeit begrenzte, pleistozäne Ablagerungen handelt. Eine Ausnahme bilden die Auensubstrate, die in der rezenten Aue weiterhin neugebildet werden, wenn auch nicht in dem Umfang, wie während der mittelalterlichen Hauptphase der Auenbildung.

Tabelle 35: Verknüpfungsmatrix zur Bewertung der Eignung, Empfindlichkeit und potentiellen Schutzwürdigkeit der Landschaftsfunktion ‚landwirtschaftliche Ertragsfunktion‘

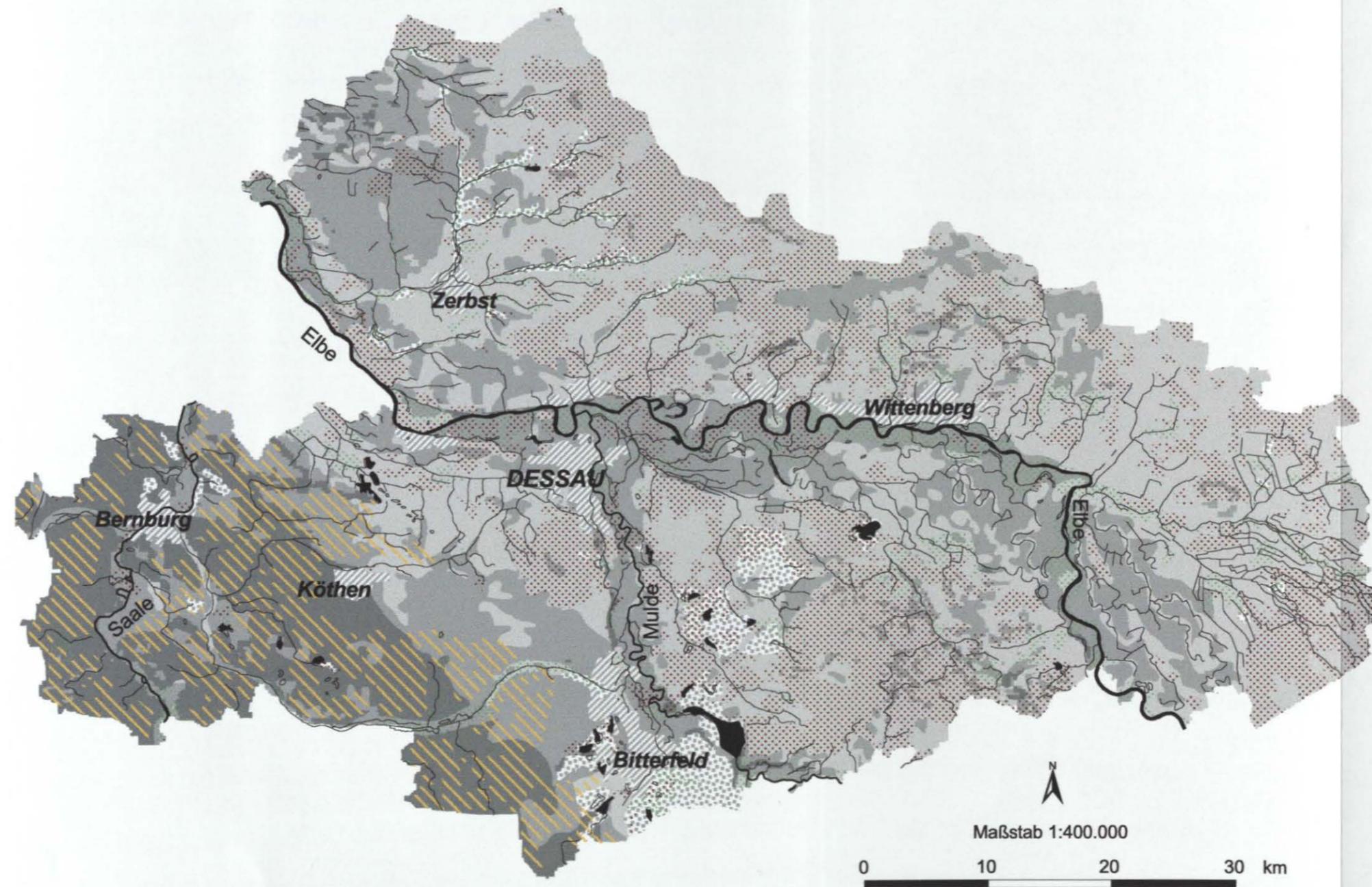
Potentielle Schutzwürdigkeit <i>Landwirtschaftliche Ertragsfunktion</i>		Empfindlichkeit		
		<i>potentielle Erosionsgefährdung in t/ha/a</i>		
		gering (1) 1	mittel (2) 1 - 4	hoch (3) 5
<i>biotisches Ertragspotential</i>	gering (1) 1 - 2	gering 1	gering 2	mittel 3
	mittel (2) 3 - 4	gering 2	mittel 3	hoch 4
	hoch (3) 5	mittel 3	hoch 4	hoch 5

Eine hohe Schutzwürdigkeit besitzt ohne Einschränkung das Schwarzerdegebiet. Dem wird auch bereits im Regionalen Entwicklungsprogramm durch die Ausweisung von Vorranggebieten für die Landwirtschaft Rechnung getragen, deren Abgrenzung anhand der Bodenzahlen der Reichsbodenschätzung erfolgte (Regierungspräsidium Dessau, Herr Tandel, mündl. Mitt. 1999). In der bislang üblichen Regionalplanungspraxis bedeutet dies aber nur einen Vorrang gegenüber der Ausweisung von Siedlungs- und Gewerbegebieten sowie Verkehrs- und Infrastrukturflächen. Gegenwärtig ist mit den formalen Instrumenten der Regionalplanung keine Beeinflussung der landwirtschaftlichen Praxis möglich. Zumindest in informellen Planungen oder für die Moderationsaufgabe der Regionalplanung bietet die räumlich differenzierte Bewertung der Empfindlichkeit ein wichtiges Instrument zur Integration dieses Aspektes in die planerische Umweltvorsorge.

Schmidt (1997: 134ff) schlägt für die Weiterentwicklung des regionalplanerischen Instrumentariums, im Hinblick auf die Rolle der Regionalplanung für den Gewässerschutz und die Gewässerentwicklungsplanung, die Einführung sogenannter „Bereiche mit besonderen Nutzungsanforderungen“ vor. Damit wäre die Möglichkeit gegeben, die nutzungsbezogene Praxis der Vorrang- und Vorbehaltsgebietsausweisung für die Landwirtschaft um bodenschutzbezogene Planaussagen zu ergänzen. Dieser planungsmethodische Aspekt wird für die integrierte Bewertung in Kapitel 8.4 wieder aufgegriffen.

Mittlere potentielle Schutzwürdigkeiten besitzen der Sandlössgürtel, die Grundmoränenlandschaften des Zerbster und Leitzkauer Ackerlandes und des mittleren Fläming sowie die Vegen und Vegagleye der Flussauen. Ebenfalls mittlere Schutzwürdigkeiten ergeben sich für Bereiche mit Hangneigungen von $\geq 2^\circ$ in Teilen der Dübener Heide, des westlichen mittleren Fläming und auch des Leitzkauer Ackerlandes. Die mehr oder weniger ebenen Teile der Sandgebiete mit geringer Eignung und Empfindlichkeit erhalten eine geringe Schutzwürdigkeit.

Karte 15: Bewertung der Landschaftsfunktion 'landwirtschaftliche Ertragsfunktion'
 - Potentielle Schutzwürdigkeit und Funktionssicherung in der Regionalplanung -



Potentielle Schutzwürdigkeit
 risikoanalytische Verknüpfung von
 - biotischem Ertragspotential für Acker (Eignung)
 - potentieller Wassererosionsgefährdung (Empfindlichkeit)

- gering
- mittel
- hoch

Nichtackerbauliche
 Flächennutzung

- Forstwirtschaftliche Nutzung
- Grünland
- Siedlungs-, Gewerbe- und Verkehrsflächen
- nicht bewertet (Bergbau- und Kippenflächen, Moore)
- Gewässer

Funktionssicherung in der
 Regionalplanung

Vorranggebiete des
 Regionalen Entwicklungsprogramms

- Landwirtschaft

Die Bewertung der landwirtschaftlichen Ertragsfunktion über die potentielle Schutzwürdigkeit erfolgt aus dem Blickwinkel des Nutzungsinteresses der Landwirtschaft. Dies ist auch in einem landschaftsökologischen Ansatz wichtig, der planungsfachlich verwertbare Aussagen machen will, da die Landwirtschaft gleichzeitig Faktor der Landschaftsentwicklung und wichtiger ‚Akteur‘ der Regionalentwicklung ist, den die Regionalplanung in Abwägungs- und Entscheidungsprozessen berücksichtigen muss.

Aus regional- und landschaftsplanerischer Sicht kehrt sich jedoch gerade in den Rückzugsräumen der Landwirtschaft die Funktionsbeziehung um: Die Frage nach der Bedeutung eines Landschaftsausschnitts für die Landwirtschaft interessiert weniger als diejenige nach der Funktion der Landwirtschaft für den konkreten Landschaftsausschnitt. Dies betrifft den Beitrag der Landwirtschaft zur Erhaltung der landschaftlichen Eigenart, wie im Falle der charakteristischen Agrarinseln des Fläming und der Dübener Heide (vgl. Bühler-Natour 1999), oder die, an eine extensive Nutzung gebundene, Erhaltung seltener Biotoptypen. Zukünftig ist im Zuge des vorsorgenden Grundwasserschutzes auch an die Bedeutung einer extensiven, auf eine ausgeglichene Stoffbilanz ausgerichtete, Landwirtschaft für die quantitative und qualitative Sicherung der Erneuerung der Grundwasserressourcen zu denken. Diese Beispiele betreffen heute oft als vorrangig eingestufte Funktionen der Landwirtschaft, wie sie über die Grundsätze und Ziele des ROG und der Naturschutzgesetze des Bundes und der Länder definiert sind. Mit Mitteln des Vertragsnaturschutzes, in Agrarumweltprogrammen und durch gezielte Lenkung von Ausgleichsmaßnahmen im Zuge der naturschutzfachlichen Eingriffsregelung wird versucht, diese Funktionen zu sichern.

Durch die Anwendung des in der vorliegenden Arbeit entwickelten Verfahrens werden die raumfunktionalen Beziehungen im Spannungsfeld Landwirtschaft, vorsorgender Grundwasserschutz und Naturschutz deutlich, die als eine Grundlage für den gezielten Einsatz der genannten Instrumente dienen können.

8.3 Bewertung der Regulation des Wasser- und Stoffhaushaltes

Zentraler Indikator für die Funktion eines Landschaftsausschnittes hinsichtlich des Wasser- und Stoffrückhaltes ist die Abflussregulationsfunktion. Durch die Eingangsparameter werden die Faktoren Nutzung, Relief, Wasserspeichervermögen des Bodens und Infiltrationskapazität des Bodens in die Analyse einbezogen. Damit entstehen sehr komplexe Aussagen über Landschaftsausschnitte, die hinsichtlich der Ausprägung einzelner Parameter sehr unterschiedlich sind, aber trotzdem die gleiche Klasse der Abflussregulationsfunktion aufweisen können (z.B. sowohl ackerbaulich genutzte Gleye in der Elbaue als auch ackerbaulich genutzte Schwarzerden des Lössgebietes besitzen eine mittlere Abflussregulationsfunktion).

Potentielle Schutzwürdigkeit und potentieller Entwicklungsbedarf

Im Unterschied zur Erneuerung der Grundwasserressourcen und der landwirtschaftlichen Produktionsfunktion, lassen sich beim Wasser- und Stoffrückhalt Eignung und Empfindlichkeit nicht sinnvoll über verschiedene Indikatoren operationalisieren. Eine hohe und sehr hohe Abflussregulationsfunktion indizieren gleichzeitig die hohe Eignung eines Raumes für diese Funktion sowie die geringe Empfindlichkeit. Der umgekehrte Fall verhält sich analog: Eine

geringe bis sehr geringe Abflussregulationsfunktion bedeutet eine geringe Eignung für den Wasser- und Stoffrückhalt, geht aber gleichzeitig mit einer hohen Empfindlichkeit gegenüber Wasser- und Stoffausträgen einher. Dieses Prinzip gilt ebenfalls für die zusätzlichen Indikatoren ‚Erosionsgefährdung‘ und ‚Austauschhäufigkeit des Bodenwassers‘.

Normative Grundlage für die Bewertung der Funktion ist einmal die aus dem Nachhaltigkeitspostulat abgeleitete Forderung nach einer Minimierung irreversibler Stoffverluste aus der Landschaft (Ripl & Hildmann 1994, Ripl 1995). Damit eng verbunden ist der Wasserrückhalt, der seine Bedeutung sowohl für die wassergebundenen Stoffausträge als auch für die Reduzierung der Hochwasserabflüsse besitzt. Die Erhaltung der ökologischen Bodenfunktionen (Walz et al. 1997, BMU 1998) ist ebenfalls eng an die Minimierung von Stoffausträgen und Bodenerosion gebunden.

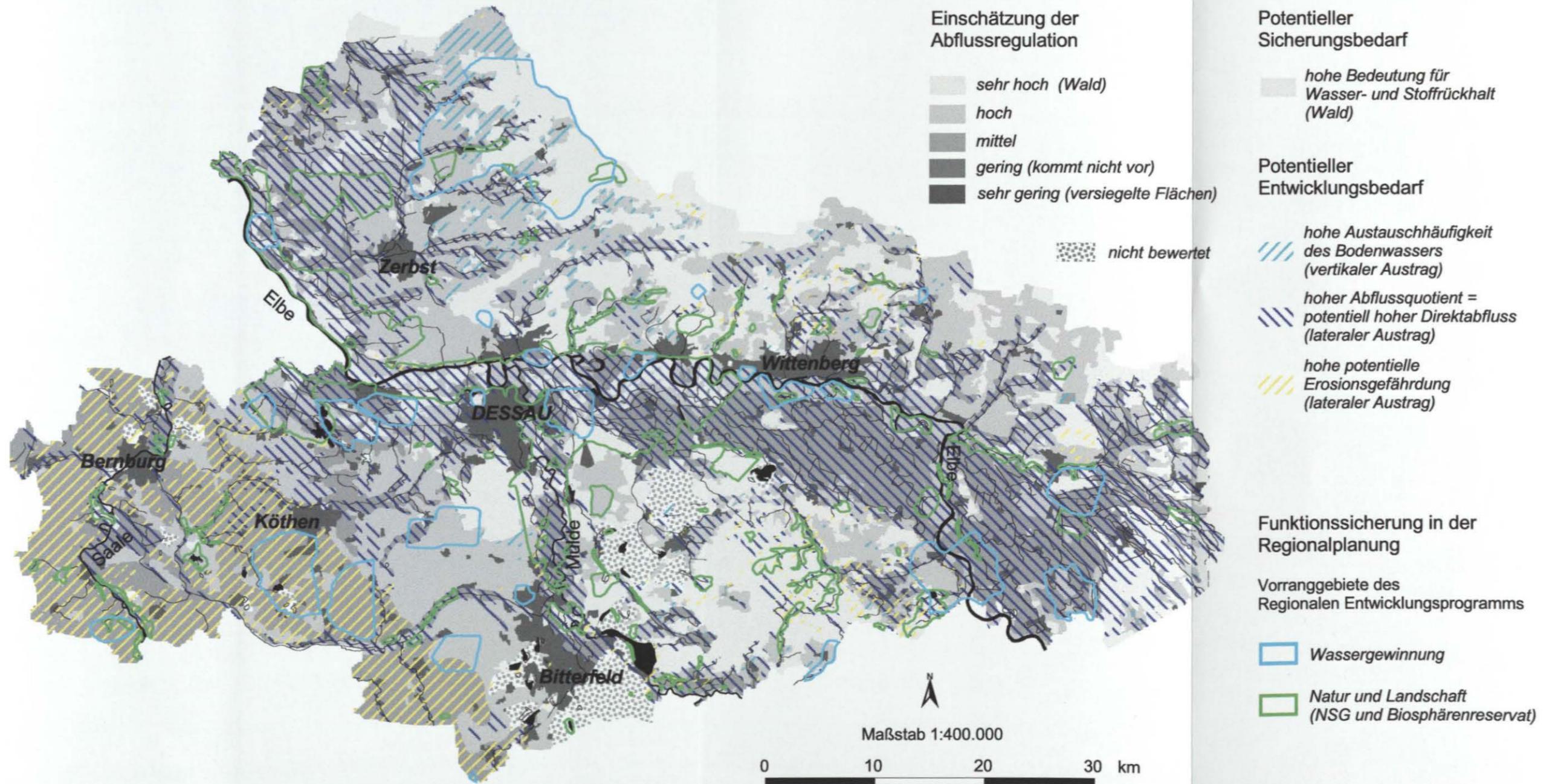
Tabelle 36: Bewertung des potentiellen Sicherungsbedarfs und des potentiellen Entwicklungsbedarfs der Landschaftsfunktion ‚Regulation des Wasser- und Stoffhaushaltes‘

potentieller Sicherungsbedarf	hoch	mittel	gering
Abflussregulation	sehr hoch bis hoch (1 – 2)	mittel bis gering (3 – 4)	sehr gering (5)
potentieller Entwicklungsbedarf	hoch	mittel	gering
Abflussregulation	sehr gering bis mittel (5–3)	hoch (2)	sehr hoch (1)
Austauschhäufigkeit	> 200 % im Jahr	100 - 200 % im Jahr	-
Abflussquotient	≥ 2	≥ 1,5 - < 2	< 1,5
Erosionsgefährdung	hoch		

Aus den oben genannten Gründen erfolgt die Bewertung der Funktion eines Landschaftsausschnittes für den Wasser- und Stoffrückhalt nach folgendem Prinzip (Tabelle 36):

- a) Bereiche mit einer hohen und sehr hohen Abflussregulation und einer geringen Austauschhäufigkeit des Bodenwassers haben eine hohe Eignung und geringe Empfindlichkeit bezüglich des Wasser- und Stoffrückhaltes. Daraus lässt sich deren hohe Bedeutung für die Funktion ableiten. Der Terminus Schutzwürdigkeit erscheint unangebracht, da keine hohe Empfindlichkeit vorliegt. Bei der Formulierung von Zielen der planerischen Umweltvorsorge ist daher besonderer Wert auf die **Funktionsicherung** zu legen.
- b) Gebiete mit einer mittleren bis sehr geringen Abflussregulation haben eine mittlere bis sehr geringe Eignung bzw. Empfindlichkeit und entsprechend eine mittlere bis sehr geringe Bedeutung. Auch hier greift die Kategorie Schutzwürdigkeit nicht, vielmehr sind dies Bereiche, in denen es vorrangig um **Funktionsentwicklung** geht, die über die zusätzlichen Indikatoren
 - Austauschhäufigkeit des Bodenwassers (vertikaler Wasser- und Stoffaustrag),
 - Abflussquotient (lateraler Wasser- und Stoffaustrag) und
 - Erosionsgefährdung (lateraler Wasser- und Stoffaustrag)
 weiter differenziert werden.

Karte 16: Bewertung der Landschaftsfunktion 'Regulation des Wasser- und Stoffhaushaltes'
 - Potentieller Sicherungsbedarf und potentieller Entwicklungsbedarf -



Der Wasser- und Stoffrückhalt in der Landschaft ist sehr stark von der Ausprägung der beiden anderen betrachteten Funktionen abhängig. Dies unterstreicht die Bedeutung einer umfassenden und integrierten Betrachtung landschaftsfunktionaler Prozesse und Strukturen, erschwert aber gleichzeitig die methodische Operationalisierung der Bewertung. Die oben erläuterte und in Tabelle 36 dargestellte Vorgehensweise der Bewertung ist durch die Integration vorhandener Verfahren in einen risikoanalytischen Ansatz eine methodische Weiterentwicklung der Funktionsbewertung. Die Ergebnisse sind in Karte 16 dargestellt und werden weiter unten diskutiert.

Bewusst wird jeweils von einem *potentiellen* Sicherungs- und Entwicklungsbedarf gesprochen, da Ausgangspunkt für die Bestimmung des tatsächlichen Handlungsbedarfs der gemessene Austrag sein muss. Wird er als Eintrag in Grund- oder Oberflächenwasser gemessen, lässt sich mit der beschriebenen Methode der Herkunftsbereich bestimmen. Für die planerische Umweltvorsorge in Regional- und Landschaftsrahmenplanung können potentieller Sicherungs- und Entwicklungsbedarf des Wasser- und Stoffrückhaltes zudem als zusätzliche Abwägungskriterien bei der Zielbestimmung der Landschaftsentwicklung dienen. Als solche können sie auch in die regionalplanerische Vorbereitung der Durchführung von Ausgleichsmaßnahmen im Zuge der naturschutzfachlichen Eingriffsregelung bei Vorhabensplanungen dienen (vgl. Rößling 1999). Gerade Maßnahmen zur Extensivierung bzw. Beeinflussung landwirtschaftlicher Bewirtschaftung oder zur angestrebten Erhöhung des Waldanteils in den Agrarlandschaften des Regierungsbezirks (im Textteil des REP und in den Leitbildern des Landschaftsprogramms (MUN 1994, Anhang 2)) können so gezielt auf wasser- und stoffhaushaltlich sensitive Bereiche ausgerichtet werden. Durch die geplante Wasserrahmenrichtlinie der EU (Rat der Europäischen Union 1999) wird die planerische Umweltvorsorge der Regulation des Wasser- und Stoffhaushaltes in Zukunft mehr Beachtung schenken müssen und können (siehe auch Kapitel 9.3).

