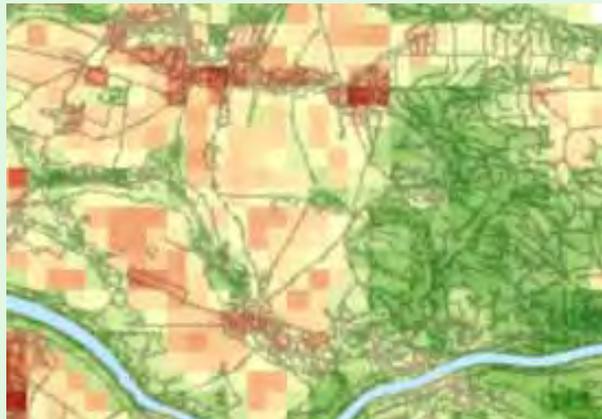
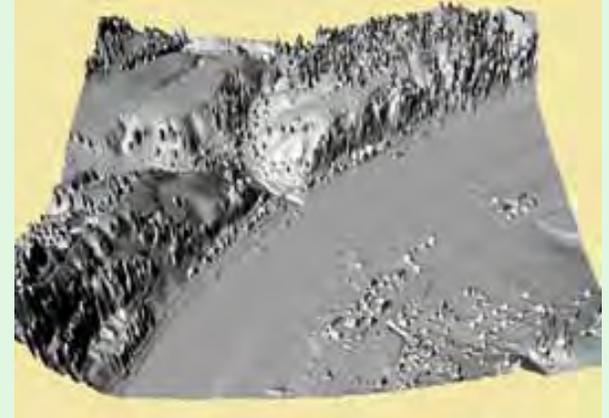
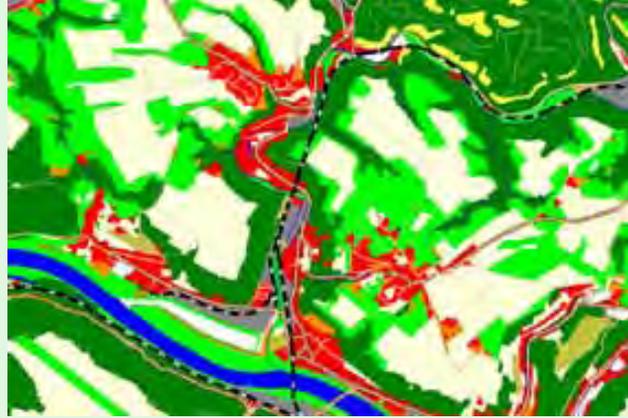
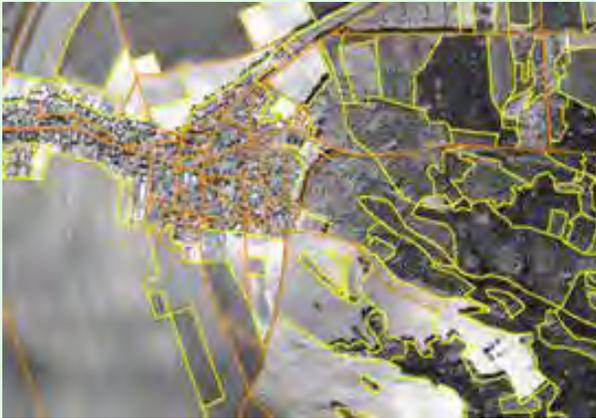
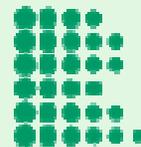


Landschaftsstruktur- zwischen Theorie und Praxis



Ulrich Walz

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. Dresden



Gliederung

- Was ist Landschaftsstruktur ?
 - Patch-Corridor-Matrix
 - Landschaftsstrukturmaße
 - Software
- Zusammenhang Struktur und Funktion
- Anwendungsbeispiele
 - Landschaftswandel
 - Landschaftszerschneidung
 - Erholungswert
- Aktuelle Entwicklungen
 - Von der zweiten zur dritten Dimension
 - Ökologischer Gradient
- Zusammenfassung und Ausblick

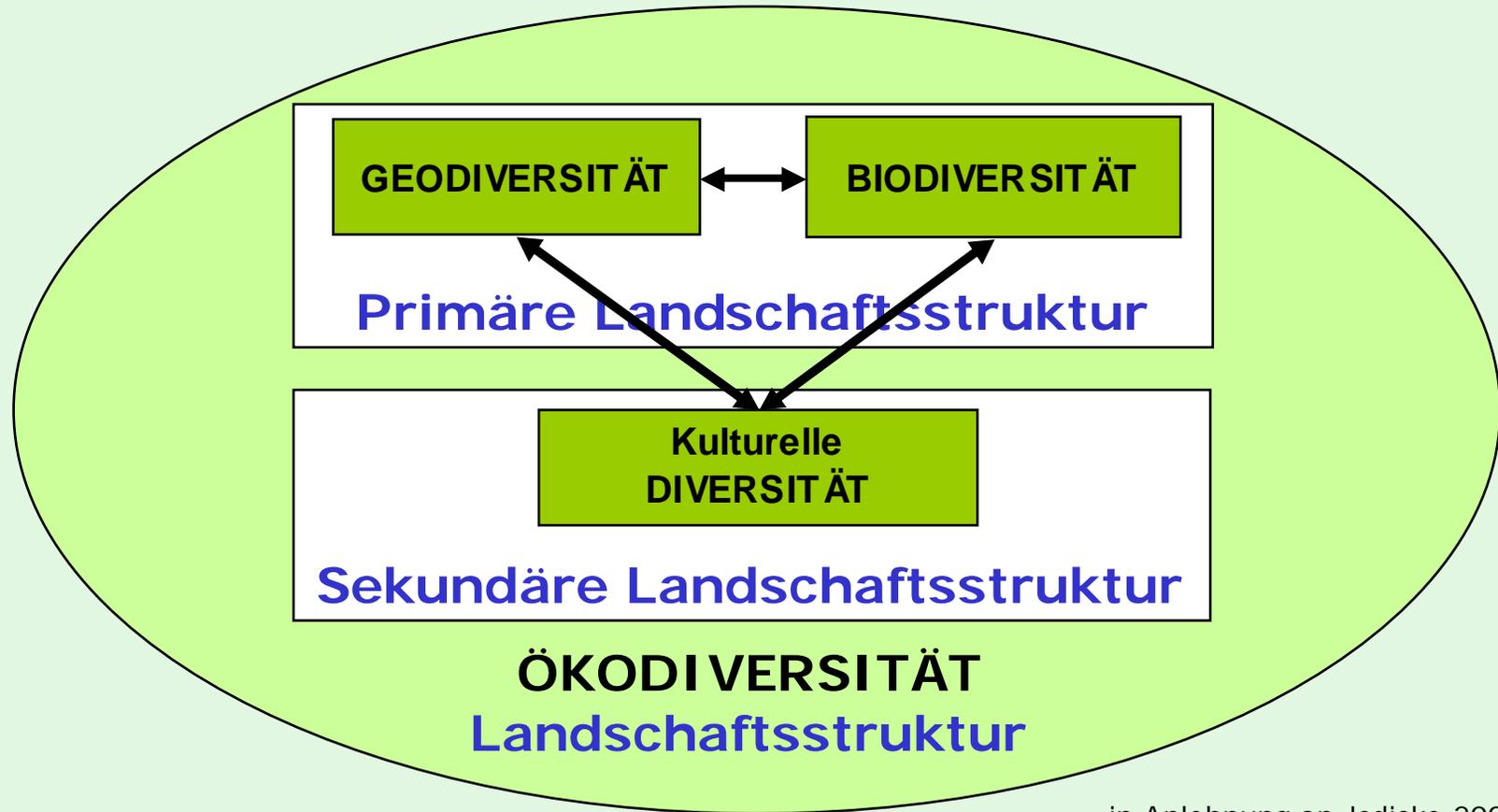
Gliederung

- Was ist Landschaftsstruktur ?
 - Patch-Corridor-Matrix
 - Landschaftsstrukturmaße
 - Software
- Zusammenhang Struktur und Funktion
- Anwendungsbeispiele
 - Landschaftswandel
 - Landschaftszerschneidung
 - Erholungswert
- Aktuelle Entwicklungen
 - Von der zweiten zur dritten Dimension
 - Ökologischer Gradient
- Zusammenfassung und Ausblick

Was ist Landschaftsstruktur ?

- „Landscape ecology is the study of structure, function and change in a heterogeneous land area composed of interacting ecosystems.“ (Forman & Godron 1986)
- Landschaftsstruktur beschreibt
 - die räumlichen Beziehungen zwischen Ökosystemen;
 - sowie deren räumliche Anordnung und Verbindung (Turner & Gardner 1991)
 - die Verteilung von Energie, Material und Arten in Verhältnis zur Größe, Form, Zahl, Art und Konfiguration von Ökosystemen (M. Turner).
- Landschaftsstrukturmaße (LSM)
 - Indizes zur Beschreibung der Zusammensetzung und räumlichen Ordnung einer Landschaft
 - “Größe, Form, Anzahl, Art and Anordnung der Landschaftselemente”

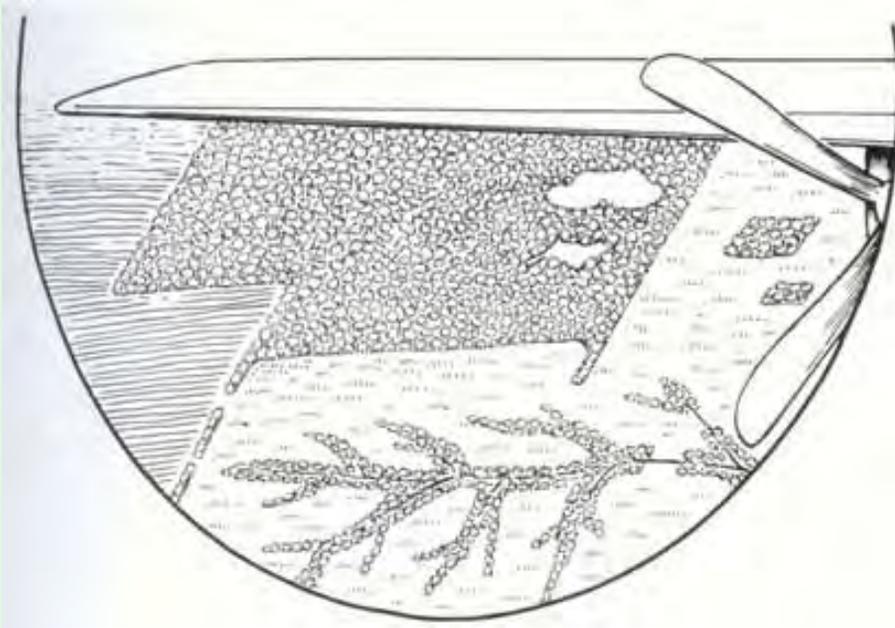
Diversität und Landschaftsstruktur



in Anlehnung an Jedicke 2001

- Ökodiversität:
 - umfasst die biotische, physiogene und kulturelle Vielfalt von Landschaften bzw. deren Ausschnitten jeder Größenordnung in Raum und Zeit (Jedicke 2001)
- Erkundung der Landschaftsstruktur:
 - Wie ist Ökodiversität in der Landschaft ausgeprägt ?

