

---

# IDEFIX - Integration einer Indikatorendatenbank für landscape metrics in ArcGIS 8.x

Hermann KLUG, Tobias LANGANKE, Stefan LANG

## Zusammenfassung

In diesem Beitrag wird ein datenbankgestütztes Werkzeug zur Erfassung und detaillierten Katalogisierung von Landschaftsstrukturmaßen (*landscape metrics*) vorgestellt. Es ermöglicht Anwendern die vielfältig publizierten Maße zu recherchieren und weiterführende, spezifische Informationen zu extrahieren. Die Datenbank bietet Recherche- und Archivierungsfunktionen und fungiert damit auch als ein entscheidungsunterstützendes System. Die Anbindung der Datenbank an ArcGIS/ArcMap wird vorgestellt, sowie die Formularebenen in IDEFIX (**I**ndicator **D**atabase for **S**cientific **E**xchange) diskutiert. Integriert in ein GIS (Geographisches Informationssystem) kann sie zur Auswahl von Landschaftsstrukturmaßen für die Kontrolle und zur Überwachung von Naturschutzzielen beitragen. Das Indikatorpotenzial für letztere kann durch gezielte Datenbankabfragen abgeschätzt werden. Ein generelles Ablaufschema von der Definition einer Fragestellung bis zur Integration eines Indikators in ein Monitoringkonzept wird vorgestellt.

## 1 Landschaftsstrukturmaße im Kontext des Monitorings von Natura-2000-Flächen im SPIN-Projekt

Landschaftsstrukturmaße spielen im von der EU im fünften Rahmenprogramm geförderten SPIN-Projekt (**S**patial **I**ndicators for **E**uropean **N**ature **C**onservation) eine bedeutende Rolle. Dort steht die Forderung nach objektivierbaren, transparenten und standardisierten Bewertungs- und Analyseverfahren im Mittelpunkt des Monitorings von Natura-2000-Gebieten mittels Fernerkundungsdaten (LANG et al. 2002). Um den hohen Anforderungen im Monitoring- und Berichtsverfahren genügen zu können, ist die Kenntnis der Aussagekraft von Landschaftsindikatoren unabkömmlich. In diesem Sinne wurde aufbauend auf eine umfangreiche Literaturrecherche eine Datenbank errichtet, mit deren Hilfe derzeit bekannte Eigenschaften von Landschaftsstrukturmaßen interaktiv abgerufen werden können.

### 1.1 Landschaftsstrukturmaße

Es existiert eine Vielzahl an quantitativen Maßzahlen zur Beschreibung der Landschaftsstruktur, die vor allem aus dem nordamerikanischen Ansatz der quantitativen Landschaftsökologie nach Forman and Godron (1986) bzw. Forman (1995) hervorgingen. Allein in der Software FRAGSTATS Version 3.3 (vgl. McGarigal 2002) sind über einhundert dieser *landscape metrics* implementiert. Ferner stehen zahlreiche Maße in Softwareprodukten wie FRAGSTATS for ArcView, Patch Analyst (Vers. 2.0 GRID und Vers. 2.2), RULE, r.le (GRASS), APACK und LEAP II zur Verfügung. Sie dienen der quantitativ-strukturellen

Bewertung von Landschaftskonfiguration und -komposition, wobei sie Aufschluss über zugrunde liegende Prozesse geben sollen. Darüber hinaus können strukturelle Veränderungen in der Zeit beurteilt werden.

## **1.2 Natura-2000-Monitoring**

Eine Vielzahl möglicher Maßzahlen und Kennziffern zur Landschaftsstrukturanalyse stehen prinzipiell zur Indikator-Entwicklung zur Verfügung. Wie Lang et al. (2002) gezeigt haben, ist es bei der Aufwertung räumlicher Zustandsparameter zu Indikatoren entscheidend, dies im Hinblick auf spezifische Schutzziele und, wie in diesem Fall auf das Monitoring der Natura-2000-Gebiete bezogen, zu tun. Im SPIN-Projekt wird u.a. die Entwicklung eines Sets an relevanten strukturellen Indikatoren angestrebt. Dies wird durch Abfrage verschiedener Einträge der nachfolgend beschriebenen Datenbank erleichtert. Darüber hinaus ist es auch möglich, den Auswahlprozess auf andere Fragestellungen anzuwenden, die die Analyse von Prozessen und Funktionen in der Landschaft zum Ziel haben.