In Karte 16 sind Bereiche mit potentiellem Sicherungsbedarf der Regulation des Wasser- und Stoffhaushaltes auf der Grundlage einer sehr hohen Abflussregulationsfunktion ausgewiesen. Im Untersuchungsgebiet gilt dies nur für die bewaldeten Flächen, die unabhängig von anderen Faktoren diese Bewertungsklasse erhalten. Ein solches Ergebnis ist einerseits unbefriedigend, da die verwendete Methode nur eine wenig differenzierte Einschätzung ermöglicht. Andererseits unterstreicht die Bewertung aber auch die Bedeutung des Waldes für den Wasser- und Stoffrückhalt gerade auf den sandigen Böden des Flämings und der Dübener Heide.

Die geringe Differenziertheit der Abflussregulationsfunktion und die sehr kleinräumige Differenzierung des Abflussquotienten lassen die überblicksartige Darstellung dieser Indikatoren für Landschaftseinheiten nicht sinnvoll erscheinen.

Der in Karte 16 dargestellte potentielle Entwicklungsbedarf zielt auf eine Verbesserung des Wasser- und Stoffrückhaltes und weist dafür besonders relevante Flächen aus, die danach differenziert werden, ob sie von lateralen oder vertikalen Austragsprozessen dominiert sind:

a) *Entwicklungsbedarf zur Verringerung des vertikalen Stoffaustrags*

Bereiche mit Austauschhäufigkeiten des Bodenwassers von mehr als 100 % im Jahr, die sich fast ausschließlich auf landwirtschaftlich genutzte Flächen auf sandigen Böden im

Fläming beschränken. Hier sind Maßnahmen zu einer entsprechend angepassten Bewirtschaftung zu ergreifen. Eine Nutzungsaufgabe ist aus Sicht der betrachteten Funktionen hingegen nicht anzustreben, da es sich um Gebiete mit besonders hoher Grundwasserneubildung und gleichzeitig die landschaftliche Eigenart des Flämings mit prägende Offenlandbereiche handelt. Vielmehr sollten hier besondere Bemühungen um eine standortangepasste Bewirtschaftung unternommen werden.

b) *Entwicklungsbedarf zur Verringerung des lateralen Stoffaustrags und des Wasserrückhalts*

Lateraler Stoffaustrag ist einmal an den Direktabfluss gebunden, zu dessen Indikation der Abflussquotient verwendet wird. Der abgeleitete Direktabfluss wird nicht verwendet, da er in Bereichen mit negativer Grundwasserneubildung (tatsächliche Verdunstung ist größer als Niederschlagsmenge) keine brauchbaren Angaben liefert. Der Entwicklungsbedarf besteht danach in Bereichen mit Grund- oder Stauwassereinfluss und/oder stärkeren Hangneigungen.

Parallel indizieren hohe potentielle Erosionsgefährdungen Entwicklungsbedarf, der sich in den Hangbereichen und Niederungen des Lössgebietes mit hohen Abflussquotienten überlagert.

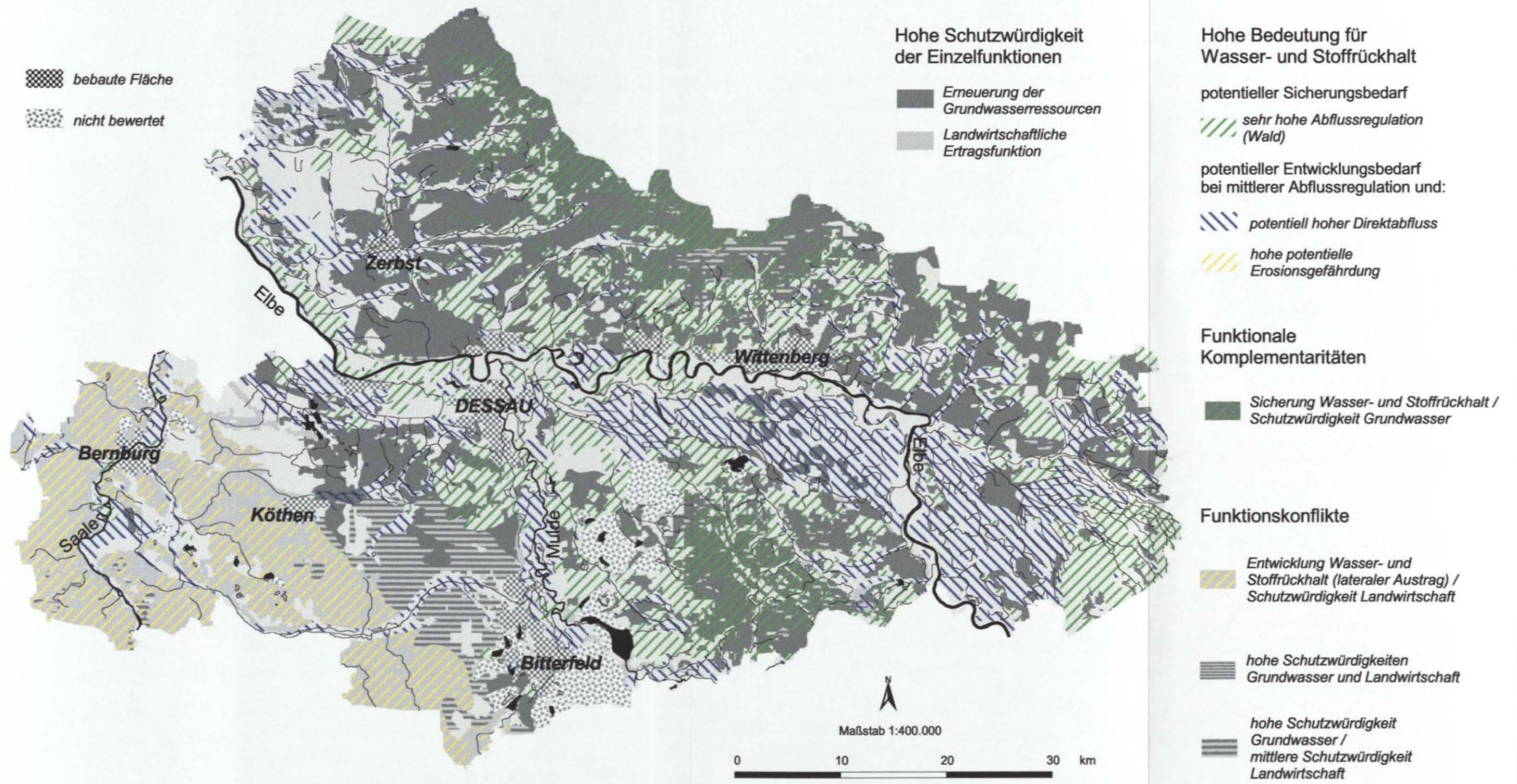
8.4 Integration der Einzelbewertungen als Voraussetzung multifunktionaler Landschaftsentwicklung

Um die Voraussetzungen für eine multifunktionale Landschaftsentwicklung analysieren zu können, werden die Bereiche mit hoher potentieller Schutzwürdigkeit für die Erneuerung der Grundwasserressourcen und die landwirtschaftliche Produktionsfunktion in eine Karte der integrierten Funktionsbewertung übernommen (Karte 17). Bis auf wenige kleinräumige Ausnahmen im Schwarzerdegebiet bestehen bei ausschließlicher Betrachtung hoher Schutzwürdigkeiten keine Überlagerungen der potentiell konfliktären Funktionen.

Landwirtschaftliche und speziell ackerbauliche Nutzung in intensiver Form ist aber nicht auf Bereiche mit hohen Schutzwürdigkeiten begrenzt, sondern ist großflächig auch in der östlichen Elbaue, dem Sandlössgürtel und im Zerbster und Leitzkauer Ackerland vorhanden. Dies sind Landschaften mit mittleren Schutzwürdigkeiten für die Landwirtschaft. Um die tatsächlich auftretenden Konflikte zwischen landwirtschaftlicher Ertragsfunktion und der Erneuerung der Grundwasserressourcen besser einschätzen zu können, werden Überlagerungsbereiche hoher Schutzwürdigkeit der Erneuerung der Grundwasserressourcen und mittlerer Schutzwürdigkeiten für die landwirtschaftliche Ertragsfunktion als potentielle Konfliktzonen in Karte 17 ebenfalls dargestellt. Als großflächiger Konfliktraum fällt insbesondere der Sandlössgürtel des Quellendorf-Thalheimer Ackerlandes auf. Potentiell konfliktträchtig ist aber auch die Cobbelsdorf-Straacher Agrarinsel im nördlichen Fläming.

In den genannten potentiellen Konfliktbereichen ist die aus landwirtschaftlicher Sicht erforderliche Sicherung der Bodenfruchtbarkeit mit dem Ziel der Minimierung vertikaler Stoffausträge zu kombinieren. Vorrangige Bedeutung haben hier eine ordnungsgemäße und standortangepasste Bewirtschaftung der landwirtschaftlich genutzten Flächen. Diese kann durch Maßnahmen in Agrarumweltprogrammen gestützt werden.

Karte 17: Integrierte Funktionsbewertung
 - Konflikte und Komplementaritäten bei Sicherung und Entwicklung der Landschaftsfunktionen -



Als besonders bedeutsam für die Regulation des Wasser- und Stoffrückhaltes sind die Waldflächen bereits identifiziert worden. Im zentralen und nördlichen Fläming sowie der Dübener Heide geht diese Funktion mit einer hohen Schutzwürdigkeit der Erneuerung der Grundwasserressourcen einher. Für die beiden Funktionen lassen sich identische Sicherungs- und Entwicklungsziele formulieren: Die Erhaltung des Waldbestandes dient in besonderem Maße dem Wasser- und Stoffrückhalt und dem vorsorgenden Grundwasserschutz. Für die Entwicklung des Waldbestandes haben die Grundsätze einer naturnahen Waldbewirtschaftung besondere Bedeutung, da standorttypischer Wald und seine kleinteilige Bewirtschaftung Stoffausträge verringern helfen (vgl. Leitlinie Wald des Landes Sachsen-Anhalt, MELF 1998).

Laterale Wasser- und Stoffflüsse, die in besonderer Weise zur Gewässerbelastung und zu Hochwasserabflüssen beitragen, sind bei einer mittleren oder geringen Abflussregulationsfunktion in Kombination mit potentiell hohen Direktabflüssen in verstärktem Ausmaß zu erwarten. Daher sind insbesondere das östliche Tal der Elbe mit den Niederungen ihrer nördlichen Zuflüssen, das Saaletal, Fuhne- und Nutheniederung sowie die westlichen Teile des Leitzkauer Ackerlandes als potentiell vorrangig für die Verbesserung des Wasser- und Stoffrückhaltes einzuschätzen. Gezielte Veränderungen der Bewirtschaftungsintensität und der Agrarraumstruktur sollten diese funktionale Bedeutung der genannten Landschaften berücksichtigen.

Die Vorschläge von Schmidt (1997) zur Weiterentwicklung des regionalplanerischen Instrumentariums sind bereits mehrfach angesprochen worden. Im Hinblick auf die hier betrachteten Funktionen und die von Schmidt angestrebte Verknüpfung nutzungs- und schutzgutbezogener Aussagen der Regionalplanung sind für die vorliegende Verfahrensentwicklung folgende Vorschläge besonders relevant:

- Bereiche mit besonderen Anforderungen an den Grundwasserschutz
- Bereiche mit besonderen Anforderungen an den Bodenschutz
- Offenzuhaltendes Gebiet
- Anzureicherndes Gebiet

Werden diese Zielkategorien in die Zielbestimmung von Vorranggebietsausweisungen einbezogen, lassen sich viele der im Zuge der Verfahrensanwendung erzielten Ergebnisse und Bewertungen in die regionalplanerische Umweltvorsorge integrieren:

- Die Vorranggebiete für die Landwirtschaft wären in den besonders erosionsgefährdeten Bereichen um ‚besondere Anforderungen für den Bodenschutz‘ zu erweitern, im Sandlössgürtel um ‚besondere Anforderungen an den Grundwasserschutz‘.
- Für die von landwirtschaftlicher Nutzungsaufgabe bedrohten Agrarinseln des Fläming und der Dübener Heide ließen sich sowohl als ‚Offenzuhaltendes Gebiet‘ als auch als ‚Bereiche mit besonderen Anforderungen an den Grundwasserschutz‘ in ihrer komplexen Funktionalität besser kennzeichnen und entsprechend entwickeln.
- Flächen mit potentiell Entwicklungbedarf hinsichtlich der Reduzierung lateraler Wasser- und Stoffflüsse wären als ‚Anzureicherndes Gebiet‘ hervorzuheben, was beispielsweise

se eine wichtige Grundlage für die regionalplanerische Vorbereitung der naturschutzfachlichen Eingriffsregelung wäre.

Diese Aussagen sind nicht nur für die regionalplanerische Funktionssicherung und -entwicklung von Bedeutung, sondern auch für strategische Planungen verschiedener Fachplanungen. Für den Regierungsbezirk Dessau relevante Beispiele auf Landesebene sind das wasserwirtschaftliche Fließgewässerprogramm (LAU 1997) und das naturschutzfachliche Ökologische Verbundsystem (MRLU 1997b).

9 Diskussion und Ausblick

9.1 Schlussfolgerungen aus der Verfahrensanwendung

In Umweltforschung und –planung ist eine wachsende Skepsis über die Steuerungsmöglichkeiten planerischer Umweltvorsorge festzustellen, die in der Frage „Ist Landschaft planbar?“ (Jessel 1995) zum Ausdruck kommt. Dies ist nicht nur vor dem Hintergrund begrenzter Quantifizierbarkeit komplexer landschaftlicher Zusammenhänge zu verstehen. Hinzu kommt die Erkenntnis, dass landschaftliche Entwicklung von sozioökonomischen Größen bestimmt wird, die sich ihrerseits wiederum von der naturräumlich vorgegebenen Differenzierung abkoppeln. Die begrenzten planerischen Steuerungsmöglichkeiten landschaftlicher Entwicklung führen dazu, dass neben den etablierten Planungsinstrumenten die Moderationsfunktion räumlicher Planung an Bedeutung gewinnt. Darin wird die Chance gesehen, gesellschaftliche Akzeptanz für Ziele der Umweltvorsorge zu erreichen, um zusätzliche Einflussmöglichkeiten auf landschaftliche Entwicklung zu erlangen.

Unabhängig von diesen – auch vom Zeitgeist geprägten – Begrifflichkeiten ist damit ein hoher Anspruch an Landschaftsökologie und Planung verbunden: Planerische Umweltvorsorge kann nur erfolgreich sein, wenn Ziele plausibel sind und in nachvollziehbaren Schritten hergeleitet werden. Dadurch verbessern sich nicht nur die Argumentationsbasis, sondern auch das für eine breitere Akzeptanz erforderliche Verständnis für landschaftsfunktionale Zusammenhänge auch außerhalb von Expertengremien.

Die Verfahrensanwendung im Regierungsbezirk Dessau zeigt, dass auch auf mesoskaliger Ebene eine integrierte und landschaftshaushaltliche Zusammenhänge berücksichtigende sowie in ihren Aussagen transparente Vorgehensweise möglich ist, die Abwägungskriterien und Entscheidungsgrundlagen für planerische Bewertungen und Ziele bereitstellt. Durch die Verknüpfung landschaftsökologischer und planungsfachlicher Ansätze wurden die Möglichkeiten der Umweltvorsorge auf regional- und landschaftsplanerischer Ebene in folgenden Punkten methodisch weiterentwickelt:

➤ *Multikriterielle Analyse und Bewertung im GIS*

Die Komplexität landschaftlicher Zusammenhänge und die sowohl nutzungs- als auch schutzgutbezogene Analyse und Bewertung erfordern die Berücksichtigung vielfältiger Faktoren der Landschaftsentwicklung.

Daher enthält das Verfahren eine breite Basis landschaftsökologischer Methoden und Modelle für eine multikriterielle Analyse und Bewertung von Landschaftsfunktionen. Durch den Aufbau eines GIS erhält das Verfahren zum einen den Charakter eines Informationssystems: Unabhängig von wertenden Aussagen lassen sich Landschaften beispielsweise nach wasserhaushaltlichen Kenngrößen, bodenökologischen Eigenschaften und vorherrschenden Interaktionsmustern zwischen Landnutzung und naturräumlicher Ausstattung charakterisieren. Solche Aussagen gehen in Leitbilder landschaftlicher Entwicklung ein (z.B. in den Landschaftseinheiten des Landschaftsprogramms von Sachsen-Anhalt). Zum anderen ist die GIS-Basierung des Verfahrens eine Voraussetzung für die planerische Bewertung der funktionsräumlichen Differenzierung. Im GIS lassen sich die verwendeten

Methodenbausteine zu einem Methodensystem verknüpfen, das so zur Grundlage der schrittweisen und nachvollziehbaren multikriteriellen Bewertung wird. Auf diese Weise wird für alle Aussagen ein einheitlicher analytischer und darstellerischer Zusammenhang geschaffen. Gegenüber den in Sachsen-Anhalt etablierten Fachinformationssystemen, wie zum Beispiel N-GIS, SABIS und ROK²⁴, mit hoher sektoraler Spezialisierung – die dem jeweiligen Einsatzzweck nach gerechtfertigt ist – besteht im entwickelten Verfahren der Vorteil der Primärintegration von Informationen unterschiedlicher fachlicher Herkunft. Erst dadurch werden die in dieser Arbeit durchgeführten komplexen Analysen möglich.

➤ *Flexibilität des Raum- und Zeitbezugs*

Die Primärintegration digitaler Daten im GIS ermöglicht einen flexiblen räumlichen Bezug analytischer und wertender Aussagen. Jede planerische Fragestellung und jede Funktionsbetrachtung erfordert die Berücksichtigung unterschiedlicher Faktoren. Deren Operationalisierung über die verwendeten Parameter und Indikatoren führt zu einer spezifischen, auf das jeweilige Ziel der Analyse ausgerichteten Differenzierung des Raumbezugs. Diese notwendige Flexibilität wird über die Verwendung von kleinsten gemeinsamen Geometrien als räumliche Basiseinheiten gewährleistet. Vordefinierte Einheiten einer landschafts-ökologischen, hydrologischen oder administrativen Raumgliederung sind jeweils nur in einem bestimmten Kontext geeignet. So sind Einzugsgebiete die geeigneten Bezugseinheiten für wasserhaushaltliche Fragestellungen, die sich nach Prozesskriterien weiter unterteilen lassen (z.B. in Hydrological Response Units bzw. aggregierte Hydrotope (Diekkrüger 1999, Gerold 1999) oder auf Grundlage der Hydrological Systems Analysis in Infiltrations- und Exfiltrationsgebiete (Engelen & Kloosterman 1996, van Buuren 1994, 1997, van Buuren & Kerkstra 1993)). Als Grundlage eines offenen Verfahrens zur Bearbeitung vielfältiger Aufgaben planerischer Umweltvorsorge sind vordefinierte Raumeinheiten nur begrenzt einsetzbar. Planungsbezogene Arbeiten zur integrierten Landschaftsanalyse und –bewertung verzichten daher meist auf ein vordefiniertes Gliederungsprinzip. Als Beispiele seien das Landschaftsmodell für den Kraichgau von Dabbert et al. (1999) und die landschaftsökologische Kartierung der Niederlande (Harms & Klijn 1996) genannt. Der GIS-Einsatz ermöglicht zudem die Betrachtung unterschiedlicher Zeitpunkte und die Durchführung von Zeitreihenanalysen. Damit ist das Verfahren szenariofähig, was für die planerische Umweltvorsorge von großer Bedeutung ist, in der vorliegenden Arbeit aus zeitlichen Gründen nicht ausgenutzt werden konnte. Mit Hilfe von Szenarien lassen sich beispielsweise die Auswirkungen des Agrarlandschaftswandel auf den Landschaftswasserhaushalt prognostizieren, was von Volk & Bannholzer (1999) für Teile des Untersuchungsgebietes exemplarisch durchgeführt wurde.

