

## Software zur Analyse der Landschaftsstruktur

Stefan Lang, Hermann Klug, Thomas Blaschke

### 1 Einführung

Der „nordamerikanische Ansatz der Landschaftsökologie“ (Blaschke 1997) ist relativ stark quantitativ-räumlich ausgerichtet und hat neben einer Reihe von Maßzahlen (landscape metrics – für einen Überblick siehe Blaschke 2000) auch zahlreiche Softwarepakete hervorgebracht. Das Indexverhalten und die ökologische Relevanz, die Struktur, Anordnung, Vielfalt und andere Größen werden auf Basis von – meist diskret abgegrenzten – Landschaftseinheiten beschrieben. Das Softwareprodukt Fragstats (McGarigal und Marks 1995) gilt nach wie vor als Standard unter den derzeit verfügbaren Software-Paketen zur quantitativen Landschaftsstrukturanalyse. Allerdings hat die lange Zeit der wenig benutzerfreundlichen Bedienungsumgebung von Fragstats die Entwicklung zahlreicher Alternativ-Produkte vorangetrieben. Einige der Wichtigsten werden hier kurz vorgestellt. Da es sich teilweise um Produkte aus zeitlich limitierten Projekten handelt, ist meist kein Support gegeben und auch die Webseiten-Verweise<sup>1</sup> und Downloadbereiche sind nicht dauerhaft garantiert. Am Ende des Beitrags werden drei aktuelle Entwicklungen (IDEFIX, IMT und <sup>v</sup>LATE) als Ergebnisse eines laufenden EU-Projekts vorgestellt und ein Ausblick auf aktuelle Trends gegeben.

### 2 Software zur deskriptiven Landschaftsanalyse

#### Fragstats

Das rasterbasierte ‚stand-alone‘ Programm Fragstats ist unumstritten das umfassendste Tool zur quantitativen Strukturanalyse und setzt hinsichtlich der implementierten landscape metrics einen Quasi-Standard. Es eignet sich zur Analyse von nominalen Rastern aller gängigen Formate (u. a. ArcGrid, ASCII, BINARY, ERDAS, IDRISI). Die aktuelle Version 3.3 (McGarigal 2002) bietet weit über einhundert verschiedene Maßzahlen und statistische Aggregationen an, wobei auch aktuelle Entwicklungen wie z. B. die Zerschneidungsmaße nach Jäger (2000) bereits inkludiert sind. Fragstats war lange Zeit in einer DOS-Umgebung realisiert und deshalb etwas müh-

<sup>1</sup> Die in diesem Beitrag angegebenen www-Verweise entsprechen dem Stand 9/2003. Die Autoren übernehmen keine Verantwortung für ungültig gewordene Links, Seitenmigrationen etc.

sam zu bedienen, vor allem weil die heutige Generation von Nutzern kaum mit einer Kommandozeilen geführten DOS-Umgebung vertraut ist. Die aktuelle Version steht allerdings als Windows-Anwendung zur Verfügung, was dem Tool wieder seine ursprüngliche Bedeutung zukommen lässt.



Abb. 1:  
Die aktuelle Version von  
Fragstats 3.3 von McGarigal  
(Quelle: Softwarelogo  
Fragstats)

Ein besonderer Wert des Programms liegt in der umfangreichen Dokumentation der implementierten Metrics. Darin werden nicht nur die Formeln beschrieben, sondern es wird auch eine detaillierte Diskussion über Herkunft, Anwendbarkeit, Interpretationshilfen etc. geführt. Es muss allerdings betont werden, dass Fragstats aufgrund seiner bewusst universellen Ausrichtung und trotz der umfassenden Dokumentation dem Nutzer den Auswahlprozess nicht erleichtert. Im Gegenteil: der User ist gerade aufgrund der unglaublichen Fülle an möglichen Maßzahlen eventuell abgeschreckt, das Tool wirklich zu benutzen. Nicht zuletzt deshalb haben sich einige Alternativ-Produkte entwickelt, die teilweise bewusst eine Auswahl an Metrics propagieren. Es ist natürlich nicht leicht, von den bestehenden Maßzahlen diejenigen zu extrahieren, die als relevant erscheinen. Verschiedene Kriterien können dazu herangezogen werden (vgl. Lang et al. 2002). Außerdem hat natürlich jede einzelne Maßzahl seine Berechtigung. Es wird immer spezielle Konstellationen geben, für die gerade diese Maßzahl entwickelt wurde und in denen er sinnvoll angewendet werden kann. Andererseits ist aber wohl im überwiegenden Teil der Fragestellungen oder Anwendungen ein gewisses Set an Maßzahlen ausreichend, die die wesentlichen ökologisch relevanten Kriterien ansprechen (vgl. ebd.).

In Entsprechung zu den möglichen Analyse-Levels werden entsprechende Maßzahlen auf *patch*-, *class*- und *landscape*-Niveau berechnet. Dabei ist zu beachten, dass zuerst einmal alle berechneten Maßzahlen auf einem nächsthöheren Level statistisch aggregiert werden können (Mittelwertbildung, Standardabweichung etc.). Daraus ergibt sich nicht zuletzt die hohe Zahl der unterschiedenen Maßzahlen. Nur eine Teilmenge der Metrics auf *class* oder *landscape* ist deshalb *explizit* auf dieser Skala anzuwenden.

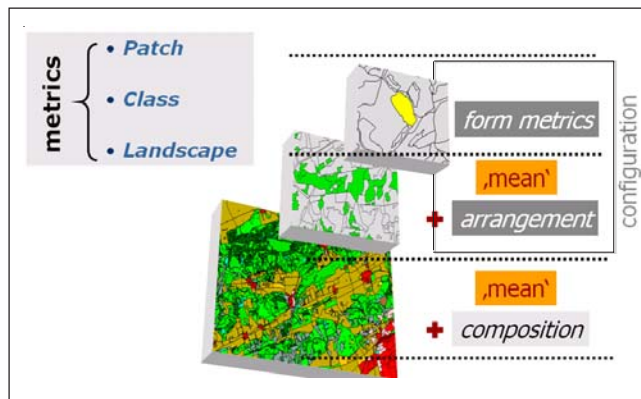


Abb. 2:  
Analyse auf drei Ebenen (patch, class, landscape).  
'Mean' steht für jene Gruppe an Metrics, die durch statistische Aggregation von Werten der unteren Stufe zustande kommen  
(Quelle: S. Lang)

Unabhängig von der Einteilung der Metrics nach dem Analyselevel gruppiert Fragstats die implementierten Maßzahlen nach acht verschiedenen inhaltlichen Kategorien (siehe Abb. 3). Innerhalb derer wird dann weiter nach *patch*, *class* und *landscape* unterschieden.