Korridor-Patch-Matrix-Modell



- **Matrix:** Eine vorherrschende Nutzungsart (z.B. Wald);
- **Patch:** Einzelne Landschaftselemente die in die Matrix eingebettet sind (z.B. Hecken, Feldgehölze, Wäldchen, Siedlungen);
- **Korridore:** lineare, verbindende Elemente (z.B. Flußnetz),

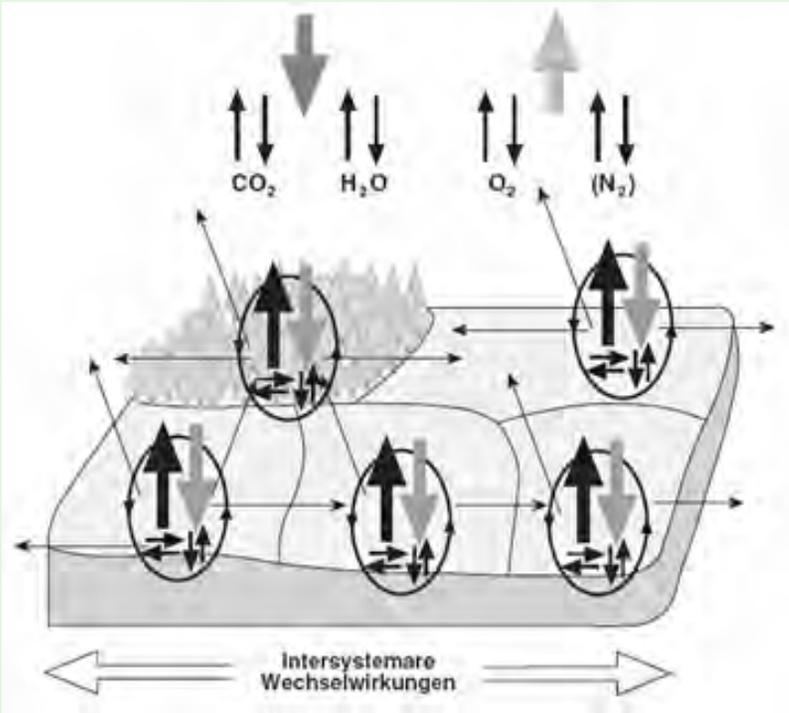
Quelle: Forman 1995

- Grundlage: Ansätze und Theorien aus der Populationsökologie und der stofflich geprägten Ökosystemforschung.
- (Europäische) Kulturlandschaften mit langer Nutzungsgeschichte durch den Menschen kaum berücksichtigt.

Landschaftsmosaik

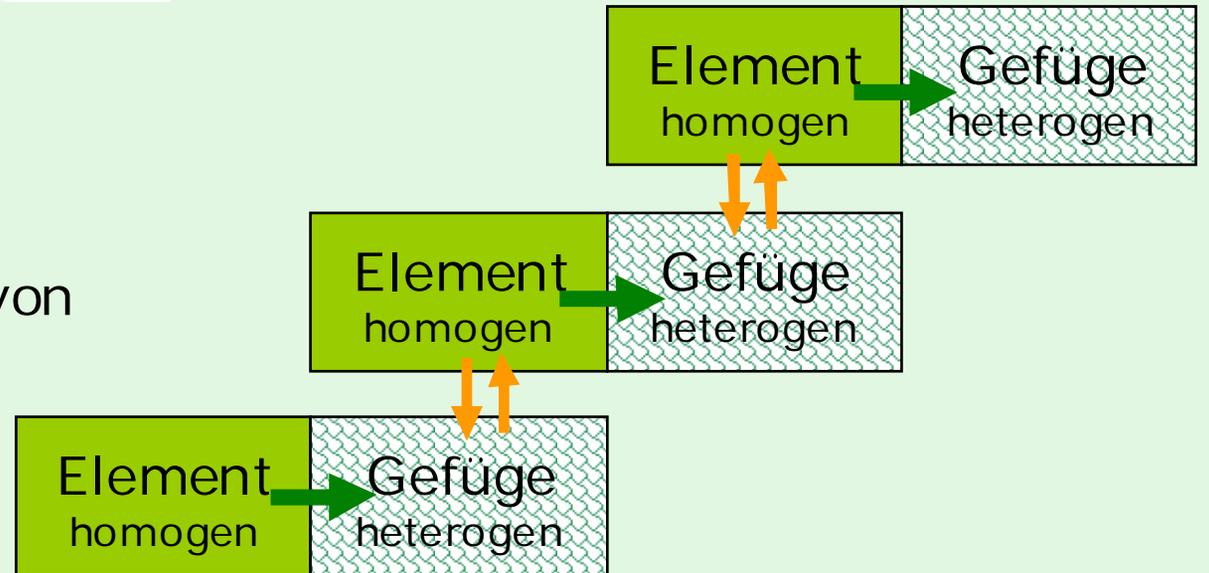
Ökosystemgefüge einer Kulturlandschaft

(Finke 1995 nach Haber 1986)



Hierarchischer Aufbau von Landschaftseinheiten

(Herz 1994)



➔ Assoziation

Abstrahierende Transformation

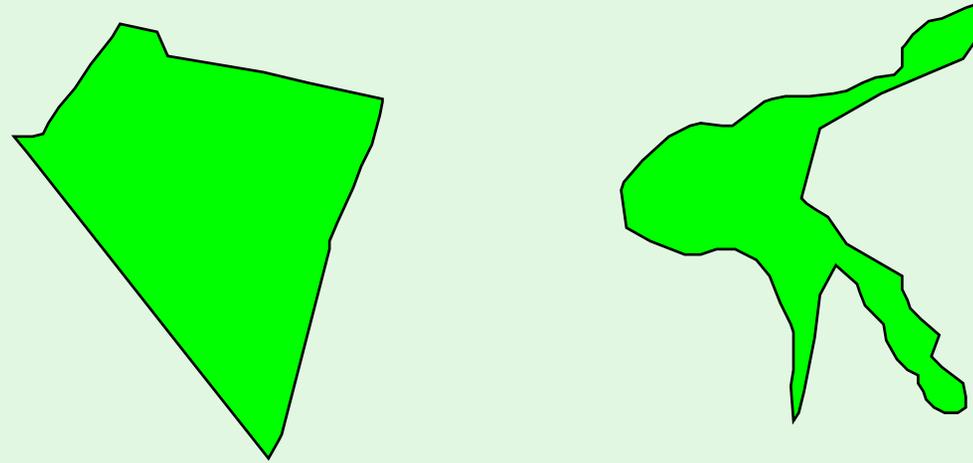
↕

Konkretisierende Transformation

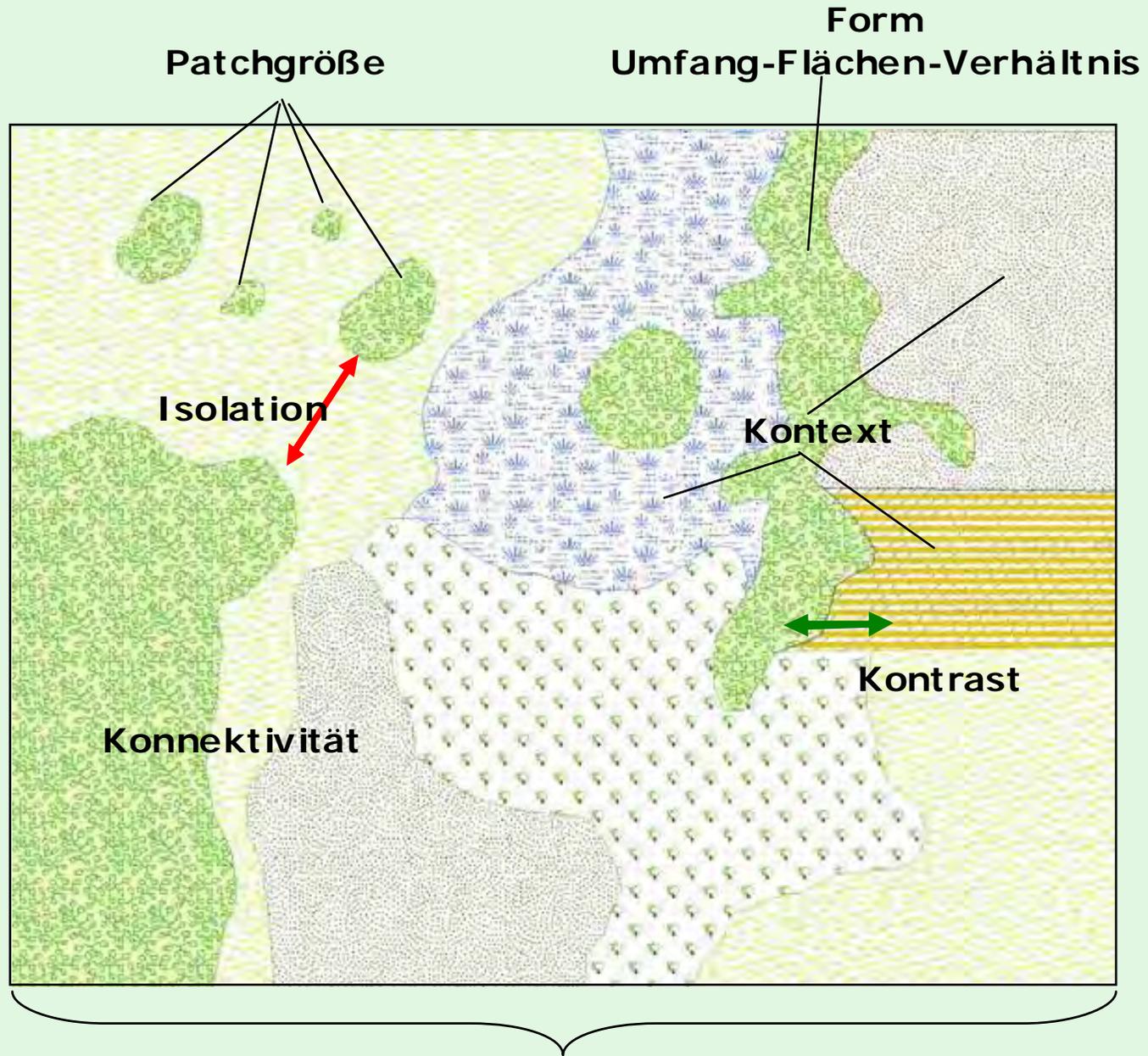


Patch, ecotope, landscape element

kleinste, je nach Erfassungs- und Betrachtungsmaßstab als weitgehend homogen betrachteten Einzelelemente der Landschaft.



Landschaftsstrukturmaße



Reichtum, Gleichmäßigkeit, Verteilung



Parameter zur Landschaftsstruktur

Maße für einzelne Landschaftselemente

Kantenmaße

Form der Ränder Breite (Saum), Kontinuität, Linearität, Länge

Formmaße

Umfang-Flächen-Verh. Zusammenhang zwischen Fläche und Umfang

Form-Indizes Vergleich zu einer Standard-Form

Lagebeziehungen

Flächenausrichtung Position relativ zu einem gerichteten Prozeß
(z.B. Wasserabfluß, Wanderungslinien)

