

## **Der Landschaftszerschneidungsgrad als Indikator für Biodiversität?**

HEIDE ESSWEIN

*Schlagwörter: Landschaftszerschneidung, Artenvielfalt, Indikatoren*

### **1 Einleitung**

Wesentlicher Grundsatz der Biodiversitätskonvention ist der Erhalt der Biologischen Vielfalt, im Sinne des Erhalts der Vielfalt an Ökosystemen, der Artenvielfalt und der Vielfalt an genetischen Informationen. Das Thema Landschaftszerschneidung bezieht sich hauptsächlich auf die beiden erstgenannten Bereiche, die Lebensräume und Ökosysteme sowie die Arten, aber auch der genetische Austausch zwischen Populationen ist davon betroffen. Da diese Themenbereiche sehr vielfältig sind und Erhebungen von Artendaten sehr zeitaufwändig und oft nicht flächendeckend verfügbar, versucht man mit Hilfe von Indikatoren etwas über den Zustand bzw. die Gefährdung der Landschaft und ihrer Arten auszusagen. Indikatoren haben dabei die Aufgabe, komplexe Themen auf einen Wert zu reduzieren, wobei sie trotzdem nachvollziehbar und aussagekräftig sein sollen. Es werden daher gewisse Anforderungen an Indikatoren gestellt (NLÖ 2002). Diese Anforderungen werden unterschieden in wissenschaftliche Anforderungen (d.h., die Daten müssen schnell reproduzierbar sein und die angewendete Methodik muss transparent sein), funktionale Anforderungen (der Indikator muss verständlich und auch in einem internationalen Kontext anwendbar sein) und pragmatische Anforderungen (die notwendigen Datengrundlagen müssen vorhanden sein und der Bezug zu politischen Zielaussagen muss gegeben sein). Eine Überprüfung der Messgröße „effektive Maschenweite“, hinsichtlich ihrer Eignung als Indikator für den Themenbereich Landschaftszerschneidung, ergab durchgehend eine sehr gute Eignung aller geforderten Kriterien (ESSWEIN et al. 2003).

Vor allem Tierarten mit großen Raumansprüchen, wie z.B. Luchs oder Wildkatze, aber auch langsame Tierarten, wie z.B. Amphibien werden durch die Zerteilung und Zerstückelung ihrer Habitate auf immer kleinere Restflächen zurückgedrängt. Durch ständig zunehmenden Verkehr endet für immer mehr Tiere der Versuch, eine Straße zu überqueren, tödlich. Die hier vorgestellte Methodik will aufzeigen, dass man über die Ermittlung des Landschaftszerschneidungsgrades Rückschlüsse auf Gefährdungszonen für zerschneidungsempfindliche Tierarten ziehen kann.

### **2 Definitionen**

#### **2.1 Landschaftszerschneidung**

Landschaftszerschneidung bedeutet ein Zerreißen von räumlichen Zusammenhängen, mit der Folge von Habitattrennung, Eingriffen in das Lokalklima, Auswirkungen auf den Wasserhaushalt und Veränderungen des Landschaftsbildes (JAEGER et al. 2001). Nach FORMAN (1995) werden fünf Phasen der Landschaftsfragmentierung unterschieden (Perforation, Durchschneidung, Zerstückelung, Verkleinerung und Auslöschung), die sowohl zeitlich getrennt voneinander als auch gleichzeitig auftreten können (s. Abb.1).

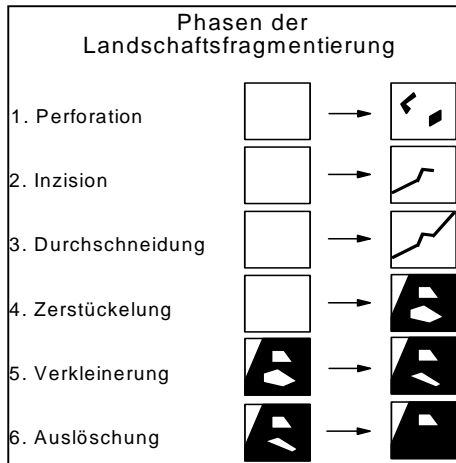


Abb. 1: Phasen der Landschaftsfragmentierung (um die Phase Inzision erweitert nach FORMAN 1995: 407). Schwarz dargestellt sind Flächen, die für bestimmte Arten als Lebensraum ungeeignet sind und ein Hindernis für ihre Ausbreitung oder eine Lärm- und Unruhequelle darstellen.

