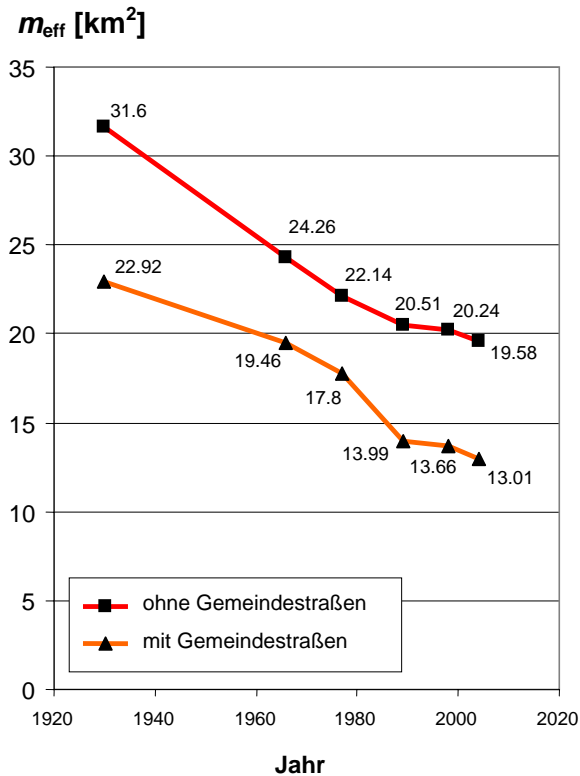


## Anwendungsbeispiel: Baden-Württemberg – Zeitreihen seit 1930

Die effektive Maschenweite hat seit 1930 um 40% abgenommen.



Diese Werte sind von der Universität Stuttgart in Zusammenarbeit mit der Akademie für Technikfolgenabschätzung und der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg berechnet worden (vgl. Jaeger et al. 2001, Esswein et al. 2002).

Alternativ kann der Zerschneidungsgrad auch mit der effektiven Maschendichte  $s$  (d. h., der effektiven Zahl der Maschen pro 100 km<sup>2</sup>) dargestellt werden, die bei steigender Zerschneidung zunimmt ( $s = 1/m_{\text{eff}}$ ).

## Weiterführende Literatur

### Grundlagen:

- Esswein, H., J. Jaeger, H.-G. Schwarz-von Raumer 2003. Der Grad der Landschaftszerschneidung als Indikator im Naturschutz: unzerschnittene verkehrsarme Räume (UZR) oder effektive Maschenweite ( $m_{\text{eff}}$ )? – In: NNA-Berichte 16(2): 53-68
- 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*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- Jaeger, J. 2004. VII-12 Zerschneidung der Landschaft durch Verkehrswege und Siedlungsgebiete. – In: W. Konold et al. (Hrsg.). *Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege*. Ecomed-Verlag, Landsberg
- Schupp, D. 2005. Umweltindikator Landschaftszerschneidung. – *GAIA* 14(2): 101-106

### Beispielstudien:

- Esswein, H., J. Jaeger, H.-G. Schwarz-von Raumer, M. Müller 2002. *Landschaftszerschneidung in Baden-Württemberg. Zerschneidungsanalyse zur aktuellen Situation und zur Entwicklung der letzten 70 Jahre mit der effektiven Maschenweite*. – Arbeitsbericht der Akademie für Technikfolgenabschätzung Nr. 214, Stuttgart
- Jaeger, J., H. Esswein, H.-G. Schwarz-von Raumer, M. Müller 2001. Landschaftszerschneidung in Baden-Württemberg – Ergebnisse einer landesweiten räumlich differenzierten quantitativen Zustandsanalyse. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 33(10): 305-317
- Jaeger, J., S. Grau, W. Haber (Hrsg.) 2005: Landschaftszerschneidung: Von der Problemerkennung zum Handeln. Themen-schwerpunktheft. – *GAIA* 14(2): 98-185
- Peter, U., S. Meier 2003. Zerschnittene Landschaft – ein Problem im Kanton Aargau? – *Umwelt Aargau* Nr. 22: 29-32
- Roedenbeck, I.A., Esswein, H., Köhler, W. 2005. Landschaftszerschneidung in Hessen. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 37(10): 293-300