Kontext Nachbarschaftsbeziehungen eines Flächentyps

Zusammenhang Einbindung in ein Netz von Knoten und Verbindungen

Isolation Distanz zum nächsten Nachbarn

Kontrastmaße

Differenz der Wertigkeit zweier benachbarter Flächen

Maße für Landschaftsmosaik

Grenz- / Kantenmaße

Randdichte Häufigkeit bzw. Dichte von Rändern

Diversitätsmaße

Reichtum Anzahl der verschiedenen Flächentypen

Shannon-Diversität Anzahl und Fläche der verschiedenen Flächentypen

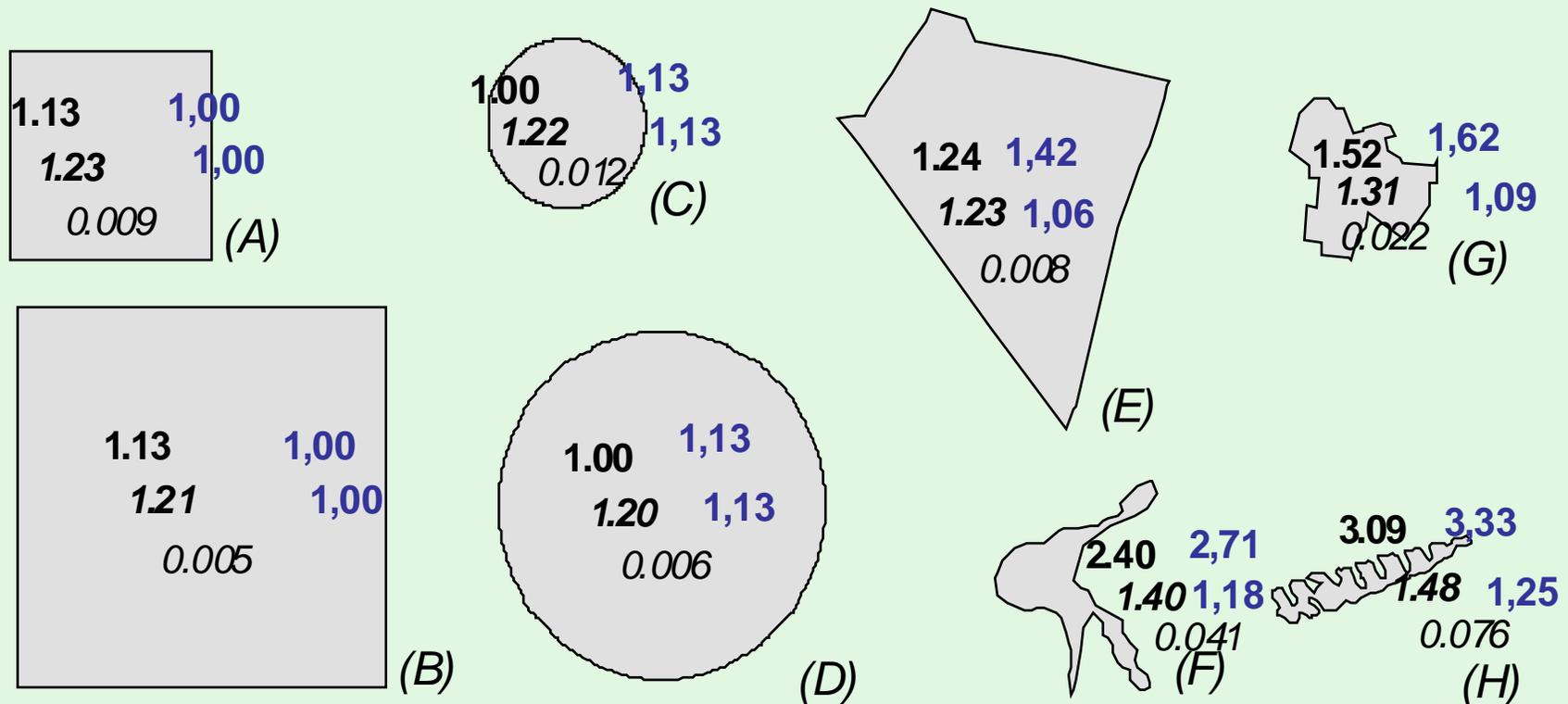
Verteilungsmaße

Dispersion Verteilungsmuster von Flächentypen über einen Raum

Gleichmäßigkeit Gleichwertigkeit der Anzahl / Flächen von Flächentypen

Raster- und Vektorgeometrie

- führen zu unterschiedlichen Ergebniswerten



jeweils oberste Zahl: Shape-Index (Vektor / Raster)

jeweils mittlere Zahl: *Fraktale Dimension* (Vektor / Raster)

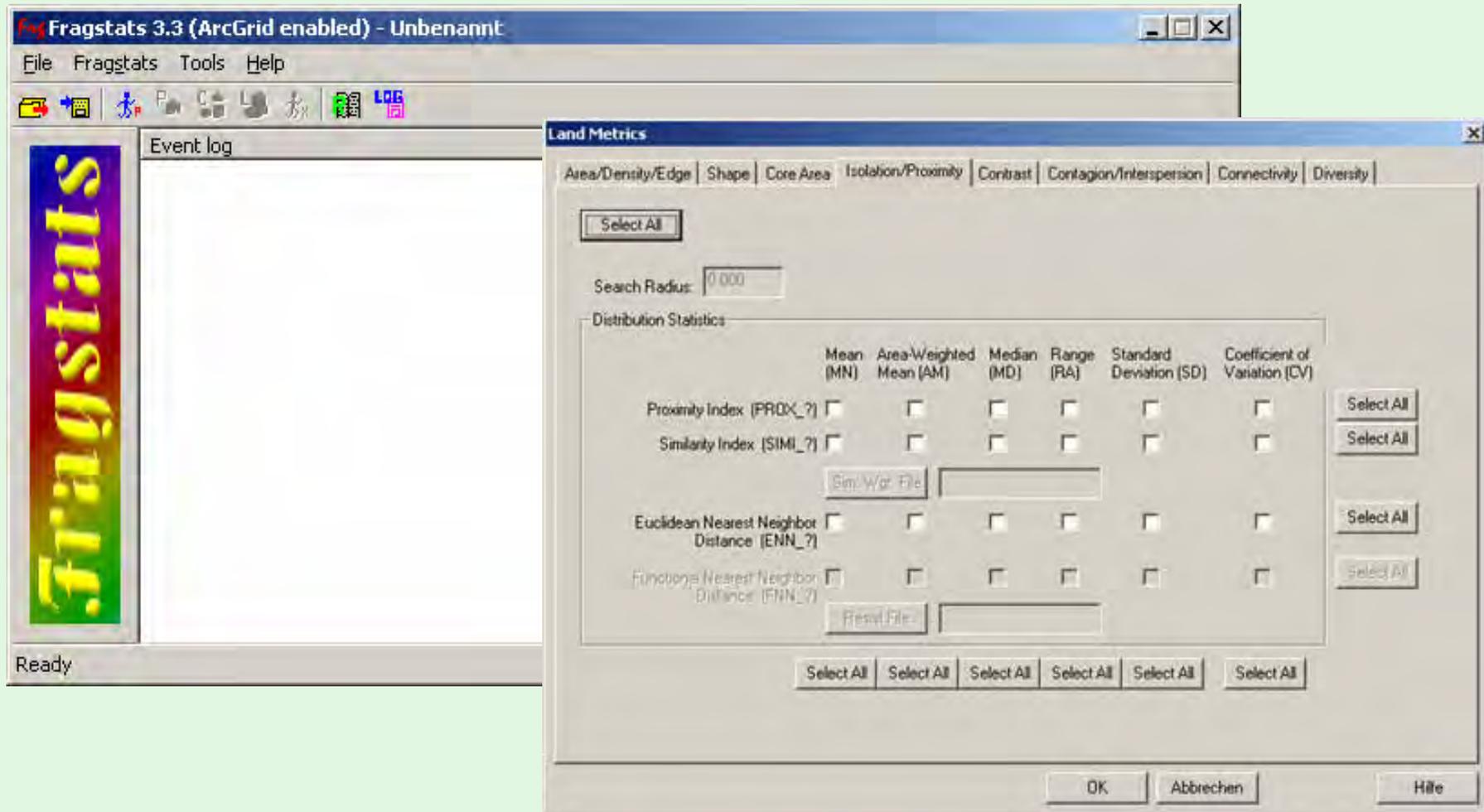
jeweils unterste Zahl: *Umfang-Flächenverhältnis*

Software

- Eine Vielzahl, meist kostenloser Software zur Landschaftsstrukturanalyse steht zur Verfügung
 - z.B. FRAGSTATS, GRASS r.le u.a
- Führt zu weiter Verbreitung der Anwendung von Landschaftsstrukturmaßen
- Problem: Es kann eine Vielzahl von Maßen erzeugt werden, ohne Kenntnis über Bedeutung und Genauigkeit

Fragstats

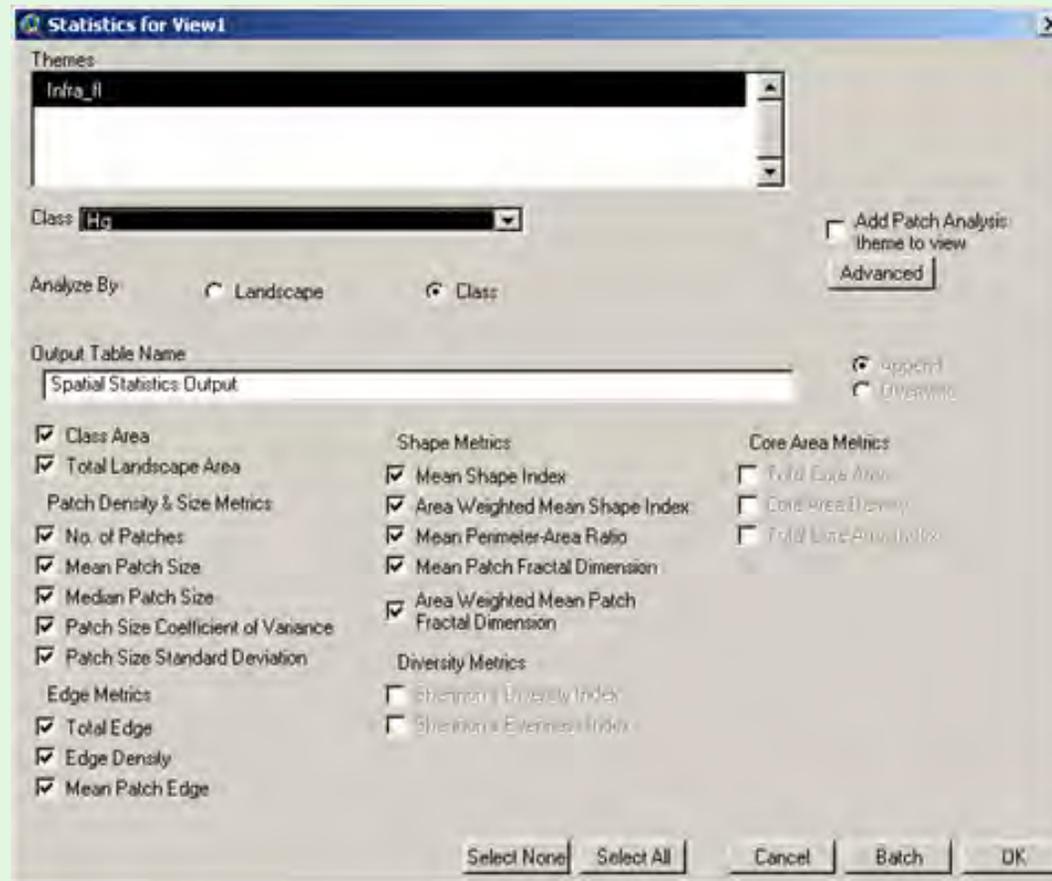
- Stand alone – Software
- Analyse von Raster-Daten
- Moving-Window-Analysen möglich



<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>

Patch Analyst

- Erweiterung zu ArcView 3.x
- Analyse von Vektor- und Rasterdaten
- Analyse nach Regionen (z.B. naturräumliche Einheiten)

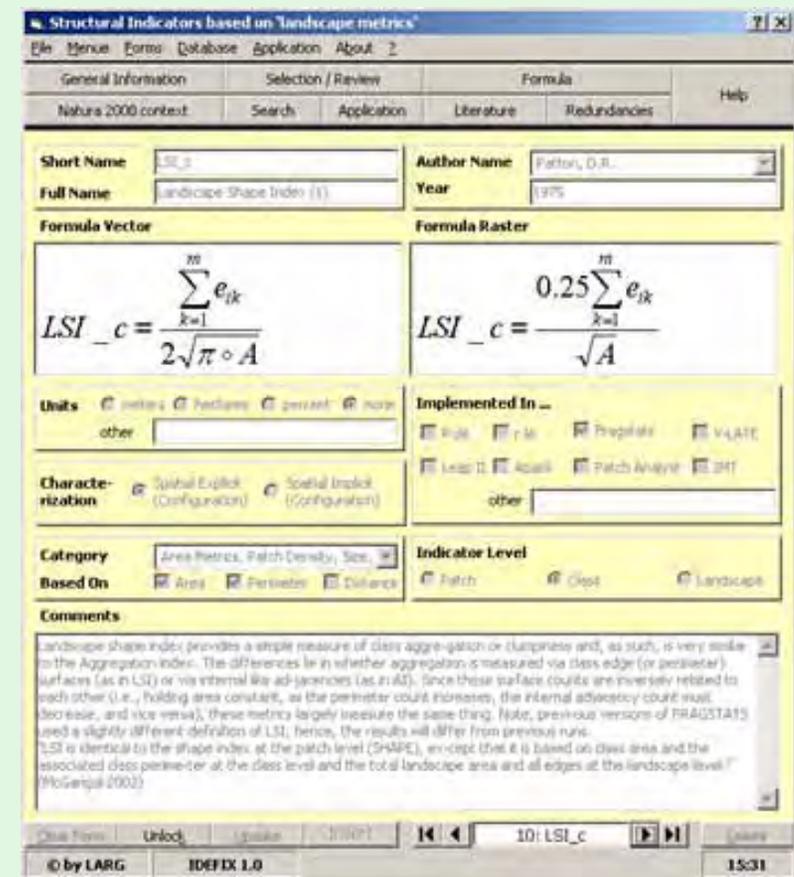
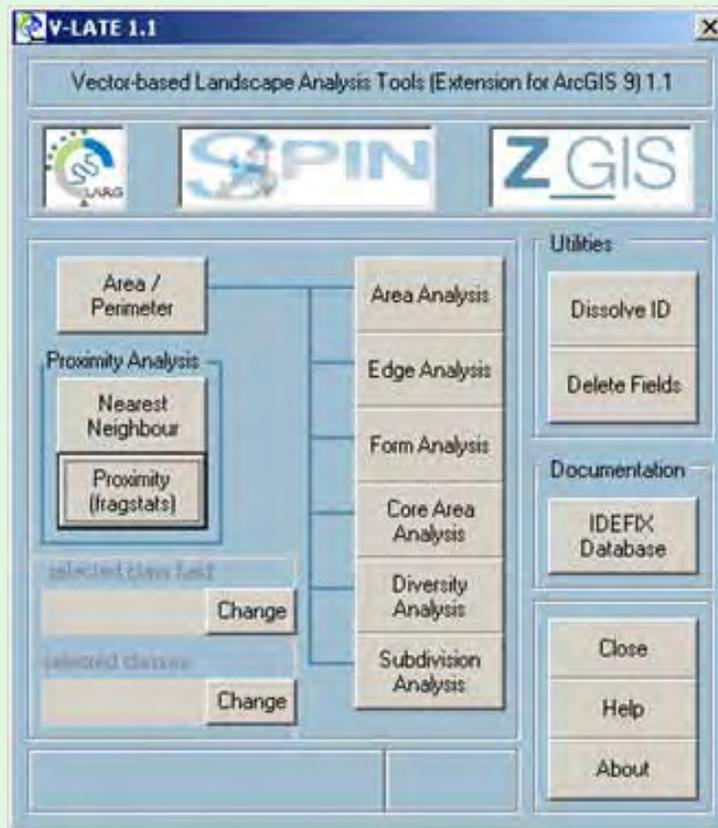