Code	Metric (acronym)
<b>AREA / DENSITY / EDGE METRICS</b>	
SHAPE METRICS	
CORE AREA METRICS	
ISOLATION/PROXIMITY METRICS	
CONTRAST METRICS	
CONTAGION/INTERSPERSION METRICS	
CONNECTIVITY METRICS	
DIVERSITY METRICS	
<i>Patch Metrics</i>	
P4	Patch Area ( <a href="#">AREA</a> )
P5	Patch Perimeter ( <a href="#">PERIM</a> )
P6	Radius of Gyration ( <a href="#">GYRATE</a> )
<i>Class Metrics</i>	
C3	Total (Class) Area ( <a href="#">CA</a> )
C4	Percentage of Landscape ( <a href="#">PLAND</a> )
C5	Number of Patches ( <a href="#">NP</a> )
C6	Patch Density ( <a href="#">PD</a> )
C7	Total Edge ( <a href="#">TE</a> )
C8	Edge Density ( <a href="#">ED</a> )
C9	Landscape Shape Index ( <a href="#">LSI</a> )

Abb. 3:  
Die acht Kategorien der Fragstats Metrics.  
Beispielhaft ist die Kategorie der area/density/edge metrics aufgeklappt  
(Quelle: S. Lang nach Fragstats Handbuch)

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

## Fragstats Arc

Fragstats für Arc/Info und ArcView 3.x stellt eine kommerzielle Variante von Fragstats in der entsprechenden GIS-Umgebung dar und ist hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt. Die beiden ESRI-Applikationen von Fragstats werden gefördert von der amerikanischen Firma Space Imaging, die das Satellitensystem IKONOS betreibt.



Abb. 4:  
Fragstats für Arc/Info und  
ArcView 3.x  
(Quelle: Logo Fragstats Arc)

<http://www.innovativegis.com/products/fragstatsarc/index.html>

### r.le (Linux/GRASS)

Die Routine r.le (Baker und Cai 1992) innerhalb des Open Domain-GIS GRASS (Geographical Resources Analysis Support System) hat im Gegensatz zu den meisten hier aufgezählten Programmen eine lange Tradition und war funktionell gesehen immer schon eine Alternative zu Fragstats. Sie wurde aber deutlich weniger verwendet, da sie ausschließlich mit dem nicht-kommerziellen, aber dennoch nicht so weit verbreiteten GIS-System GRASS verwendet werden kann. Die seit geraumer Zeit aktuelle Version 2.2 ist unter dem ersten unten genannten Link gut dokumentiert.

Ein weiterer Grund für die geringe Inanspruchnahme des GIS-Systems GRASS ist die Betriebsumgebung Linux. Da viele Anwender Windows benutzen, blieb ihnen bis vor kurzem nur die Installation eines zweiten Betriebssystems. Kürzlich wurde jedoch mit dem ‚Knoppic GIS‘ ein Tool zur Verfügung gestellt, mit dem über eine bootbare Linux CD-Rom mit vorinstalliertem GRASS GIS die r.le Routine zur Verfügung gestellt wird. Unter der unten angeführten zweiten Web-Adresse wird der Link zum Download eines ISO-Image in deutscher oder englischer Sprache bereitgestellt.

[http://grass.itc.it/gdp/terrain/r\\_le\\_22.html](http://grass.itc.it/gdp/terrain/r_le_22.html)

<http://www.sourcepole.com/sources/software/gis-knoppix/>

### Patch Analyst

Der Patch Analyst (Rob Rempel, Angus Carr) ist eine kostenfreie ArcView 3.x Extension, die in der aktuellen Version 2.0 die Funktionalität des früher getrennt verfügbaren Habitat-Analyst inkludiert. Im Gegensatz zu Fragstats wurde der Patch Analyst für die Analyse von Vektordaten entwickelt. Daneben existiert auch eine Version für Raster im Arc/Info Grid Format. Der Patch Analyst bietet die wesentlichen

Metrics aus Fragstats an, allerdings in etwas komprimierter Form. Außerdem ist hier zu beachten, dass die Metrics bereits auf dem ersten Aggregationsniveau (*class*) berechnet werden. Es besteht also keine Möglichkeit, explizit Berechnungen für individuelle Patches durchzuführen. Daneben wurden einige ArcView Funktionen leicht abgewandelt, beispielsweise besitzt der Patch Analyst eine eigene Dissolve-Routine. Aufgrund der zeitlichen Begrenzung des zugrunde liegenden Projekts wird die Extension jedoch nicht mehr weiterentwickelt. Der Code (größtenteils in der ArcView Programmiersprache Avenue) wurde jedoch von R. Rempel der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt.

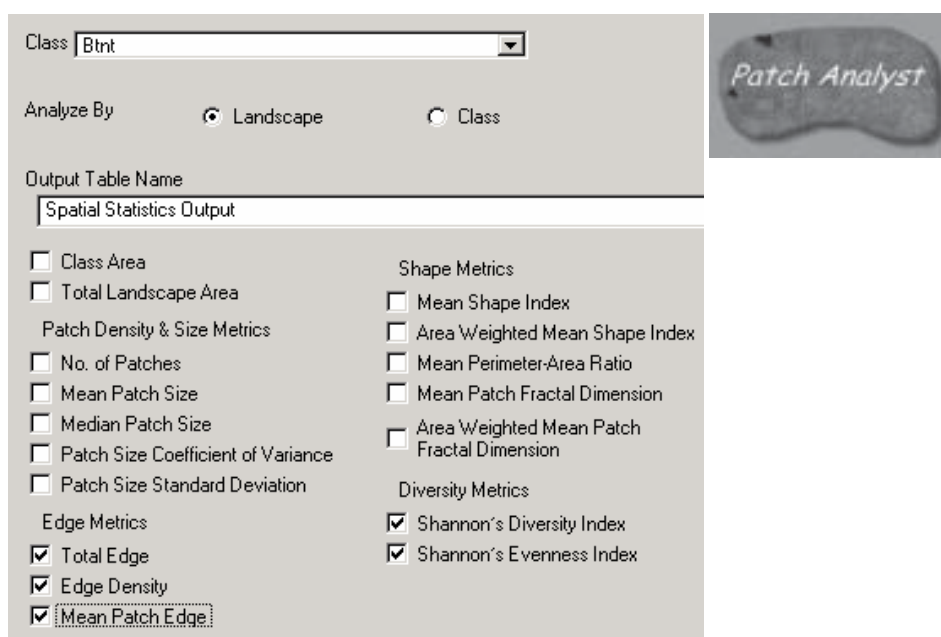


Abb. 5: Die Palette an Maßzahlen (spatial statistics), die von der Patch Analyst Extension für ArcView 3.x bereitgestellt wird  
(Quelle: Menü aus Patch Analyst)

<http://www.lakeheadu.ca/~rrempel/patch/index.html>

## APACK

Entwickelt von D. Mladenoff und der Gruppe des Forest Landscape Ecology Laboratory der Universität von Wisconsin steht dieses Softwarepaket vor allem dem Nutzer von ASCII-Rastern offen. Die Software ist in der Version 2 ein in C++ geschriebenes ‚stand-alone‘-Produkt und bietet eine sehr limitierte Anzahl von 25 Maßzahlen an: *basic measures* (e. g. area), *information theoretic measures* (e. g. diversity), *shape*

*measures* (e. g. fractal dimension), *textural measures* (e. g. lacunarity), *probabilistic measures* (e. g. electivity) und *structural measures* (e. g. connectivity). Es verspricht, Daten schneller als andere Softwarepakete zu prozessieren. Allerdings dürfte dieser Vorteil durch das etwas mühsame Interface nur bei sehr großen Datenmengen ins Gewicht fallen.