## 2.2 Die Effektive Maschenweite

Die Definition der effektiven Maschenweite  $m_{\text{eff}}$  stützt sich auf den Kohärenzgrad  $C$ , der die Wahrscheinlichkeit dafür angibt, dass zwei beliebige Punkte, die in einem Gebiet liegen, nach der Zerteilung des Gebietes noch in derselben Fläche liegen. Dieser Ansatz führt zu folgender Berechnungsformel (JAEGER 2000):

Definition der Effektiven Maschenweite  $m_{\text{eff}}$ :

$$m_{\text{eff}} = F_g \cdot \sum_{i=1}^n \left( \frac{F_i}{F_g} \right)^2$$

2. Die Multiplikation mit der Größe des Gebietes rechnet die Wahrscheinlichkeit in eine Fläche um. Diese Fläche gibt die Größe der „Maschen“ eines regelmäßigen Netzes mit dem gleichen Zerschneidungsgrad an und lässt sich mit anderen Gebieten vergleichen.

1. Dieser Teil der Formel gibt die Wahrscheinlichkeit an, dass die beiden Punkte in derselben Fläche liegen (= Kohärenzgrad  $C$ ).

Dabei bezeichnen  $n$  die Anzahl der verbleibenden Flächen,  $F_i$  den Flächeninhalt von Fläche  $i$  und  $F_g$  die Gesamtfläche der untersuchten Region, welche in  $n$  Flächen zerteilt wurde.

## 3 Methodik

### 3.1 Erstellung der Zerschneidungsgeometrie

Um den Grad der Landschaftszerschneidung zu messen, werden ein Geographisches Informationssystem (GIS) und entsprechende digitale Daten vom jeweiligen Untersuchungsgebiet benötigt. Zunächst muss man sich überlegen, welche trennenden Elemente man verwenden möchte. In Frage kommen hier Straßen, Schienen, Siedlungen, aber auch Hochspannungsleitungen, Flughäfen und sonstige anthropogene Elemente, die wir nicht als natürlich bezeichnen würden (wie Abbaustellen oder Müllhalden). Bei der

Auswahl dieser Elemente entscheiden oft pragmatische Gründe, da auf vorhandene Daten zurückgegriffen werden muss, zumindest wenn man ein größeres Gebiet bearbeitet. Die gewählten „Trennelemente“ werden dann im GIS zu einer Zerschneidungsgeometrie<sup>1</sup> verarbeitet. Diese Geometrie besteht aus Polygonen, welche die noch unzerschnittenen Flächen darstellen. Auf Grundlage dieser Geometrie kann man nun den Zerschneidungsgrad für das gesamte Gebiet ausrechnen, indem man die Flächengrößen in o.a. Formel einsetzt.

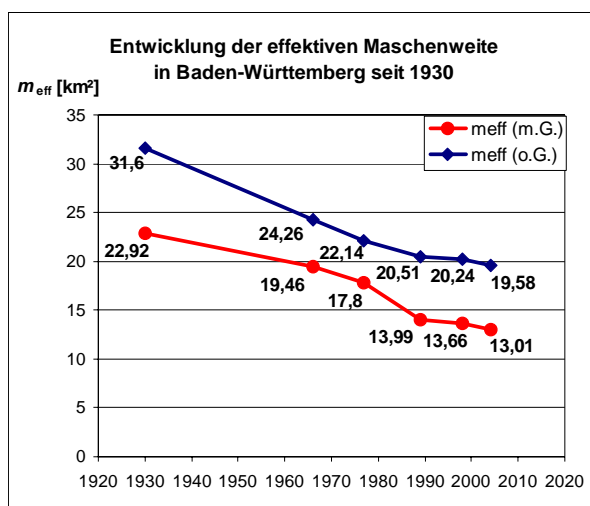
### 3.2 Ermittlung des Zerschneidungsgrades für Teilräume

Um den Zerschneidungsgrad von ausgewählten Teilräumen, wie zum Beispiel Naturräumen oder Regionen zu ermitteln, wurde mittlerweile eine Erweiterung für das GIS-Programm ArcView entwickelt. Mit Hilfe dieses ‚tools‘ kann man auf sehr einfache Weise den Zerschneidungsgrad von unterschiedlichen Teilräumen berechnen. Nähere Informationen zur Einsatzweise sowie die Erweiterung sind im Internet verfügbar (<http://www.ilpoe.uni-stuttgart.de/team/svr/svr.html>)