## Ansprechpartner

Für weitere Informationen und Zusendung von Publikationen wenden Sie sich bitte an Dr. Jochen Jaeger:

E-Mail: [jochen.jaeger@env.ethz.ch](mailto:jochen.jaeger@env.ethz.ch)

Telefon: +41 (0)1 632 08 26

Post: Professur für Natur- und Landschaftsschutz  
ETH-Zentrum, CHN E 21.1  
CH – 8092 Zürich, Schweiz

www: <http://www.nls.env.ethz.ch/staff/jaeger.html>

Zürich, im März 2004 - aktualisierte Fassung Januar 2006



## Landschaftszerschneidung messen: die Methode der effektiven Maschenweite

$m_{\text{eff}}$

von Jochen Jaeger, Heide Esswein und  
Hans-Georg Schwarz-von Raumer

## Warum ist die Landschaftszerschneidung so problematisch?

Die Zerschneidung und Zerstückelung der Landschaft ist eine Hauptursache für den alarmierenden Artenverlust in Europa (z. B. durch die Zerteilung von Populationen und die Isolation von Teilhabitaten). Zudem beeinträchtigt sie das Landschaftsbild und den Erholungswert von Landschaften (z. B. durch die Zerteilung, Verkleinerung und Verlärmung von Erholungsgebieten). Die deutsche Bundesregierung hat die Erhaltung unzerschnittener, verkehrsarmer Gebiete schon 1985 als politisches Ziel formuliert. Dennoch hat die Landschaftszerschneidung durch Bau von Verkehrswegen, Verkehrszunahme und Ausdehnung von Siedlungsgebieten unvermindert zugenommen.

## Warum ist die effektive Maschenweite besser als andere Methoden?

Frühere Messgrößen für den Zerschneidungsgrad von Landschaften sind in ihrer Eignung mehr oder weniger stark beschränkt (die Verkehrsliniendichte berücksichtigt z. B. die Struktur des Verkehrsnetzes – gebündelt oder gleichmäßig – nicht, die Zahl der unzerschnittenen verkehrssarmen Räume > 100 km<sup>2</sup> beachtet kleinere Flächen nicht). Das neue Verfahren hat mehrere Vorzüge: Es erfüllt alle wissenschaftlichen, funktionalen und pragmatischen Anforderungen an Umweltindikatoren (Esswein et al. 2003) und ist einfach, anschaulich und transparent. Es bezieht sämtliche verbleibenden Flächen ein und berücksichtigt sie entsprechend ihrer Größe. Die effektive Maschenweite ist durch eine systematische Überprüfung anhand von neun Eignungskriterien für Zerschneidungsmaße wissenschaftlich abgesichert (z. B. Robustheit gegenüber Kleinstflächen, Monotonie der Reaktion auf unterschiedliche Fragmentierungsphasen, Sensitivität für wichtige Strukturunterschiede, vorteilhafte mathematische Eigenschaften, siehe Jaeger 2000, 2002, 2004). Sie ist dafür geeignet, die Zerschneidung von Gebieten mit unterschiedlicher Gesamtgröße sowie mit unterschiedlichen Anteilen an Siedlungs- und Verkehrsfläche zu vergleichen.

## Was sagt der Wert der effektiven Maschenweite aus?

Die effektive Maschenweite drückt die Wahrscheinlichkeit aus, dass zwei zufällig ausgewählte Punkte in einem Gebiet nicht durch Barrieren (z. B. Straßen oder Siedlungen) getrennt sind. Je mehr Barrieren in der Landschaft sind, umso geringer wird diese Wahrscheinlichkeit und umso kleiner wird die effektive Maschenweite. Entsprechend nimmt auch die Möglichkeit dafür ab, dass zwei Tiere im Gebiet einander finden können. Wenn die Landschaft gleichmäßig in Flächen mit der Größe von  $m_{\text{eff}}$  zerteilt wird,

so ergibt sich dieselbe Verbindungswahrscheinlichkeit wie für das betrachtete Zerschneidungsmuster.