## **1.3 Die Indikatordatenbank IDEFIX**

Basierend auf einer umfangreichen Literaturrecherche zu publizierten Maßzahlen wurde eine umfangreiche Datenbank mit Namen IDEFIX erstellt. Ziel ist die detaillierte Katalogisierung von Maßen, die zur Bestimmung der Landschaftsstruktur herangezogen werden können. Dabei beschränken sich die Erfassungsmerkmale nicht nur auf Name und mathematische Formel, sondern beziehen vielmehr auch den Anwendungskontext, die Datenspezifizierung sowie Hinweise zu bereits vorliegenden Evaluierungsergebnissen und die kritische Auseinandersetzung mit der Maßzahl mit ein. Durch gezielte in das GUI implementierte und SQL gesteuerte Datenbankabfragen kann so für bestimmte Untersuchungszwecke eine semi-automatische Vorauswahl relevanter Maßzahlen erfolgen. Die Kopplung der Datenbank an eine ArcGIS/ArcMap 8.x-Umgebung ermöglicht den Zugriff auf die Wissensdatenbank und die kontrollierte Anwendung der Maßzahlen in Form einer ArcMap-Extension (vgl. Abb. 1).

Neben dem Aufbau der MS Access-Datenbank wurden über Visual Basic Formulare entwickelt, die die Visualisierung und Abfragemöglichkeit in IDEFIX ermöglichen. Dafür wurde die Datenbank an die graphische Benutzeroberfläche (GUI) angebunden und soll eingebunden in die ArcGIS/ArcMap 8.x-Oberfläche gegen Ende des Jahres einem breiten GIS-Publikum zur Verfügung (vgl. Abb. 2).