<http://flash.lakeheadu.ca/~rrempel/patch/>



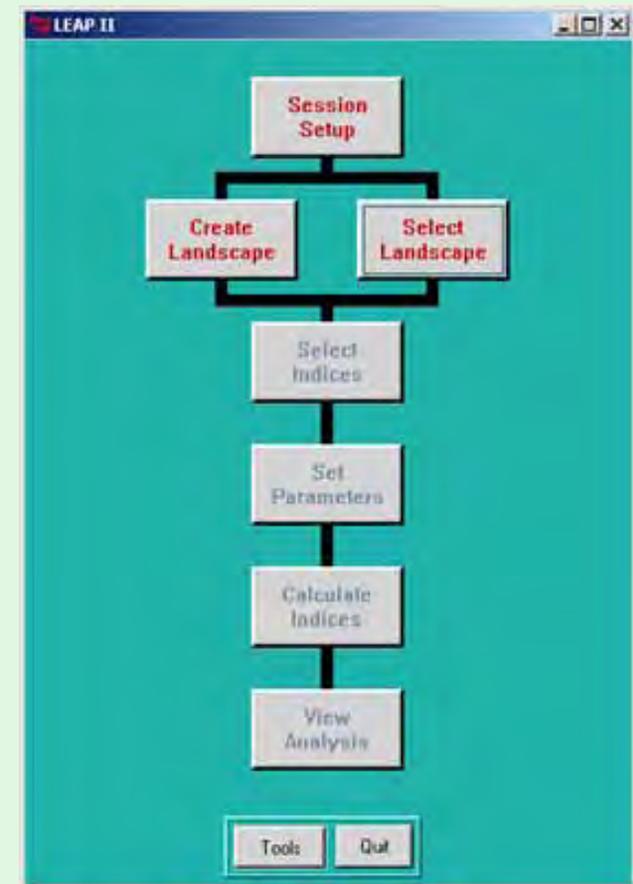
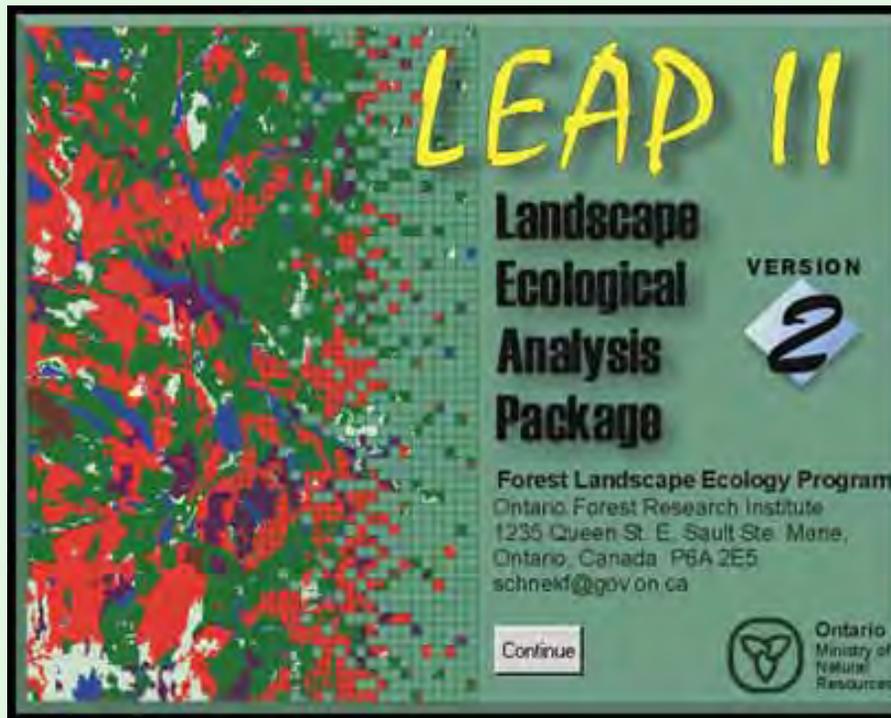
vLATE

- Verarbeitung von Vektordaten
- Erweiterung zu ArcGIS 9.x
- Eingeschränkte Auswahl von Landschaftsstrukturmaßen
- Dokumentation wichtiger Indizes in der Datenbank IDEFIX



LEAP II

- Kombination aus Werkzeug zur Landschaftstrukturanalyse
 - Maße zur Fragmentierung Grenzliniendichte, räuml. Geometrie und Konektivität
- und zur Entscheidungsunterstützung
 - Räumliche Simulationen des Management von Ökosystemen



Gliederung

- Was ist Landschaftsstruktur ?
 - Patch-Corridor-Matrix
 - Landschaftsstrukturmaße
 - Software
- Zusammenhang Struktur und Funktion
- Anwendungsbeispiele
 - Landschaftswandel
 - Landschaftszerschneidung
 - Erholungswert
- Aktuelle Entwicklungen
 - Von der zweiten zur dritten Dimension
 - Ökologischer Gradient
- Zusammenfassung und Ausblick

Funktionelle Verknüpfungen

Zwischen der Landschaftsstruktur und einer Vielzahl ökologischer Prozesse besteht ein enger Zusammenhang,

➤ weiterer Forschungsbedarf besteht.

- Lebensraumfunktion für Flora und Fauna
 - Zusammenhang zwischen Brutvogeldichte und Strukturierung

Strukturvielfalt und Artenvielfalt



Vielfältige strukturierte Kulturlandschaft

ca. 80 Vogelarten



Nach Entwässerung und Eindolung

ca. 60 Vogelarten



Rodung von Hecken und Streuobstwiesen

ca. 40 Vogelarten



Grossflächig intensiv bewirtschaftete Landschaften

ca. 15-20 Vogelarten



Funktionelle Verknüpfungen

Zwischen der Landschaftsstruktur und einer Vielzahl ökologischer Prozesse besteht ein qualitativer Zusammenhang, dessen Klärung weiteren Forschungsbedarf begründet.

- Lebensraumfunktion für Flora und Fauna
 - Zusammenhang zwischen Brutvogeldichte und Strukturierung
- Schutzfunktion für Böden
 - Minderung von Wind- und Wassererosion durch die Anpassung der Nutzung an standörtliche Voraussetzungen
- Erholungsfunktion für den Menschen
 - hohe Strukturierung wird als attraktiv empfunden

Indizes für Funktionen und Prozesse

Anthropogene Funktionen und Prozesse

Objekte	Bezug	Indizes	Funktionen
Unzerschnittene Freiräume	Patch	Inkreisdurchmesser Shape-Index Effektive Maschenweite	Erholungseignung, Habitatfunktion
Siedlungen	Klasse	Dispersion	Zersiedelung
Flächennutzung	Land-schaft	Diversität (z. B. Shannon-Div., Shannon-Even, IJI) Randlängen Differenz / Quotient aus Shannon-Div. aus unterschiedlichen Zeitpunkten	Erholungseignung Landschaftswandel

Indizes für Funktionen und Prozesse

Biotische Funktionen und Prozesse

Objekte	Bezug	Indizes	Funktionen
Wald	Klasse	IJI, Proximity	landschaftliche Eigenart Habitatfunktion, Biotopverbund
		Randlängendichte	Habitatfunktion
Fließgewässer Teiche	Klasse	Uferkontrast, Formindex Randlängendichte	Habitatfunktion, Landschaftliche Eigenart, Selbstreinigungsfunktion
Naturnahe Flächennutzung	Land- schaft	Diversität (Shannon-Div.; Shannon- Evenness), Einstreuung und Anordnung (IJI)	Habitatfunktion, Lebensraumvielfalt, landschaftliche Eigenart
Einzelne Biotope	Patch	Nächster Nachbar; Proximity-Index	Isolation, Biotopverbund
		Kernflächenanteil	Habitatfunktion
		Randlänge (Saum)	Artenzahl Pflanzen
		Größe	Habitatfunktion Vögel



Indizes für Funktionen und Prozesse

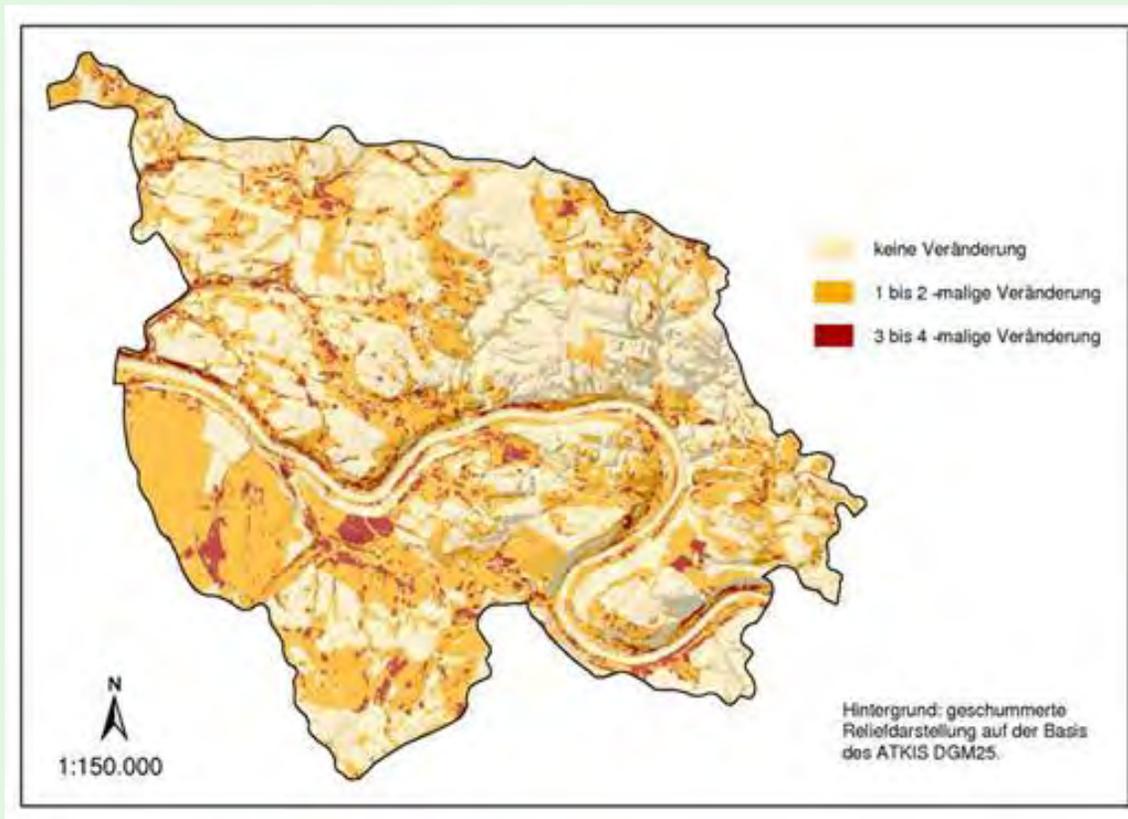
Abiotische Funktionen und Prozesse

Objekte	Bezug	Indizes	Funktionen
Ackerflächen	Patch	Kernflächengröße, Inkreisdurchmesser	Erosionswiderstand
	Land- schaft	Größe-Fläche- Index	Wind-Erosion, landschaftliche Eigenart
Morphologie	Land- schaft	IJI, Shannon	Zusammenhang Reliefelemente, Stoffflüsse