➤ *Integration nutzungs- und schutzgutorientierter Planungsaussagen*

Die häufig konstatierte geringe Wirksamkeit planerischer Umweltvorsorge hat ihre Ursache auch in der einseitigen Orientierung auf Nutzungen oder Schutzgüter (Schmidt 1997). Die Landschaftsplanung orientiert sich auf schutzgutbezogene Bewertungen und Zielformulierungen, während die Regionalplanung traditionell Nutzungsplanung ist. Dies bedingt

²⁴ N-GIS und SABIS sind eigenständige, auf Landesebene geführte Informationssysteme des Landes Sachsen-Anhalt für Naturschutz und Landschaftspflege bzw. Bodeninformation; das Raumordnungskataster (ROK) wird ebenfalls auf Landesebene geführt und enthält die raumordnerischen Planinhalte.

sich durch die ursprüngliche Verankerung dieser Planungen einerseits im Naturschutz (Landschaftsplanung) und andererseits in der Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung (Raumplanung). Das gesetzlich verankerte Ziel einer nachhaltigen räumlichen Entwicklung lässt sich aufgrund der prozessualen Wechselwirkungen zwischen Schutzgütern und Nutzungen so nicht erreichen.

Das Verfahren begegnet diesem Manko auf zweierlei Weise:

- a) Die Verwendung von Landschaftsfunktionen als zentralem Betrachtungsgegenstand integriert naturräumliche Ausstattung und Nutzung von Landschaften. Zugleich wird die Unterscheidung in Natur- und Kulturfunktionen im landschaftlichen Systemzusammenhang nebensächlich.
- b) Durch die Einbindung landschaftsökologischer Methoden und Modelle in die ökologische Risikoanalyse lassen sich Eignungen und Empfindlichkeiten eines Raum- oder Landschaftsausschnitts hinsichtlich ausgewählter Funktionen bewerten. Dadurch werden die landschaftsökologisch relevanten Faktoren der Funktionserfüllung im Zusammenhang betrachtet und die Trennung nutzungs- und schutzgutorientierter Aussagen überwunden. Mit Hilfe des Verfahrens ist es möglich, die Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten der Regionalplanung im landschaftshaushaltlichen Kontext vorzunehmen. So basiert beispielsweise die bisherige Ausweisungspraxis von Vorranggebieten für die Landwirtschaft allein auf dem Ertragspotential (Bodenzahl der Reichsbodenschätzung). Mit Hilfe des Verfahrens kann die Empfindlichkeit der landwirtschaftlichen Produktionsfunktion als weiteres Kriterium hinzugezogen und als bodenschutzbezogene Kennzeichnung in die Formulierung des Vorrangs einbezogen werden.

➤ *Unterstützung diskursiver und partizipativer Planungsprozesse*

Auf diskursive und partizipative Planungsprozesse, also Planungen in denen die Zielformulierung nicht durch Experten sondern in einem mehr oder weniger öffentlichen Diskussionsprozess erfolgt, ist das Verfahren in folgenden Punkten ausgerichtet:

- a) Die einzelnen Verfahrensschritte sind in sich geschlossen und bauen logisch aufeinander auf. Die landschaftsökologische Analyse und Einschätzung der verwendeten Indikatoren erfolgt mit Methoden und Modellen als eigenständigen Bausteinen, die separat diskutiert werden und unabhängig von der Verfahrensentwicklung in der Fachliteratur dokumentiert sind. Für die Transformation in planungsbezogene Bewertungen werden normative Kriterien formuliert, die sich auf das gesetzlich fixierte Prinzip nachhaltiger Entwicklung stützen und auf definierte Leitbilder und Umweltqualitätsziele zurückgreifen. Diskussion und Dokumentation der normativen Kriterien gewährleistet für alle potentiell an der Verfahrensanwendung Beteiligten – Experten, Regional- und Landschaftsplaner, regionale Akteure und Öffentlichkeit – ein Höchstmaß an Transparenz.
- b) Die Bewertung von Landschaftsfunktionen erfolgt anhand normativer Kriterien, die nachvollziehbar ausgewählt und begründet sind sowie intersubjektive Gültigkeit beanspruchen. Wertsetzungen und deren Gewichtung sind jedoch letztlich keine eindeutig objektivierbaren Tatsachenentscheidungen und damit Gegenstand der Abwägung und Diskussion. Das Verfahren enthält jedoch als Grundlage jeder Bewertung die fachlichen Klassifizierungen und Einschätzungen der verwendeten Parameter und Indika-

toren. Daher können im Planungsprozess unterschiedliche Wertsetzungen vorgenommen und in ihrer Wirkung auf die funktionsräumliche Differenzierung analysiert werden. So lassen sich die Grenzen variieren, ab denen beispielsweise von einer hohen Erosionsgefährdung oder einer hohen Grundwasserneubildung gesprochen wird. Damit variieren auch die räumlichen Differenzierungen von Eignungen und Empfindlichkeiten, was sich im GIS kurzfristig visualisieren lässt. Gleichzeitig lassen sich damit einher gehende Änderungen des Zuschnitts und des Musters von Funktionsräumen mit einheitlichen Schutzwürdigkeiten und Entwicklungsanforderungen darstellen. Dies gilt auch für die sich ändernden Wechselwirkungen zwischen Funktionen. Wird beispielsweise der Wasser- und Stoffrückhalt in seiner Bedeutung reduziert, lässt sich sehr einfach zeigen, wo sich dies potentiell stark auf die Erneuerung des Grundwassers oder den lateralen Stoffaustrag durch Bodenerosion auswirkt. GIS ist somit ein Werkzeug, mit dem sich im Planungsprozess funktionale Zusammenhänge deutlich machen und deren Verständnis verbessern lassen. Verbessern kann sich auf diese Weise aber auch das Verständnis zwischen den am Planungsprozess Beteiligten mit ihren jeweiligen, häufig konfliktären Zielvorstellungen.

Das Verfahren ist als offenes System angelegt, das sich durch zusätzliche Methoden und Modelle erweitern lässt. Die Verfahrensentwicklung liefert kein fertiges Endprodukt, sondern ist verbesserungsbedürftig und –fähig. Dies betrifft insbesondere:

➤ *Berücksichtigung von Beeinträchtigungen*

Um die tatsächliche Funktionserfüllung eines Raum- oder Landschaftsausschnittes beurteilen und die Sicherung oder Entwicklung einer Funktion planen zu können, bedarf es der Berücksichtigung vorhandener oder zu erwartender Beeinträchtigungen.

➤ *Monitoringfähigkeit*

Planerische Umweltvorsorge muss Umweltveränderungen frühzeitig bzw. prognostisch erkennen können, um Ziele und Maßnahmen entsprechend auszurichten. Daher werden monitoringfähige Werkzeuge benötigt, die Veränderungen über Messwerte oder mit Hilfe von Indikatoren anzeigen. Parallel zur Szenariofähigkeit lässt sich mit dem Verfahren prinzipiell auch ein Monitoring landschaftsstruktureller und -haushaltlicher Prozesse durchführen. Messwerte stehen jedoch nur in Ausnahmefällen zur Verfügung, da landschaftliche Prozesse nicht flächendeckend gemessen werden können, wie dies beispielsweise in der routinemäßigen Gewässerüberwachung möglich ist. Einen möglichen Kompromiss stellt für den Bereich des Bodenschutzes die Einrichtung repräsentativer Bodendauerbeobachtungsflächen dar.

Mit den verwendeten Methoden und Daten ist ein Monitoring im Verfahren nur ansatzweise und zwar für den Landschaftswasserhaushalt möglich. Aufgrund der Ausrichtung der Verfahrensentwicklung auf strategische Aufgaben der Regional- und Landschaftsrahmenplanung war die Operationalisierung von Eignungen und Empfindlichkeiten das vorrangige Ziel. Die Berücksichtigung von Beeinträchtigungen mit zeitlich höher aufgelösten Daten und der Ableitung entsprechend aussagekräftiger Indikatoren im Sinne des Pressure-State-Response-Modells wären eine wertvolle Weiterentwicklung des Verfahrens.

➤ *Vorbahensbezogene Anwendbarkeit*

Monitoringfähigkeit und Berücksichtigung von Beeinträchtigungen sind ebenfalls Voraussetzungen für die Anwendbarkeit des Verfahrens im Rahmen von Raum- und Umweltverträglichkeitsprüfungen von raumbedeutsamen Vorhaben und Eingriffen. Gleichwohl liefert das Verfahren bereits mit der Bewertung von Eignungen und Empfindlichkeiten wichtige Grundinformationen zur raumordnerischen und naturschutzfachlichen Beurteilung von Vorhaben.

Die Möglichkeiten quantitativer Modellierung wurden nur in begrenztem Umfang für die Verfahrensanwendung genutzt. Einerseits hat die Entwicklung komplexer, physikalisch basierter Wasser- und Stoffhaushaltsmodelle noch nicht das Stadium einer standardisierten Anwendbarkeit erreicht. Andererseits hat die Anwendung des Modells ABIMO und der vereinfachten ABAG gezeigt, dass sich auf mesoskaliger Ebene zwar quantitative Ergebnisse erzielen lassen, diese jedoch nur für eine semiquantitative Auswertung verwendet werden sollten. Dies liegt nur zum Teil an der unzureichenden Differenziertheit der verwendeten Daten (z.B. landwirtschaftliche Bewirtschaftungsdaten für eine Durchführung der vollständigen ABAG). Vielmehr zeigt sich die begrenzte Aussagefähigkeit einfacher empirischer Modelle vor dem Hintergrund komplexer landschaftlicher Zusammenhänge. So ist die Modellierung der Grundwasserneubildung aus Uferfiltrat unter influenten Abflussverhältnissen im Elbtal mit dem Modell ABIMO, dessen Kern die Berechnung der realen Evapotranspiration ist, nicht möglich. Angesichts der wirtschaftlichen Bedeutung des Uferfiltrats für die Trinkwassergewinnung wäre dies jedoch wünschenswert.

Die vorliegende Arbeit konzentrierte sich bewusst nicht auf die Anwendungsmöglichkeiten quantitativer Modelle in der planerischen Umweltvorsorge. Im Vordergrund stand vielmehr die Charakterisierung von Faktoren, welche die Ausprägung der ausgewählten Landschaftsfunktionen bestimmen. Hier galt es, geeignete Indikatoren zu finden und mit Hilfe mesoskalig einsetzbarer Methoden zu operationalisieren. Die Indikatoren müssen einerseits eine vom Planungszusammenhang unabhängige Charakterisierung des Untersuchungsraums erlauben und sich andererseits in planungsfachliche Bewertungsverfahren integrieren lassen. Die Verwendung der Ökologischen Risikoanalyse ermöglicht es, neben quantitativen Modellen auch ordinale und semiquantitative Methoden zu verwenden, die mit einfachen Punktskizzen oder Matrizen arbeiten.

9.2 Übertragbarkeit und Einsatzmöglichkeiten

Das gewählte Untersuchungsgebiet kann als repräsentativ für das norddeutsche Altmoränengebiet gelten. Dies gilt sowohl hinsichtlich der naturräumlichen Ausstattung als auch für die Entwicklung der vorhandenen landschaftlichen Funktionen. Spezifika der räumlichen Entwicklung in der DDR schränken die Übertragbarkeit der Verfahrensentwicklung nicht ein, da beispielsweise der dynamische Aspekt landwirtschaftlicher Bewirtschaftungssysteme nicht Gegenstand des Verfahrens ist. Die ausgewählten Landschaftsfunktionen sind typische Freiraumfunktionen des ländlichen Raums mit agrarischer und forstwirtschaftlicher Prägung. Das Modell ABIMO ist prinzipiell nur im ebenen Lockergesteinsbereich anwendbar, da es Gesamtabfluss und Basisabfluss gleichsetzt. Gleichzeitig ist es an Lysimeterstationen des

nordostdeutschen Raums kalibriert. Derzeit läuft jedoch an der Bundesanstalt für Gewässerkunde die Weiterentwicklung zu einem bundesweit einsetzbaren Modell (BfG, Herr Glugla, mündl. Mitt. 2000). Durch die Kombination von ABIMO mit dem Abflussquotienten nach Dörhöfer & Josopait (1980) und Röder (1997) lässt sich der Einsatzbereich bereits jetzt auf den ostdeutschen Mittelgebirgsraum ausdehnen. Von tatsächlicher Grundwasserneubildung sollte dann jedoch nur in Räumen mit unbedecktem Grundwasserleiter gesprochen werden. Das verwendete DGM und die BÜK200 können die kleinräumige Differenzierung der Relief- und Bodenverhältnisse in den Mittelgebirgen nicht ausreichend wiedergeben. Mit Hilfe eines höher aufgelösten Geländemodells wäre es jedoch möglich, Kuppen-, Hang- und Senkenbereiche auszugliedern, die wiederum zur synthetischen Differenzierung der Böden im Bereich reliefabhängiger Bodenentwicklung dienen kann. Die Verwendung der BÜK200 und der CORINE-Daten begrenzt auch die Einsatzmöglichkeiten im Siedlungsbereich. Während die Bodenkarte die Substratverhältnisse nur ungenügend differenziert und deren anthropogene Überformung nicht wiedergibt, erlauben die Bodenbedeckungsklassen der CORINE-Daten nur eine unbefriedigende Gliederung der Siedlungsflächen nach dem Versiegelungsgrad.

Im Hinblick auf die Planerische Umweltvorsorge liegen die Einsatzbereiche des Verfahrens vor allem bei der **Aufstellung von Plänen der Regional- und Landschaftsrahmenplanung**. Eine Aggregation (Upscaling) der Verfahrensergebnisse für landesplanerische Fragestellungen und die Leitbilder des Landschaftsprogramms ist möglich und sinnvoll. Für die örtliche Flächennutzungs- und Landschaftsplanung ist das Verfahren hingegen nicht konzipiert.

Auf regionaler Planungsebene ergeben sich zusätzliche Anwendungsmöglichkeiten in folgenden Zusammenhängen:

- Raumordnungsverfahren, die eine Raum- oder Umweltverträglichkeitsprüfung für raumbedeutsame Vorhaben vorsehen.
- Planerische Vorbereitung der naturschutzfachlichen Eingriffsregelung. Rößling (1999) weist auf die Bedeutung einer schutzgut- und nutzungsbezogenen Bewertung von Eignungen und Empfindlichkeiten im regionalen Kontext hin, um Auswirkungen von Vorhaben im räumlichen Gesamtzusammenhang beurteilen zu können. Die Einrichtung gemeindeübergreifender Flächenpools zur Durchführung von Ausgleichsmaßnahmen im Zuge der Eingriffsregelung ist eine Entwicklung, die ebenfalls eine Bewertung im regionalen Kontext erfordert, wenn Maßnahmen auf eine nachhaltige Landschaftsentwicklung ausgerichtet werden sollen.
- Regionale Planung von Biotopverbundsystemen wie das im Aufbau befindliche Ökologische Verbundsystem von Sachsen-Anhalt. Hier ist es mit dem Verfahren möglich, frühzeitig Entwicklungspotentiale sowie Konflikte und Komplementaritäten mit anderen Funktionen zu erkennen.
- Einzugsgebietsbezogene Gewässerentwicklungsplanung: Die wasserwirtschaftliche Planung entwickelt zunehmend Strategien für ein Wasser- und Stoffhaushaltsmanagement im Einzugsgebiet, um einen vorsorgenden Gewässerschutz betreiben zu können. (vgl. nachfolgendes Kapitel).

9.3 Perspektiven nachhaltiger Landschaftsentwicklung

Neue Perspektiven für die Realisierung einer nachhaltigen Landschaftsentwicklung ergeben sich aus der geplanten Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Union (Rat der Europäischen Union 1999). Die Wasserrahmenrichtlinie sieht ein integriertes **Flussgebietsmanagement**, das sich auch auf die diffusen Stoffeinträge in Oberflächen- und Grundwasser bezieht, als verbindliche Form wasserwirtschaftlicher Planung vor und stärkt damit die Bedeutung wasser- und stoffhaushaltlicher Prozesse in Einzugsgebieten für die planerische Umweltvorsorge.

Die Träger wasserwirtschaftlicher Planung müssen sich vermehrt einzugsgebietsbezogenen Aufgaben zuwenden. Dabei ist noch offen, ob eine grundlegende Reform der Wasserwirtschaftsverwaltung erfolgt oder ob eine bessere Arbeitsteilung und Koordination mit den bereits flächendeckend arbeitenden Planungen – der Raumplanung und der Landschaftsplanung – angestrebt wird. In jedem Falle wird der regionalen Planungsebene mit der Regionalplanung als integrierender räumlicher Gesamtplanung eine zentrale Bedeutung zukommen. Regional- und Landschaftsplanung erhalten damit in Bezug auf wasser- und stoffhaushaltliche Fragestellungen größere Wirkungsmöglichkeiten.

In einigen europäischen Ländern ist das Einzugsgebietsmanagement bereits institutionell etabliert. In England und Wales beispielsweise hat eine auf Einzugsgebietsebene etablierte Planungsbehörde²⁵ die Aufgabe, Entwicklungs- und Managementpläne für Flussgebiete aufzustellen. Newson (1992) betont die zentrale Bedeutung des Flussgebietsmanagements für die Erreichung einer nachhaltigen räumlichen Entwicklung. Auf deutsche Verhältnisse kann diese Feststellung nicht uneingeschränkt übertragen werden, da es in Großbritannien wie in den meisten europäischen Ländern keine eigenständige Landschaftsplanung gibt, behält aber durch die im Flussgebietsmanagement stärker verankerte Berücksichtigung landschaftshaushaltlicher Zusammenhänge ihre Bedeutung.

Mit dem vorliegenden Verfahren besteht für die regionale Planungsebene die Möglichkeit, einzugsgebietsbezogene oder für das Flussgebietsmanagement relevante Bewertungen durchzuführen und die bereits verfügbaren Instrumente entsprechend einzusetzen. Im Zuge der Etablierung des Flussgebietsmanagements in Deutschland dürfte die Moderationsfunktion der Regionalplanung weiter an Bedeutung gewinnen. Diese Aufgabe wird durch die Einbettung des Verfahrens in ein GIS sowie durch seine, in ihrem räumlichen Bezug flexiblen Analyse- und Abfragemodule unterstützt.

²⁵ Die bis 1996 eigenständige National Rivers Authority ist heute Teil der Environmental Agency als zentraler Umweltfachbehörde in England und Wales; für beide Einrichtungen gibt es in der deutschen, föderalistisch und sektoral strukturierten Umweltverwaltung keine Entsprechung.

10 Zusammenfassung

Für die Verwirklichung einer nachhaltigen räumlichen Entwicklung kommt der regionalen Ebene eine Schlüsselrolle zur Formulierung von Zielen und Konzepten zu. Für die Umweltvorsorge werden daher Informationen über landschaftshaushaltliche und landschaftsstrukturelle Zusammenhänge und Wechselwirkungen zwischen Landnutzung und Umweltmedien bzw. Landschaftskompartimenten benötigt. Diese sind Voraussetzung für einen zielgerichteten Einsatz planerischer Instrumente und deren problemorientierte Weiterentwicklung.

Zielstellung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung eines mesoskaligen landschaftsökologischen Verfahrens zur Sicherung und Entwicklung von Landschaftsfunktionen. Dabei wird eine an den Bedürfnissen der Planungspraxis orientierte Verknüpfung folgender Teilaufgaben vorgenommen:

- Verwendung mesoskalig einsetzbarer und planungspraktisch anwendbarer landschaftsökologischer Analysemethoden und -modelle.
- Operationalisierung der planungsfachlich definierten Bewertungskriterien ‚Eignung‘, ‚Empfindlichkeit‘ und ‚Schutzwürdigkeit‘ durch Indikatoren und Parameter.
- Bereitstellung normativer Grundlagen für die Bewertung von Landschaftsfunktionen und die Formulierung von Zielen zu ihrer Sicherung und Entwicklung.
- Ausrichtung planerischer Instrumente und Prozesse auf die Umweltvorsorge.
- Aufbau eines Geographischen Informationssystems (GIS) als Analyse-, Informations- und Visualisierungsgrundlage sowie als Entscheidungshilfe.

Das Verfahren ist als Werkzeug für eine integrierte, auf Aufgaben und Instrumente von Raumordnung und Landschaftsplanung zugeschnittene aber keinesfalls beschränkte, planerische Umweltvorsorge auf regionaler Ebene konzipiert.

THEORETISCHE GRUNDLAGEN

Das Konzept der Landschaftsfunktionen steht im Mittelpunkt der Verfahrensentwicklung. Seine theoretische Fundierung und integrierende Wirkung als Bindeglied zwischen Landschaftsökologie und Planungswissenschaften werden zunächst herausgearbeitet. Die Analyse und Bewertung von Landschaftsfunktionen erweist sich als besonders geeignet, die Integration nutzungs- und schutzgutbezogener Planungsaussagen zu erreichen, was die Effektivität von Planung mit dem Ziel der nachhaltigen Landschaftsentwicklung wesentlich verbessert. Die fehlende Verknüpfung die Nutzung und den Schutz landschaftlicher Funktionen betreffender Planungsaussagen ist in methodischen Defiziten von Analyse und Bewertung einerseits sowie der sektoralen Planungstradition andererseits begründet.

