

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie
Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel
Band: 51 (2010)
Heft: 2

Artikel: Entwicklung der Landschaftszerschneidung im Hochrheintal : Darstellung und Auswertung für die Jahre 1930, 1955, 1980 und 2005
Autor: Bleile, Matthias
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088037>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 18.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Entwicklung der Landschaftszerschneidung im Hochrheintal

Darstellung und Auswertung für die Jahre 1930, 1955, 1980 und 2005

Matthias Bleile

Zusammenfassung

Als Landschaftszerschneidung wird die Fragmentierung von zusammenhängenden Ökotope durch anthropogen erstellte Strukturen mit Barriereeffekt – wie beispielsweise Verkehrsbauten – bezeichnet. Hauptfolgen sind neben einer beeinträchtigten Erholungseignung für Menschen die Einwirkungen auf Wildtierpopulationen, für deren Artenverlust die Landschaftszerschneidung eine namhafte Ursache ist. Mithilfe der Methode der effektiven Maschenweite wurde die Zunahme der Fragmentierung des Hochrheintals dargestellt und ausgewertet.

1 Einleitung

Die Landschaft Mitteleuropas hat sich im letzten Jahrhundert stark verändert. Dies gilt auch für das Hochrheintal, wobei der Trend der Veränderung anhält. Der Waldanteil nimmt zu, ebenso wächst die Siedlungsfläche. Verkehrswege werden neu erstellt oder ausgebaut, während die Landwirtschaftsfläche abnimmt. Unter diesem Konversionsprozess wird die ursprünglich zusammenhängende Landschaft zusehends fragmentiert. Diese Durchtrennung der Landschaft durch Siedlungsgebiete, Verkehrswege und andere anthropogen errichtete Elemente wird als Landschaftszerschneidung oder -fragmentierung bezeichnet. Die beiden Begriffe können sowohl einen Zustand als auch den Prozess der Konversion bezeichnen, welcher in mehreren Schritten von der Perforation über die Durchschneidung bis hin zur Auslöschung voranschreitet (Forman 1995; Jaeger 2000).

Adresse des Autors: M.Sc. Matthias Bleile, Universität Basel, Departement Umweltwissenschaften, Geographisches Institut, Physiogeographie und Umweltwandel, Klingelbergstrasse 27, CH-4056 Basel; E-Mail: Matthias.Bleile@stud.unibas.ch

Die Hauptfolgen der Fragmentierung der Landschaft sind einerseits Wirkungen auf Fauna und Flora durch Habitatverlust, Isolation von Populationen, Störungen durch Emissionen und Immissionen, Verkehrsmortalität und Artenverlust (*Jaeger* 2002; 2001) und andererseits negative Auswirkungen auf den Landschaftscharakter und das Landschaftsbild sowie Beeinträchtigungen der Erholungseignung (*Bertiller et al.* 2007). Zahlreiche Folgen treten jedoch erst mit einer Verzögerung von mehreren Jahren bis Jahrzehnten auf (*Findlay & Bourdages* 2000).

Das Problemfeld Landschaftszerschneidung ist seit über zwanzig Jahren bekannt (*Jaeger et al.* 2005a). Auf politischer Ebene gibt es inzwischen Ansätze zur Verbesserung. Landschaftskonzepte und Zielerklärungen sehen eine Minimierung der Trennwirkung durch neue und bestehende Verkehrsanlagen sowie die Erhaltung von unzerschnittenen Gebieten vor. Trotz den Bemühungen um eine Reduktion auf politischer wie auch planerischer Seite hat die Landschaftszerschneidung in jüngster Vergangenheit zugenommen und der Trend zeigt – entgegen der erwünschten Abnahme – weiterhin nach oben (*ARE* 2008).

Über die Zerschneidung im Hochrheintal wurden schon zahlreiche Untersuchungen und Studien angefertigt (siehe auch *Grau* 1998), sie machen allerdings meist nur qualitative Aussagen. Als erste grossflächige, quantitative Untersuchung im Bereich des Hochrheins ist für Baden-Württemberg die Zerschneidungsanalyse von *Esswein et al.* (2002) von Belang. Die Zerschneidungsanalyse für die Schweiz von *Bertiller et al.* (2007) ist das südliche Pendant dazu. Ferner sind für die Schweiz die Bestandesaufnahmen der Zerschneidung durch Verkehrsinfrastrukturen (*Oggier et al.* 2007) und der Wildtierpassagen (*Holzgang et al.* 2001) zu nennen. Einen transdisziplinären Problemzugang liefert die sehr umfassende Gefährdungsanalyse der anthropogenen Landschaftszerschneidung von *Jaeger* (1999). In Fachkreisen hat das Problemfeld Landschaftszerschneidung in den letzten Jahren immer mehr an Aufmerksamkeit gewonnen (*Schupp* 2005). In der Politik ist jedoch der Stellenwert, der dem Thema seiner Bedeutung nach zusteht, noch längst nicht erreicht, was nach *Schupp* (2005) auch daran liegt, dass die Landschaftszerschneidung schleichend voranschreitet. Umso mehr besteht Bedarf nach der Entwicklung, der Wahrnehmung und der Berücksichtigung von Kenngrössen zur Landschaftszerschneidung als Umweltindikatoren.