## 4 Ergebnisse für Baden-Württemberg

### 4.1 Landesweite Ergebnisse

Für Baden-Württemberg wurde zunächst eine aktuelle Analyse des Landschaftszerschneidungsgrads mit Hilfe von ATKIS DLM 25<sup>2</sup> Daten durchgeführt (ESSWEIN ET AL. 2002). Als zerschneidende Elemente wurden hierbei Straßen, Bahnlinien, Flüsse > 6 m, Siedlungen und Seen verwendet. Darauf aufbauend wurde die historische Entwicklung mit Hilfe von Topographischen Übersichtskarten nachdigitalisiert und für vier Zeitstände ebenfalls die effektive Maschenweite berechnet. Abbildung 2 zeigt die Entwicklung des Landschaftszerschneidungsgrads in BW seit 1930 auf zwei Ebenen, einmal mit und einmal ohne Ein-



bezug der Gemeindestraßen. Es ist ein Rückgang der effektiven Maschenweite von 43% zu verzeichnen, und der Trend zeigt weiterhin nach unten. Diese Zeitreihe wird in regelmäßigen Abständen aktualisiert und im Umweltdatenbericht der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (LFU 2003) veröffentlicht.

Abb. 2: Zeitreihe der Entwicklung der effektiven Maschenweite in Baden-Württemberg seit 1930 (m.G. = mit Gemeindestraßen, o.G. = ohne Gemeindestraßen).

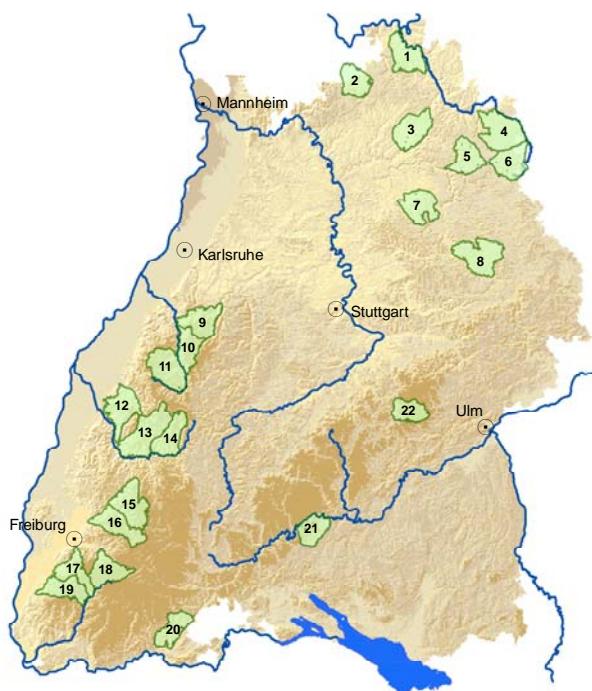
Zwischenzeitlich wurde eine weitere Zerschneidungsgeometrie erstellt, die sich in ihren Trennelementen an die von der Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI) vereinbarte Definition anlehnt (SCHUPP 2005). Im

<sup>1</sup> Genaue Vorgehensweise hierzu in ESSWEIN ET AL. (2002)

<sup>2</sup> Amtlich Topographisch Kartographisches Informationssystem Digitales Landschaftsmodell im Maßstab 1:25 000.

Rahmen dieser Initiative wurde der Indikator Landschaftszerschneidung im Auftrag der Umweltministerkonferenz im Jahr 2004 neu entwickelt bzw. neu definiert. Die Ländervertreter einigten sich gemeinsam mit dem Bundesamt für Naturschutz, dass der Indikator in Zukunft mit Hilfe der zwei Teilindikatoren „Unzerschnittene Verkehrsarme Räume über 100 km<sup>2</sup> Größe“, und der „effektiven Maschenweite“ repräsentiert wird. Als Trennelemente sollen Straßen mit einer Belastung von mehr als 1000 KfZ/Tag, Schienen, Siedlungen und Flughäfen betrachtet werden.