Möglichkeiten und Grenzen der Funktionsanalyse und –bewertung auf mesoskaliger Ebene und damit einher gehende Implikationen für räumliche Bezugseinheiten werden aufgezeigt. Im Hinblick auf ihre Relevanz für die planerische Umweltvorsorge und die Differenzierbarkeit auf regionaler Ebene werden in Anlehnung an de Groot (1992) und Bastian & Schreiber (1999) die Landschaftsfunktionen

- Erneuerung der Grundwasserressourcen,
- Landwirtschaftliche Ertragsfunktion und
- Regulation des Wasser- und Stoffhaushaltes

definiert und als exemplarische Grundlage für die Verfahrensentwicklung ausgewählt. Unschärfen in der gängigen Praxis der Definition von Funktionen werden aufgezeigt und durch die Entwicklung eines eigenständigen, auf das planungspraktische Bewertungsanliegen ausgerichtete, Funktionsverständnisses ausgeräumt.

Besonderes Augenmerk wird auf die Formulierung eines normativen Rahmens zur Sicherung und Entwicklung von Landschaftsfunktionen gelegt, der die Transformation landschaftsökologischer Analyseergebnisse (Sachebene) in planungsfachliche Zielaussagen (Wertebene) ermöglicht. Ausgangspunkt ist eine kritische Auseinandersetzung mit dem Nachhaltigkeitskonzept. Darauf aufbauend werden vorhandene Leitbilder, Ziele und Strategien nachhaltiger Landschaftsentwicklung in den Kontext der Arbeit gestellt.

Anknüpfend an die normativen Gesichtspunkte der Bewertung von Landschaftsfunktionen erfolgt die Erörterung regional- und landschaftsplanerischer Aufgaben und Instrumente zur Sicherung und Entwicklung von Landschaftsfunktionen als Teil der Umweltvorsorge. Besondere Beachtung wird dem sich wandelnden Planungsverständnis geschenkt. Die wachsende Bedeutung diskursiver und partizipativer Planung sowie einer aktiven Moderationsfunktion der Regionalplanung erfordert für das landschaftsökologische Verfahren ein hohes Maß an transparenter Vorgehensweise, Flexibilität für unterschiedliche Problemstellungen, die Integration nutzungs- und schutzgutbezogener Aussagen sowie die Möglichkeit zu Visualisierung komplexer Zusammenhänge.

Analyse- und Bewertungsmethoden

Eingangs wird die methodische Bedeutung planungsfachlicher Bewertungsverfahren für die Transformation landschaftsökologischer Analysen in planungsbezogene Bewertungen hervorgehoben. Eine zentrale Stellung nimmt die ökologische Risikoanalyse (Bachfischer et al. 1980, Kühling 1992, Scholles 1997) ein. Auf dieser Grundlage lassen sich nach einem vereinfachten risikoanalytischen Prinzip in der Verfahrensentwicklung Landschaften hinsichtlich ihrer ‚Eignungen‘ zur Wahrnehmung der ausgewählten Funktionen und ihren ‚Empfindlichkeiten‘ gegenüber Beeinträchtigungen der ausgeübter Funktionen bewerten. Diese Bewertungen werden im nächsten Schritt zu Aussagen über die ‚potentielle Schutzwürdigkeit‘ und den ‚Entwicklungsbedarf‘ von Landschaften im Hinblick auf die ausgewählten Funktionen als Grundlage planungsfachlicher Zielformulierungen und deren Umsetzung aggregiert.

Abschließend erfolgt die Verknüpfung der monofunktionalen Einzelbewertungen zur Ableitung von Konflikten und Komplementaritäten der Ziele der Umweltvorsorge untereinander sowie zwischen den Zielen von Schutz und Entwicklung von Landschaftsfunktionen.

Die Operationalisierung dieser Begriffe erfolgt über Indikatoren, die mit landschaftsökologischen Methoden und Modellen in einem nutzwertanalytischen Kontext eingeschätzt werden. Voraussetzung dafür ist der Aufbau eines GIS, das die Primärintegration flächendeckend zur Verfügung stehender Klima-, Relief-, Boden- und Bodenbedeckungsdaten ermöglicht und diese mit den Planungsdaten des Raumordnungskatasters verbindet.

Innerhalb der GIS-Umgebung werden sowohl semiquantitative, ordinalskalierte Methoden als auch numerische, landschaftshaushaltliche Modelle verwendet und für integrierte landschaftsfunktionale Analysen verknüpft. Die Modellanwendungen basieren auf planungspraktisch etablierten empirischen Modellen (ABIMO nach Glugla & Fürtig 1997, ABAG nach Schwertmann et al. 1990), um der Forderung nach größtmöglicher Transparenz und flexibler Anwendbarkeit gerecht zu werden.

Am Beispiel der flächendeckend zur Verfügung stehenden Daten der Bodenübersichtskarte 1:200.000 wird gezeigt, welche Bedeutung die Aufbereitung der Ausgangsdaten und die Ableitung von Analyseparametern für die Güte der Analyse- und Bewertungsergebnisse besitzen. Auf der hierarchischen Ebene von Bodenformengesellschaften wird das Spannungsfeld zwischen homogener Einheit auf mesoskaliger Ebene und heterogenem Gefüge auf mikroskaliger Ebene deutlich. Die Betrachtung homogener Einheiten auf mesoskaliger Ebene wird begründet und deren Grenzen beispielsweise für quantitative Modellierungsaussagen aufgezeigt. Zur Verbesserung der bodenkundlichen Datenbasis wird eine Methodik zur Ableitung repräsentativer Bodenarten aus Substratflächentypen über die standardisierte Korngrößenverteilung entwickelt.

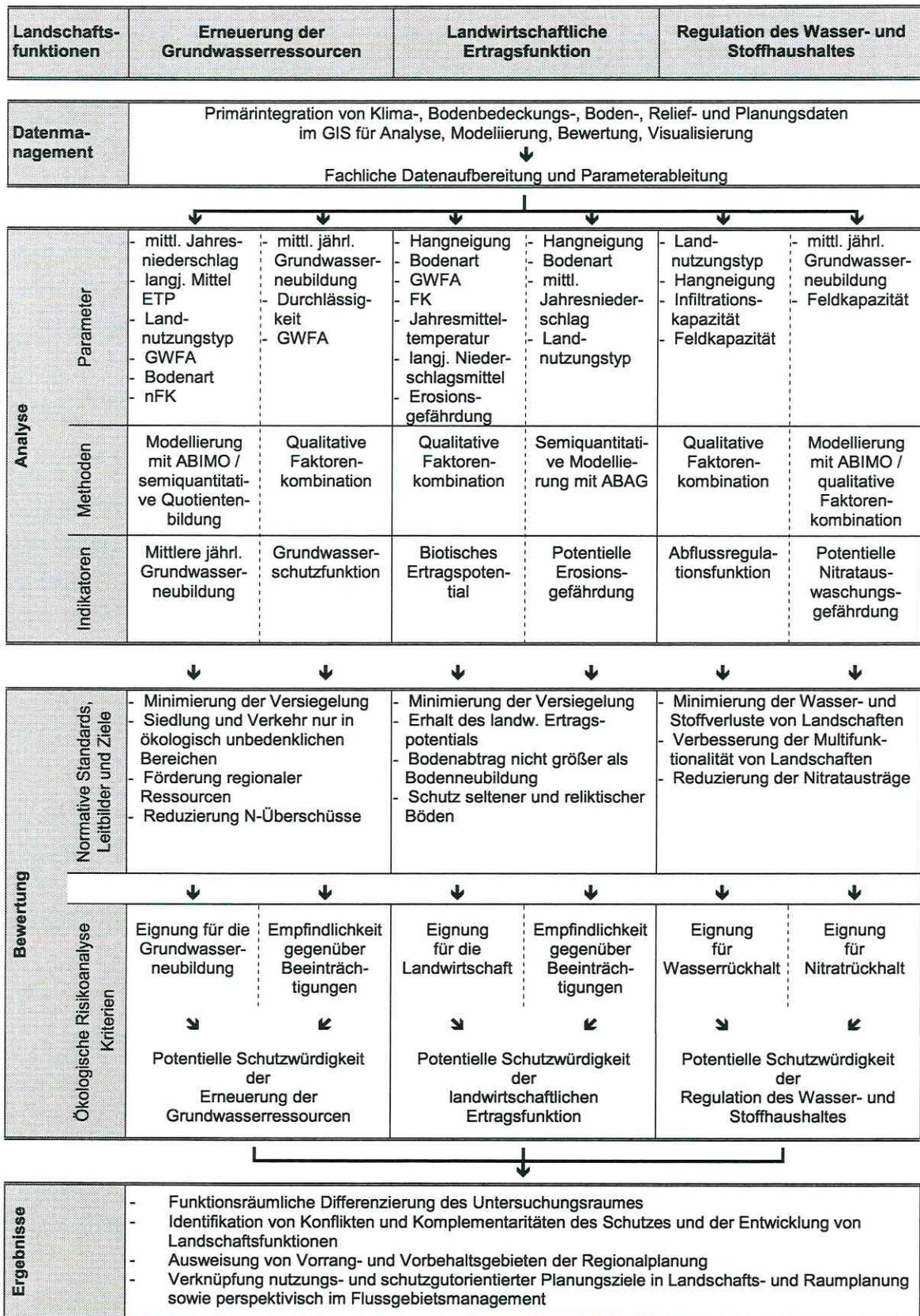
Ergebnisse

Abbildung 23 gibt zusammenfassend den Aufbau sowie die Anwendungsergebnisse des in der vorliegenden Arbeit entwickelten Verfahrens zur Analyse und Bewertung von Landschaftsfunktionen in der planerischen Umweltvorsorge wieder.

Erstes Ergebnis der Anwendung ist die funktionsräumliche Differenzierung des Regierungsbezirks Dessau nach Eignungen und Empfindlichkeiten für bzw. gegenüber Beeinträchtigungen der ausgewählten Landschaftsfunktionen sowie die ebenfalls räumlich differenzierte Bewertung von Konflikten und Komplementaritäten zwischen Schutzwürdigkeiten und Entwicklungsbedürfnissen.

In einem nächsten Schritt wird das aktuelle Regionale Entwicklungsprogramm für den Regierungsbezirk Dessau analysiert. Mit Hilfe der Bewertungsergebnisse lässt sich zeigen, dass die ausgewiesenen Vorrang- und Vorsorgegebiete die Sicherung und Entwicklung von Landschaftsfunktionen nur in beschränktem Maße ermöglichen. Defizite lassen sich insbesondere in folgenden Bereichen erkennen:

Abbildung 23: Aufbau und Ergebnisse des Analyse- und Bewertungsverfahrens für die planerische Umweltvorsorge



- dem Prinzip des vorsorgenden Grundwasserschutzes wird nur bedingt Rechnung getragen, da lediglich Vorranggebiete der Grundwassernutzung ausgewiesen werden, die als nachrichtliche Übernahmen wasserwirtschaftlicher Schutzgebiete nur die Entnahmen von Grundwasser schützen. Die Grundwasserneubildungsgebiete, deren Schutz für einen vorsorgenden Grundwasserschutz von zentraler Bedeutung ist, werden nicht in das Entwicklungskonzept integriert.
- Die Vorranggebiete für die Landwirtschaft beziehen sich ausschließlich auf das Schwarzerdegebiet und tragen damit den Erfordernissen einer nachhaltigen Sicherung der landwirtschaftlichen Ertragsfunktion nur unzureichend Rechnung. Diese müsste Anforderungen des Bodenschutzes in erosions- oder auswaschungsgefährdeten Bereichen beinhalten, um die Ertragsfähigkeit der Böden langfristig sicherzustellen. Gleichzeitig forciert die aktuelle Ausweisungspraxis den Agrarlandschaftswandel mit intensivierter Nutzung von Gunsträumen und Rückzug der Landwirtschaft aus ertragsschwächeren Räumen.

Diese Aussagen verdeutlichen die Notwendigkeit einer Kombination schutzgut- und nutzungsorientierter Planungsaussagen.

In einem dritten Schritt der Verfahrensanwendung werden vor dem Hintergrund der erläuterten Beispiele Möglichkeiten zur Ergänzung des regionalplanerischen Instrumentariums um von Schmidt (1997) definierte ‚Bereiche mit besonderen Schutz- und Nutzungsanforderungen‘ aufgezeigt. Die Verfahrensentwicklung liefert mit der integrierten Bewertung der Landschaftsfunktionen fachlich fundierte und räumlich differenzierte Aussagen darüber, wie nutzungsbezogene Vorranggebietsausweisungen beispielsweise der Landwirtschaft mit Anforderungen des Bodenschutzes (bei hohen Erosionsgefährdungen) oder des Grundwasserschutzes (in Grundwasserneubildungsgebieten) verknüpft werden können.

Das entwickelte Verfahren liefert Abwägungs- und Entscheidungskriterien für die planungsfachliche Zielformulierung, und ist gleichzeitig durch seinen GIS-basierten, transparenten und ‚baukastenartigen‘ Aufbau als Informations- und Analyseinstrument für die diskursive und partizipative Planung geeignet.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

In der vorliegenden Form ist das Verfahren auf eine Anwendung im ländlichen Raum ausgerichtet und der Untersuchungsraum kann in seiner naturräumlichen Ausstattung und funktionalen Struktur als exemplarisch für die Altmoränengebiete Norddeutschlands gelten.

Methodische Weiterentwicklungen betreffen vor allem:

- Indikatorengestützte Analyse und Bewertung mit GIS mit einem flexiblen Raum- und Zeitbezug
- Verknüpfung landschaftsökologischer Analyse mit planungspraktischer Zielformulierung über die planungsfachlich definierten Bewertungskriterien ‚Eignung‘, ‚Empfindlichkeit‘ und ‚Schutzwürdigkeit‘ der ökologischen Risikoanalyse.

- › Integration nutzungs- und schutzgutorientierter Planungsaussagen durch die Erweiterung des regionalplanerischen Instrumentariums.
- › Unterstützung offener Planungsprozesse durch eine eindeutig definierte und nachvollziehbar strukturierte Vorgehensweise sowie die Möglichkeit zur Visualisierung komplexer Zusammenhänge. Die so erreichbare Transparenz von Zielen planerischer Umweltvorsorge kann zur gesellschaftlichen Akzeptanz ihrer Maßnahmen wesentlich beitragen.

Die Möglichkeit zur risikoanalytischen Verknüpfung semiquantitativer und quantitativer Methoden und Modelle erlaubt die Anwendung des Verfahrens in einem breiten Aufgabenspektrum:

- › Landes-/Regionalplanung, überörtliche Landschaftsplanung; Durchführung von Raumordnungsverfahren und Umweltverträglichkeitsprüfungen (inkl. sog. Plan-UVP)
- › Berücksichtigung landschaftsfunktionaler Zusammenhänge in der naturschutzfachlichen Eingriffsregelung; Einrichtung regionaler Flächenpools
- › Entwicklungsbezug strategischer Fachplanungen / Abstimmung zwischen Fachplanungen (Beispiel: Ökologisches Verbundsystem Sachsen-Anhalt, Fließgewässerprogramm Sachsen-Anhalt – Agrarstrukturelle Entwicklungsplanung)
- › Wasser- und Stoffhaushaltsmanagement im Rahmen des Flussgebietsmanagements nach EG-WRRL
- › Information und Beteiligung der Öffentlichkeit

Besondere Aufmerksamkeit verdient die EG-Wasserrahmenrichtlinie, welche die Ausrichtung des Gewässerschutzes und der Wasserpolitik auf einen integrativen, die Funktionen und Nutzungen des Einzugsgebietes mit ihren Wechselwirkungen berücksichtigenden Ansatz zum Ziel hat. Dieses Ziel wird sich nur erreichen lassen, wenn landschaftshaushaltliche Zusammenhänge in der Planungspraxis eine größere Rolle spielen und die Kooperation zwischen der Wasserwirtschaft und anderen Fachplanungen, namentlich der Landschaftsplanung, sowie der räumlichen Gesamtplanung verbessert werden und in ihrer institutionellen Verankerung eine neue Qualität erhalten. Hier besteht die Chance, die Möglichkeiten planerischer Umweltvorsorge auf regionaler Ebene mit der Anwendung des entwickelten Verfahrens zu verbessern.

11 Abstract

This doctoral thesis focuses on regions as the central spatial level at which the overall principle of sustainable development needs to be diversified into spatially differentiated objectives and standards for future landscape development. Here, the functional interactions of physical, biological and human processes and structures forming landscapes can be observed. Landscape ecological knowledge and information about the functions of landscapes from a regional perspective is vital for an appropriate use of planning and management instruments in order to enable sustainable landscape development.

Objectives

The target of this thesis is the development of a mesoscale evaluation procedure which helps strategic and operational regional environmental planning to protect and to develop landscape functions. Therefore, the thesis comprises and combines the following aspects:

- Data management, landscape ecological analysis and assessment tools need to be practicable in environmental planning; scientific accuracy has to be combined with handiness.
- Use of information, presentation and visualisation techniques for insuring transparency of assessments and planning targets.
- Definition of normative standards like environmental quality criteria as a prerequisite for evaluation, target definition and conflict solving.
- Selecting and defining relevant planning instruments and categories.

Geographic Information Systems (GIS) provide a powerful basis to develop such a procedure in an integrative manner. At the regional level, such an operational procedure requires a reduction of landscape complexity to its relevant essentials. Planners and participants of the landscape related decision making processes, are enabled to develop, review and weigh up their objectives and decisions in the light of interacting landscape processes and structures.

Study area for the thesis is the Dessau region as a representative part of the central European old morainic lowlands, consisting of loess plains, sandy glacial moraines and river landscapes. As one out of three regional administrative and planning districts within the federal state of Saxony-Anhalt, it covers an area of 4300 km² north and south of the river Elbe. The region is facing dramatic economic and social changes since German reunification, who are expressed by high unemployment rates and a population decline of 10 % within the last 10 years. Since economic development is of major concern for policy-makers, environmental planning is confronted with powerful conflicting interests and demands. Therefore, and for the variety of landscape types and dynamic land use processes, the Dessau region is privileged for an exemplary application of a methodical procedure which aims at strengthening comprehensive environmental planning at the regional scale.

Landscape functions

The landscape function concept is well established in planning, landscape ecology and environmental sciences. It allows the integration of the differing landscape perceptions of the different disciplines. Landscape functions form the methodical framework in which landscape ecological analysis meets the duties of spatial planning in steering and differentiating the societal functions of landscapes. The thesis discusses the chances and constraints of analysing and assessing functions on the mesoscale. The spatial level implies methodical limitations, e.g. for the modelling of hydrological processes, as well as the heterogeneity of basic spatial analysis units causes limited quantification of processes.

After an analysis of the function concept established in geography, landscape ecology and planning, three landscape functions are defined and selected for the application of the evaluation procedure:

a) Recharge of groundwater resources

Renewal of groundwater in sufficient quantity and good quality is regulated by a landscape's physical and biotic compartments which are closely related to land use. Due to groundwater flow systems horizontal interactions over considerable distances are characteristic. Sustainable water use is therefore concerned not only with intake rates but needs a foreseeing landscape management scheme on broad scales. Thus, only spatial planning at regional level has both the appropriate scale and the integrative power to incorporate water use into the sustainable landscape development.

b) Agricultural production

Suitability for biomass production and sensitivity against deterioration are realised through landscapes by their characteristic combination of climatic, morphologic, and pedologic factors. They determine whether a landscape delivers fertile arable land, is prone to soil erosion or has a sensitive water balance.

c) Retention of water and matter fluxes

Sustainability concepts for spatial development see the retention of water, matter and energy in landscapes as one of the most important goals for the long term stability of landscape systems (Ripl 1995). The regulation of water and matter fluxes is a landscape function which is not directly used in an economic sense, but affects ecological and economic development perspectives irreversibly.

The selected functions form a small but important part of real landscape systems: they are closely linked to each other, they are objects of conflicting interests and demands, and they represent important - in ecological, economic as well as social terms - uses of the countryside.

A crucial point within the evaluation procedure is the normative framework in which results from analysis and modelling are transformed into assessments and definitions of planning objectives. The thesis carries out a critical analysis of the sustainability concept and shows how it is used to derive principles and objectives for future landscape development.

After Bastian (1999) principles for sustainable landscape development can be summarized as follows:

- Usage of physical resources shall not exceed their regeneration rate.
- Release of substances into natural systems shall not exceed their retention capacity for these substances.
- Time scales of human interference in natural systems have to follow the time scales for natural dynamics of these systems.
- Minimising irreversible water, matter and energetic losses from landscapes.

The definition of normative principles is followed by a discussion of planning instruments and processes relevant for landscape development. As a general tendency in spatial, overall as well as landscape planning throughout Europe, the focus moves from formal planning within a strong legal framework to a more flexible, problem-orientated approach. The success of landscape related planning, i.e. implementation of goals and objectives, relies to a growing extent on its communicational and persuasive skills and power rather than its legal instruments. In this context, the central feature of planning is no longer a plan but the consideration process in which goals of all landscape related interests and demands (e.g. agriculture, nature conservation, control of water and material flows) are given priorities, are integrated or - where conflicts are not to be solved - spatially segregated. During this process goals of sustainable landscape development have to be presented to a broader public, a prerequisite to reach the essential societal backing.