Abb. 6:  
APACK – „analysis package for rapid calculation of landscape metrics on large data sets“  
(Quelle: Logo APACK)

<http://landscape.forest.wisc.edu/projects/APACK/apack.html>

<http://flel.forest.wisc.edu/projects/apack/>

### ATtILA

ATtILA v.3.0 ist eine ArcView Erweiterung, die von der Environmental Protection Agency (EPA – Umweltbüro der USA) entwickelt wurde. Es berechnet allgemeine Landschaftsindikatoren, allerdings nicht zwangsläufig *landscape metrics* per se. Quantitative Maße können als Indikatoren herangezogen werden für bestimmte Umweltbedingungen sowie zugrunde liegende Prozesse und Funktionen. ATtILA wurde entwickelt, um den Nutzern über eine einfache graphische Benutzeroberflä-

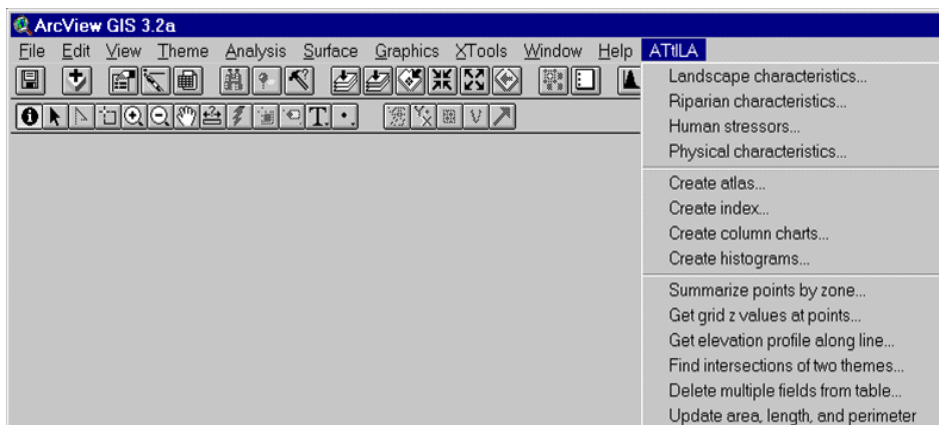


Abb. 7: Die ArcView Extension ATtILA integriert in das ArcView Menü

che (GUI) Landschaftsstrukturmaße in ArcView 3.x GIS zu berechnen. Derzeit umfasst das Set an Metrics vier Gruppen: Landschaftscharakteristik, Ufercharakteristik, Physische Charakteristiken und anthropogene Beeinträchtigungen. Die Maße werden nach abgeschlossener Berechnung entweder im Kartenformat, einem Index bezogen auf das Maß, in Tabellen oder Histogrammen angezeigt. Weitere Informationen zur Software können unter dem Link eingesehen werden.

[http://www.epa.gov/nerlesd1/land-sci/little\\_miami/a\\_readme.html](http://www.epa.gov/nerlesd1/land-sci/little_miami/a_readme.html)

### VLATE

Die Extension VLATE (Vector-based Landscape Analysis Tools Extension) der Arbeitsgruppe LARG an der Universität Salzburg beinhaltet ein spezifisches Set an Maßzahlen, das grundlegende Kategorien zur quantitativen Strukturbeschreibung berücksichtigt, nämlich Fläche, Form, Randliniendichte, Kernflächen, Nähe und Eingebundenheit, Diversität sowie Zerschneidung. VLATE ist eine unter Visual Basic 6.0 entwickelte Erweiterung für ArcGIS 8.x, die Berechnungen auf Polygon-Datensätze durchführt und dabei wesentliche Aspekte der Landschaftsstrukturbeschreibung abdeckt. Sie ist bis zum Ablauf des Projekts SPIN (3/2001-3/2004) noch in einer Eva-

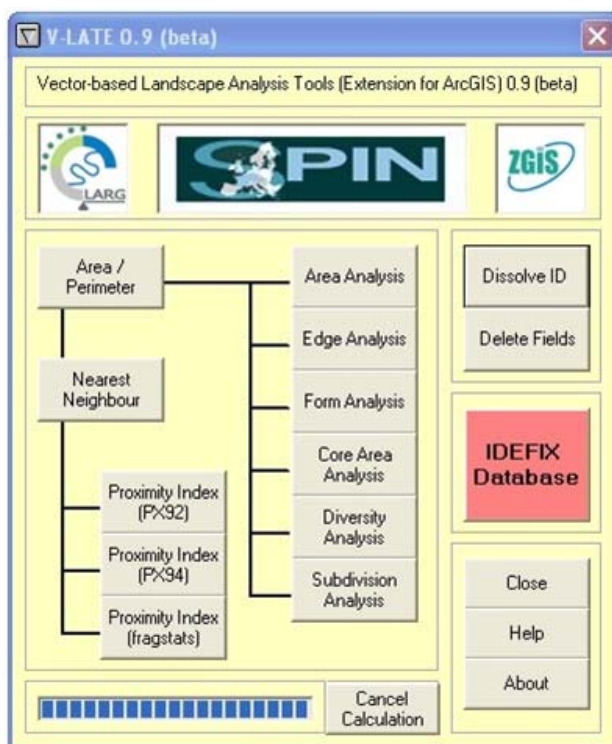


Abb. 8:  
Benutzeroberfläche der VLATE  
Extension für  
ArcGIS 8.x

luierungsphase. Im Gegensatz zu bestehenden ähnlichen Produkten im Freeware-Bereich wurden auch programmierungsaufwändigere distanzbezogene Maßzahlen integriert, die bisher in keiner vektorbasierten Extension verfügbar waren. <sup>v</sup>LATE zeichnet sich dadurch aus, dass es als voll integriertes ArcGIS plug-in Polygon-Datensätze direkt analysiert. Dabei werden einige arbeitstechnische Schwierigkeiten überwunden, die andere Produkte mit sich bringen. Die bisher vorgestellten GIS-Tools der Freeware-Domäne sind entweder stand-alone Programme mit mehr oder weniger komplizierten Schnittstellen und verlangen oft umständliche und zeitintensive Konvertierungsschritte zwischen Vektor und Raster wie die Standardsoftware Fragstats; oder aber sie sind in Avenue programmiert und deshalb nur in der ArcView 3.x Umgebung einzusetzen, wie z. B. die Extension Patch Analyst.