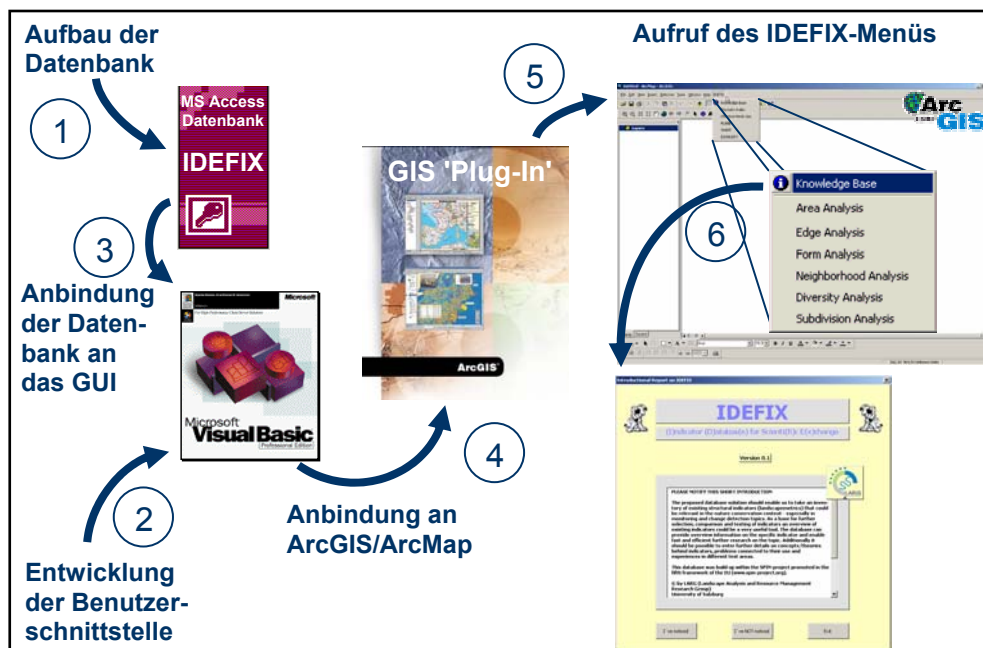


Abb.1: Anbindung der Datenbank

## 2 Entwicklungskonzept von IDEFIX

### 2.1 Problemstellung

Obwohl bestehende Landschaftsstrukturmaße ein großes Potenzial bieten (Gustafson 1998, Blaschke 2000) sind viele der bestehenden Landschaftsstrukturmaße mit Unsicherheiten behaftet. Solche auch als *biases* bezeichnete Eigenschaften betreffen einerseits die Robustheit der mathematischen Formel gegenüber verschiedenen Eingangsgrößen, andererseits aber auch die ökologische Relevanz und Signifikanz. Um diesen Bias-Eigenschaften zu begegnen ist ein intensiver Erfahrungsaustausch und die Anwendungsdokumentation relevanter Maße notwendig. Um diesen Informationsaustausch zu gewährleisten, bedarf es eines leistungsstarken Werkzeugs, welches die Nutzer im jeweiligen Anwendungskontext konsultieren können.

Neben IDEFIX als Auskunftsmittel bestehen Publikationen wie z.B. McGarigal (2002). Das Fragstats-Handbuch weist aber insofern Defizite auf, als dass es wenig konkrete Informationen über Erfahrungen mit Indikatoren in der Anwendung beinhaltet und eine benutzergesteuerte Auswahl nur eingeschränkt möglich ist. IDEFIX hingegen ermöglicht eine schnelle Übersicht über derzeit publizierte Maße und dokumentiert und bietet zusätzlich die Möglichkeit Erkenntnisse über deren Anwendbarkeit zu erfassen. Die Da-

tenbank leistet die Verbindung wissenschaftlicher Grundlageninformationen mit Aspekten der Anwendung und weiterführenden Informationen aus diversen Publikationen. Mit diesem Potenzial steht dem Anwender ein breites, umfassendes Wissen zur Verfügung, auf welches im jeweiligen Anwendungskontext zurückgegriffen werden kann.

## 2.2 Die Formularebenen der Datenbank

Theoretisch stehen vielzählige Aspekte und Eigenschaften über Landschaftsstrukturmaße zur Auswahl, die in eine Datenbank einfließen könnten. Um den Anwendern aber ein übersichtliches Tool zur Verfügung stellen zu können, erfolgte eine themenbezogene Vorauswahl von relevanten Eigenschaften. Der Auswahlprozess für die in die Datenbank zu integrierenden Aspekte zu Landschaftsstrukturmaßen ist jedoch nicht trivial. Ein iterativer Kommunikationsprozess mit potenziellen Anwendern und Projektpartnern war notwendig, um den Leistungsumfang der Datenbank an deren Vorstellungen zu orientieren. Parallel erfolgten während des Auswahlprozesses Anwendungen in Testgebieten, die Lücken der zu integrierenden Eigenschaften aufzeigen und letztendlich auch schließen konnten. Aus einer Fülle möglicher Einträge wurden schließlich diejenigen Eigenschaften ausgewählt, die für die relevanten Untersuchungen sinnvoll erscheinen. Die dokumentierten Eigenschaften der Indikatoren sind auszugsweise in Abbildung 2, 3 und 4 dargestellt. Im Folgenden wird ein Überblick über die einzelnen Formulare gegeben. Dies kann aber weder eine vollständige Erklärung aller Einträge in IDEFIX beinhalten noch können die einzelnen Landschaftsstrukturmaße vorgestellt werden. Diesbezüglich sei für den Großteil der *landscape metrics* auf die Publikation von McGarigal (2002) verwiesen. Für die detailliertere Erläuterungen der Formulare mit ihren Einträgen steht die integrierte Hilfe-Datei des Tools zur Verfügung. Nach der Komplettierung der Datenbank, des GUI's und der Hilfe steht den Anwendern IDEFIX auf der Homepage <http://www.sbg.ac.at/larg> zur Verfügung.