Gliederung

- Was ist Landschaftsstruktur ?
 - Patch-Corridor-Matrix
 - Landschaftsstrukturmaße
 - Software
- Zusammenhang Struktur und Funktion
- **Anwendungsbeispiele**
 - Landschaftswandel
 - Landschaftszerschneidung
 - Erholungswert
- Aktuelle Entwicklungen
 - Von der zweiten zur dritten Dimension
 - Ökologischer Gradient
- Ausblick

Landschaftswandel in der Sächsischen Schweiz



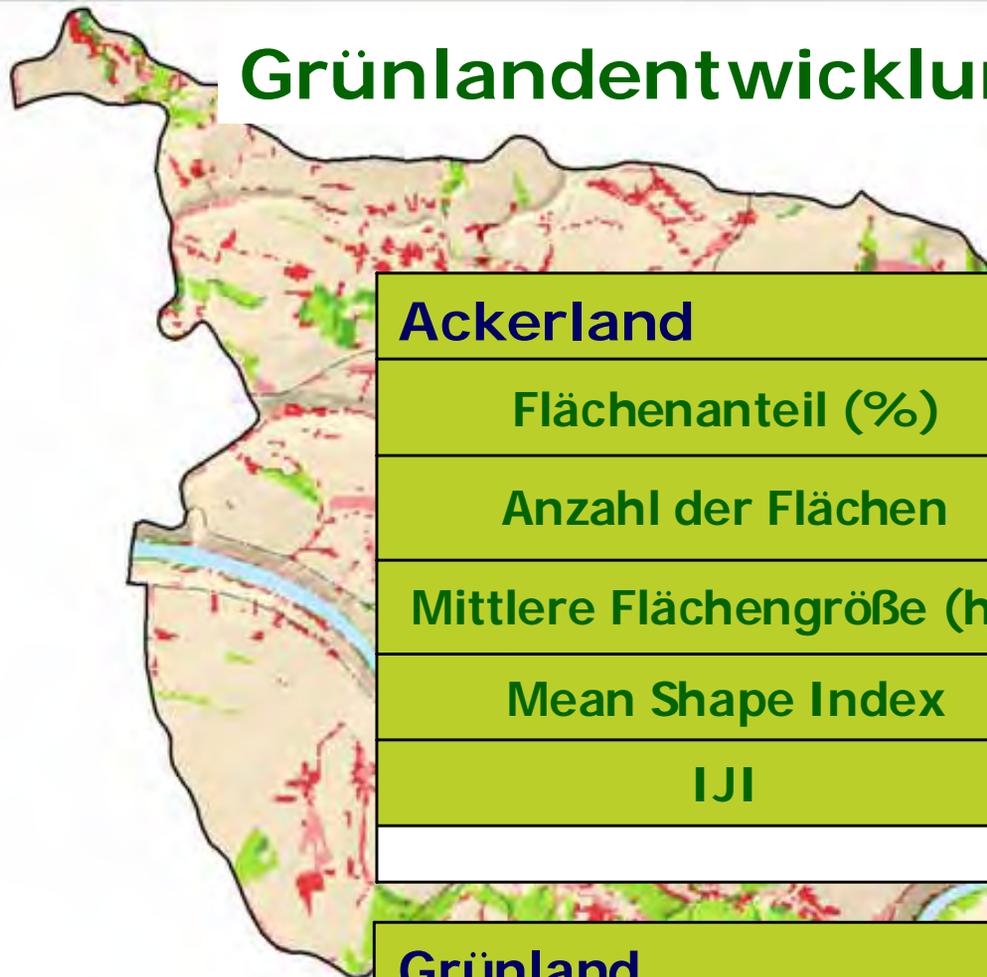
- Untersuchung des Landschaftswandels
- Statistische Beschreibung der Veränderungen
- Auswirkungen auf Landschaftsfunktionen

	1785	1900	1940	1992
Mittlere Flächengröße (ha)	3,3	1,4	1,3	1,9
Shannon Evenness (%)	51	59	61	70

(Auswertung : A. Berger)



Grünlandentwicklung 1785 – 1900 - 1992



Ackerland	1900	1940	1992
Flächenanteil (%)	46	43,3	33,5
Anzahl der Flächen	1402	1388	299
Mittlere Flächengröße (ha)	3,2	3	10,9
Mean Shape Index	1,6	1,6	1,7
IJI	51,34	50,64	71,64

(Auswertung: A. Berger)

Grünland	1900	1940	1992
Flächenanteil (%)	9,7	10,3	13,1
Anzahl der Flächen	1265	1178	442
Mittlere Flächengröße (ha)	0,7	0,8	2,9

Landschaftszerschneidung

- ein wesentliches flächendeckendes Umweltproblem in Mitteleuropa
- Indikatoren:
 - Anzahl der Unzerschnittenen Räume größer als 50 oder 100 km²
 - Effektive Maschenweite (m_{eff}) (Jaeger 2000)

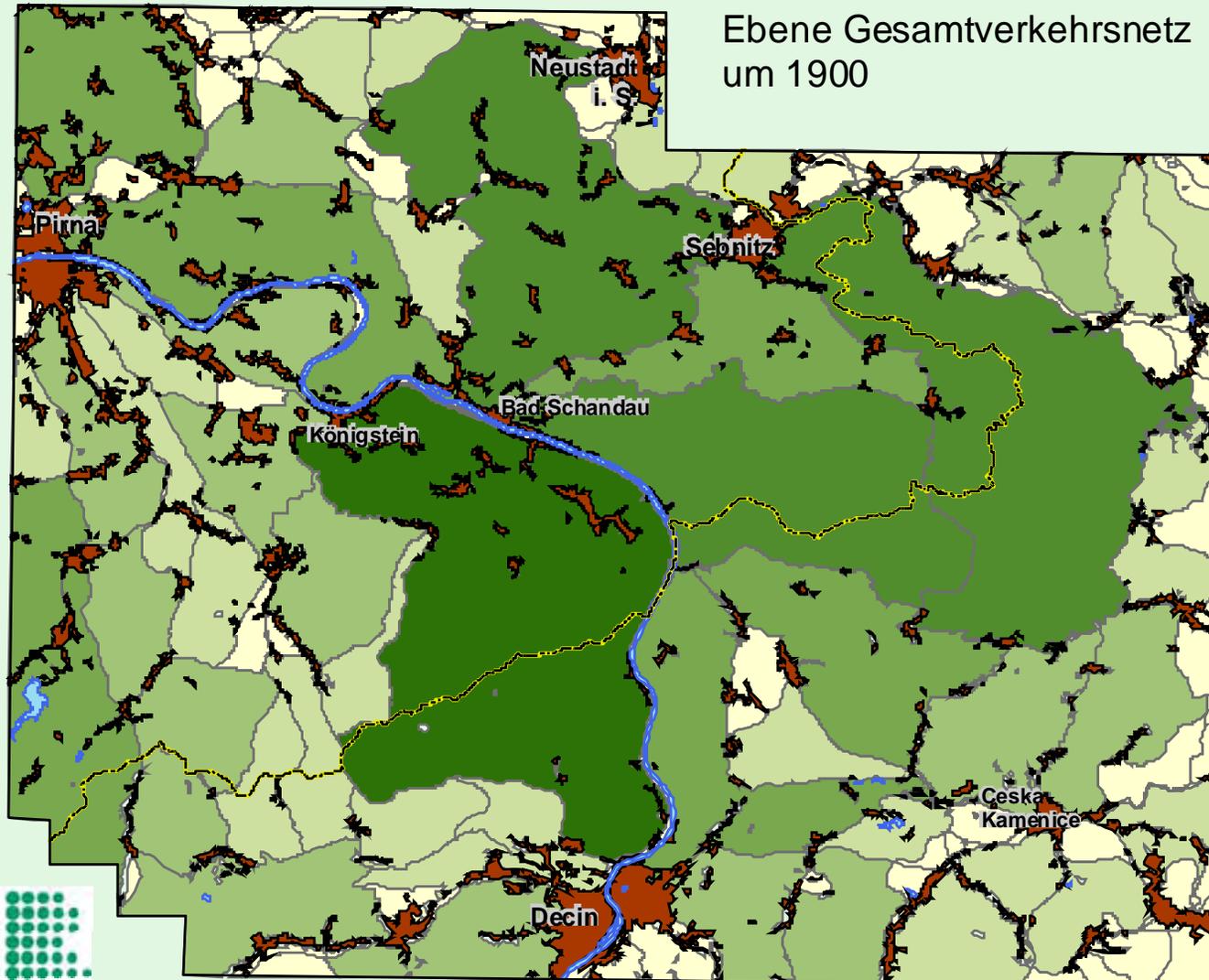
$$m_{eff} = \frac{1}{F_g} \sum_{i=1}^n F_i^2$$

Vergleichbarkeit von:

- Gebieten unterschiedlicher Größe
 - Gebieten mit unterschiedlichen Anteilen an Siedlungs- und Verkehrsflächen
 - je größer m_{eff} , desto geringer ist Zerschneidung
- Kombination von Größe und größtem Inkreis
 - Schmale, aber lange Objekte oder Sackgassen werden berücksichtigt.

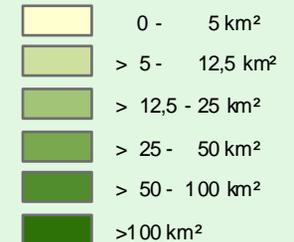
Landschaftszerschneidung

1900 Unzerschnittene Räume im Gebiet der Sächsisch-Böhmischen Schweiz



Legende

Größe der unzerschnittenen Räume



Staatsgrenze

Siedlungen

Gewässer

Maßstab 1: 200 000

Grundlage:
ATKIS DLM 25/1 (1993-1997)
Landesvermessungsamt Sachsen
Messtischblätter und Karten
des Deutschen Reiches (um 1900)