 <http://www.geo.sbg.ac.at/larg/vlate.htm>

### 3 Software zur Landschaftsmodellierung auf Basis von Landschaftsstrukturparametern

#### RULE

Die DOS-basierte Software RULE ist ein Tool, mithilfe dessen der User selbst Landschaften generieren und die erzeugten Landschaften mit einigen ausgewählten Maßen analysieren kann. Eine ausführliche Dokumentation ist auf der Download-

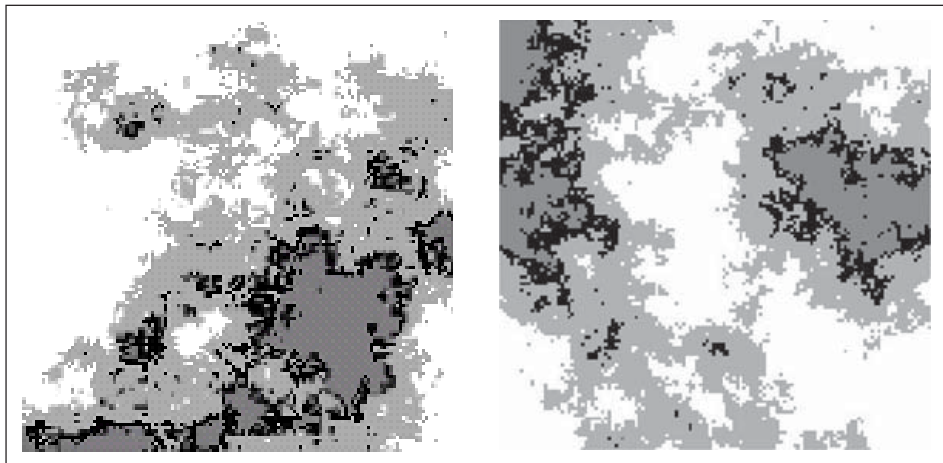


Abb. 9: RULE – Beispiel zweier selbst generierter Landschaften mit identischen Ausgangsparametern. Die Landschaften sehen unterschiedlich aus und die Anordnung der einzelnen Flächen ist unterschiedlich. Die hier steuernden Größen der Fraktalität und Klumpung sind gleichgehalten, die resultierenden beschreibenden Maße variieren, aber auf einem statistisch nicht signifikanten Niveau. Auf einer Reihe solcher ‚Landschaften‘ können dann auch systematisch Parameter geändert werden. (Quelle: H. Klug)



Seite erhältlich sowie in Gardner (1999) publiziert. Es werden nicht nur bestehende Strukturen analysiert, sondern es können auch künstliche Landschaften geschaffen werden. Die Entstehung dieser Landschaftsmuster kann über entsprechende Steuerungsmechanismen manipuliert werden. Dadurch werden so genannte *neutral landscape models* geschaffen. Durch das zufällige oder systematische Variieren einzelner Parameter, die die Struktur bedingen (Flächenanteil einzelner Klassen, Größe des Gebietes, Klumpungsgrad, Mindestgröße der zu generierenden Patches, fraktale Dimension der Patches etc.), wird eine Abfolge an ‚Landschaften‘ geschaffen, auf denen dann das Verhalten einzelner Maßzahlen überprüft wird. Auf diese Weise sollen generelle Aussagen über das Verhalten von Maßzahlen getroffen werden, z. B. ob bei systematischer Zu- oder Abnahme des Klumpungsgrades oder der fraktalen Dimension der Patches die entsprechenden Maßzahlen sich linear oder nicht-linear verändern oder ob beispielsweise Schwellwerte ermittelt werden können.

 <http://www.al.umces.edu/>

### ClaraT

Die Extension ClaraT der Universität New Mexico am Institut für Biologie hat eine Arbeitsumgebung zur Berechnung der Fraktalen Analyse unter Windows bereitgestellt. Beispiele interaktiver Analysen fördern das Verständnis für komplexe räumliche Wirkungsgefüge. Das Tool dient der Generierung und der Analyse vielfältiger

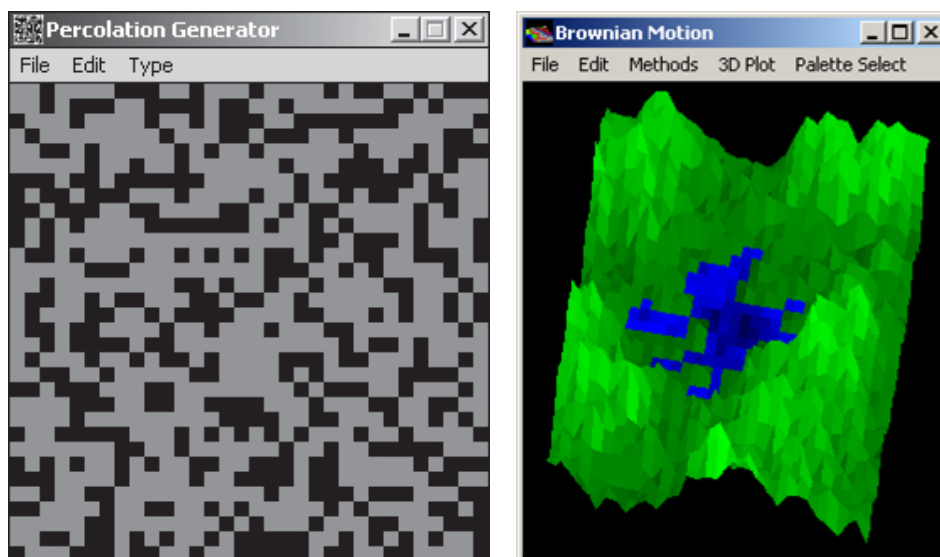


Abb. 10: Zwei Benutzeroberflächen des Gesamtpaketes ClaraT „Fractal Analysis Package for Windows“  
(Quelle: H. Klug)

geometrischer Konturlinien in der Landschaftsökologie. Die Generierung beläuft sich dabei auf Zeitreihen, Oberflächenmodelle, Perkolationskarten etc. Analyseverfahren nach B. Mandelbrot, ‚multifractals‘ und Clusteranalysen werden neben stochastischen Verfahren und diversen Visualisierungsmethoden angeboten. Das Tool wird mit mehreren direkt ausführbaren Dateien zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus findet man Hilfedateien, die die Anwendungen beschreiben und erläutern.