Analysis and assessment methods

A GIS is established for the primary data integration of the relevant digital informations. The resulting data base delivers an exhaustive and easily to access parameter set describing the region by climate, elevation, soil, land cover and planning terms. Within the GIS-environment numeric models (e.g. modelling the longterm mean of groundwater recharge in mm/a) as well as qualitative methods, combining factors and parameters in ordinal classes (e.g. runoff regulation capacity in 5 classes from very low to very high), are applied. The results of the analysis are one or more indicators describing each of the assessment criteria suitability and sensitivity for every considered function.

A key position is given to the Ecological Risk Analysis (ERA), which was developed in the late 1970s to promote decision making processes in spatial planning (Bachfischer et al. 1980). In this thesis a simplified ERA is used. 'Suitability' and 'sensitivity' are the central criteria to assess a landscape's capacity for fulfilling a certain function. Their combination allows the assessment of the 'potential conservation value' of landscapes towards a certain function. The term *potential* is appended for pointing at the lacking consideration of already existing impairments and impacts of the considered landscape functions. Beside protective and conservational values, the criteria may also indicate the need for planning and management concerned with developmental aspects of improving the fulfilling of landscape functions.

Results

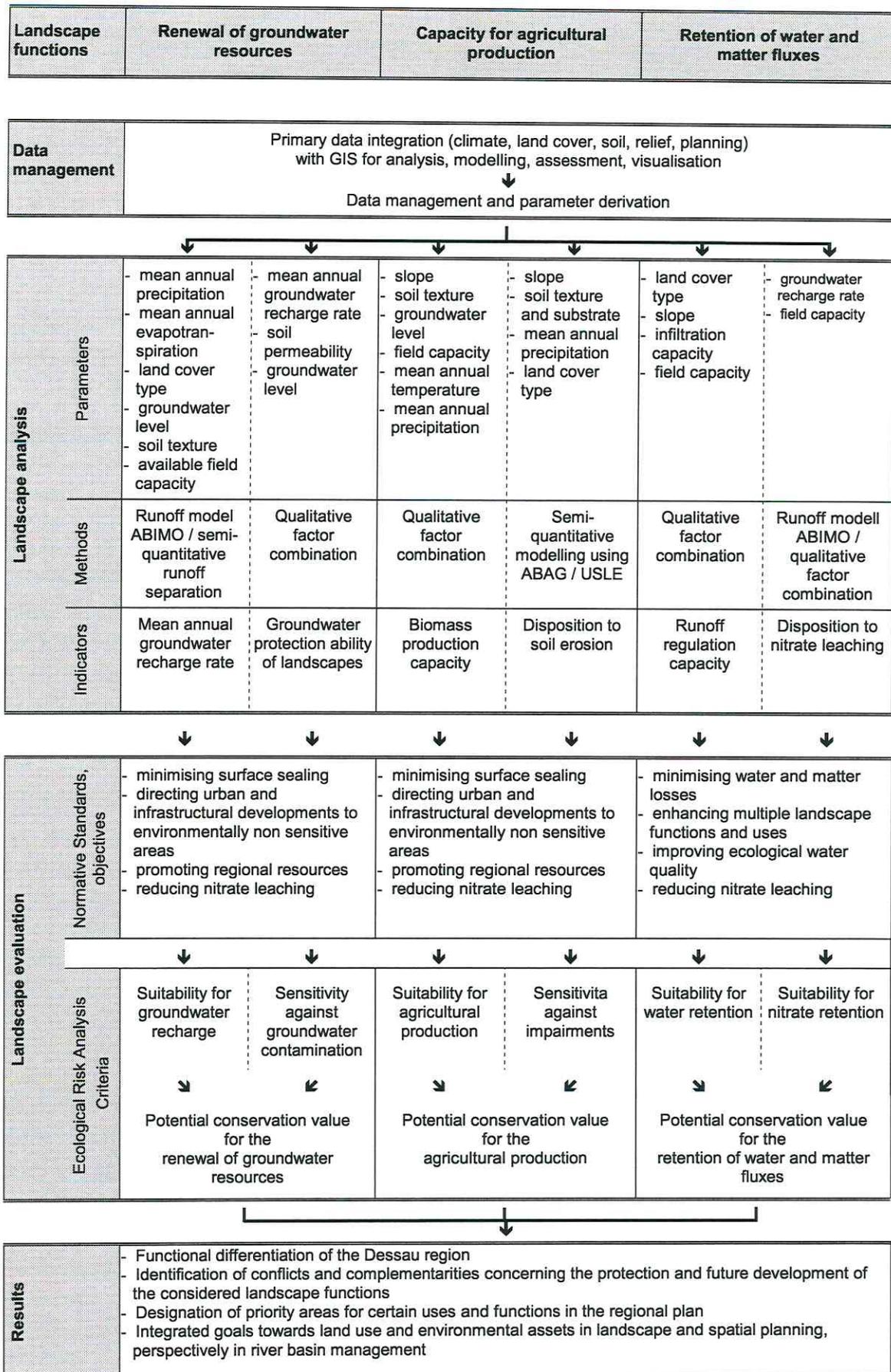
The application of the evaluation procedure makes the spatially differentiated functional structure of the Dessau region obvious. In a first step, monofunctional suitabilities, sensitivities and potential conservation values are identified on a scale from low, medium to high. In a second step, a multifunctional perspective is developed by the spatial overlay of the considered functions. From this, functional conflicts and complementarities within landscapes can be figured out. Therefore, different categories of functional interaction become obvious, e.g.:

- Groundwater recharge versus agricultural production. In the southern part of the sandy loess plain belt conflicts between these functions are likely to occur. The area is characterised by intensive agricultural production due to high biomass productivity comparable to the loess chernozem region in the west. The decisive distinction is made by higher soil permeability and higher annual precipitation.
- Water and matter retention versus agricultural production. The fertile loess plains covering the western part of the Dessau region with high sensitivity against soil erosion are of high importance for water and matter retention. Conflicts with agricultural production arise from large-scale farming and lacking natural features like hedgerows or buffer strips along watercourses.
- Water and matter retention meets groundwater recharge. Complementarity of targets for the future development can be concluded for the forest covered end moraine landscapes. They fulfil important functions for the renewal of regional groundwater resources as well as the retention of water and matter. Since nitrogen input from aerial deposition has become a considerable source of pollution, the importance of forests and their adequate management has grown.

The analysis of the current regional development programme discovers shortcomings of spatial planning instruments concerning the sustainable development of landscape functions. The conflicts described above, cannot be addressed by priority areas for single land uses (agriculture, groundwater abstraction) and functions (nature conservation). Furthermore, the land use oriented tradition of spatial planning were hindering the establishment of instruments, which are able to combine developmental and protective as well as land use and nature conservational aspects. The thesis defines a strategy, which helps to overcome these instrumental deficiencies. Evaluation procedure results form the basis for complementing planning categories like priority areas by an extension of their target defining and legally binding character. Such extensions were defined by Schmidt (1997) and enclose among others areas with specific demands or standards for groundwater protection, soil protection or areas requiring maintenance of open landscape character.

The following figure (Abbildung 24) illustrates and summarises the structure of the assessment procedure, which is being developed in this doctoral thesis.

Abbildung 24: Application and results of the landscape function assessment procedure



Conclusions

A sound environmental development of landscapes needs support at a regional and strategic level, where legally binding measures are difficult to define and objectives are the result of consideration of different interests and demands. In this field lies the strength of the presented assessment procedure, which supports modern planning in the following ways:

- *Multifactorial analysis and evaluation using GIS*

The assessment procedure defines parameters which enable the analysis of landscape functions with a set of established data, methods and models. GIS serves as a platform for primary data integration, linkage of methods and models to a coherent system. Therefore, it is possible to select the best practicable data, methods, and models from case to case. The assessment procedure produces information on a broad range of landscape matters and serves as a tool for conflict analysis and decision making
- *Flexibility in spatio-temporal contexts*

Primary data integration resulted in a huge data base of nearly 18.000 polygons containing all relevant information. They form quasi-homogenous base units of landscape information. Therefore, spatial analysis is easily adopted to very different planning aspects in spatial planning, landscape planning or river basin management.
- *Integrating land use and environmental planning*

Planning is divided into sectors. Spatial planning is very often land use planning, influencing the spatial distribution and pattern of settlements, infrastructure, open space etc. On the other hand landscape planning concentrates on physical and biotic landscape features. The forthcoming EC Water Framework Directive may cause a change in planning traditions towards more integrated planning approaches. Otherwise river basin management, for instance, will lack appropriate information and instruments for fighting non-point sources of river pollution. The landscape function concept of the assessment procedure integrates land use and land resources aspects. Therefore, it becomes possible to define priority areas for agriculture by means of both productivity and soil fertility criteria, as it is done solely now, and by means of sensitivity against soil degradation, which is neglected in current practice.
- *Backing participative and open planning processes*

The assessment procedure serves as an information system. It describes certain landscape factors and processes, evaluates suitabilities and sensitivities, shows where certain functions are of regional importance. The methods used for analysis and the normative settings behind evaluations are apparent and may be altered if they prove insufficient. All steps of the procedure are transparent to everyone involved in planning and decision making processes. May it be the planner who has to identify suitable areas for an ecological network and wants to evaluate potential conflicts he might get confronted with. May it be the politician, who is under considerable pressure for creating jobs and looks for suitable sites for commercial developments. Or may it be the concerned public or land user, who wants to know why certain restrictions inhibit their or his interests.

12 Literatur

- ADW – Akademie der Wissenschaften der DDR (Hrsg., 1981): Atlas der Deutschen Demokratischen Republik. Berlin.
- AG Boden (1994⁴): Bodenkundliche Kartieranleitung. Hannover.
- Altermann, M. (1995): Überblick über die Böden des mitteldeutschen Raumes. In: Mitt. d. Deut. Bodenkundlichen Ges. 77: 27-34.
- Altermann, M. & H. Schröder (1992): Zur Kennzeichnung der Schwarzerden aus Löß in Sachsen-Anhalt. In: Kühn-Archiv 86: 9-20.
- Altermann, M. & Kühn, D. (1994): Vergleich der bodensystematischen Einheiten der ehemaligen DDR mit denen der Bundesrepublik Deutschland. - In: Z. Angew. Geologie 40 (1): 1-11.
- Altermann, M. & D. Kühn (1998): Systematik der bodenbildenden Substrate. - Mitt. Deut. Bodenkundl. Ges. 86: 135-174.
- ANL – Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (Hrsg., 1994): Leitbilder - Umweltqualitätsziele - Umweltstandards. Laufener Seminarbeiträge 4/94.
- ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg., 1995a): Handbuch der Raumordnung. Hannover.
- ARL (Hrsg., 1995b): Zukunftsaufgabe Regionalplanung. Forschungs- und Sitzungsberichte der ARL 200.
- ARL (Hrsg., 1998): Methoden und Instrumente räumlicher Planung. Hannover.
- ARL (Hrsg., in Vorbereitung): Bericht des Arbeitskreises „Operationalisierung des Prinzips der Nachhaltigkeit in der Regionalplanung“ (Entwurf, Stand: 22.05.1999). Hannover.
- Auerswald, K. (1993): Bodeneigenschaften und Bodenerosion: Wirkungsweisen bei unterschiedlichen Betrachtungsmaßstäben. Berlin, Stuttgart.
- Auerswald, K. (1998): Funktionen der Böden im Landschaftshaushalt. - In: Laufener Seminarbeiträge 5/98: 13-22.
- Ausschuß für Raumentwicklung (1999): Europäisches Raumentwicklungskonzept: Auf dem Wege zu einer räumlich ausgewogenen und nachhaltigen Entwicklung der EU. Potsdam.
- Bachfischer, R., David, J. & H. Kiemstedt (1980): Die ökologische Risikoanalyse als Entscheidungsgrundlage für die räumliche Gesamtplanung – dargestellt am Beispiel der Industrieregion Mittelfranken. In: Buchwald, K. & W. Engelhardt (Hrsg.): Handbuch für Planung Gestaltung und Schutz der Umwelt, Band 3: Die Bewertung und Planung der Umwelt, München: 524-545.
- Baldock, D., Beaufoy, G., Brouwer, F. & F. Godeschalk (1996): Farming at the margins: abandonment and redeployment of agricultural land in Europe. Institute for European Environmental Policy (IEEP) and Agricultural Economics Research Institute (LEI-DLO). London, Den Haag.
- Bartelme, N. (1995): Geoinformatik: Modell, Strukturen, Funktionen. Berlin, Heidelberg.
- Bastian, O. (1996): Ökologische Leitbilder in der räumlichen Planung - Orientierungshilfen beim Schutz der biotischen Diversität. Archiv für Naturschutz- und Landschaftsforschung 36: 253-270.

- Bastian, O. (1997): Gedanken zur Bewertung von Landschaftsfunktionen – unter besonderer Berücksichtigung der Habitatfunktion. In: NNA-Berichte 3/97: 106-125
- Bastian, O. (1998): Landschaftsbewertung und Leitbildentwicklung auf der Basis von Mikrogeochoren. In: Steinhardt, U. & M. Volk (Hrsg.): Regionalisierung in der Landschaftsökologie: Forschung - Planung - Praxis. Stuttgart, Leipzig: 287-298.
- Bastian, O. (1999a): Landschaftsfunktionen als Grundlage von Leitbildern für Naturräume. In: Natur und Landschaft 74 (9): 361-373.
- Bastian, (1999b): Das Nachhaltigkeitsprinzip als Leitbild der Landschaftsentwicklung. In: Böhm, H.-P, Dietz, J. & H. Gebauer (Hrsg.): Nachhaltigkeit – Leitbild für die Wirtschaft? TU Dresden, Zentrum für Interdisziplinäre Technikforschung: 159-170.
- Bastian, O. & M. Röder (1996): Beurteilung von Landschaftsveränderungen anhand von Landschaftsfunktionen. Untersuchungen am Beispiel zweier Testgebiete im sächsischen Hügelland. In: Naturschutz und Landschaftsplanung 28 (10): 302-312.
- Bastian, O. & M. Röder (1998): Assessment of landscape change by land evaluation of past and present situation. In: Landscape and Urban Planning 41, No. 3/4:171-182.
- Bastian, O. & K.-F. Schreiber (Hrsg., 1999²): Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft. Heidelberg, Berlin.
- Bauer, S., Abresch, J.-P. & M. Steuernagel (1996): Gesamtinstrumentarium zur Erreichung einer umweltverträglichen Raumnutzung. In: Materialien zur Umweltforschung des SRU 26.
- Baumgartner, A. & H.-J. Liebscher (1990): Lehrbuch der Hydrologie, Band 1: Allgemeine Hydrologie. Stuttgart.
- BBodSchG – Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundesbodenschutzgesetz) vom 17.03.1998 (BGBl I: 502)
- Bechmann, A. (1987): Ökologische Bewertungsverfahren und Landschaftsplanung. In: Landschaft + Stadt 8: 170-182.
- Bechmann, A. (1988): Grundlagen der Bewertung von Umweltauswirkungen. In: Storm, P.-C. & T. Bunge (Hrsg.): Handbuch der Umweltverträglichkeitsprüfung (HdUVP), Abschnitt 3510. Berlin.
- Bechmann, A. (1989): Die Nutzwertanalyse. In: Storm, P.-C. & T. Bunge (Hrsg.): Handbuch der Umweltverträglichkeitsprüfung (HdUVP), Abschnitt 3555. Berlin.
- Bethe, F. & E.C.A. Bolsius (Hrsg., 1995): Marginalisation of agricultural land in Europe: essays and country studies. The Hague, Copenhagen, Bonn.
- Bierhals, E. (1980): Ökologische Raumgliederungen für die Landschaftsplanung. In: Buchwald, K. & W. Engelhardt (Hrsg.): Handbuch für Planung, Gestaltung und Schutz der Umwelt. Band 3: 80-104. München.
- Bill, R. (1996): Grundlagen der Geo-Informationssysteme. Band 2: Analysen, Anwendungen und neue Entwicklungen. Heidelberg.
- Bill, R. & D. Fritsch (1993²): Grundlagen der Geoinformationssysteme. Band 1: Hardware, Software und Daten. Heidelberg.
- Blaschke, T. (1997): Landschaftsanalyse und –bewertung mit GIS: Methodische Untersuchungen zu Ökosystemforschung und Naturschutz am Beispiel der bayerischen Salzachauen. In: Forschungen zur deutschen Landeskunde 243.

- Blume, H.-P. (Hrsg., 1992²): Handbuch des Bodenschutzes. Bodenökologie und -belastung. Vorbeugende und abwehrende Maßnahmen. Landsberg/Lech.
- BML – Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (2000): Zur Diskussion gestellt: Nachhaltigkeitsstrategie für die Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft in Deutschland. Bonn. Abrufbar unter: <http://www.bml.de/aktuelles/nachhaltigkeit.html> (Datum: 10.03.2000)
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg., 1998): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland: Entwurf eines umweltpolitischen Schwerpunktprogramms. Bonn.
- BMU (2000): Erprobung der CSD-Nachhaltigkeitsindikatoren in Deutschland. Bericht der Bundesregierung. Berlin.
- BNatSchG – Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz) in der Fassung vom 21.09.1998 (BGBl I: 2994)
- Böhm, E., Hillenbrand, T. Walz, R., Borchardt, D. & S. Henke (1999): Maßnahmenplan nachhaltige Wasserwirtschaft. Handlungsschwerpunkte für einen zukunftsorientierten Umgang mit Wasser in Deutschland. In: UBA-Texte 25/99.
- Böhm, H.R., Heiland, P., Dapp, K. & A. Mengel (1999): Anforderungen des vorsorgenden Hochwasserschutzes an Raumordnung, Landes-/Regionalplanung, Stadtplanung und die Umweltfachplanungen – Empfehlungen für die Weiterentwicklung. In: UBA-Texte 45/99.
- Bork, H.-R. (1992): Regionalisierung bodenhydrologischer Parameter und Zustandsvariablen. In: Kleeberg, H.-B. (Hg.): Regionalisierung in der Hydrologie. Mitteilung IX der Senatskommission für Wasserforschung/DFG. Weinheim: 201-220.
- Bork, H.-R. & A. Schröder (1996): Quantifizierung des Bodenabtrags anhand von Modellen. In: Blume, H.-P., Felix-Henningsen, P., Fischer, W.R., Frede, H.-G., Horn, R. & K. Stahr (Hrsg.): Handbuch der Bodenkunde. Landsberg.
- Bosch, C. (1994a): Ökologische Bodenfunktionen: Beiträge der Bodenökologie zum Bodenschutz. In: Rosenkranz, D., Bachmann, G., Einsele, G. & H.-M. Harreß (Hrsg.): Bodenschutz (Abschnitt 1480) Berlin.
- Bosch, C. (1994b): Versuch einer "Roten Liste naturnaher Böden". In: Rosenkranz, D., Bachmann, G., Einsele, G. & H.-M. Harreß (Hrsg.): Bodenschutz (Abschnitt 7050). Berlin.
- Bramer, H., Hendl, M., Marcinek, J., Nitz, B., Ruchholz, K. & S. Slobodda (1991): Physische Geographie Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Sachsen, Thüringen. Gotha.
- Bühler-Natour, C. (1999): Kriterien der Nachhaltigkeit und ihre Anwendungsmöglichkeiten auf Landschaftsebene am Beispiel der Agrarinseln im Naturpark „Dübener Heide“. Dissertation, Uni Hohenheim. In: UFZ-Berichte 2/1999.
- Buuren, M. van (1994): The hydrological landscape structure as a basis for network formulation; a case study for the Regge catchment (NL). In: Cook, E.A. & H.N. van Lier (Hrsg.): Landscape planning and ecological networks: 117-136.
- Buuren, M. van (1997): Landschapsplaning en watersystemen in de zandgebieden van Nederland. Proefschrift. Wageningen.
- Buuren, M. van & Kerkstra, K. (1993): The framework concept and the hydrological landscape structure: a new perspective in the design of multifunctional landscapes. In:

- Vos, C.C. & Opdam, P. (Hrsg.): Landscape ecology of a stressed Environment. London.
- Capelle, A. & R. Lüders (1985): Die potentielle Erosionsgefährdung der Böden in Niedersachsen. In: Göttinger Bodenkundl. Ber. 83: 107-127.
- Constanza R. & B.C. Patten (1995): Defining and predicting sustainability. In: Ecological Economics 15 (3): 193-196.
- Cook, E.A. & H.N. van Lier (Hrsg., 1993): Landscape planning and ecological networks. Developments in Landscape Management and Urban Planning 6F. Amsterdam.
- Dabbert, S., Hermann, S., Kaule, G. & M. Sommer (Hrsg., 1999): Landschaftsmodellierung für die Umweltplanung: Methodik, Anwendung und Übertragbarkeit am Beispiel von Agrarlandschaften. Berlin, Heidelberg.
- DBG – Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft (Hrsg., 1992): Strategien zur Reduzierung standort- und nutzungsbedingter Belastungen des Grundwassers mit Nitrat. AG Bodennutzung in Wasserschutz- und –schongebieten. Ohne Ortsangabe.
- AK Bodensystematik – Arbeitskreis für Bodensystematik der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (1998): Systematik der Böden. In: Mitt. Deut. Bodenkundl. Ges. 86: 1-134.
- De Groot, R.S. (1992): Functions of Nature. Evaluation of nature in environmental planning, management and decision making. Groningen.
- Diekkrüger, B. (1999): Regionalisierung von Wasserqualität und -quantität – Konzepte und Methoden. In: Steinhardt, U. & M. Volk (Hrsg.): Regionalisierung in der Landschaftsökologie: Forschung – Planung – Praxis. Stuttgart, Leipzig.
- Dietz, F.J., Simonis, U.E. & J. van der Straaten (Hrsg., 1992): Sustainability and environmental policy: restraints and advances. Berlin.
- Dietz, J. & H. Gebauer (1999): Nachhaltigkeit – Leitbild zukunftsorientierten gesellschaftlichen Handelns. In: Böhm, H.-P, Dietz, J. & H. Gebauer (Hrsg.): Nachhaltigkeit – Leitbild für die Wirtschaft? TU Dresden, Zentrum für Interdisziplinäre Technikforschung: 3-48.
- Dosch, F. & M. Fuhrich (1999): Konzept und Indikatorenprofile für eine indikatorengestützte Erfolgskontrolle im Handlungsfeld "Haushälterisches Bodenmanagement" des ExWoSt-Forschungsfeldes "Städte der Zukunft". In: BBR-Arbeitspapiere 3/1999. Bonn.
- Dörhöfer, G. & V. Josopait (1980): Eine Methode zur flächendifferenzierten Ermittlung der Grundwasserneubildungsrate. In: Geologisches Jahrbuch, Reihe C 27: 45-65.
- Dressler, H.v., Hoppenstedt, A., Langer, H., Müller, B., Murken, K., Janssen, G. & W. Erbguth (2000): Weiterentwicklung der Landschaftsrahmenplanung und ihre Integration in die Regionalplanung. In: Angewandte Landschaftsökologie, Heft 29.
- DRL – Deutscher Rat für Landespflge (1997): Leitbilder für Landschaften in peripheren Räumen. In: Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landespflge 67: 5-25.
- DVGW – Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (Hrsg., 1995): Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; I. Teil: Schutzgebiete für Grundwasser. DVGW-Arbeitsblatt W 101.
- DVWK – Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau (Hrsg., 1996a): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. In: DVWK-Merkblätter 238/1996.