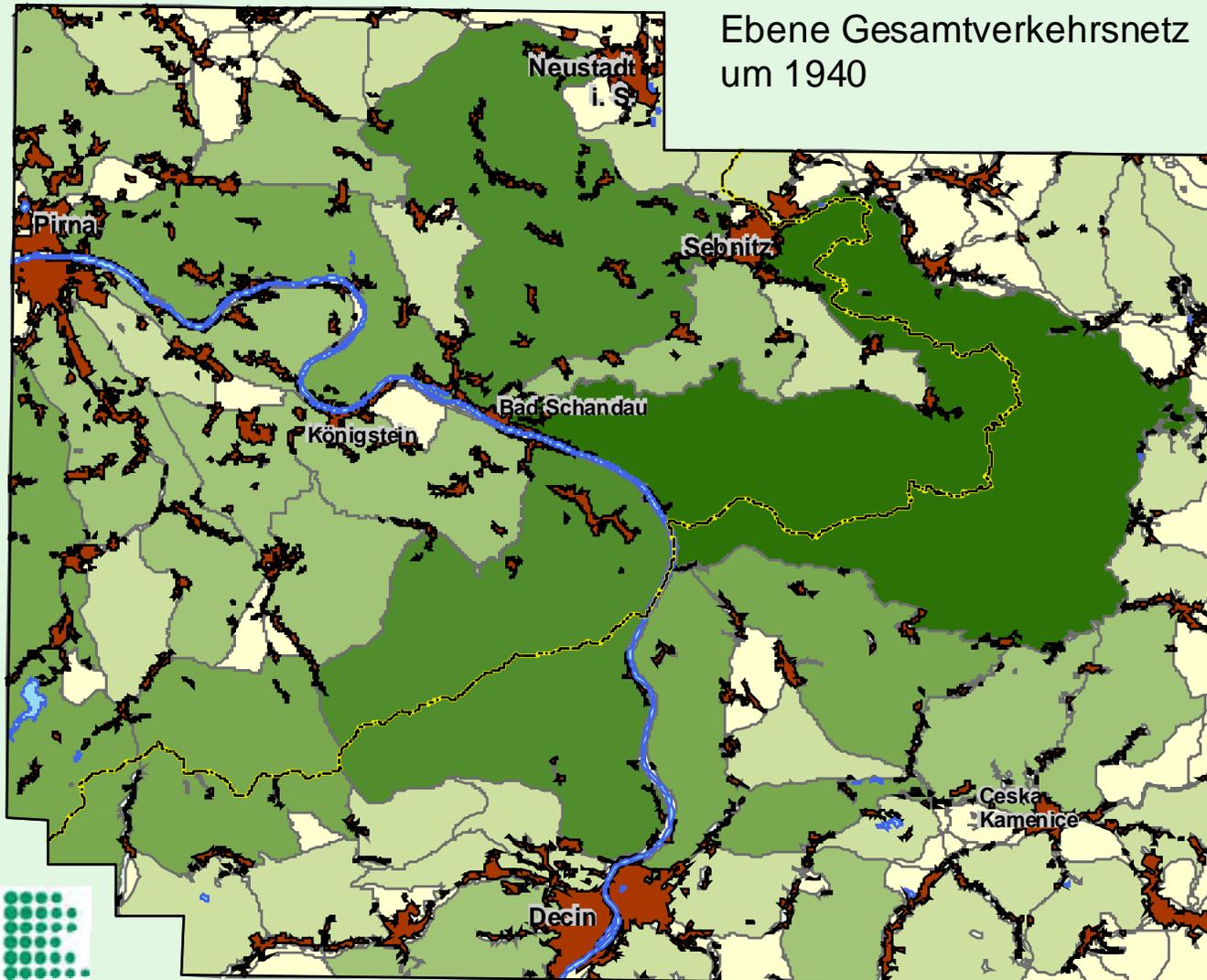
Bearbeiter:
Sebastian Wolf
Technische Universität Dresden
Institut für Geographie
Mai 2004

0 1 2 4 6 km



Landschaftszerschneidung

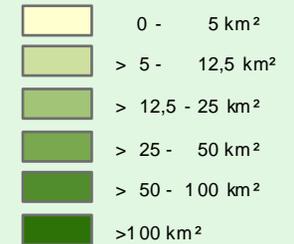
1940 Unzerschnittene Räume im Gebiet der Sächsisch-Böhmischen Schweiz



Ebene Gesamtverkehrsnetz
um 1940

Legende

Größe der unzerschnittenen Räume



Staatsgrenze

Siedlungen

Gewässer

Maßstab 1: 200 000

Grundlage:
ATKIS DLM 25/1 (1993-1997)
Landesvermessungsamt Sachsen
Messtischblätter und Karten
des Deutschen Reiches (um 1940)

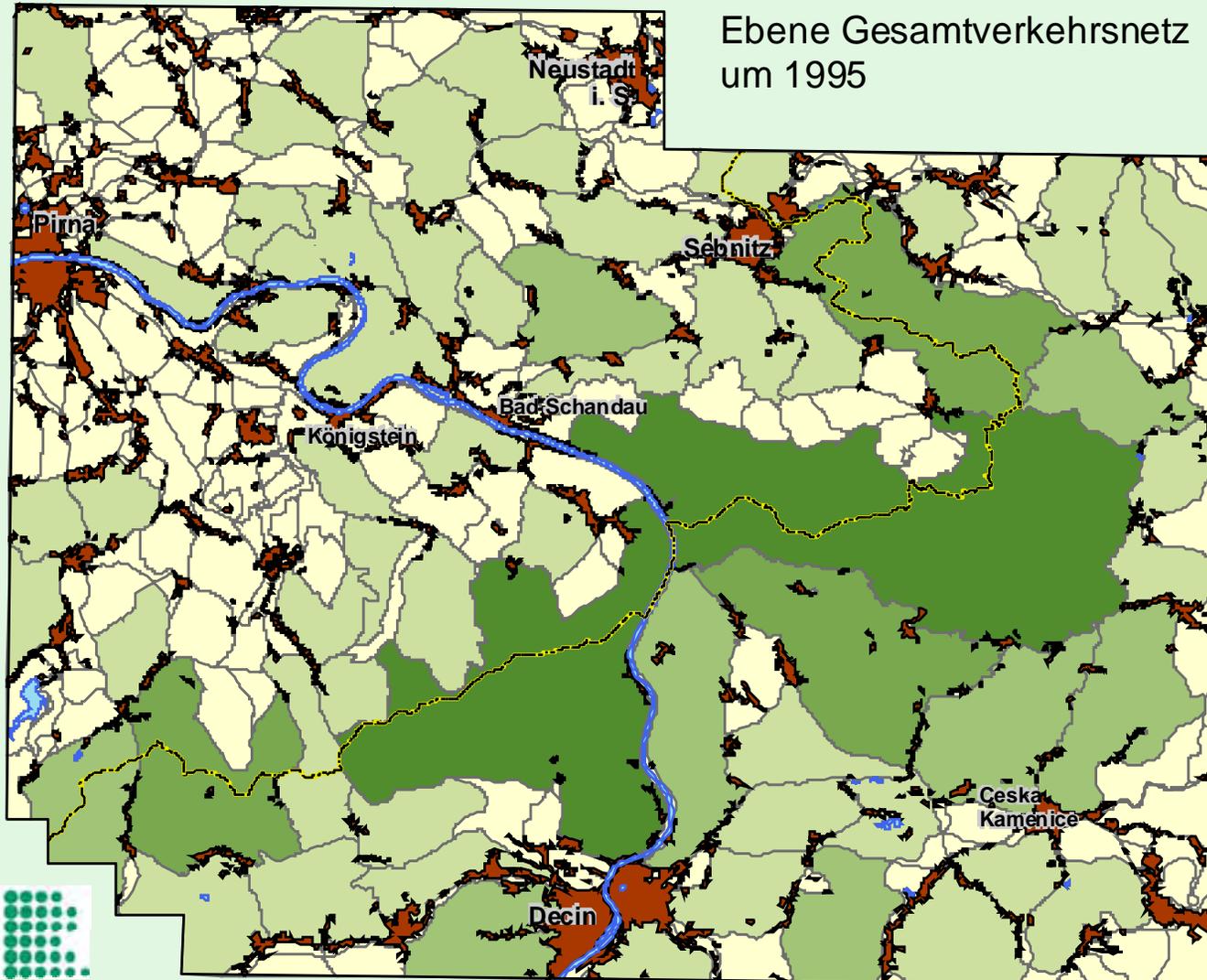
Bearbeiter:
Sebastian Wolf
Technische Universität Dresden
Institut für Geographie
Mai 2004

0 1 2 4 6 km



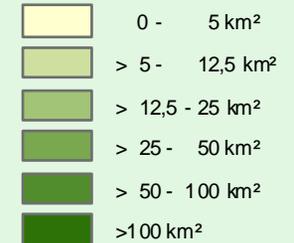
Landschaftszerschneidung

1995 Unzerschnittene Räume im Gebiet der Sächsisch-Böhmischen Schweiz



Legende

Größe der
unzerschnittenen Räume



Staatsgrenze

Siedlungen

Gewässer

Maßstab 1: 200 000

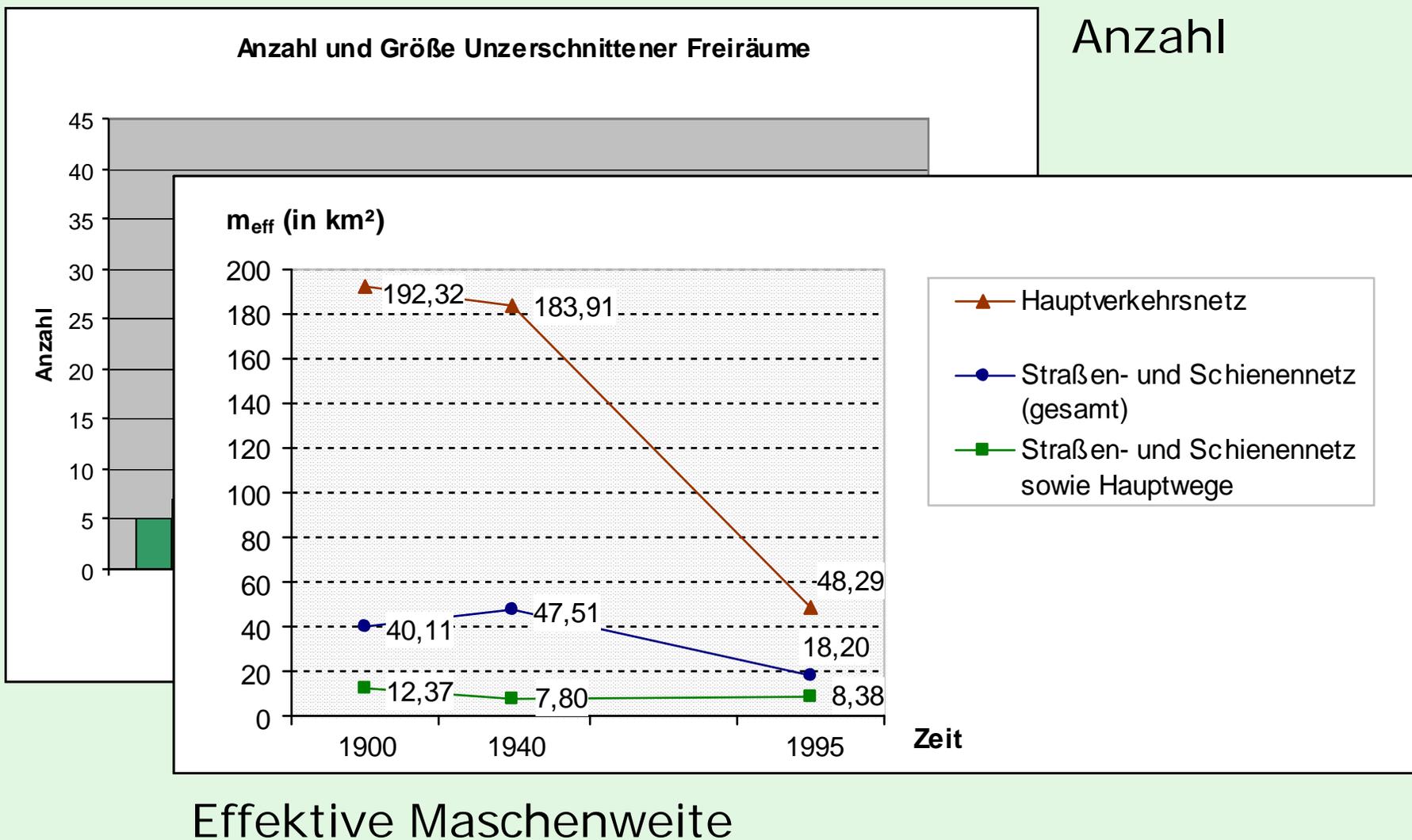
Grundlage:
ATKIS DLM 25/1 (1993-1997)
Landesvermessungsamt Sachsen
TK 10 und TK 25
Tschechische Republik
Landesvermessungsamt Prag

Bearbeiter:
Sebastian Wolf
Technische Universität Dresden
Institut für Geographie
Mai 2004

0 1 2 4 6 km



Kennzahlen zu Unzerschnittenen Freiräumen



Aber:

- Keine direkte Aussage über „innere“ Qualität der Räume

Erholungswert der Landschaft

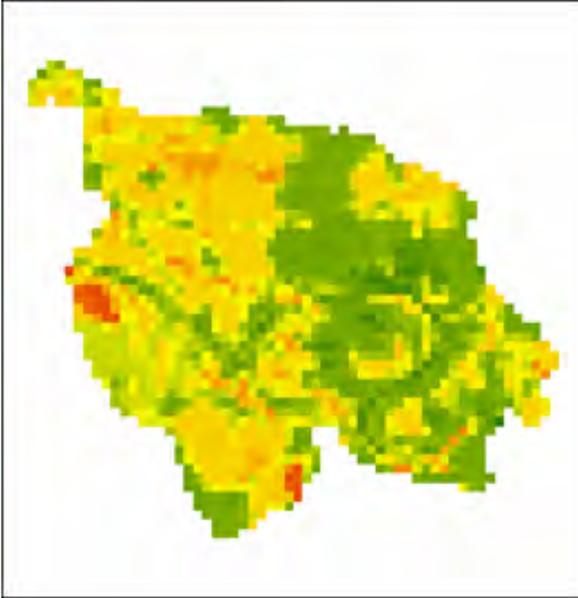
Parameter:

- Natürlichkeitsgrad
→ Grad des menschlichen Einflusses
- Freiraumanteil
→ Anteil unbebauter Flächen
- Flächenform
→ Komplexität der Flächenform (Shape – Index)
- Randeffekt
→ Längen der Gewässer- und Vegetationsränder
- Reliefdiversität
→ Reliefklassen aus Hangneigung, Exposition und Wölbung
- Überblick
→ Potential der Landschaft zur Gewährung von Aussichten

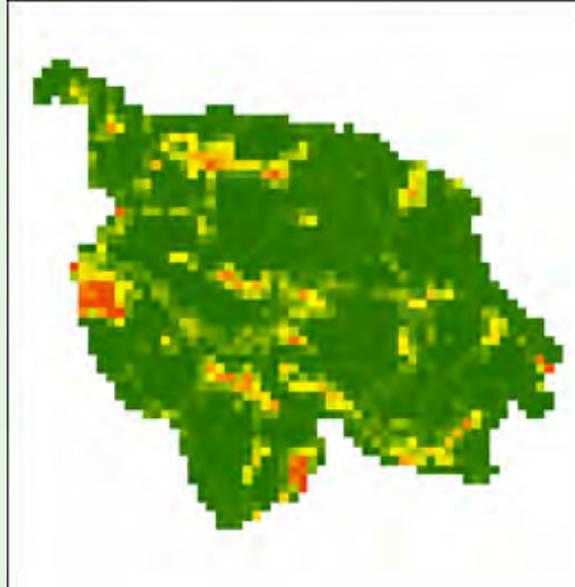
Erholungswert der Landschaft

Parameter

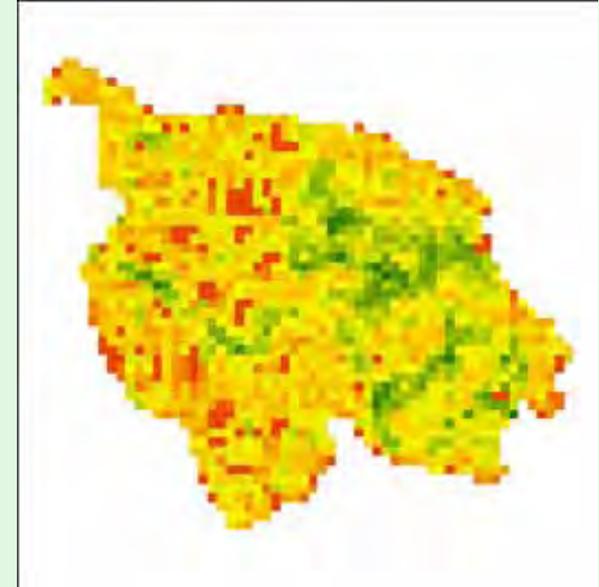
Natürlichkeitsgrad



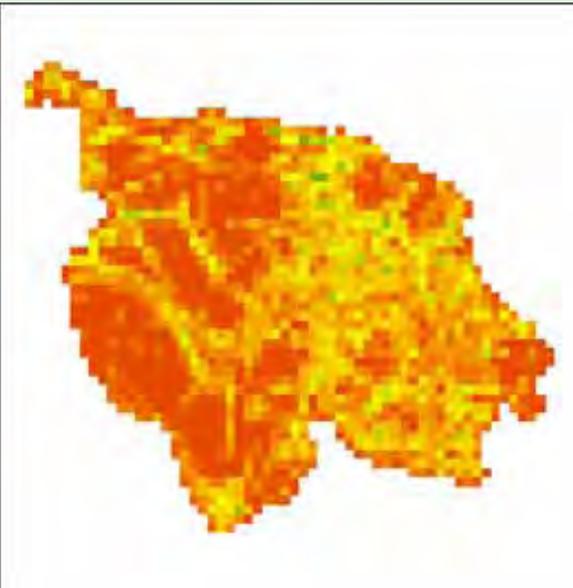
Freiraum



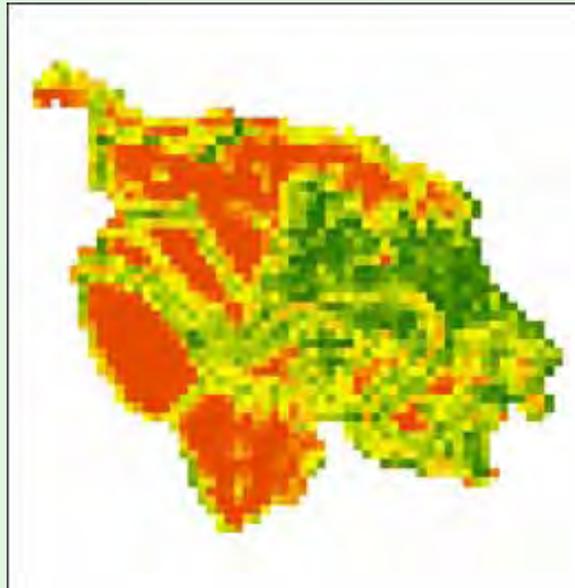
Flächenform



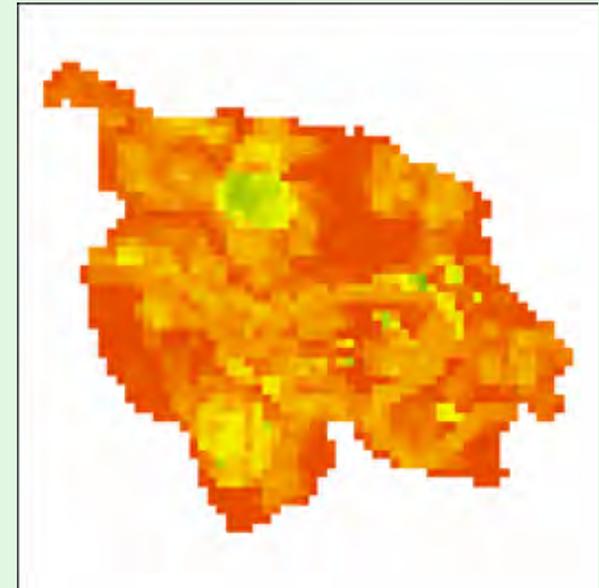
Randeffekt



Reliefdiversität



Überblick



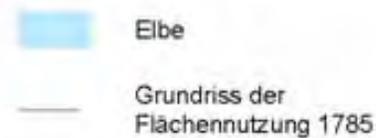
Erholungswert der Landschaft für eine naturbezogene Erholung - 1785

Erholungswert:



Bezugssystem:
Quadratraster, Rasterweite 250 m

Orientierungselemente:



Maßstab 1:80.000



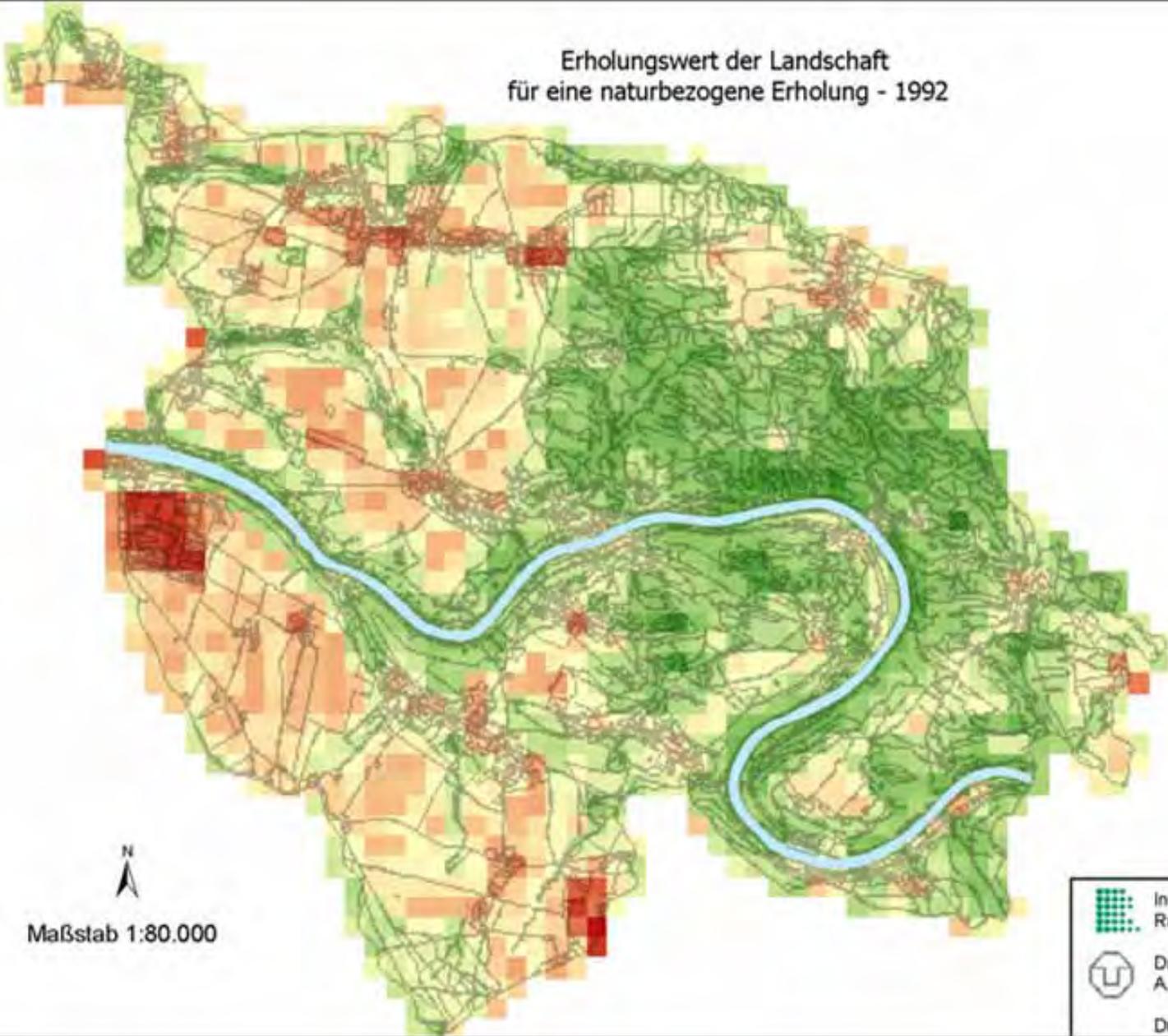
Institut für ökologische
Raumentwicklung e.V. (IÖR) Dresden



Datenerstellung und kartographische Bearbeitung:
A. Berger, TU Dresden

Dresden, Juli 2003

Erholungswert der Landschaft für eine naturbezogene Erholung - 1992

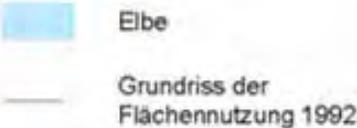


Erholungswert:



Bezugssystem:
Quadratraster, Rasterweite 250 m

Orientierungselemente:



Maßstab 1:80.000

 Institut für ökologische
Raumentwicklung e.V. (IÖR) Dresden

 Datenerstellung und kartographische Bearbeitung:
A. Berger, TU Dresden

Dresden, Juli 2003

Gliederung

- Was ist Landschaftsstruktur ?
 - Patch-Corridor-Matrix
 - Landschaftsstrukturmaße
 - Software
- Zusammenhang Struktur und Funktion
- Anwendungsbeispiele
 - Landschaftswandel
 - Landschaftszerschneidung
 - Erholungswert
- **Aktuelle Entwicklungen**
 - Von der zweiten zur dritten Dimension
 - Ökologischer Gradient
- Ausblick

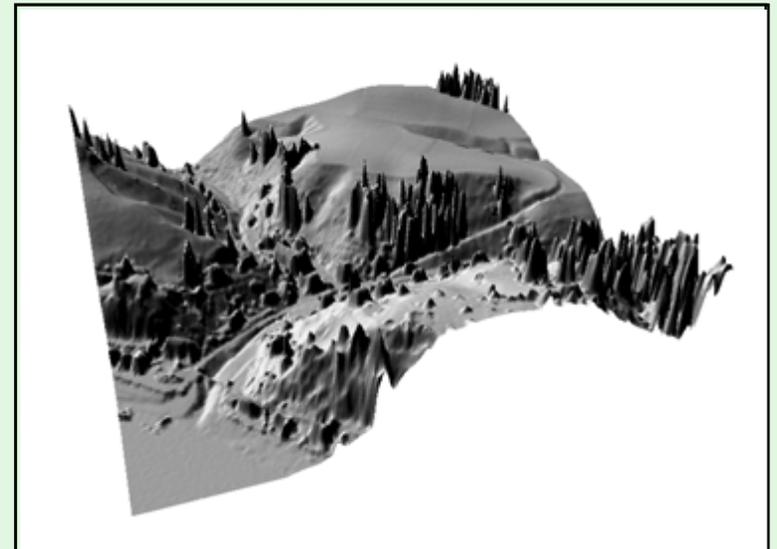
Landschaftsstrukturanalyse in der dritten Dimension

Grundproblem des gängigen Betrachtungsansatzes:

- dreidimensionale Strukturen bleiben weitgehend unberücksichtigt.