<http://sevilleta.unm.edu/~bmilne/frac/clarat/clarat.html>

### SIMMAP

SIMMAP 2.0 verfolgt ähnliche Ziele wie RULE und ist damit eine Simulationssoftware zur Generierung neutraler Landschaftsmodelle. SIMMAP (*Landscape categorical spatial patterns simulation software*) basiert auf der Simulationsmethode „modified random clusters“ (Saura und Martínez-Millán 2000) und liefert sehr realistisch aussehende Landschaften. Diese ähneln Landnutzungskarten relativ gut im Gegensatz zu verschiedenen Simulationen, die manchmal wie Wolkengebilde aussehen. Gleichzeitig werden für die generierten Landschaften einige ausgesuchte Maße berechnet: *Number of Patches*, *Mean Patch Size*, *Squared Mean Patch Size*, *Area Weighted Mean Patch Size*, *Patch Size Standard Deviation* etc. sowie einige Maße basierend auf Grenzlängen zwischen den Patches.

Die Simulation basiert auf fünf Parametern: Größe des (rechteckigen) Gebietes, minimal zulässige Größe für Patches (in Pixel), Anzahl und Verteilung der Klassen in der Landschaft (z. B. 20 % A, 12 % B, 4 % C, 64 % D), Nachbarschaftsregeln und den Perkolationswert  $p$ , der letztlich den Grad der Fragmentierung bzw. Klumpung steuert (siehe auch Gardner 1999) und der einen sinnvollen Wertebereich von 0 bis 0.58 aufweist. Die Software läuft sehr stabil in einer Windows-Umgebung und ist

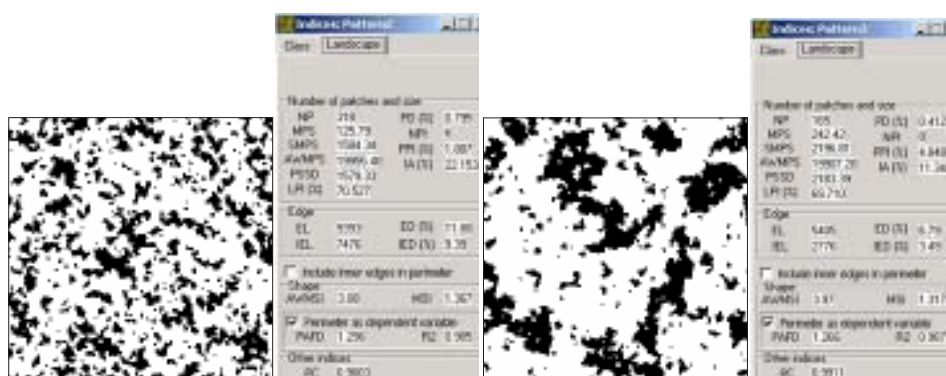


Abb. 11: SIMMAP 2.0. Zwei Landschaften als Produkte unterschiedlicher Parametrisierungen (Quelle: H. Klug)

ressourcenschonend programmiert. Allerdings lassen sich die generierten Landschaften nur als Bitmaps exportieren, was z. B. für eine detaillierte Analyse in einer anderen Software hinderlich ist.

 [www.udl.es/usuarios/saura/simmap.htm](http://www.udl.es/usuarios/saura/simmap.htm)

## 4 Kombinierte Analyse / Entscheidungsunterstützung

### LEAP II

Bei LEAP II (Schnekenburger et al. 1997) handelt es sich um ein kombiniertes *landscape metrics* und *spatial decision-support* Tool. Die wesentlichen Funktionen umfassen Landschaftsuntersuchungen unter verschiedenen Gesichtspunkten, wie z. B. Fragmentierung, Grenzliniendichte, Konnektivität. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Untersuchung dynamischer Prozesse wie Materialflüsse und den Bewegungspfaden von Organismen. Daneben unterstützt die Software grundlegende *change detection* Routinen für Monitoring- und Managementaufgaben im ökologischen Kontext. Es eignet sich auch für die Szenarienbeurteilung bei politischen Entscheidungsprozessen. Mehrere Fallstudien illustrieren mögliche Anwendungsbereiche.

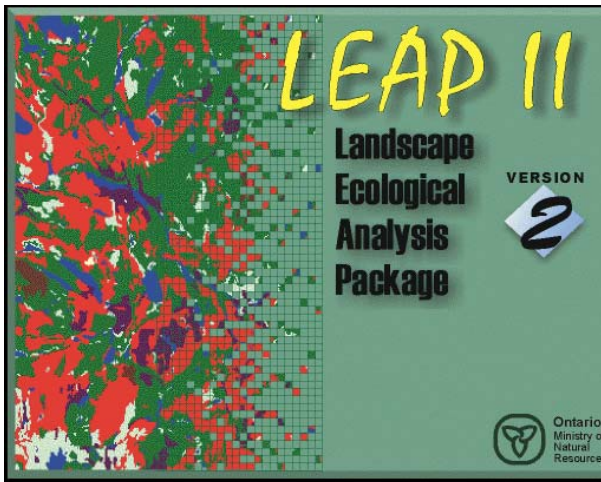


Abb. 12:  
LEAP II.  
(Quelle Softwarelogo LEAP II)

 [http://www.ai-geostats.org/software/Geostats\\_software/LEAP.htm](http://www.ai-geostats.org/software/Geostats_software/LEAP.htm)

### Landscape Analyst

Der Landscape Analyst ist eine auf dem Spatial Analyst basierende Extension für ArcView 3.x. Die Software unterstützt Anwender bei der Analyse von Landschafts-

einflüssen auf Basis von Wassereinzugsgebieten, administrativen Einheiten oder Landschaftseinheiten. Dies bezieht sich auf entstehende Einflüsse und entstehende Konstellationen von Landnutzungen. Die Extension kombiniert auch einige Funktionen, die aus anderen ArcView Erweiterungen bekannt sind, insbesondere für Analysen von Wassereinzugsgebieten. Ausgehend von einem Flussnetzwerk und einem DGM können so z. B. bei bekannten punktuellen Stoffeinträgen oder Verschmutzungen bestimmte Simulationen durchgeführt werden. Weitere Analysen von digitalen Geländemodellen unterstützen z. B. Erosionsberechnungen. Ein *development model* liefert Wahrscheinlichkeiten für zukünftige Entwicklungen basierend auf *fuzzy logic*-Regeln. Allerdings müssen im Gegensatz zu den meisten anderen Softwareprodukten, insbesondere der rein deskriptiven Analyse, bei den hier aufgezählten und weiteren Modellierungen zwangsläufig viele Eingangsparameter und/oder Annahmen zukünftiger Entwicklung bekannt sein. Die Software eignet sich daher weniger zur explorativen Analyse als zur räumlichen Modellierung bei bekannten oder anzunehmenden Entwicklungsszenarien und Bewertungen.