Über Schaltflächen der oberen Navigationsleiste (*tap stripes*) sind die verschiedenen thematisch geordneten Informationsebenen abrufbar. Zu diesen Informationen zählen für den Auswahl- und/oder Entscheidungsprozess wichtige Angaben, wie z.B. die exakte Beschreibung der mathematischen Formel sowie Erfahrungen zu im SPIN-Projekt durchgeführten Analysen im Natura-2000-Kontext. Die effiziente, schnelle und eindeutige Recherchierbarkeit der Indikatoren muss gebündelt über die Informationen aus dem Hauptfenster gewährleistet sein (vgl. Abb. 2). Dies wird durch die Erfassung des vollständigen Namens des Strukturmaßes und dessen Kurznamen erreicht. Neben weiteren Informationen zu den Formeln wird auch der zu erwartende numerische Ergebnis-Wertebereich sowie dessen Interpretation dokumentiert (vgl. Abb. 3). Einschränkungen und Informationen zur Anwendbarkeit, Aussagefähigkeit und Übertragbarkeit der Landschaftsstrukturmaße werden dargestellt (vgl. Abb. 4). Dies erleichtert die Festlegung von Grenz-, Richt- und Schwellenwerten, die für die Verwendung einer Maßzahl als Indikator entscheidend ist. Die gängigen Maßzahlen sind darüber hinaus oft hoch korreliert (Riitters, 1995) und bieten deshalb nicht unbedingt, oder nur in sehr speziellen Anwendungen, einen zusätzlichen Informationsgewinn. Die Datenbank soll unter Beachtung dieser Gesichtspunkte die Möglichkeit bieten, verschiedene Maßzahlen und deren Redundanz- und Korrelationseigenschaften miteinander zu vergleichen. Dadurch lässt sich die potenzielle Anzahl der für eine Analyse relevanten Maße reduzieren.

Um den Anwendern die Möglichkeit einer interaktiven Auswahl von Landschaftsstrukturmaßen zu bieten, sind auf entsprechende Analysen zugeschnittene, vordefi-

nierte Abfragen notwendig. Dieser Such- und Auswahlprozess beruht auf Abfragen von in der Datenbank integrierten Eigenschaften, mit denen strukturbezogene naturschutzfachliche Fragestellungen beantwortet werden können. Der Prozess der Generierung von potenziell möglichen Abfragen ist derzeit noch nicht abgeschlossen und muss über weitere Gespräche mit den Anwendern forciert werden.

The screenshot displays the 'Structural Indicators based on 'landscape metrics'' window. The interface is organized into several sections:

- Navigation:** A top bar contains tabs for 'General Information' (selected), 'Selection / Review', 'Formula', 'Natura 2000 context', 'Search', 'Application', 'Literature', 'Redundancies', and 'Help'.
- Form Fields:**
  - Short Name** and **Full Name:** Text input fields.
  - Author Name:** Text input field.
  - Formula Vector** and **Formula Raster:** Large empty text areas.
  - Units:** Checkboxes for 'meters', 'hectares', 'percent', and 'none', plus an 'other' text field.
  - Characterization:** Radio buttons for 'Spatial Explicit (configuration)' and 'Spatial Implicit (composition)'.
  - Category:** A dropdown menu.
  - Based On:** Checkboxes for 'Area', 'Perimeter', and 'Distance'.
  - Implemented In ...:** Checkboxes for 'Rule', 'r.le', 'Fragstats', 'IDEFIX', 'Leap II', 'Apack', 'Patch Analyst', and 'IMT', plus an 'other' text field.
  - Indicator Level:** Radio buttons for 'Patch', 'Class', and 'Landscape'.
  - Comments:** A large text area for notes.
- Footer:** A control bar with buttons for 'New Set', 'Edit', 'Delete', 'Refresh', navigation arrows, 'Data Set: 1', and 'Exit'.