Die landesweite Berechnung ergab für Baden-Württemberg einen Wert von 32,04 km<sup>2</sup>. Die effektive Maschenweite liegt damit deutlich höher als bei den anderen Zerschneidungsgeometrien. Es wird dadurch deutlich, dass es einen großen Unterschied macht, ob man Straßen auf Grund ihrer Kategorie, bzw. per se mit einbezieht, oder ob man nur stark frequentierte Straßen als Grundlage verwendet. Es verbleiben 22



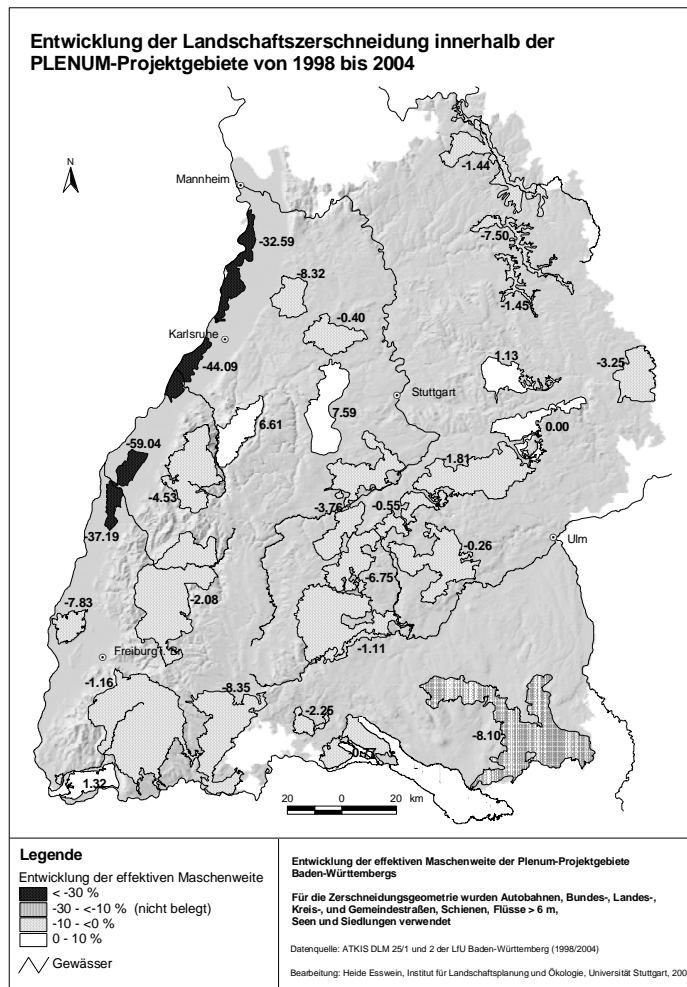
Räume mit einer Größe über 100 km<sup>2</sup> (s. Abb.3), die man direkt aus der Zerschneidungsgeometrie selektieren kann. Für diese großen noch unzerschnittenen Gebiete werden momentan für eine Internetpräsentation der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Steckbriefe erstellt, die dazu dienen sollen, einer breiteren Öffentlichkeit die Thematik näher zu bringen. Innerhalb der Steckbriefe werden die Räume hinsichtlich ihrer Landnutzung, der darin vorkommenden Schutzgebiete, und weiterer geographischer, bzw. ökologischer Besonderheiten beschrieben (<http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/3504>).

Abb. 3: Unzerschnittene Verkehrsarme Räume über 100 km<sup>2</sup> Größe in Baden-Württemberg nach der von der LIKI festgelegten Zerschneidungsgeometrie.

## 4.2 Ergebnisse für bestimmte Teilräume

Neben den landesweiten Analysen wurden auch Teilraumauswertungen durchgeführt. Der Einsatz eines ArcView-Werkzeugs erlaubt es, für beliebige Teilräume nach unterschiedlichen Selektionsmethoden die effektive Maschenweite zu berechnen. So können Regionen, Naturräume oder auch Räume mit einer besonders hohen Biotopdichte gesondert ausgewertet werden. Überlagerungen von Artvorkommen mit dem Zerschneidungsgrad können Problembereiche deutlich machen. Ein Beispiel für belastungsempfindliche Räume stellen die PLENUM-Projektgebiete Baden-Württembergs dar (s. Abb. 4). PLENUM steht dabei für „Projekt des Landes zur Erhaltung und Entwicklung von Natur und Umwelt“. Basierend auf dem Grundsatz der Welt-Umweltkonferenz 1992 in Rio de Janeiro "Global denken - lokal handeln" strebt PLENUM eine nachhaltige Entwicklung und Stärkung ausgewählter Regionen an. Die Projektinitiative

setzt sich für die Erhaltung und Entwicklung der biologischen Vielfalt in großflächigen, repräsentativen Kulturlandschaften ein.



Nebenstehende Karte zeigt die Entwicklung des Zerschneidungsgrads der einzelnen PLENUM-Projektgebiete auf. Die dunkelste Schraffur weist auf den stärksten Rückgang der effektiven Maschenweite hin. Gerade bei diesen Gebieten handelt es sich teilweise um wertvolle Auenbereiche und entlang des Rheins um einen bedeutenden Lebensraumkorridor. Für die Sicherung und Erhaltung dieses Lebensraumes sind hier grenzüberschreitende Programme erforderlich (NBBW 2005).