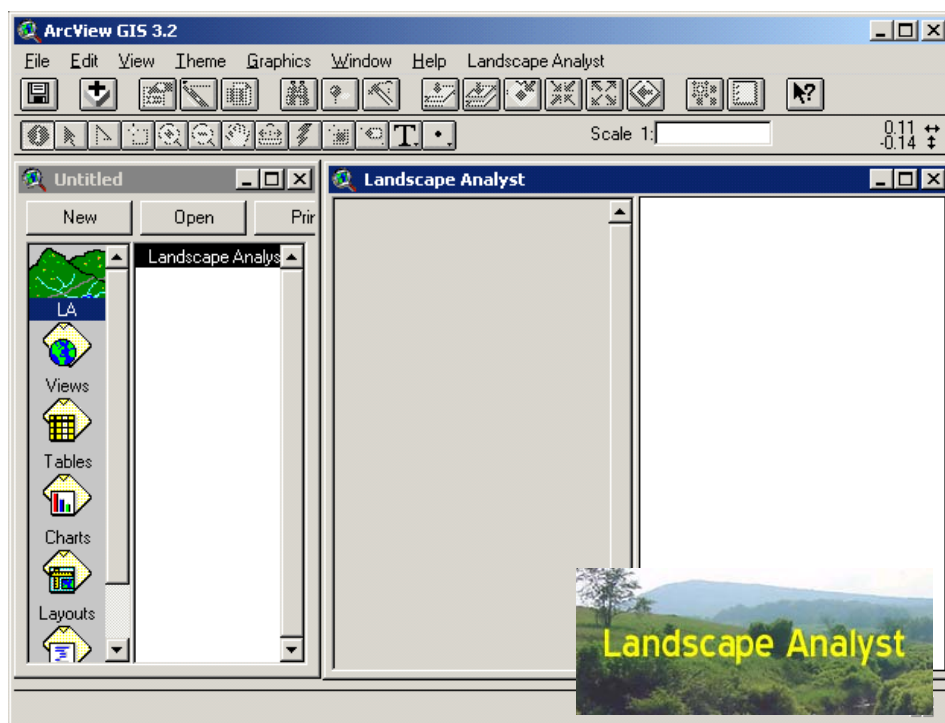


Abb. 13: Landscape Analyst Extension für ArcView 3.x als eigener Dokumententyp im Projektfenster  
(Quelle: H. Klug)

 <http://canaanvi.org/gis/landscapeanalyst.asp>

## IDEFIX

Basierend auf einer umfangreichen Literaturrecherche zu publizierten Maßzahlen wurde eine Datenbank mit Namen IDEFIX (*Indicator Database for Scientific Exchange*) erstellt. Ziel ist die detaillierte Katalogisierung von Maßen, die zur Bestimmung der Landschaftsstruktur herangezogen werden können. Dabei beschränken sich die Erfassungsmerkmale nicht nur auf den Namen und die mathematische Formel, sondern beziehen vielmehr auch den Anwendungskontext und die Datenspezifizierung sowie Hinweise zu bereits vorliegenden Evaluierungsergebnissen und die kritische Auseinandersetzung mit der Maßzahl mit ein. Durch gezielte Datenbankabfragen kann so für bestimmte Untersuchungszwecke eine semi-automatische Vorauswahl relevanter Maßzahlen erfolgen. Die Kopplung der Datenbank über die <sup>v</sup>LATE Extension (siehe Kap. 2) an eine ArcGIS/ArcMap 8.x Umgebung ermöglicht den Zugriff und die kontrollierte Anwendung der Maßzahlen in Form einer ArcMap Extension (Klug et al. 2003). Die Datenbank und die graphische Benutzeroberfläche befinden sich derzeit in der Evaluierungsphase und werden mit dem Ende des SPIN-Projekts (04/2004) auf der angeführten Webadresse zur Verfügung gestellt.

The screenshot shows the 'Structural Indicators based on 'landscape metrics'' application window. The interface is divided into several sections:

- General Information:** Includes fields for 'Short Name' (AREA\_p), 'Full Name' (Patch Area), 'Author Name' (i.a.), and 'Year'.
- Formula Vector:** Displays the formula  $AREA = aij \left( \frac{1}{10,000} \right)$ .
- Formula Raster:** Displays the same formula  $AREA = aij \left( \frac{1}{10,000} \right)$ .
- Units:** Radio buttons for 'meters', 'hectares', 'percent', and 'none'. 'hectares' is selected.
- Implemented In:** Checkboxes for 'Rule', 'r.le', 'Fragstats', 'V-LATE', 'Leap II', 'Apack', 'Patch Analyst', and 'DMT'. 'Rule', 'r.le', 'Fragstats', and 'V-LATE' are checked.
- Characterization:** Radio buttons for 'Spatial Explicit (Configuration)' and 'Spatial Implicit (Configuration)'. 'Spatial Implicit (Configuration)' is selected.
- Category:** Radio buttons for 'Area Metrics, Patch Density, Size, Variable', 'Area', 'Perimeter', and 'Distance'. 'Area Metrics, Patch Density, Size, Variable' is selected.
- Indicator Level:** Radio buttons for 'Patch', 'Class', and 'Landscape'. 'Patch' is selected.
- Comments:** A text area containing a quote: "The area of each patch comprising a landscape mosaic is perhaps the single most important and useful piece of information contained in the landscape. Not only is this information the basis for many of the patch, class, and landscape indices, but patch area has a great deal of ecological utility in its own right. Note that the choice of the 4-neighbor or 8-neighbor rule for delineating patches will have an impact on this metric." (McGarigal 2002)

The bottom of the window shows a status bar with 'by LARG', 'IDEFIX 0.5 (Beta)', and '00:03'.