Abb. 2: Das Hauptfenster von IDEFIX

The screenshot shows a software window titled "Structural Indicators based on 'landscape metrics'". The window has a menu bar with "General Information", "Selection / Review", "Formula" (selected), and "Help". Below the menu bar are tabs for "Natura 2000 context", "Search", "Application", "Literature", and "Redundancies".

The main area is titled "2 - Formula" and contains several input fields and data sets:

- Short Name** and **Full Name**: Text input fields.
- Author Name**: Text input field.
- Formula Vector** and **Formula Raster**: Large empty rectangular areas.
- Formula Parameters Vector** and **Formula Parameters Raster**: Large empty rectangular areas.
- Formula Description Vector** and **Formula Description Raster**: Large empty rectangular areas.
- Formula Range Description Vector** and **Formula Range Description Raster**: Large empty rectangular areas.
- Range Min** and **Range Max**: Small input fields for each of the two range description areas.

At the bottom of the window is a control bar with buttons for "New Set", "Edit", "Delete", "Refresh", a "Data Set: 1" dropdown menu, and an "Exit" button.

Abb. 3: Die Formel-Formularebene

The screenshot shows a software window titled "Structural Indicators based on 'landscape metrics'". The window has a menu bar with "General Information", "Selection / Review" (highlighted), and "Formula". Below the menu bar are several buttons: "Natura 2000 context", "Search", "Application", "Literature", "Redundancies", and "Help". The main content area is divided into several sections, each with a header and a large text input field:

- 1 - Selection/Review**: This section contains two input fields: "Short Name" and "Full Name" on the left, and "Author Name" on the right.
- General Limitation Depending on Category**: A large empty text area.
- Ecological Meaningfulness**: A large empty text area.
- Concept Behind**: A large empty text area.
- Process/Function under Consideration**: A large empty text area.

At the bottom of the window is a control bar with buttons for "New Set", "Edit", "Delete", "Refresh", a "Data Set: 1" dropdown menu, and "Exit".

Abb. 4: Die Informationsebene "Selection / Review"

### 3 Potenzial von IDEFIX in der ArcGIS/ArcMap-Umgebung

#### 3.1 Leistungsfähigkeiten von IDEFIX

Wie bereits erwähnt sind zahlreiche Produkte erhältlich, mit denen Landschaftsstrukturmaße berechnet werden können. Die vorgestellte Datenbank soll in Bezug dazu nicht den

Anspruch erheben, die oben genannten Programme zu ersetzen. Die Anwendung versteht sich vielmehr als beschreibende Ergänzung zu bereits in anderen Softwareprodukten implementierten Indikatoren. Sie soll Unterstützung im Umgang mit Landschaftsstrukturmaßen leisten, der Verbesserung des Verständnisses der mathematischen Berechnungen dienen und die Darstellung der Informationen in einer anschaulichen, interaktiven Benutzerführung gewährleisten. Dementsprechend versteht sich die Datenbank primär als *on demand* Nachschlagewerk mit Suchfunktion und weniger als direkte Ausführplattform, denn nur wenige Maße, denen eine Indikatorfunktion beim Monitoring von Natura-2000-Flächen zukommt, sind implementiert und können in der GIS-Umgebung direkt umgesetzt werden. Im Folgenden soll das Leistungspotenzial der Datenbank in Form eines Ablaufschemas (vgl. Abb. 5) näher beschrieben werden.

### 3.2 Ablaufschema zur Anwendung von IDEFIX

Ausgehend von einer übergeordneten Aufgabenstellung müssen die jeweils zu erreichenden Ziele abgesteckt werden. Diese Ziele sind als Fragestellungen in Bezug zum Betrachtungsgegenstand zu formulieren. Daraufhin hat die Auswahl der für diese Fragestellung relevanten Faktoren zu erfolgen. Diese Faktoren beziehen sich auf diejenigen Kriterien, auf die bei der Analyse der Landschaftsstruktur zurückgegriffen werden soll. Das sind u.a. Formindikation, Kern- und Ökotonflächenanalyse sowie Vernetzungsgrad vs. Isoliertheit (vgl. Lang et al. 2002).