- DVWK (Hrsg., 1996b): Fluß und Landschaft - Ökologische Entwicklungskonzepte. Ergebnisse des Verbundforschungsvorhabens „Modellhafte Erarbeitung ökologisch begründeter Sanierungskonzepte für kleine Fließgewässer“. In: DVWK-Merkblätter 240/1996.
- Elhaus, D., Rosenbaum, T., Schrey, H.P. & M. Warstat (1989): Die Bodenkarte Münster i.M. 1:50000 als Beispiel für die landesweite Übersicht über die Nitratauswaschungsgefahr aus Böden in Nordrhein-Westfalen. In: Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 59/II: 879-882.
- Engelen, G.B. & F.H. Kloosterman (Hrsg., 1996): Hydrological systems analysis: methods and applications. Water science and technology library, volume 20. Dordrecht.
- Eser, U. & T. Potthast (1997): Bewertungsproblem und Normbegriff in Ökologie und Naturschutz aus wissenschaftsethischer Perspektive. In: Z. Ökologie u. Naturschutz 6: 181-189.
- Feldhaus, D., Kainz, W. & B. Pfützner (1996): Zur indirekten Bereitstellung von Bodenparametern für die Wasserhaushaltsmodellierung. In: Mitt. Geol. Sachsen-Anhalt 2: 159-165.
- Feldhaus, D. & W. Wilczynski (1997): Zur Abhängigkeit der Grundwasserneubildung von Klima, Boden und Nutzung. Ohne Ortsangabe.
- Finck, P. et al. (1997): Naturschutzfachliche Landschafts-Leitbilder. Rahmenvorstellungen für das Nordwestdeutsche Tiefland aus bundesweiter Sicht. In: Schriftenr. f. Landschaftspflege und Naturschutz, Heft 50/1.
- Finke, L. (1994²): Landschaftsökologie. Braunschweig.
- Finke, L. (1996): Integration von Landschaftsplanung und Regionalplanung. In: Buchwald, K. & W. Engelhardt (Hrsg.): Umweltschutz – Grundlagen und Praxis, Band 2: Bewertung und Planung im Umweltschutz. Bonn: 286-295.
- Finke, L. et al. (1993): Berücksichtigung ökologischer Belange in der Regionalplanung in der Bundesrepublik Deutschland. In: ARL-Beiträge 124.
- Forman, R.T.T. & M. Godron (1986): Landscape Ecology. New York.
- Frede, H.-G. & S. Dabbert (Hrsg., 1998): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft. Landsberg.
- Frielinghaus, M. et al. (1997): Maßstäbe bodenschonender landwirtschaftlicher Bodennutzung - Erarbeitung von Beurteilungskriterien und Meßparametern als Grundlagen für fachliche Regelungsansätze. - Bericht zum Teil 1 des Forschungsvorhabens Nr. 10702009 des Umweltbundesamtes, Berlin.
- Fürst, D. (1996): Regionalplanung – für einen „ökologischen Umbau der Gesellschaft“ überflüssig? In: Z. f. angewandte Umweltforschung 9 (3): 411-418.
- Gassner, E. (1995): Das Recht der Landschaft. Gesamtdarstellung für Bund und Länder. Radebeul.
- Gelbrich, H. (1995): Landschaftsplanung in der DDR in den 50er Jahren. In: Natur und Landschaft 70 (11): 539-545.
- Gerold, G. (1999): Regionalisierung und Upscaling des Wasserumsatzes in Einzugsgebieten. In: Steinhardt, U. & M. Volk (Hrsg., 1999): Regionalisierung in der Landschaftsökologie: Forschung – Planung – Praxis. Stuttgart, Leipzig: 79-95.

- Glacer, D. (1999): Leitbilder als Bewertungsgrundlage der Gewässerstrukturgütekartierung. In: Zumbroich, T., Müller, A. & G. Friedrich (Hrsg.): *Strukturgüte von Fließgewässern: Grundlagen und Kartierung*. Berlin, Heidelberg: 45-71.
- Glugla, G. & K. Tiemer (1971): Ein verbessertes Verfahren zur Berechnung der Grundwasserneubildung. In: *Wasserwirtschaft u. Wassertechnik* 39: 178-181.
- Glugla, G. & B. König (1989): Der mikrorechnergestützte Arbeitsplatz Grundwasserdargebot. In: *Wasserwirtschaft-Wassertechnik* 39 (8): 178-181.
- Glugla, G. & G. Fürtig (1997): Dokumentation zur Anwendung des Rechenprogrammes ABIMO: Berechnung langjähriger Mittelwerte des Wasserhaushaltes für den Lockergesteinsbereich. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Berlin.
- Goodland, R., Daly, H., El Serafy, S. & B. von Droste (Hrsg., 1992): *Nach dem Brundtland-Bericht: Umweltverträgliche wirtschaftliche Entwicklung*. Herausgeber der deutschsprachigen Ausgabe: Deutsches Nationalkomitee für das UNESCO-Programm „Der Mensch und die Biosphäre“ (MAB), Bonn.
- Gränitz, S. (in Vorbereitung): Ein hierarchisches Verfahren zur mesoskaligen Untersuchung des Wasser- und Stoffhaushaltes unter Verwendung des Top Down-Ansatzes – Dargestellt am Beispiel zweier Einzugsgebiete im mitteldeutschen Raum. Diplomarbeit, MLU Halle-Wittenberg.
- Haaren, C. v. (1998): Begriffe, Vorgehen und Hierarchien bei der Zielentwicklung im Naturschutz. In: Wiegleb, G., Schulze, F. & U. Bröring (Hrsg.): *Naturschutzfachliche Bewertung nach der Leitbildmethode*. Heidelberg, Berlin.
- Haase, G. (1967): Zur Methodik großmaßstäbiger landschaftsökologischer und naturräumlicher Erkundung. In: *Wiss. Abh. d. Geogr. Ges. d. DDR* 5: 35-128.
- Haase, G. (1978): Zur Ableitung und Kennzeichnung von Naturraumpotentialen. In: *PGM* 122: 113-125.
- Haase, G. (1991): *Naturraumerkundung und Landnutzung: Geochorologische Verfahren zur Analyse, Kartierung und Bewertung von Naturräumen*. Beiträge zur Geographie, Bd. 34/1+2.
- Haber, W. (1972): Grundzüge einer ökologischen Theorie der Landnutzungsplanung. In: *Innere Kolonisation* 21 (11): 294-298.
- Haber, W. (1995): Nachhaltigkeit als ökologisches Konzept. In: Fritz, P., Huber, J. & H.W. Levi (Hrsg.): *Nachhaltigkeit in naturwissenschaftlicher und sozialwissenschaftlicher Perspektive*. Stuttgart: 17-30.
- Haber, W. (1998): Zum Konzept der differenzierten Landnutzung – Grundlage für Naturschutz und nachhaltige Naturnutzung. In: *BMU (Hrsg.): Ziele des Naturschutzes und einer nachhaltigen Naturnutzung in Deutschland*. Bonn: 57-64.
- Haber, W. et al. (1993): Quantifizierung raumspezifischer Entwicklungsziele des Naturschutzes. In: *ARL-Beiträge* 125.
- Happe, M., Mohs, B., Ohligschläger, G., Grabe, C. & W. Kaschlun (1999): Bodenschutz und Landschaftsverbrauch. In: *UBA-Texte* 15/99.
- Harborth, H.-J. (1993): Sustainable Development - Dauerhafte Entwicklung. In: Nohlen, D. & F. Nuscheler (Hrsg.): *Handbuch der Dritten Welt, Band 1: Grundprobleme – Theorien - Strategien*. Bonn: 231-247.
- Harms, B. & F. Klijn (1996): *Nederland in hokjes: de landschapsecologische kartering van Nederland*. In: *Landschap* 13: 257-272.

- Hartmann, K.-J. (1998): Ableitung erosionswirksamer Bodeneigenschaften für die Löß-Bodenformen in Sachsen-Anhalt. In: Mitt. Geol. Sachsen-Anhalt 4: 79-89.
- Hartmann, K.-J. & W. Kainz (1996): Ertragspotential und Anbaueignung der Böden in Sachsen-Anhalt. In: Mitt. Geol. Sachsen-Anhalt 2: 213-217.
- Hartmann, K.-J. Kainz., W. & A. Möbes (1996): Zum Aufbau des Fachinformationssystems Boden am GLA Sachsen-Anhalt (FIS-Boden). In: Mitt. Geol. Sachsen-Anhalt 2: 181-192.
- Hartmann, K.-J. & D. Bothmer (1997): Die digitale MMK im FIS-Boden des GLA Sachsen-Anhalt – Grundlagen, Erschließung und Nutzungspotential anhand praktischer Beispiele. In: Mitt. Geol. Sachsen-Anhalt 3: 171-179.
- Hartmann, K.-J. & W. Kainz (1997): Konzept zur Übertragung bodenkundlicher Daten aus dem Sprachgebrauch der früheren DDR in die aktuelle deutsche Nomenklatur. In: Z. Angew. Geol. 43 (2): 112-117.
- Hartmann, K.-J., Dehner, U., Dobler, L. Krug, D. & W. Kainz (1999): Entwicklung von Flächendatensätzen für die Bodenübersichtskarte im Maßstab 1:200.000, Blatt Leipzig. In: Mitt. Geol. Sachsen-Anhalt 5: 135-146.
- Hauff, V. (Hrsg., 1987): Unsere gemeinsame Zukunft. Greven.
- Hennings, V. (Hg., 1994): Methodendokumentation Bodenkunde: Auswertungsmethoden zur Beurteilung der Empfindlichkeit und Belastbarkeit von Böden. In: Geologisches Jahrbuch, Reihe F, Heft 31: 5-242.
- Hennings, V. (1998): Einfluß verschiedener Verfahren der Aggregation auf die Güte bodenkundlicher Auswertungskarten. In: Mitt. Dtsch. Bodenkund. Ges. 88: 417-420.
- Herz, K. (1973): Beitrag zur Theorie der landschaftsanalytischen Maßstabbereiche. In: PGM 117 (2): 91-96.
- Herz, K. (1994): Ein geographischer Landschaftsbegriff. In: Wiss. Z. Techn. Univers. Dresden 43 (5): 82-89.
- Herzog, F. & J. Kunze (1999): Erfassung von Parametern des Landschaftswasserhaushaltes. In: Horsch, H. & I. Ring (Hrsg.): Naturressourcenschutz und wirtschaftliche Entwicklung – Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung im Elbeinzugsgebiet. In: UFZ-Bericht 16/1999: 89-108.
- HLfB – Hessisches Landesamt für Bodenforschung (1996): Anleitung zur bodenkundlichen Kartierung landwirtschaftlich genutzter Flächen im Hinblick auf die potentielle Nitratauswaschungsgefährdung und ihre Darstellung in Karten des Maßstabes 1:5000. In: Staatsanzeiger für das Land Hessen Nr. 13/1996: 1001-1002.
- Hobbs, R. (1997): Future landscapes and the future of landscape ecology. In: Landscape and urban Planning 37: 1-9.
- Hölting, B., 1996: Hydrogeologie: Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie. Stuttgart.
- Hübler, K.-H., Kaether, J. & C. Pletz (1996): Institutionelle Ressourcen und Restriktionen bei der Erreichung einer umweltverträglichen Raumnutzung. In: Materialien zur Umweltforschung 28.
- Jessel, B. (1995): Ist Landschaft planbar? Möglichkeiten und Grenzen ökologisch orientierter Planung. In: Laufener Seminarbeiträge 4/95: 7-10.
- Jessel, B. (1998): Landschaften als Gegenstand der Planung: Theoretische Grundlagen ökologisch orientierten Planens. Berlin.

- Jongman, R.H.G. (1993): An ecological main structure for the European Union. In: Cook, E.A. & H.N. van Lier (Hrsg.): Landscape planning and ecological networks. Developments in Landscape Management and Urban Planning, 6F: 309-326. Amsterdam.
- Jongman, R.H.G. (Hrsg., 1995): Ecological and landscape consequences of land use change in Europe. Proceedings of the first ECNC seminar on land use change and its ecological consequences, 16-18 February Tilburg, The Netherlands.
- Kahlenborn, W. & A. Kraemer (2000): Prinzipien einer nachhaltigen Wasserwirtschaft und ihre Anwendung in Deutschland. In: Wasser & Boden 52 (1/2): 36-39.
- Kainz, W. & K.-J. Hartmann (1997): Vorschlag zur Bereitstellung bodenkundlicher Kennwerte für mittel- und kleinmaßstäbige Bodenkarten auf der Basis von TGL 24300 Substraten. In: Mitt. Geol. Sachsen-Anhalt, Bd.3: 181-186.
- Kiemstedt, H., Horlitz, T. & S. Ott (1993): Umsetzung von Zielen des Naturschutzes auf regionaler Ebene. In: ARL-Beiträge 123.
- Kistenmacher, H. (1996): Umweltvorsorge durch die Regional- und Landesplanung und ihre Bedeutung für die Flächennutzungsplanung. In: Z. f. angewandte Umweltforschung, Sonderheft 7/96: 15-35.
- Kistenmacher, H., Geyer, T. & D. Gust (1993): Planinhalte für den Freiraumbereich. Handlungsmöglichkeiten der Regionalplanung zur Differenzierung von Planinhalten für den Freiraumbereich. In: ARL-Beiträge 126.
- Klauer, B. (1999): Was ist Nachhaltigkeit und wie kann man eine nachhaltige Entwicklung erreichen? In: Z. f. angewandte Umweltforschung 12 (1): 86-97.
- Klijn, J.A. (1995): Hierarchical concepts in landscape ecology and its underlying disciplines. In: Report 100, DLO Winand Staring Centre, Wageningen.
- Krönert, R. (1985): Ermittlung von Landschaftseinheiten mittlerer Ordnung nach Satellitenaufnahmen und deren Interpretation nach Karten des Atlas DDR. In: Fortschritte der geographischen Kartographie. In: Wiss. Abh. Geogr. Ges. d. DDR 18: 229-236.
- Krönert, R. (1995): Ökologischer Handlungsbedarf zur Sicherung der Mehrfachnutzung im Raum Leipzig-Halle. In: Erdkundeunterricht 4: 163-173.
- Krönert, R. (1997a): Einflüsse von Klima, Boden und Landnutzung auf den Gebietswasserhaushalt. In: Feldmann, R., Henle, K. Auge, H., Flachowsky, J., Klotz, S. & R. Krönert (Hrsg.): Regeneration und nachhaltige Landnutzung – Konzepte für belastete Gebiete. Berlin, Heidelberg: 199-205.
- Krönert, R. (1997b): Schlußfolgerungen aus der Landschaftsbewertung für die Landschafts-/Landnutzungsplanung. In: Feldmann, R., Henle, K. Auge, H., Flachowsky, J., Klotz, S. & R. Krönert (Hrsg.): Regeneration und nachhaltige Landnutzung – Konzepte für belastete Gebiete. Berlin, Heidelberg: 244-247.
- Krönert, R. (1998): Landschaftseinheiten versus Naturraumeinheiten? In: Steinhardt, U. & M. Volk (Hrsg.): Regionalisierung in der Landschaftsökologie: Forschung – Planung – Praxis. Stuttgart, Leipzig: 271-281.
- Krönert, R. (1999b): Zum Landschaftsparadigma der Geographie mit Beispielen aus der Region Leipzig – Halle – Dessau. In: Mannsfeld, K. & H. Neumeister (Hrsg.): Ernst Neefs Landschaftslehre heute. PGM, Ergänzungsheft 294: 107-128.
- Kühling, W. (1992): Notwendige Anmerkungen zum Entwurf der allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Ausführung des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung. In: UVP-report 1/92: 2-6.

- Kühn, M. (1996): Moderation von Nutzungskonflikten - eine Aufgabe für die ökologisch orientierte Planung. In: RuR 5/96: 355-360.
- Kühn, M. (1999): Kulturlandschaften zwischen Schutz und Nutzung: Planungsmodelle einer nachhaltigen Freiraum- und Regionalentwicklung. In: REGIO - Beiträge des IRS 14, Erkner.
- Kunkel, R. & F. Wendland (1998): Der Landschaftswasserhaushalt im Flußbezugsgebiet der Elbe. In: Schriften des Forschungszentrum Jülich, Reihe Umwelt/Environment 12.
- Langer, H. (1996): Erfassung und Bewertung von Natur und Landschaft – Methodische Ansätze und Beispiele. In: Buchwald, K. & W. Engelhardt (Hrsg.): Umweltschutz – Grundlagen und Praxis, Band 2: Bewertung und Planung im Umweltschutz. Bonn: 38-75.
- LAU – Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (Hrsg., 1998): Bodenschutz in der räumlichen Planung. In: Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt 1998, Heft 29.
- Leser, H. & H.-J. Klink (Hrsg., 1988): Handbuch und Kartieranleitung Geoökologische Karte 1:25000 (KA GÖK 25). In: Forschungen zur deutschen Landeskunde 228.
- Leser, H. (1997⁴): Landschaftsökologie. Stuttgart.
- LEP-LSA - Gesetz über den Landesentwicklungsplan des Landes Sachsen-Anhalt vom 23.08.1999 (GVBl. LSA, Nr. 28/1999, Sonderdruck mit zusätzlichem Begründungs- und Erläuterungsteil).
- Lieberoth, I. (1982³): Bodenkunde. Berlin.
- Liedtke, H. (1960): Geologischer Aufbau und geomorphologische Gestaltung im Fläming. In: Berichte zur deutschen Landeskunde 26: 45-81.
- Littmann, T. (1998): Zur Winderosion landwirtschaftlich genutzter Böden. In: Glatthaar, D. und J. Herget (Hrsg.): Physische Geographie und Landeskunde - Festschrift für Herbert Liedtke. In: Bochumer Geographische Arbeiten, Sonderreihe 13: 45-51.
- Locher, B., Hülsmann, W., Schablitzki, G., Dickow-Hahn, R. & C. Wagener-Lohse (1997): Zum Stellenwert der Regionalplanung in der nachhaltigen Entwicklung. In: UBA-Texte 31/97.
- LPIG – Landesplanungsgesetz des Landes Sachsen-Anhalt vom 28. April 1998 (GVBl. LSA Nr. 16/1998: 255-262).
- LUA – Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (Hrsg., 1998): Gewässerstrukturgütekartierung in Nordrhein-Westfalen - Kartieranleitung. Essen.
- Maarel, E. van der & P.J. Dauvellier (1978): Naar een globaal ecologisch model voor de ruimtelijke ontwikkeling van Nederland. Ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening, 's-Gravenhage.
- Mannsfeld, K., Grunewald, K. & M. Gebel (1998): Methoden zur Quantifizierung diffuser Nährstoffeinträge in Gewässer - Beispielarbeiten in den Flussgebieten Große Röder und Schwarzer Schöps. In: Materialien zur Wasserwirtschaft des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Dresden.
- Marks, R. et al. (Hrsg., 1992²): Anleitung zur Bewertung des Leistungsvermögens des Landschaftshaushaltes (BA LVL). In: Forschungen zur deutschen Landeskunde 229.
- Meadows, D. (1972): Die Grenzen des Wachstums: Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit. Stuttgart.