Abb. 14:  
Die Benutzeroberfläche  
der Indikatoren-Daten-  
bank IDEFIX

<http://www.geo.sbg.ac.at/larg/idefix.htm>

## 5 Lernsoftware

### IMT

Das IMT (*Interactive Metrics Tool*) wurde ebenfalls im Rahmen des SPIN-Projekts ([www.spin-project.org](http://www.spin-project.org)) entwickelt. Es handelt sich um ein didaktisch ausgerichtetes Tool, das den Umgang mit grundlegenden landscape metrics verdeutlichen soll. Es berücksichtigt – ähnlich der Extension <sup>v</sup>LATE – bewusst nur einen relativ geringen Satz an Maßzahlen, die jedoch wesentliche Grundaspekte der Landschaftsstruktur charakterisieren (Turner et al. 2001; Lang et al. 2002). Es werden Maßzahlen zur raumstrukturellen Analyse der Aspekte *area*, *form*, *edges*, *core areas*, *proximity*, *diversity* und *division* angeboten. Das Tool selbst arbeitet in einer integrierten ArcView 3.x Excel-Umgebung und wird durch eine selbsterklärende Sequenz an PowerPoint-Folien durch Hyperlinks gesteuert. Die Grundfunktionalität von ArcView wird durch Avenue-Skripte erweitert, rein numerische Berechnungen werden in Excel durchgeführt. Dadurch kommt das Tool ohne jegliche zusätzliche Software aus. Das PowerPoint-Manual ist zweistufig gegliedert: Auf jeweils einer Überblicksfolie werden die verwendeten Softwarekomponenten und die Reihenfolge ihres Einsatzes dargestellt. Die benötigte Software kann hier aufgerufen werden und öffnet jeweils vorbereitete

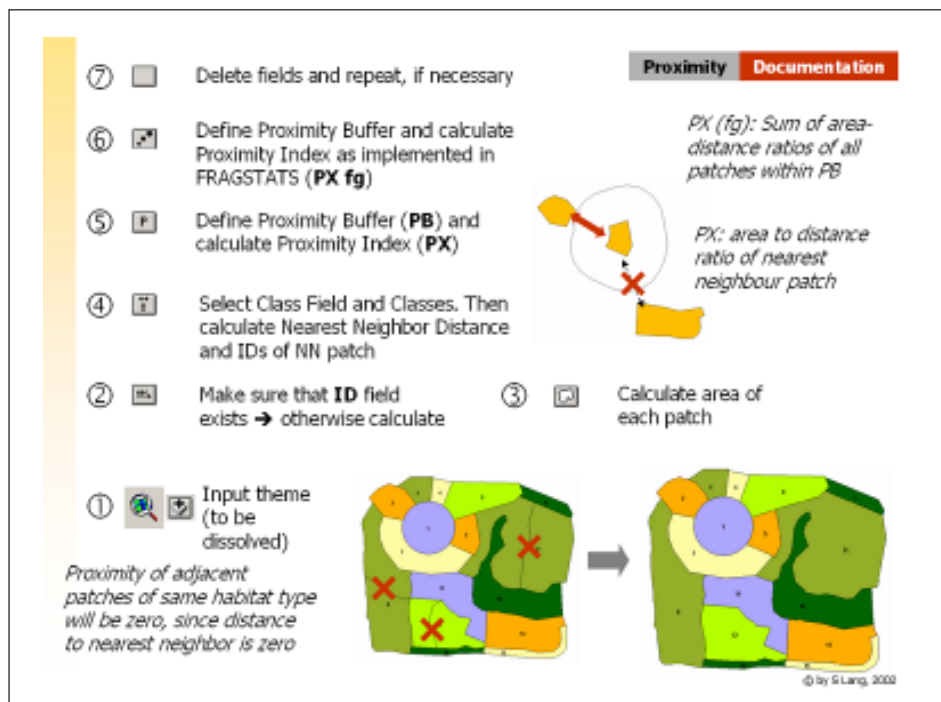


Abb. 15: Ablaufschema zur Proximity-Analyse im IMT  
(Quelle: S. Lang)

Dateien bzw. Projekte. Die jeweils folgenden ein bis zwei Abbildungen geben den Analyseablauf im Einzelnen wieder. Eine Beispiellandschaft dient der Illustration der Anwendung (Lang und Klug 2003).

 <http://www.geo.sbg.ac.at/larg/imt.htm>

## 6 Schlussfolgerungen und Ausblick

Erste Softwareprogramme zur Berechnung der landscape metrics entstanden Ende der 80er Jahre (O'Neill et al. 1988; Turner 1989). Große Verbreitung erfuhr dieser Ansatz vor allem durch das Programm Fragstats (McGarigal und Marks 1995). Ein besonderer Wert von Fragstats liegt in der umfangreichen Dokumentation der implementierten Metrics. Darin werden nicht nur die Formeln beschrieben, vielmehr enthält es eine detaillierte Diskussion über Herkunft, Anwendbarkeit der Indizes sowie einige Interpretationshilfen etc. Wie in diesem Beitrag beschrieben, ist trotz einer umfassenden Dokumentation der Auswahlprozess für eine konkrete Anwendung nicht trivial und zahlreiche Möglichkeiten von Fehlanwendungen sind gegeben. Dies kann jedoch nicht generell der Methode angelastet werden, ähnlich wie in der Statistik. Im Laufe der Jahre wurden weitere Produkte entwickelt, die teilweise bewusst nur eine Teilmenge der in Fragstats verfügbaren Maße anbieten.

Im deutschsprachigen Raum haben sich einige der hier aufgelisteten Softwareprodukte mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung gegenüber Nordamerika ebenfalls verbreitet. Vor der Verfügbarkeit der ArcView Extension Patch Analyst 2.0 (ca. 1999) hatte Fragstats eine große Dominanz. Es gibt dazu keine gesicherten Zahlen, doch verwendeten laut einer Umfrage beim ersten Workshop der Arbeitsgruppe Landschaftsstrukturmaße der IALE Deutschland im Herbst 1998 in Dresden über 80 % der befragten Teilnehmer die Software Fragstats. Mittlerweile ist das Verhältnis ausgeglichener, da der Patch Analyst als einfach zu bedienende ArcView Extension verfügbar ist und ArcView das weltweit meistverbreitete Desktop-GIS darstellt. Fragstats kann erst ab der Version 3.x, insbesondere ab der Version 3.3 als benutzerfreundlich und derzeitigen Windows-Standards entsprechend bezeichnet werden. Dies führt gegenwärtig zu einer wieder stärkeren Verbreitung des Programms, insbesondere, da der Patch Analyst nicht weiterentwickelt wird.

Software, um Landschaften hinsichtlich ihrer Struktur und inneren Ordnung zu analysieren, ist ausreichend vorhanden, wenngleich ein Großteil der hier beschriebenen Softwarepakete nicht langfristig unterstützt wird. Der „Markt“ unterliegt laufenden Änderungen. Die Führungszeichen beziehen sich darauf, dass es sich dabei bisher stark um kostenfreie Lösungen gehandelt hat und die kommerziellen Produkte in diesem Bereich bisher eine begrenzte Bedeutung haben. Es kann festgehalten werden, dass die Untersuchung der Landschaftsstruktur in der Regel nicht daran scheitern wird, dass es für ein Problem keine Software zur Quantifizierung ausgewählter

Parameter gäbe. Das Problem liegt in der Auswahl und Parametrisierung. Weiteres müssen die Ergebnisse auf ihre Validität, auf ihre Aussagegenauigkeit und ökologische Signifikanz hin überprüft werden, wie das bei statistischen Größen eines Zusammenhangs der Fall ist.