Diese Wahrscheinlichkeit wird durch die Multiplikation mit der Gesamtgröße des Gebiets in eine Flächengröße – die effektive Maschenweite – umgerechnet (angegeben in km<sup>2</sup>). Der Wert von  $m_{\text{eff}}$  liegt zwischen 0 (d.h. total zerschnitten oder überbaut) und der Größe der größten Fläche im Gebiet. Im Fall, dass alle Flächen gleich groß sind, ist die effektive Maschenweite ebenso groß wie diese Flächen und damit gleich der Durchschnittsgröße. In der Regel sind die Flächen jedoch unterschiedlich groß, und die effektive Maschenweite ist dann größer oder kleiner als die Durchschnittsgröße. Die Messgröße  $m_{\text{eff}}$  wurde von Jochen Jaeger an der Akademie für Technikfolgenabschätzung, Stuttgart, und an der ETH Zürich entwickelt (Jaeger 2000, 2002, 2004).

## Wozu dienen die Resultate?

Der Zerschneidungsgrad ist ein wichtiger Umweltindikator für die Bereiche Biodiversität und Erholungseignung. Damit eignet er sich zugleich als ein Indikator für Nachhaltigkeit. Angaben zum Zerschneidungsgrad sind außerdem eine wichtige Grundlage für die Regionalplanung und für Entscheidungen über künftige Landschaftseingriffe. Zeitreihen zeigen die Entwicklungsrichtung und die Stärke des Trends auf.

## Wo wurde die effektive Maschenweite bisher angewendet?

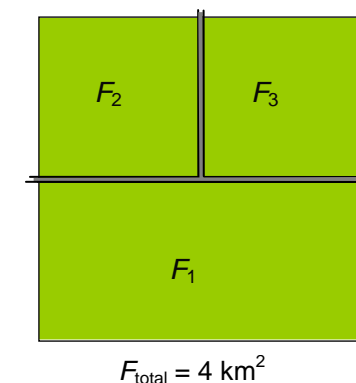
Eingesetzt wurde  $m_{\text{eff}}$  bereits in Baden-Württemberg (siehe Rückseite), Bayern, Hessen, Thüringen, Sachsen und Schleswig-Holstein, in der Schweiz, Südtirol und Kanada. Die deutsche Umweltministerkonferenz hat 2004 Empfehlungen der Länderinitiative „Kernindikatoren“ (LIKI) für eine einheitliche Berechnung in allen deutschen Bundesländern gutgeheißen. Außerdem wird  $m_{\text{eff}}$  seit November 2003 von der Europäischen Umweltagentur verwendet.

## Beispiel zur Berechnung der effektiven Maschenweite

$$m_{\text{eff}} = \frac{1}{F_{\text{total}}} (F_1^2 + F_2^2 + \dots + F_i^2 + \dots + F_n^2)$$

mit  $n$  = Zahl der Flächen,  $F_{\text{total}}$  = Gesamtfläche des Gebietes und  $F_i$  = Flächengröße der Fläche  $i$  ( $i = 1, \dots, n$ ).

Beispiel: Eine Landschaft wird durch Verkehrswege in drei Flächen zerteilt:



Die Wahrscheinlichkeit, dass zwei zufällig gewählte Punkte in Fläche 1 liegen (und somit verbunden sind), beträgt

$$\left( \frac{F_1}{F_{\text{total}}} \right)^2 = 0,5 \cdot 0,5 = 0,25.$$

Für die Flächen 2 und 3 beträgt diese Wahrscheinlichkeit jeweils  $0,25^2 = 0,0625$ . Die Wahrscheinlichkeit, dass die zwei Punkte in Fläche 1 *oder* 2 *oder* 3 liegen, ist die Summe der drei Wahrscheinlichkeiten, d.h. 0,375.

Die Multiplikation dieser Wahrscheinlichkeit mit der Gesamtfläche ergibt den gesuchten Wert der effektiven Maschenweite:

$$0,375 \cdot 4 \text{ km}^2 = 1,5 \text{ km}^2.$$