Der Prozess der Auswahl zu einem Set an Indikatoren verläuft iterativ, um ein zunächst relativ großes Set an möglichen Indikatoren weiter einschränken zu können. Nachdem ein erstes Set an Indikatoren über die Datenbankabfragen generiert ist, muss eine weitere inhaltliche Auswahl erfolgen. Diese bezieht die in Zitat vorliegenden Informationen aus Publikationen mit ein, also z.B. Kenntnisse zur ökologischen Aussagekraft und zu den schon beschriebenen Bias-Eigenschaften. Letztere Auswahl muss inhaltlich erfolgen, ist also nicht automatisierbar. Nachdem auch die inhaltliche (Vor-)Analyse weiterer Maße erfolgt ist, werden die Landschaftsstrukturmaße angewandt. Aus dem Ergebnis lassen sich weitere Rückschlüsse bezüglich Kartierbarkeit, Visualisierung, Relevanz usw. ziehen. Diese Rückschlüsse können das vorausgewählte Set weiter eingrenzen. Im entscheidenden letzten Schritt erfolgt die Inwertsetzung des aus der Anwendung quantitativ vorliegenden Maßes zum Indikator. Der Experte des Fachbereichs der naturschutzfachlichen Fragestellung muss den quantitativ vorliegenden Wertebereich in qualitative Aussagen überführen. Insbesondere sind Richt-, Grenz- und/oder Schwellenwerte festzulegen, die für den jeweiligen Monitoringaspekt relevant sind. Nachdem die Auswahl von Landschaftsstrukturmaßen zu Indikatoren erfolgt ist, liegen je nach Auswahlprozess ein bis mehrere Ergebnisse für die zuvor generierte naturschutzfachliche Fragestellung vor und können in ein Monitoring einfließen.

Abschließend sei bemerkt, dass das vorgestellte, auf den Natura-2000-Kontext bezogene Verfahren, in ähnlicher Weise auch in anderen Monitoring- und Analysevorhaben umgesetzt werden kann.