Abb. 4: Entwicklung der effektiven Maschenweite innerhalb der PLENUM-Projektgebiete. Quelle: NBBW (2005: 118). Straßen wurden hier nach ihrer Klassifizierung berücksichtigt.

### 4.3 Bundesweite und europaweite Projekte

#### 4.3.1 Bundesweiter Umweltindikator Landschaftszerschneidung

Wie bereits unter 4.1 erwähnt, wurde im Jahr 2004 der Indikator Landschaftszerschneidung als einer von 24 Kernindikatoren im Auftrag der Umweltministerkonferenz neu entwickelt (SCHUPP 2005). Die Berechnungen hierfür wurden im Jahr 2005 durchgeführt und es liegen bereits erste Ergebnisse vor (ESSWEIN et al. 2006a, 2006b). Die endgültigen Ergebnisse werden demnächst vom Bundesamt für Naturschutz veröffentlicht. Erstmals liegen somit bundesweit vergleichbare Ergebnisse zur Zerschneidungssituation vor. Diese Entwicklung ist sehr erfreulich, da es bislang zwar in einigen Bundesländern Projekte zum Thema gab, auf Grund unterschiedlicher Prioritäten und Herangehensweisen jedoch ein direkter Vergleich der Ergebnisse kaum möglich war.

#### 4.3.2 Europaweite Auswertungen Landschaftszerschneidung

Die Europäische Umweltagentur hat ebenfalls Berechnungen zum Landschaftszerschneidungsgrad durchgeführt. Hier wurden lediglich die Hauptverkehrswege und die Urbanen Regionen berücksichtigt. Am wenigsten zerschnitten sind danach die nordischen Länder wie Finnland, Schweden und Litauen. Belgien, die Niederlande und Deutschland sind am stärksten fragmentiert (JAEGER et al. in Vorb.). Bei derartig

groben Vergleichen darf man jedoch nicht die natürlichen Voraussetzungen der Länder wie z.B. Lage in der Alpenregion unberücksichtigt lassen. Um die Werte aussagekräftiger zu machen, müssten daher detailliertere Auswertungen vorgenommen werden, was in einigen Ländern auch geschieht (z.B. Schweiz (JAEGER et al. 2006), Frankreich und Tschechien (laufende Projekte)).

## **5 Zusammenfassung/Diskussion**

Die vorgestellten Arbeiten dokumentieren, dass die für Baden-Württemberg entwickelte Methodik inzwischen deutschlandweit als Indikator anerkannt ist und auf europäischer Ebene ebenfalls wahrgenommen wird. Erste Grenz- bzw. Zielwerte werden vom Umweltbundesamt (UBA 2003, PENN-BRESSEL 2005) vorgeschlagen. Inwieweit der Landschaftszerschneidungsgrad jedoch als Indikator für Biodiversität eingesetzt werden kann, ist kritisch zu hinterfragen. Folgende Aspekte sind dabei zu beachten:

- Die Artenvielfalt kann mit diesem Indikator nicht direkt abgebildet werden, da ein stark fragmentierter Lebensraum nicht zwangsläufig weniger Arten beinhaltet als ein weniger stark fragmentierter.
- Für Tierarten mit großen Raumanprüchen kann über die effektive Maschenweite die Gefährdung durch Landschaftszerschneidung abgeschätzt werden, da diese Tiere in stark zerschnittenen Gebieten keine Überlebenschance mehr haben bzw. auch keine Möglichkeit haben, sich wieder anzusiedeln (JAEGER 2002, ROEDENBECK und KÖHLER 2006).
- Der Zerschneidungsgrad eignet sich gut, um die Landschaftsstruktur zu beschreiben, es wird möglich, Bereiche hoher Zerschneidung von Bereichen mit geringer Zerschneidung abzugrenzen.
- Über das Maß können Aussagen über den Erholungswert einer Landschaft abgeleitet werden.
- Große noch verbleibende Freiräume stellen eine wichtige, weil knappe Ressource für Mensch und Natur dar.