- MELF – Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Sachsen-Anhalt (Hrsg., 1998): Leitlinie zur Erhaltung und nachhaltigen Entwicklung des Waldes in Sachsen-Anhalt. Magdeburg.
- Messerli, B. & P. Messerli (1978): Wirtschaftliche Entwicklung und ökonomische Belastung in Berggebieten (MAB Schweiz). In: *Geographica Helvetica* 33 (4): 203-210.
- Meynen, E., Schmithüsen, J., Gellert, J., Neef, E., Müller-Miny, H. & H.J. Schultze (1953-1962): *Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands*. Bad Godesberg.
- Meyer, B. (1997): Landschaftsstrukturen und Regulationsfunktionen in Intensivagrarschaften im Raum Leipzig-Halle. Regionalisierte Umweltqualitätsziele – Funktionsbewertungen – multikriterielle Landschaftsoptimierung unter Verwendung von GIS. In: *UFZ-Berichte* 24/1997.
- Meyer, B.C. & R. Krönert (1998): Bewertung von Maßnahmennotwendigkeiten des Umwelt- und Ressourcenschutzes im Raum Leipzig-Halle-Bitterfeld. In: *UFZ-Berichte* 15/1998.
- Meyer, B.C., Krönert, R. & U. Steinhardt (2000): Reference areas and dimensions in landscape ecology and application of evaluation functions. In: Mander, Ü. & R.H.G. Jongman (Hrsg.): *Consequences of Land Use Change. Advances in Ecological Science* 5: 119-146.
- MKRO - Ministerkonferenz für Raumordnung (1995): *Raumordnungspolitische Handlungsrahmen*. Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Bonn.
- Mosimann, T. (1980): Boden, Wasser und Mikroklima in den Geosystemen der Löss-Sand-Mergel-Hochfläche des Bruderholzgebietes (Raum Basel). In: *Physiogeographica – Basler Beiträge zur Physiogeographie* 3.
- Mosimann, T. (1995): Schätzung der Bodenerosion in der Praxis und Beurteilung der Gefährdung der Bodenfruchtbarkeit durch Bodenabtrag. In: Rosenkranz, D., Bachmann, G., Einsele, G. & H.-M. Harreß (Hrsg.): *Bodenschutz (Abschnitt 4070: 1-34)* Berlin.
- Mosimann, T. (1999): *Angewandte Landschaftsökologie – Inhalte, Stellung und Perspektiven*. In: Schneider-Sliwa, R., Schaub, D. & G. Gerold (Hrsg.): *Angewandte Landschaftsökologie: Grundlagen und Methoden*. Berlin, Heidelberg: 5-23.
- MRLU – Ministerium für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt (Hrsg., 1996a): *Landesentwicklungsbericht Sachsen-Anhalt*. Magdeburg.
- MRLU (Hrsg., 1996b): *Regionales Entwicklungsprogramm für den Regierungsbezirk Dessau*. Magdeburg.
- MRLU (Hrsg., 1996c): *Trinkwasserzielplanung des Landes Sachsen-Anhalt 1996*. Magdeburg.
- MRLU (Hrsg., 1997a): *Agraratlant des Landes Sachsen-Anhalt. Die Agrarwirtschaft des Landes in Karten – Texten – Übersichten*. Magdeburg.
- MRLU (Hrsg., 1997b): *Programm zur Weiterentwicklung des ökologischen Verbundsystems in Sachsen-Anhalt bis zum Jahre 2005*. Magdeburg.
- MRLU (1997c): *Auszug aus dem Raumordnungskataster (ROK): Digitale Daten des Regionalen Entwicklungsprogrammes für den Regierungsbezirk Dessau*. Gen.-Nr. U24/004/97. Magdeburg.
- MRU – Ministerium für Raumordnung und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt (Hrsg., 1999): *Landesentwicklungsplan für das Land Sachsen-Anhalt*. Magdeburg.
- MUN – Ministerium für Umwelt und Naturschutz des Landes Sachsen-Anhalt (Hrsg., 1994): *Landschaftsprogramm des Landes Sachsen-Anhalt. Teil 1: Grundsätzliche Zielstel-*

- lungen; Teil 2: Beschreibungen und Leitbilder der Landschaftseinheiten; Karten. Magdeburg.
- Müller, U. (1997): Auswertungsmethoden im Bodenschutz, Dokumentation zur Methodendbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS). Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover.
- NatSchG LSA – Naturschutzgesetz des Landes Sachsen-Anhalt in der Fassung vom 31. Januar 1998. In: Broschüre des Ministerium für Raumordnung und Umwelt. Magdeburg.
- Naveh, Z. & Lieberman, A.S. (1994): *Landscape ecology. Theory and application*. New York.
- Naveh, Z. (1996): Die Anforderungen der post-industriellen Gesellschaft an die Landschaftsökologie als eine transdisziplinäre, problemorientierte Wissenschaft. In: *Die Erde* 127: 235-249.
- Neef, E. (1963): Topologische und chorologische Arbeitsweisen in der Landschaftsforschung. In: *PGM* 107 (4): 249-259.
- Neef, E. (1967): *Die theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre*. Gotha.
- Neef, E., Schmidt, R. & M. Lauckner (1961): Landschaftsökologische Untersuchungen an verschiedenen Physiotopen Nordwestsachsens. In: *Abh. Sächs. Akad. Wiss. Leipzig, Math.-Nat. Kl.* 47.
- Newson, M.D. (1992): *Land, water and development: river basin systems and their sustainable management*. London.
- Niemann, E. (1982): Methodik zur Bestimmung der Eignung, Leistung und Belastbarkeit von Landschaftselementen und Landschaftseinheiten. In: *Wissenschaftliche Mitteilungen, Sonderheft 2, Institut für Geographie und Geoökologie der Akademie der Wissenschaften der DDR*.
- Nienhuis, P.H. & S.E.W. Leuven (1997): The role of the science of ecology in the sustainability debate in Europe. In: *Verh. Ges. Ökol.* 27: 243-251.
- Odum, E.P. (1969): The strategy of ecosystem development. In: *Science* 164: 262-270.
- OECD – Organisation for Economic Co-Operation and Development (1998): *Towards Sustainable Development: Environmental Indicators*. Paris.
- Oelke, E. (Hrsg., 1997): *Sachsen-Anhalt. Perthes Länderprofile*. Gotha.
- Ott, K. (2000): Stand des umweltethischen Diskurses. In: *Naturschutz und Landschaftsplanung* 32 (2-3): 39-44.
- Petry, D. & R. Krönert (1998): Towards the integration of land use and natural resources: contributions of landscape analysis to regional planning. - In: Dover, J.W.D. & R.G.H. Bunce (Hrsg.): *Key Concepts in Landscape Ecology, IALE (UK)*, Preston: 405-410.
- Petry, D., Herzog, F., Volk, M., Steinhardt, U. & S. Erfurth (2000): Auswirkungen unterschiedlicher Datengrundlagen auf mesoskalige Wasserhaushaltsmodellierungen: Beispiele aus dem mitteldeutschen Raum. In: *Z. f. Kulturtechnik u. Landentwicklung* 41 (1): 19-26.
- Plachter, H. (1994): Methodische Rahmenbedingungen für synoptische Bewertungsverfahren im Naturschutz. - In: *Z. f. Ökologie und Naturschutz* 3: 87-106.

- Plachter, H. (1995): Der Beitrag des Naturschutzes zu Schutz und Entwicklung der Umwelt. Erdmann, K.-H. & H.G. Kastenholz (Hrsg.): Umwelt- und Naturschutz am Ende des 20. Jahrhunderts: Probleme, Aufgaben und Lösungen. Berlin: 197-254.
- Provincie Gelderland (1994): Een ruimtelijk ontwikkelingsperspectief voor Gelderland op weg naar 2015 – Een oproep tot discussie. Arnhem.
- Ramsauer, U. (1993): Strukturprobleme der Landschaftsplanung – Eine kritische Bestandsaufnahme. In: *Natur + Recht* 3 (1993): 108-117.
- Rat der Europäischen Union (1999): Gemeinsamer Standpunkt (EG) Nr. 41/1999 vom Rat festgelegt am 22. Oktober 1999 im Hinblick auf den Erlaß der Richtlinie 1999/.../EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft vom ... im Bereich der Wasserpolitik. In: *Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften* C 343/1-72.
- Renger, M & O. Strebel (1980): Jährliche Grundwasserneubildung in Abhängigkeit von Bodennutzung und Bodeneigenschaften. In: *Wasser u. Boden* 32 (8): 362-366.
- Richtlinie zur Aufstellung des Landschaftsrahmenplans nach § 6 des Naturschutzgesetzes des Landes Sachsen-Anhalt vom 18.1.1993 (MBl. LSA Nr. 9/1993: 520-523).
- Riedl, U. (1991): Integrierter Naturschutz. Notwendigkeit des Umdenkens, normativer Begründungszusammenhang, konzeptioneller Ansatz. In: *Schriftenreihe des Fachbereichs Landschaftsarchitektur und Umweltentwicklung der Universität Hannover* 31.
- Ripl, W. (1995): Nachhaltige Bewirtschaftung von Ökosystemen aus wasserwirtschaftlicher Sicht. In: Fritz, P., Huber, J. & H.W. Levi (Hrsg.): *Nachhaltigkeit in naturwissenschaftlicher und sozialwissenschaftlicher Perspektive*. Stuttgart: 69-80.
- Ripl, W. & C. Hildmann (1994): Wasserhaushalt und Basenverluste aus der Landschaft als zentrale ökologische Probleme. In: *Jahrbuch Ökologie 1995*: 129-138. München.
- Röder, M. (1997): Erfassung und Bewertung anthropogen bedingter Änderungen des Landschaftswasserhaushaltes - dargestellt an Beispielen aus der Westlausitz. Diss., TU Dresden.
- ROG – Raumordnungsgesetz vom 01.01.1998 (BGBl. I: 2098).
- Rößling, H. (1999): Die naturschutzfachliche Eingriffsregelung und ihre Vorbereitung durch die Raum- und Umweltplanung. In: *UFZ-Berichte* 27/99.
- Roweck, H. (1995): Landschaftsentwicklung über Leitbilder? Kritische Gedanken zur Suche nach Leitbildern für die Kulturlandschaft von morgen. In: *LÖBF-Mitteilungen* 4/95: 25-34.
- Runden, P. et al. (1997): Umweltqualitätsziele für die ökologische Planung. In: *UBA-Texte* 9/97.
- Sauerborn, P. (1994): Die Erosivität der Niederschläge in Deutschland – Ein Beitrag zur quantitativen Prognose der Bodenerosion durch Wasser in Mitteleuropa. In: *Bonner Bodenkundliche Abhandlungen* 13.
- Schachtschabel, P., Blume, H.-P., Brümmer, G., Hartge, K.-H. & U. Schwertmann (1989¹²): *Lehrbuch der Bodenkunde*. Stuttgart.
- Schaller, J. (1996): Geographische Informationssysteme – Landschafts- und Umweltinformationssysteme. In: Buchwald, K. & W. Engelhardt (Hrsg.): *Umweltschutz – Grundlagen und Praxis, Band 2: Bewertung und Planung im Umweltschutz*. Bonn: 147-174.

- Schmidt, C. (1996): Beitrag zur regionalplanerischen Umweltvorsorge – unter besonderer Berücksichtigung ökologischer Wechselwirkungen zwischen Fließgewässern und Einzugsgebieten. Diss. Weimar.
- Schobeß, S. (1994): Gliederung der Grundwasserlandschaften in Grundwasserregionen für die Regierungsbezirke Halle und Dessau. Unveröffentlichtes Gutachten, LAU Sachsen-Anhalt. Halle.
- Scholles, F. (1997): Abschätzen, Einschätzen und Bewerten in der UVP - Weiterentwicklung der Ökologischen Risikoanalyse vor dem Hintergrund der neueren Rechtslage und des Einsatzes rechnergestützter Werkzeuge. In: UVP-Spezial 13. Dortmund.
- Schröder, H., Knauf, C. & W. Kainz (1997): Bodenübersichtskarte im Maßstab 1:200.000, Region Dessau, Geologisches Landesamt Sachsen-Anhalt, Halle.
- SMU – Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung (Hrsg., 1997): Naturräume und Naturraumpotentiale des Freistaates Sachsen. In: Materialien zur Landesentwicklung 2/1997.
- SRU – Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (Hrsg., 1996): Konzepte einer dauerhaft-umweltgerechten Nutzung ländlicher Räume. Sondergutachten, Stuttgart.
- SRU (Hrsg., 1998): Flächendeckend wirksamer Grundwasserschutz: Ein Schritt zur dauerhaft-umweltgerechten Nutzung. Sondergutachten, Stuttgart.
- Statistisches Bundesamt (Hrsg., 1994): CORINE Land Cover (CLC) Datenerhebungsanleitung. Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (Hrsg., 1996): Daten zur Bodenbedeckung. Wiesbaden. Schwertmann, U., Vogl, W. & M. Kainz (1990²): Bodenerosion durch Wasser – Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. Stuttgart.
- Statistisches Landesamt (2000): Daten und Fakten: Gebiet und Bevölkerung. Abrufbar unter: <http://www.stala.sachsen-anhalt.de/index.htm> (20.05.2000).
- Steinhardt, U. (1999): Die Theorie der geographischen Dimensionen. In: Schneider-Sliwa, R., Schaub, D. & G. Gerold (Hrsg.): Angewandte Landschaftsökologie: Grundlagen und Methoden. Berlin, Heidelberg: 47-64.
- Steinhardt, U. & M. Volk (Hrsg., 1999): Regionalisierung in der Landschaftsökologie: Forschung – Planung – Praxis. Stuttgart, Leipzig.
- Steinhardt, U. & M. Volk (2000): Von der Makropore zum Flußeinzugsgebiet – Hierarchische Ansätze zum Verständnis des landschaftlichen Wasser- und Stoffhaushaltes. In: PGM 144 (2): 80-90.
- Syrbe, R.-U., Bastian, O. & M. Röder (1998): Analyse und Bewertung der Landschaft und ihrer Veränderungen anhand ausgewählter Funktionen des Naturhaushaltes im Biosphärenreservat „Oberlausitzer Heide- und Teichlandschaft“. Erdmann, K.-H., Bork, H.R. & K. Grunewald (Hrsg.): Geographie und Naturschutz: Beiträge zu einer naturverträglichen Entwicklung. MAB-Mitteilungen 45.
- TGL 24300/07 (1985): Aufnahme landwirtschaftlich genutzter Standorte – Substrate und Substrat-typen. Ohne Ortsangabe.
- Tobias, K. (1995): Ökologische Forschung und ökologisch orientierte Planung – Versuch einer Bilanz. In: Z. f. angewandte Umweltforschung 8 (3): 313-325.
- Tóth, J. (1963): A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins. - In: J. of Geophysical Research 68 (1): 4795-4812.

- UNCSD – United Nations Commission on Sustainable Development (1999): Indicators of Sustainable Development. Abrufbar unter: <http://www.un.org/esa/sustdev/isd.htm> (Datum: 23.11.1999).
- Vinten, A.J.A. & K.A. Smith (1993): Nitrogen Cycling in Agricultural Soils. In: Burt, T.P., Heathwaite, A.L. & S.T. Trudgill (Hrsg.): Nitrate - Processes, Patterns and Management. Chichester: 39-73.
- Vlist, M.J. van der (1998): Land use planning in the Netherlands; finding a balance between rural development and protection of the environment. - In: Landscape and Urban Planning 41, No. 2: 135-144.
- Vlist, M.J. van der (1999): Duurzaamheid als planningsopgave. Wageningen.
- Volk, M. & M. Bannholzer (1999): Auswirkungen von Landnutzungsänderungen auf den Gebietswasserhaushalt: Anwendungsmöglichkeiten des Modells ABIMO für regionale Szenarien. In: Geoökodynamik 20 (3): 193-210.
- Volk, M. & U. Steinhardt (1998): Integration unterschiedlich erhobener Datenebenen in GIS für landschaftsökologische Bewertungen im mitteldeutschen Raum. In: Photogrammetrie – Fernerkundung – GIS (6): 349-362.
- Wagenbreth, O. & W. Steiner (1990⁴): Geologische Streifzüge: Landschaft und Erdgeschichte zwischen Kap Arkona und Fichtelberg. Leipzig.
- Walz, R. et al. (1997): Grundlagen für ein nationales Umweltindikatorensystem – Weiterentwicklung von Indikatorensystemen für die Umweltberichterstattung. In: UBA-Texte 37/97.
- Wiegand, G., Schulze, F. & U. Bröring (Hrsg., 1998): Naturschutzfachliche Bewertung nach der Leitbildmethode. Heidelberg, Berlin.
- Wischmeier, W.H. & D.D. Smith (1978): Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. In: USDA Agric. Handbook 537.
- Wohlrab, B., Ernstberger, H., Meuser, A. & V. Sokollek (1992): Landschaftswasserhaushalt. Wasserkreislauf und Gewässer im ländlichen Raum. Veränderungen durch Bodennutzung, Wasserbau und Kulturtechnik. Hamburg, Berlin.
- Zepp, H. & M.J. Müller (1999): Landschaftsökologische Erfassungsstandards. Ein Methodenbuch. In: Forschungen zur deutschen Landeskunde 244, Flensburg.
- Zumbroich, T., Müller, A. & G. Friedrich (Hrsg., 1999): Strukturgüte von Fließgewässern: Grundlagen und Kartierung. Berlin, Heidelberg.

Anhang

- Anhang 1: Nutzungsstruktur der Landschaftseinheiten des Regierungsbezirks Dessau auf der Grundlage der CORINE-Daten
- Anhang 2: Leitbilder der Landschaftseinheiten im Landschaftsprogramm des Landes Sachsen-Anhalt
- Anhang 3: Nutzungsklassen der Daten zur Bodenbedeckung des CORINE-Projektes Land Cover im Regierungsbezirk Dessau (nach Statistisches Bundesamt 1996)
- Anhang 4: Aus den Substratflächentypen der BÜK200 für die Verfahrensanwendung abgeleitete bodenkundliche Parameter (Erläuterung der Kürzel und Symbole siehe Kapitel 6.1.3)
- Anhang 5: Berechnungsschema für die Abflussbildung in ABIMO (nach Glugla & Fürtig 1997)

Anhang 1: Nutzungsstruktur der Landschaftseinheiten des Regierungsbezirks Dessau auf der Grundlage der CORINE-Daten

Landschaftseinheit	Gesamtfläche in km ²	Acker	Wald	Devastierte Fläche	Bebaute Fläche
Annaburger Heide	90,3	17,48	80,29	1,74	0,51
Bad Schmiedeberger Hügelland	106,1	56,95	39,63	0,00	3,18
Bernburg	17,9	34,79	3,52	7,71	53,99
Bernburger Saaletal	44,4	83,89	11,52	0,23	4,35
BitterfelderBergbaugebiet	69,5	37,02	8,92	42,97	7,34
Dessau	45,2	33,80	5,61	0,00	60,46
Dessau-Magdeburger Elbtal	213,7	66,44	24,13	0,17	4,89
Glücksburger Heiden	90,3	47,70	48,50	1,38	2,42
Gräfenhainichen-Muldensteiner Bergbaugebiet	127,0	31,77	35,92	14,35	10,69
Halle-Brehnaer Ackerland	110,1	93,39	0,00	0,08	6,54
Jeßnitz-Dessauer Muldental	67,9	73,98	19,78	0,00	5,92
Köthen	11,2	24,22	3,38	0,00	72,40
Köthener Ackerland	454,9	92,30	0,32	1,50	5,62
Leitzkauer Ackerland	166,3	89,47	7,68	0,00	2,86
Mosigkauer Heide	57,9	27,98	71,38	0,00	0,62
Nördlicher Mittelfläming	166,3	18,57	80,36	0,00	1,07
Nordöstliches Harzvorland	41,3	93,95	0,56	0,00	5,49
Nordwestfläming	59,7	49,50	50,48	0,00	0,00
Oranienbaumer Heide	93,4	37,89	58,12	0,02	3,79
Östliches Harzvorland	71,8	97,70	0,00	0,00	2,28
Quellendorf-Thalheimer Ackerland	163,8	92,30	0,23	1,50	5,62
Roßlau	14,2	28,94	12,33	0,00	58,72
Schwarze Elster-Niederung	83,1	75,70	18,45	0,00	5,85
Südlicher Mitterfläming	435,6	51,80	44,80	0,21	3,19
Torgau-Jessener Elbtal	191,4	90,31	4,18	0,62	3,43
Unteres Saaletal	16,3	78,95	15,20	2,58	3,26
Westliche Dübener Heide	101,2	26,62	69,98	0,91	2,21
Wittenberg	34,3	31,22	11,00	0,96	56,81
Wittenberg-Dessauer Elbtal, ackerbestimmt	194,4	92,16	3,46	0,00	4,18
Wittenberg-Dessauer Elbtal, grünlandbestimmt	154,8	70,52	20,19	0,00	2,98
Wolfen-Bitterfeld	37,1	16,78	1,78	0,51	80,18
Zentrale Dübener Heide	101,7	5,46	94,41	0,00	0,13
Zerbst	96,8	28,20	2,79	0,00	68,90
Zerbster Ackerland	351,1	85,42	11,74	0,00	2,75