Prinzipiell wird durch die hier vorgestellte Software eine räumlich-explizite Betrachtung landschaftsökologischer und ökosystemarer Fragestellungen möglich. Problematisch bleibt insbesondere die raum-zeitliche Dimension von Prozessen. Strukturelle Daten (z. B. Diversitätsmaße, Distanzmaße, formbeschreibende Maße) können mit räumlich und zeitlich dynamischen Größen (klimatologische Daten, biotische Parameter speziell z. B. der Fauna) kombiniert werden. Eine an Prozessen orientierte Betrachtung stellt eine Herausforderung an die Modellbildung dar. Das jeweils verwendete Modell einer Landschaft oder eines Ökosystems entscheidet über die Art, den benötigten Umfang, die benötigte räumliche und zeitliche Auflösung der Daten und über die Analysemethoden. Wie z. B. die Programme LEAP II und Landscape Analyst zeigen, ist vor allem durch die Szenariotechnik, bei der die Auswirkungen diverser Eingriffe abgeschätzt werden sollen, der Planung durch das Methodenangebot der *landscape metrics* ein wertvolles Instrument in die Hand gelegt. Damit können z. B. flächenhafte Schutzziele evaluiert und Veränderungen vorab in ihrer quantitativ-räumlichen Wirkung simuliert werden.

Hat sich die Softwareentwicklung lange auf die Umsetzung deskriptiver Maße konzentriert, gab die Kombination mit Szenariotechniken und Entscheidungsunterstützungsprogrammen neue Impulse für die Planung. Insbesondere das bereits längere Zeit verfügbare Programm LEAP II (Schnekenburger et al. 1997) wird in Nordamerika vor allem in Verbindung mit forstlicher Planung breit eingesetzt. Zwei Arten der hier vorgestellten Softwareprodukte sind relativ neu: Eine Datenbank, die ohne neue Indizes und Landschaftsmaße zu produzieren versucht, den Auswahlprozess zu unterstützen und eine Anbindung an wissenschaftliche Literatur und Beispielsanwendungen herzustellen und eine Lernsoftware für ArcView. Letztere setzt auf die weite Verbreitung dieses Desktop-GIS und benötigt zusätzlich nur die Standard Microsoft Produkte PowerPoint und Excel. Diese Bemühungen zeigen, dass der Anwenderkreis von Landschaftsstrukturmaßen mittlerweile so groß geworden ist, dass das Angebot an Methoden und Softwarelösungen stärker differenziert werden muss. Auch benötigen wir in der deutschen Sprache einheitlichere Bezeichnungen der Maße und letztlich eine Methodologie. Die häufig auch im Deutschen gebrauchte Bezeichnung „landscape metrics“ (Blaschke 1997, 2000) wird nun immer häufiger durch „Landschaftsstrukturmaße“ ersetzt.

In jüngster Zeit zeichnen sich auch Forschungstrends ab, die auf eine explizite Verknüpfung von Prozessen und Funktionen mit den zugrunde liegenden Landschaftsstrukturen abzielen, z. B. über die Darstellung von Diversität, Struktureichtum oder Konnektivität als 3D-Oberflächen.



## Literatur

- Baker W.; Cai, Y. (1992): The rule programs for multiscale analysis of landscape structure using the GRASS geographical information system. In: *Landscape Ecology*, vol. 7, 291-302.
- Blaschke, T. (1997): *Landschaftsanalyse und -bewertung mit GIS. Methodische Untersuchungen zu Ökosystemforschung und Naturschutz am Beispiel der bayerischen Salzachauen. Forschungen zur deutschen Landeskunde*, Bd. 243, Trier.
- Blaschke, T. (2000): *Landscape Metrics: Konzepte und Anwendungen eines jungen Ansatzes der Landschaftsökologie im Naturschutz*. In: *Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung*, vol. 39, 267-299.
- Ebert, D.; Wade, T.; Harrison, J.; Yankee, D. (2001): *Analytical Tools Interface for Landscape Assessments (ATtILA) User Guide Version 3.0. DRAFT* [http://epamap.epa.gov/emap-west\\_data\\_browsers/sca/pages/sca\\_at\\_userguide.htm](http://epamap.epa.gov/emap-west_data_browsers/sca/pages/sca_at_userguide.htm)
- Gardner, R. H. (1999): *RULE – a program for the generation of random maps and the analysis of spatial patterns*. In: Klopatek, J.; Gardner, R. (eds.): *Landscape Ecological Analysis: issues and applications*. Springer, New York, 280-303.
- Jäger, J. (2000): *Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation*. In: *Landscape Ecology*, vol. 15, 115-130.
- Klug, H.; Langanke, T.; Lang, S. (2003): *IDEFIX – Integration einer Indikatoren-datenbank für landscape metrics in ArcGIS 8.x*. In: Strobl, S.; Blaschke, T.; Griesebner, G. (Hrsg.): *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XV*, 224-232.
- Lang, S.; Tiede, D. (2003): *LATE Extension für ArcGIS – vektorbasiertes Tool zur quantitativen Landschaftsstruktur-analyse*, ESRI Anwenderkonferenz 2003 Innsbruck. CD-ROM.
- Lang, S.; Klug, H. (2003): *Interactive Metrics Tool (IMT) – a didactical suite for teaching and applying landscape metrics*, Proceedings of the XIII. Symposium on Problems of Landscape Ecological Research Nitra.
- Lang, S.; Langanke, T.; Klug, H.; Blaschke, T. (2002): *Schritte zu einer zielorientierten Strukturanalyse im Natura-2000-Kontext mit GIS*. In: Strobl, S.; Blaschke, T.; Griesebner, G. (Hrsg.): *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XIV*, 302-307.
- McGarigal, K. (2002): *Fragstats Documentation, part 3 (Fragstats Metrics)*. [http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats\\_documents.html](http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats_documents.html)

- McGarigal, K.; Marks, B. J. (1995): FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 122 p.
- O'Neill, R. V.; Krummel, J. R.; Gardner, R. H.; Sugihara, G.; Jackson, B.; DeAngelis, D. L., Milne, B.; Turner, M. G.; Zygumt, B.; Christensen, S.; Dale, V. H.; Graham, R. (1988): Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology* 1, 153-162.
- Saura, S.; Martínez-Millán, J. (2000): Landscape patterns simulation with a modified random clusters method. *Landscape Ecology* 15 (7), 661-678.
- Schnekenburger, F.; Perera, A.; Baldwin, D. (1997): LEAP II – a landscape ecological analysis package for land use planners and managers. US Forest Service Forest Research Report, vol. 146. Ontario.
- Turner, M. (1989): Landscape ecology: the effect of pattern on processes. In: *Landscape Ecology*, 171-197.