## **Literatur**

- ESSWEIN, H., SCHWARZ-V. RAUMER H.-G.(2006a): Effektive Maschenweite und Unzerschnittene Verkehrsarme Räume über 100 km<sup>2</sup> als Umweltindikatoren für die BRD: GIS-Einsatz und vergleichende Analyse. In: Strobl/Blaschke/Griesebner: Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XVIII. Beiträge zum AGIT-Symposium. Salzburg 2006.
- ESSWEIN, H., SCHWARZ-V.- RAUMER, H.-G. (2006b): Landschaftszerschneidung -Bundesweiter Umweltindikator und Weiterentwicklung der Methodik. In: Kleinschmit, B. (Hrsg.) 2006: Landschaftsstrukturmaße in der Umweltplanung. Schriftenreihe Landschaftsentwicklung und Umweltforschung, Bd. 259, TU Berlin Eigenverlag, Berlin (in Druck).
- ESSWEIN, H., JAEGER, J., SCHWARZ-V.RAUMER, H.-G. (2003): Der Grad der Landschaftszerschneidung als Indikator im Naturschutz: Unzerschnittene verkehrsarme Räume (UZR) oder effektive Maschenweite (meff)? - In: NNA-Berichte 16(2): 55-70.
- ESSWEIN, H., JAEGER, J., SCHWARZ-V.RAUMER, H.-G., UND M. MÜLLER (2002): LANDSCHAFTSZERSCHNEIDUNG in Baden-Württemberg. Zerschneidungsanalyse zur aktuellen Situation und zur Entwicklung der letzten 70 Jahre mit der effektiven Maschenweite. Arbeitsbericht Nr. 214 der Akademie für Technikfolgenabschätzung, Stuttgart.

- FORMAN, R.T.T. (1995): Land mosaics. The ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, Cambridge (GB).
- JAEGER, J.A.G., KOLÁR, J., SOUKUP, T., KLEESCHULTE, S., AND C. STEENMANS (in Vorb.): Measuring the state of landscape fragmentation for environmental reporting in Europe. In Vorbereitung.
- JAEGER, J., BERTILLER, R., SCHWICK, C. (2006): Umweltindikator Landschaftszerschneidung in der Schweiz: Zeitreihen zum Monitoring der Nachhaltigen Entwicklung (MONET). - Naturschutz und Landschaftsplanung 38(10), im Druck.
- JAEGER, J., ESSWEIN, H., SCHWARZ-V.RAUMER, H.-G., UND M. MÜLLER (2001): Landschaftszerschneidung in Baden-Württemberg - Ergebnisse einer landesweiten räumlich differenzierten quantitativen Zustandsanalyse. - Naturschutz und Landschaftsplanung 33(10): 305-317.
- JAEGER, J.A.G. (2000): Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology* 15(2): 115-130.
- JAEGER, J. (2002): Landschaftszerschneidung. Eine transdisziplinäre Studie gemäß dem Konzept der Umweltgefährdung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Hrsg. (2003): Umweltdaten 2003. Baden-Württemberg.
- Nachhaltigkeitsbeirat der Landesregierung Baden-Württemberg (NBBW) (2005): Statusbericht 2005 zum Umweltplan Baden-Württemberg. Stuttgart.
- Niedersächsisches Landesamt für Ökologie (2002): Entwicklung von Umweltindikatoren für Niedersachsen –Statusbericht-. Nachhaltiges Niedersachsen, Band 19, Dauerhaft umweltgerechte Entwicklung. Hildesheim.
- PENN-BRESSEL, G. (2005): Begrenzung der Landschaftszerschneidung bei der Planung von Verkehrswegen. - GAIA 14(2), 130-134.
- ROEDENBECK, I.A., KÖHLER, W. (2006): Effekte der Landschaftszerschneidung auf die Unfallhäufigkeit und Bestandsdichte von Wildtierpopulationen - Zur Indikationsqualität der effektiven Maschenweite. - Naturschutz und Landschaftsplanung 38(10), im Druck.
- SCHUPP, D. (2005): Umweltindikator Landschaftszerschneidung. Ein zentrales Element zur Verknüpfung von Wissenschaft und Politik. In: GAIA 14/2, S. 101–106.
- UMWELTBUNDESAMT (2003): Reduzierung der Flächeninanspruchnahme durch Siedlung und Verkehr - Materialienband– UBA-Texte 90/03. ISSN 0722-186x. Berlin.

Heide Esswein

Institut für Landschaftsplanung und Ökologie

Universität Stuttgart

Keplerstraße 11

70174 Stuttgart

[he@ilpoe.uni-stuttgart.de](mailto:he@ilpoe.uni-stuttgart.de)

<http://www.ilpoe.uni-stuttgart.de/team/he/he.html>