Anhang 2: Leitbilder der Landschaftseinheiten im Landschaftsprogramm des Landes Sachsen-Anhalt

Landschafts- einheiten	Leitbilder
Hochfläming	<ul style="list-style-type: none"> - Verteilungsbild der Flächennutzung ist erhaltenenswert; Rodungsinseln auf Sandböden wichtig für Landschaftsbild - Extensivierung und ökologische Orientierung der LW zur Sanierung und zum Schutz der Böden; geeignete Fläche sollen durch Schafweide in Magertriften überführt werden - Ablösung der Kiefernwälder durch Kiefern-Stieleichen-Wälder auf Sandpodsolböden der Sander und durch Traubeneichen-Rotbuchen-Wälder auf Grundmoränen - Bessere Erschließung des Hochflämings für den sanften Tourismus
Burger Hochfläming	<ul style="list-style-type: none"> - Landschaftsbild entspricht in weiten Teilen bereits einer harmonischen Kulturlandschaft, daher keine weitere Zerschneidung und Verringerung der Belastung durch BAB - Extensivierung von Land- und Forstwirtschaft; dadurch Ausweitung von naturnahen Laubwäldern, Wiesen und Weiden - Renaturierung der Fließgewässer - Bedürfnisse des Natur- und Landschaftsschutzes sind besonders zu berücksichtigen, da größter Teil der Landschaftseinheit unter Landschaftsschutz steht (jedoch nur ein sehr kleiner Teil des SA-Anteils)
Rosslau- Wittenberger Vorfläming	<ul style="list-style-type: none"> - Erhaltung und Ausweitung typischer Alleen (Linde) - Extensivierung und ökologische Orientierung der Bodenbewirtschaftung als Boden- und Gewässerschutz, zudem Maßnahmen des Windschutzes notwendig; Erhöhung des extensiv genutzten Grünlandanteils auf Kosten des Ackerbaus; - Erhaltung und Entwicklung naturnaher Fließgewässer und artenreicher Feuchtwiesen - Ausbau der kommunalen Abwasserbehandlung; Trinkwassergewinnung ohne Schädigung grundwasserbestimmter Standorte - Schutz/Wiederherstellung der ökologischen Werte der als LSG geschützten Landschaft vorrangiges Nutzungsinteresse - Förderung des sanften Tourismus
Südliches Fläming- Hügelland	<ul style="list-style-type: none"> - Erhöhung des Waldanteils durch standortgerechte Aufforstungen; Anpflanzen von Gebüsch und Saummänteln an Waldändern - Extensivierung und ökologische Orientierung zum Boden- und Grundwasserschutz, auf den Grenzertragsböden durch periodische Brachen, auf waldnahen Flächen durch magere Schaftriften und sich daraus entwickelnden Heiden - Erhaltung zusammenhängender Heideflächen in der Glücksburger Heide - Erhaltung und Ausweitung von Streuobstwiesen in den Ortsrandlagen
Mosigkauer Heide	<ul style="list-style-type: none"> - Große landeskulturelle Bedeutung für Erholung und Klimaschutz im Raum Dessau-Bitterfeld sowie als Pufferzone für das BSR Mittlere Elbe; daher Ausweisung als LSG als Ziel. - Reduzierung der Stickstoff-, SO₂- und Staubimmissionen - Extensivierung und ökologische Orientierung von Land- und Forstwirtschaft; Anlage von Übergangsräumen der Waldländer, stärkere Strukturierung der Waldflächen und Ackerflächen; Erhaltung bestimmter Ackerflächen zur Gliederung des Landschaftsbildes und zur Erhaltung von Ackerwildkräutern

Landschaftseinheiten	Leitbilder
Dübener Heide	<ul style="list-style-type: none"> - Voraussetzungen für naturnahe Erholung vorhanden - Weitere Entwicklung des Wechsels zwischen naturnahen Wäldern, ackergenutzten Rodungsinseln und heidetypischer Dörfer - Extensivierung und ökologische Orientierung von Land- und Forstwirtschaft zur Sanierung und Kompensation der Bodenveränderungen - Integration der Bergbaufolgelandschaften in das Landschaftsbild u.a. auch als Naherholungsgebiete - Renaturierung der Grundwasserverhältnisse durch Rückbau der Meliorationsbauten - Entwicklung der naturbezogenen Erholungsnutzung
Annaberger Heide (Elbe-Elster-Tiefland)	<ul style="list-style-type: none"> - Landschaftsbild geprägt vom Gegensatz zwischen den beiden Teilandschaften - Schutz der Gewässer und Auen haben Priorität; Retentionsflächen der Elsteraue sind zu vergrößern; Strukturierung der Landschaft und Schaffung von Habitaten durch Verlandungsvegetation der Altarme und gewässerbegleitende Gehölzsäume - Extensivierung der Grünlandnutzung; Beweidung erst nach Brutzeit seltener Wiesenbrüter - Umwandlung der Kiefernforste in naturnahe Wälder - angepasste Nutzung der armen Böden der Talsandinseln zur Erhaltung der Ackerwildkräuter - Schutzgebietssystem für Überschwemmungs- und Heidegebiete
Elbtal	<ul style="list-style-type: none"> - Ausbau der Elbe mit negativen Auswirkungen auf ökologisch-morphologische Gewässer- und Auenstruktur muss unterbleiben - Ausdehnung der Auwaldfläche und Ersatz naturferner Gehölze (Pappelfflanzen) durch naturnahe Wälder mit Totalreservaten und Bereichen mit femelschlagartiger Nutzung der Hartholzaue; Erhöhen des Bestandsalters auf 180 Jahre; Förderung von Wildobstgehölzen - Ausdehnung der Grünlandflächen mit mäßig intensiver Bewirtschaftung (ohne zusätzliche Düngung) auch auf Ackerflächen; Strukturierung durch Kopfbäume und andere Gehölze - Erhaltung und Entwicklung der Dessau-Wörlitzer Kulturlandschaft unter Beachtung der historischen Entwicklungskonzepte (Freihaltung der Sichtachsen) - Rückverlagerung von Deichen zur Ausdehnung der Retentionsflächen - Erhaltung des natürlichen Bodenwasserhaushaltes im Auenbereich; Brunnengalerien dürfen nur lokal begrenzten Einfluss besitzen; Begrenzung des Kiesabbaus, völliger Verzicht im Deichvorland - Verringerung belastender Einleitungen in die Elbe (nur ausreichend behandeltes Abwasser) - Kein weiterer Ausbau der Schifffahrtsstrasse Elbe über den gegenwärtigen Ausbaustand hinaus - Uneingeschränkte Priorität des Naturschutzes vor anderen Nutzungen in der Elbaue

Fortsetzung Anhang 2: Leitbilder der Landschaftseinheiten des Landschaftsprogramms Sachsen-Anhalt

Landschafts- einheiten	Leitbilder
Unteres Saaletal	<ul style="list-style-type: none"> - Erhaltung und Entwicklung des Saaletales als Kulturlandschaft - Ausweitung und naturnahe Gestaltung der Auwälder sowie Gliederung der Talaue durch artenreiche Auenwiesen, extensive Weiden sowie Baumreihen (hochstämmige Obstbäume) - Erhaltung und Verjüngung der Streuobsthänge; Aufrechterhaltung der extensiven Schafhaltung auf den Hängen zur Erhaltung der xerothermophilen Vegetation - Ausweisung des Unteren Saaletales als Naturpark zur langfristigen Erhaltung eines herausragenden Erholungsgebietes; Förderung naturnaher Erholungsformen; Verhinderung weiterer Zersiedelung und Zerschneidung
Zerbster Ackerland	<ul style="list-style-type: none"> - Landschaftsbild einer weitoffenen Ackerlandschaft mit steppenhaftem Charakter ist zu erhalten - Waldfläche soll konstant bleiben; Umwandlung der Kiefernforste in naturnahe Eichen-Mischwälder; in den Niederungen als Ergänzung zu den vorherrschenden Kohlkratzdistelwiesen kleinere Flächen Erlen-Eschenwälder, Baumgruppen, Kopfbaumreihen - Naturnahe Unterhaltung der kleinen Fließgewässer; Verbesserung der Gewässergüte durch kommunale Abwasserbehandlung und Extensivierung der LW - Schutz der Einstandsgebietes der Großtrappe durch Ackerbau auf mäßig großen Schlägen ohne Herbizide, raps- und luzernreiche Fruchtfolgen mit kurzen Brachen, Ackerrandstreifen, Wegegebot, Verbot von Sportveranstaltungen; Waldanteil und Feldgehölze sollen nicht ausgedehnt werden
Köthener Ackerland	<ul style="list-style-type: none"> - Verkleinerung der Ackerschläge und Anlage eines Netz von Feldgehölzen; Anlage von Windschutzgehölzen; Ersatz der Pappel als dominierendem Gehölzbaum durch einheimische Arten; Begrünung der Orts- und Straßenränder durch einheimische Bäume, v.a. Obstbäume - Verbesserung der Gewässergüte durch Behandlung kommunaler und industrieller Abwässer - Entwicklung der Fuhneue zu einer charakteristischen, naturnahen Flusslandschaft; Umwandlung der Ackerflächen in der Aue zu Grünland und Wald - Anlage von Gewässerrandstreifen im landwirtschaftlich genutzten Umfeld; Renaturierung der FG, Entwicklung von Feuchtwiesenflächen; Grundwasseranstieg soll hydromorphe Prozesse der Gleye und Niedermoore reaktivieren - Bodenschutz in Lössgebieten als oberste Priorität - Beseitigung vorhandener Luftbelastungen - Anpflanzung von Waldinseln auf Hochflächen - Erhaltung und Entwicklung der Bergsenkungsteiche als schutzwürdige Biotope - Entwicklung des LSG „Fuhneue“ für die naturbezogene Naherholung des Raumes Bitterfeld-Wolfen

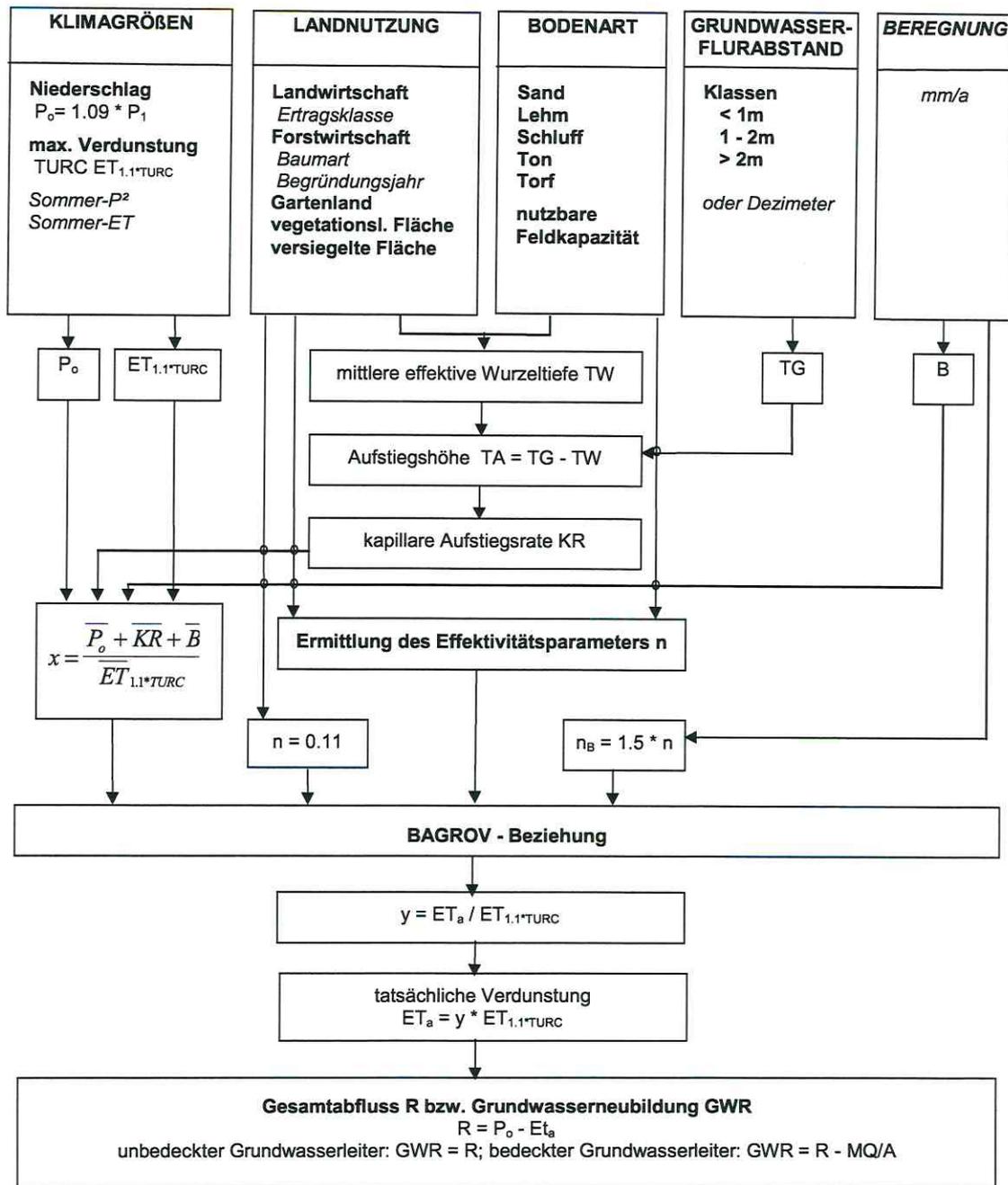
Anhang 3: Nutzungsklassen der Daten zur Bodenbedeckung des CORINE-Projektes Land Cover im Regierungsbezirk Dessau (nach Statistisches Bundesamt 1996)

Code	Nutzungsklasse
1	Bebaute Flächen
1.1	Städtisch geprägte Flächen
1.1.1	durchgängig städtische Prägung, Versiegelungsgrad > 80 %
1.1.2	nicht durchgängig städtische Prägung, Versiegelungsgrad < 80 %
1.2	Industrie-, Gewerbe- und Verkehrsflächen
1.2.1	Industrie- und Gewerbeflächen
1.2.2	Straßen-, Eisenbahnnetze und funktionell zugeordnete Flächen
1.2.4	Flughäfen
1.3	Abbauflächen, Deponien und Baustellen
1.3.1	Abbauflächen
1.3.2	Deponien und Abraumhalden
1.4	Künstlich angelegte, nicht landwirtschaftliche genutzte Grünflächen
1.4.1	Städtische Grünflächen
1.4.2	Sport- und Freizeitanlagen
2	Landwirtschaftliche Flächen
2.1.1	nicht bewässertes Ackerland
2.2.2	Obst- und Beerenobstbestände, mit Kleingärten
2.3	Grünland
2.3.1	Wiesen und Weiden
2.4	Landwirtschaftliche Flächen ohne eindeutige Zuordnung
2.4.2	Komplexe Parzellenstrukturen (Mischflächen aus Acker, Grünland und Dauerkulturen, wobei Teilflächen < 25 ha und nicht erfassbar sind)
2.4.3	Landwirtschaftlich genutztes Land mit Flächen natürlicher Bodenbedeckung von signifikanter Größe
3	Wälder und Natürliche Flächen
3.1	Wälder
3.1.1	Laubwälder
3.1.2	Nadelwälder
3.1.3	Mischwälder
3.2	Strauch- und Krautvegetation
3.2.1	Natürliches Grünland; extensiv genutztes Grünland, Grünflächen im Wald
3.2.2	Heiden und Moorheiden
3.2.4	Wald-Strauch-Übergangsstadien
3.3	Vegetationsfreie Flächen
3.3.3	Flächen mit spärlicher Vegetation
4	Feuchtflächen
4.1.1	Sümpfe
5	Wasserflächen
5.1	Binnengewässer
5.1.1	Gewässerläufe
5.1.2	Wasserflächen

Anhang 4: Aus den Substratflächentypen der BÜK200 für die Verfahrensanwendung abgeleitete bodenkundliche Parameter (Erläuterung der Kürzel und Symbole siehe Kapitel 6.1.3)

Substratflächentyp		WE	nFK	FK	kf-Wert
Kürzel	Name	in dm	in Vol.-%	in Vol.-%	in cm/d
a/l	Siedlungsboden aus Lehm	10	15,0	33,5	0,0
a/ö	Siedlungsboden aus Löss	11	23,5	31,5	0,0
a/ol	Siedlungsboden aus Auenlehm	10	16,0	31,5	0,0
a/s	Siedlungsboden aus Sand	6	13,3	19,0	0,0
eö	Kolluviallöss	11	23,5	36,0	8,0
esö	Kolluvialsandlöss	9	21,0	31,5	11,0
esö-sö	Kolluvialsandlöss bis Sandlöss	9	21,0	31,5	11,0
h	Torf	4	40,0	70,0	25,0
h/d-s	Torf über Sand bis Sand	4	25,3	41,1	50,0
h/y-y	Torf über Mudde bis Mudde	4	35,6	60,0	25,0
l	Lehm	10	15,0	33,5	7,0
l/d-l	Decklehm bis Lehm	6	15,3	30,1	21,0
l/t+t	Lehmtiefton und Ton	10	14,7	45,4	10,0
l-l/t	Lehm bis Lehmtiefton	10	15,0	35,5	7,0
m	Salm	6	16,8	22,8	69,0
m/d	Decksalm	7	16,5	22,3	49,0
m/d-l/d+m/l	Decksalm bis Decklehm und Salmtieflehm	6	16,0	27,3	49,0
m/l	Salmtieflehm	10	16,1	27,1	33,0
ö	Löss	11	23,5	36,0	8,0
ö/d	Decklöss	9	20,5	30,2	11,0
ö/l	Lössstieflehm	11	20,1	35,0	35,0
ö/vl	Löss über Berglehm	11	20,9	33,0	35,0
ol	Auenlehm	10	15,0	33,5	7,0
ol/d-ol	Auendecklehm bis Auenlehm	6	15,3	30,1	21,0
ol/t-ot	Auentiefton bis Auenton	10	14,4	39,3	7,0
ol-ou	Auenlehm bis Auenschluff	9	17,6	34,3	11,0
om/d-om	Auendecksalm	6	16,6	22,4	88,0
os-om	Auensand bis Auensalm	7	14,4	20,1	88,0
ot/d-ol	Auendeckton bis Auenlehm	6	14,9	34,3	9,0
s	Sand	6	13,3	19,0	158,7
s//l	Sand über tieferem Lehm	6	13,3	19,0	159,0
s/l	Sandtieflehm	7	14,0	24,8	49,0
sö/bs	Sandlöss über Bändersand	7	19,0	27,5	75,0
sö/d	Decksandlöss	7	19,0	27,5	75,0
sö/l	Sandlössstieflehm	9	18,6	32,3	11,0
sö/l-sö	Sandlössstieflehm über Sandlöss	9	19,3	32,1	11,0
t/d-t	Deckton bis Ton	10	14,9	42,4	6,0
vm/g	Bergsalm über Festgestein	6	10,1	13,7	0,0
vö//vl	Berglöss über tieferm Berglehm	10	16,1	31,5	20,0
vö/vl	Berglöss über Berglehm	10	16,1	31,5	7,0
vö/vl-sö/d	Berglöss über Berglehm bis Decksandlöss	10	17,0	30,3	28,0
vö/vt	Berglöss über Bergton	10	15,1	40,3	9,0

Anhang 5: Berechnungsschema für die Abflussbildung in ABIMO (nach Glugla & Fürtig 1997)



Lebenslauf

Daniel Petry

geboren am 1. Juli 1968
in Köln

Allgemeine Hochschulreife

Abitur am Gymnasium Büttgen in Kaarst 1988

Studium

Studiengang Diplom-Geographie an den Geographischen Instituten der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn 1990 – 1996

Auslandsstudium am Department of Geography der University of Newcastle upon Tyne (GB) 1993 – 1994

Wissenschaftliche Qualifikation und Tätigkeiten

Freiberuflicher Gutachter in Umweltplanung und -management seit 1996

Doktorand an der Sektion Angewandte Landschaftsökologie des UFZ – Umweltforschungszentrums Leipzig-Halle GmbH 1997 – 2000

Forschungsaufenthalt in der Landscape Planning Group Department of Environmental Science Wageningen Agricultural University (NL) 1997

Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Sektion Ökonomie, Soziologie und Recht des UFZ – Umweltforschungszentrums Leipzig-Halle GmbH 2000 – 2001

Erklärung

Die vorliegende Arbeit habe ich selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst. Andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel habe ich nicht benutzt und die den benutzten Werken entnommenen Stellen sind als solche kenntlich gemacht.

Frühere Bewerbungen um die Erlangung des Doktorgrades sind von mir nicht vorgenommen worden.

Leipzig, 21. Juni 2000

gez. Daniel Petry