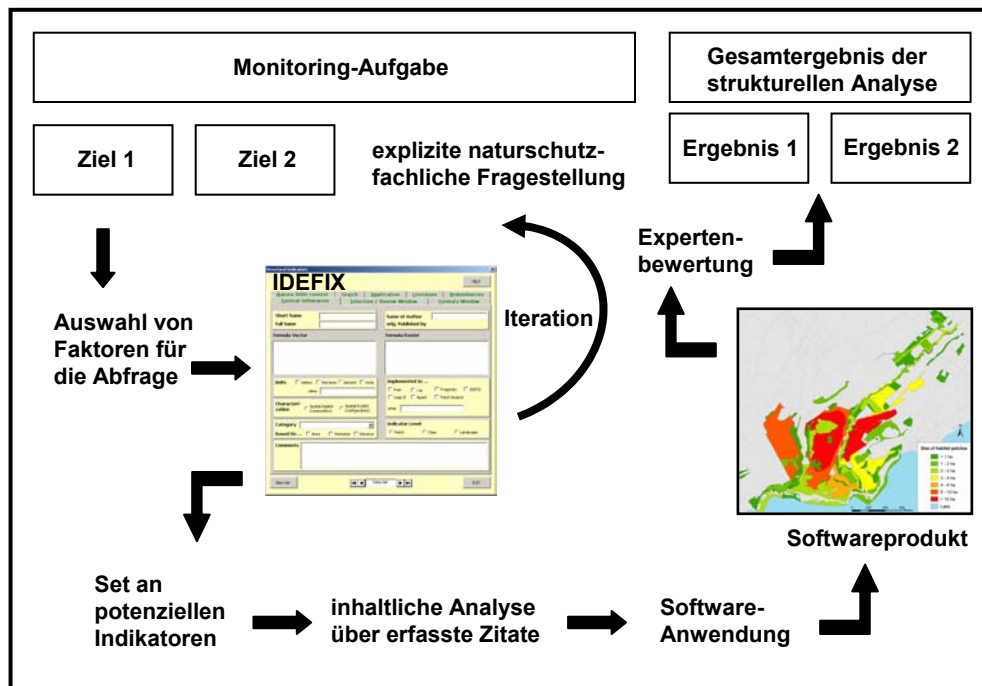


Abb. 5: Ablaufschema zur Auswahl von Indikatoren im Natura-2000-Kontext mit IDEFIX

#### 4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Mit der Datenbank IDEFIX wird ein Tool bereitgestellt, welches in Forschung, Praxis und Lehre eingesetzt werden kann. Obwohl die Datenbank IDEFIX grundlegende wissenschaftliche Probleme bei der Anwendung von landscape metrics (vgl. Gustafson 1998, Hargis et al. 1998, Blaschke 2000) nicht beheben kann, trägt sie dazu bei, das Verständnis von Landschaftsstrukturmaßen und deren Einsatzspektrum zu erweitern. Die Akzeptanz der Maße im ökologischen Anwendungsbereich kann durch die gewährleistete Transparenz in ihrer Aussagekraft erhöht werden. Die Autoren dieses Beitrags sehen aufgrund dessen ein großes Potenzial, Landschaftsstrukturmaße in Bewertungs- und Analyseprozesse zu integrieren und deren Einsatz in Behörden, Naturschutzverwaltung, Planungsbüros und anderen Einrichtungen zu etablieren. Für das jeweilige Einsatzspektrum können Sets an Landschaftsstrukturmaßen aus der Datenbank abgeleitet werden und mit Hilfe eines GIS zur Visualisierung sowie zur Zustands- und Veränderungsanalyse herangezogen werden. Diese vermitteln Orientierung der Entwicklungsrichtung der räumlichen Fläche und liefern darüber hinaus eine Grundlage als entscheidungsunterstützende Systeme in der Maßnahmenplanung.

Weitere Informationen zu IDEFIX können Sie in naher Zukunft auf unserer Webseite (<http://www.sbg.ac.at/larg>) abrufen. Das Tool zur Einbindung in die Oberfläche von Arc-

GIS 8.x ist derzeit noch in der Komplettierung begriffen und wird frühestens gegen Ende des Jahres als Download verfügbar sein.

## **Danksagung**

Wir danken Dipl. Ing. Frank Gottsmann für seine stete Bereitschaft, uns bei Umsetzungsproblemen von IDEFIX mit Rat und Tat zur Seite zu stehen.

## **5 Literaturverzeichnis**

- Blaschke, T. (2000): Landscape metrics: Konzepte eines jungen Ansatzes der Landschaftsökologie im Naturschutz. – In: Archiv für Naturschutz & Landschaftsforschung, H. 9, S. 267–299.
- Forman, R.T.T. und M. Godron (1986): Landscape Ecology, New York.
- Gustafson, E.J. (1998): Quantifying landscape spatial pattern: What is the state of the art? In: Ecosystems, H. 1, pp 143-156
- Hargis, C.H.; J.A., Bissonette; J.L., David (1998): The behaviour of landscape metric commonly used in the study of habitat fragmentation. - In: Landscape Ecology vol. 13, pp 167-186, The Hague.
- Lang, S., T. Langanke, H. Klug, T. Blaschke (2002): Schritte zu einer zielorientierten Strukturanalyse im Natura2000-Kontext mit GIS. In: S. Strobl, T. Blaschke, G. Griesebner (Hrsg.), Angewandte Geografische Informationsverarbeitung XIV, S. 302-307
- McGarigal, K. (2002): Fragstats Dokumentation, 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)
- Ritters, K. H. et al. (1995): A factor analysis of landscape patterns and structure metrics. - In: Landscape Ecology vol. 10 no. 1 pp 23 - 39, The Hague.