Ausschnitt aus einem
Landschaftsmosaik in der
Draufsicht



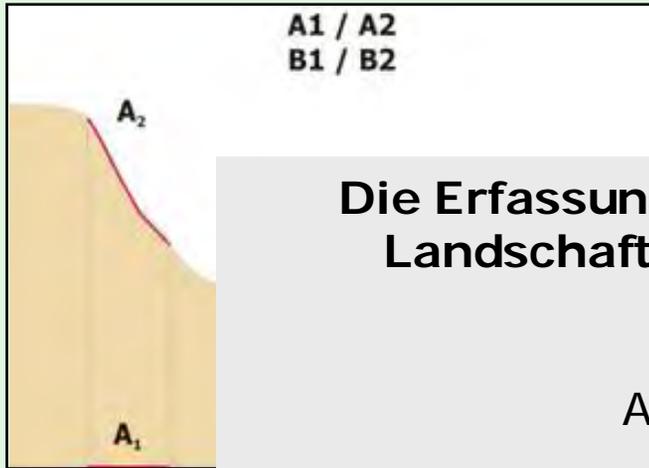
~~Das Flächenmodell~~
Darstellungsmittel
Berücksichtigung des Reliefs

Bearbeitung: S. Hoehstetter, IÖR

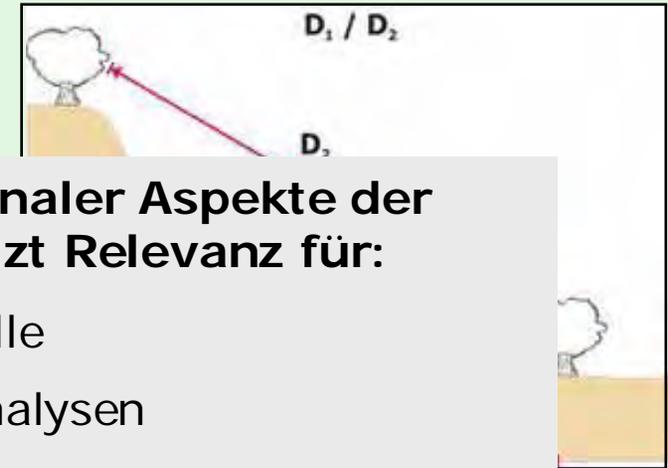
- zweidimensionale Betrachtungsweise hat Informationsverlust zur Folge
- reale strukturellen Bedingungen oft unzureichend abgebildet

Landschaftsstrukturanalyse in der dritten Dimension

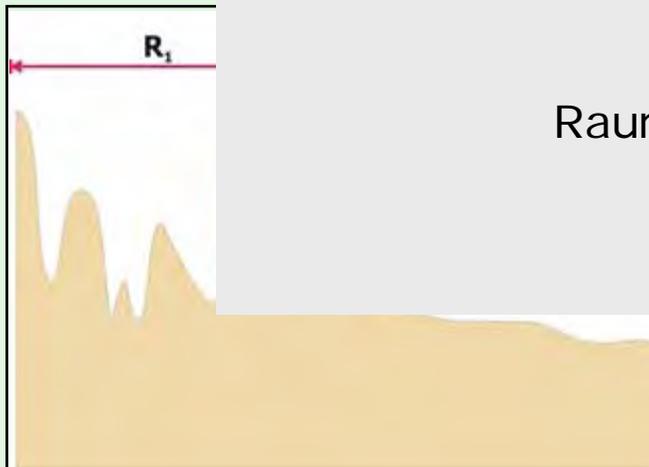
Räumliche Situationen, die eine dreidimensionale Betrachtungsweise erfordern:



Flächeninhalt
Relief



Höhendifferenzen



Oberflächenrauigkeit



Höhendifferenzen

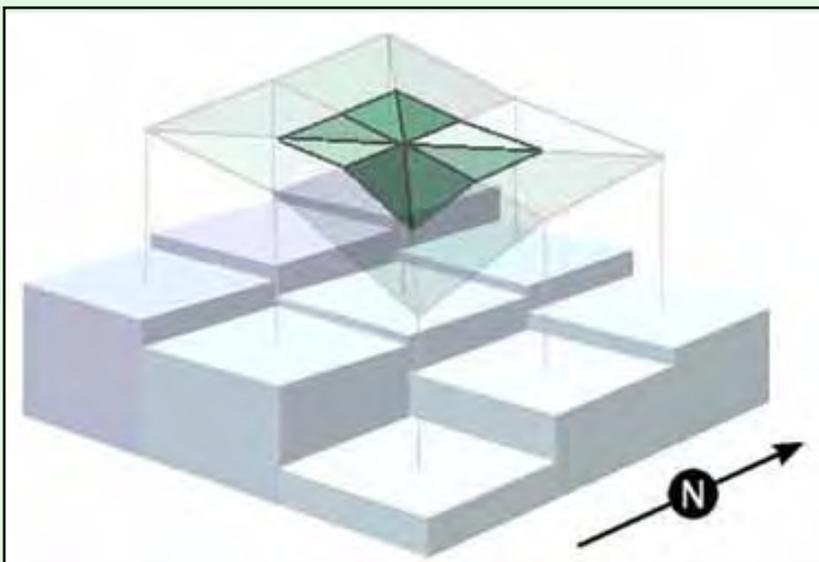
Die Erfassung dreidimensionaler Aspekte der Landschaftsstruktur besitzt Relevanz für:

- Habitatmodelle
- Artverbreitungsanalysen
- Klimamodellierung
- Biodiversitätsmodellierung
- Landschaftsästhetik
- Raumplanung (Biotopverbund)
- ...

Methoden – 2D-Strukturmaße mit realen Geometrien

Beispiel:

Berechnung realer Flächen von DHM-Rasterpixeln durch Dreiecksinterpolation nach der Methode von Jenness (2004):

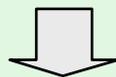


$$\text{Area} = \frac{a * \sqrt{b^2 - \left(\frac{a^2 + b^2 - c^2}{2a}\right)^2}}{2}$$

Quelle:

http://www.jennessent.com/arcview/surface_area_methods.htm

Jenness, J.S. (2004): Calculating landscape surface area from digital elevation models. Wildlife Society Bulletin 32(3), 829-839



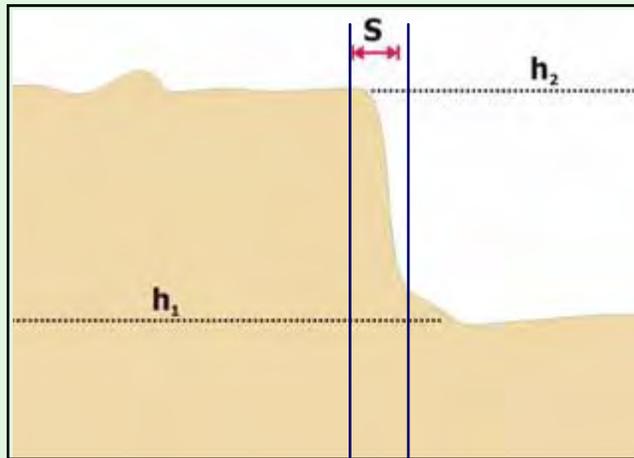
Umsetzung der Methode in ArcGIS



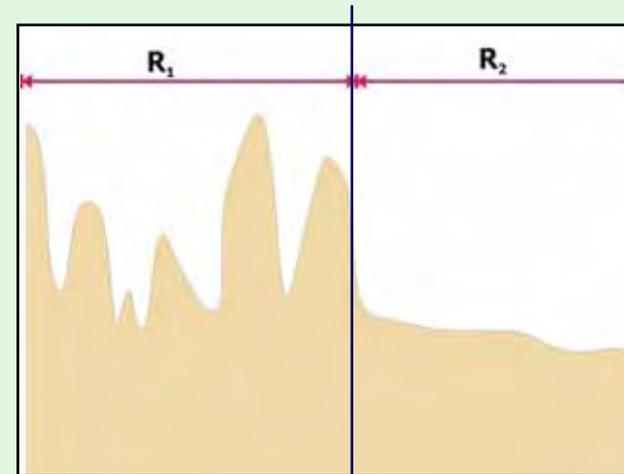
Berechnung von Strukturmaßen mit realen Flächeninhalten

Konzept des ökologischen Gradienten

- Korridor-Patch-Matrix-Modell geht von konkret abgegrenzten Landschaftseinheiten aus.
 - In der Regel aber häufig nicht der Fall
- Konzept des ökologischen Gradienten



Problem: Abgrenzung von Landschaftselementen



Problem: Within-Patch-Heterogeneity

- Umsetzung mittels:
 - Moving-Window-Ansatz
 - 2D-Indizes mit realen Geometrien
 - Lakunaritäts-Analyse
 - Surface Metrology-Indizes

Gliederung

- Was ist Landschaftsstruktur ?
 - Patch-Corridor-Matrix
 - Landschaftsstrukturmaße
 - Software
- Zusammenhang Struktur und Funktion
- Anwendungsbeispiele
 - Landschaftswandel
 - Landschaftszerschneidung
 - Erholungswert
- Aktuelle Entwicklungen
 - Von der zweiten zur dritten Dimension
 - Ökologischer Gradient
- Zusammenfassung und Ausblick

Anwendungen von Landschaftsstrukturmaßen

- zur Analyse von Veränderungen der Umweltqualität über längere Zeiträume.
- zur Vergleichbarkeit über größere Räume
 - z.B. verschiedene Landschaften
- als Indikatoren in Raumplanung und Umweltmonitoring
 - Integration in Umweltinformationssysteme erforderlich.
 - Auswahl von Landschaftsmaßen von der Zielstellung abhängig
 - Keine allgemeingültige „Superindikatoren“
- Vorbewertung der Landschaft durch Strukturmaße
 - Verminderung des Vor-Ort-Aufwandes bei Planungsverfahren
- Verfahren der Landschaftsplanung bzw. -bewertung beziehen Landschaftsmaße kaum ein
 - Zusammenstellung von Indizes und ihrem Bezug zu Funktionen des Landschaftshaushaltes zusammentragen



Ausblick

- Möglichkeiten der Anwendung von Indizes zur Landschaftsstruktur für räumliche Planung, sowie Umwelt- und Naturschutz noch nicht ausgeschöpft;
- Weitere Forschungen zum Zusammenhang zwischen Landschaftsstruktur und Landschaftsfunktionen nötig;
- In komplexen ökologischen Modellen (z.B. zur Tierökologie) können auch komplexe Maße zum Einsatz kommen;
- Quantifizierung ist nicht alles !
 - Nie Strukturmaße zum Selbstzweck, Aussage der Strukturmaße muss klar sein;
 - Strukturmaße sind in der Anwendung in der Regel nur ein Bewertungskriterium unter mehreren;
 - Indizes für Anwendung in der Planung müssen nachvollziehbar, anschaulich und einfach sein.



**Vielen Dank
für
Ihr Interesse**