Die vorliegende Arbeit beschreibt und analysiert den aktuellen Grad der anthropogenen Landschaftszerschneidung im Hochrheintal sowie die Entwicklung in den letzten 100 Jahren. Dabei liegt der Schwerpunkt in einer übergeordneten Betrachtung. Neben der Quantifizierung und der Bewertung des Zustands der Fragmentierung zeigt der Beitrag die damit verbundenen Herausforderungen vor allem in Bezug auf eine ökologisch sinnvolle Indizierung der Landschaftszerschneidung auf.

2 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfasst das Hochrheintal, beginnend beim Ausfluss des Rheins aus dem Bodensee bei Stein am Rhein, über rund 150 km dem Flusslauf abwärts folgend und endend beim Rheinknie in Basel. Es ist im Oberlauf eher ländlich geprägt, flussabwärts nimmt die Siedlungsdichte zu. In der topographisch begünstigten Talebene verläuft das gut ausgebaute Verkehrsnetz beidseits des Rheins, der zugleich grösstenteils die Staatsgrenze zwischen Deutschland im Norden und der Schweiz im Süden bildet.

3 Methoden

Die Landschaftszerschneidung wurde für die Jahre 1930, 1955, 1980 und 2005 ausgewertet und analysiert. Die aktuellen Daten basierten auf dem digitalen Landschaftsmodell “vector 25” der Schweizer Landestopographie im Massstab 1:25’000. Für die alten Jahre wurden die Daten auf Grundlage von topographischen Karten von Hand mit ArcGis georeferenziert und vektorisiert, wodurch ein homogener Datensatz entstand.

Bei der Anwendung von Zerschneidungsmassen ist es notwendig, neben dem Untersuchungsgebiet die Flächen und die Linien mit trennender Wirkung festzulegen. Als zerschneidende Elemente wurden das Eisenbahnnetz, Strassen (Autobahnen und Autostrassen sowie Gemischtverkehrsstrassen mit einer Mindestbreite von vier Metern), Siedlungsflächen, Industrie- und Verkehrsanlagen, Flüsse breiter als sechs Meter und Seen angesehen. Dabei wurde jeweils von einer kompletten Barrierewirkung ausgegangen. Durch die Bearbeitung der Daten mit GIS entstand für die untersuchten Jahre 1930, 1955, 1980 und 2005 je eine Zerschneidungsgeometrie. Um den Grad der Landschaftszerschneidung zu messen, wurde die von *Jaeger* (1999) entwickelte Messgrösse “effektive Maschenweite” (m_{eff}) darauf angewendet (siehe Kasten). Sie drückt die Wahrscheinlichkeit aus, dass sich zwei zufällig ausgewählte Punkte in einem Gebiet verbinden lassen, ohne eine Barriere wie Verkehrswege oder Siedlungen überwinden zu müssen. Anschaulich kann die effektive Maschenweite als Begegnungsmöglichkeit von zwei Tieren derselben Art interpretiert werden. Mit einer Zunahme der Trennelemente in der Landschaft nimmt die Verbindungswahrscheinlichkeit und damit die effektive Maschenweite ab.

Die Formel der effektiven Maschenweite nach *Jaeger* (1999) lautet:

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

mit n = Zahl der verbleibenden Flächen, F_i = Flächeninhalt von Fläche i ,
 F_{total} = Gesamtfläche der untersuchten Region, welche in n Flächen oder
“Patches” zerteilt wurde.

4 Ergebnisse

Bereits der visuelle Vergleich der Zerschneidungsgeometrien von 1930 und 2005 auf den Abb. 1 und 2 zeigt die Zunahme der Landschaftszerschneidung. Quantitativ wird die Erhöhung durch die Berechnung der effektiven Maschenweite in Tab. 1 deutlich. Eine kleine effektive Maschenweite bedeutet eine hohe Zerschneidung. Die Werte haben von 1930 bis 2005 um 28 % abgenommen. Die Verkleinerung ist über alle Zeitperioden hinweg kontinuierlich, wobei die Zunahme der Zerschneidung mit fortgeschrittener Zeit nicht mehr so intensiv ausfällt wie zu Beginn der Zeitreihe. Durchschnittlich beträgt die Abnahme der effektiven Maschenweite über die 75 untersuchten Jahre 0.37 % pro Jahr. Die stärkste Verkleinerung der unzerschnittenen Flächen fand zwischen 1930 und 1955 statt.

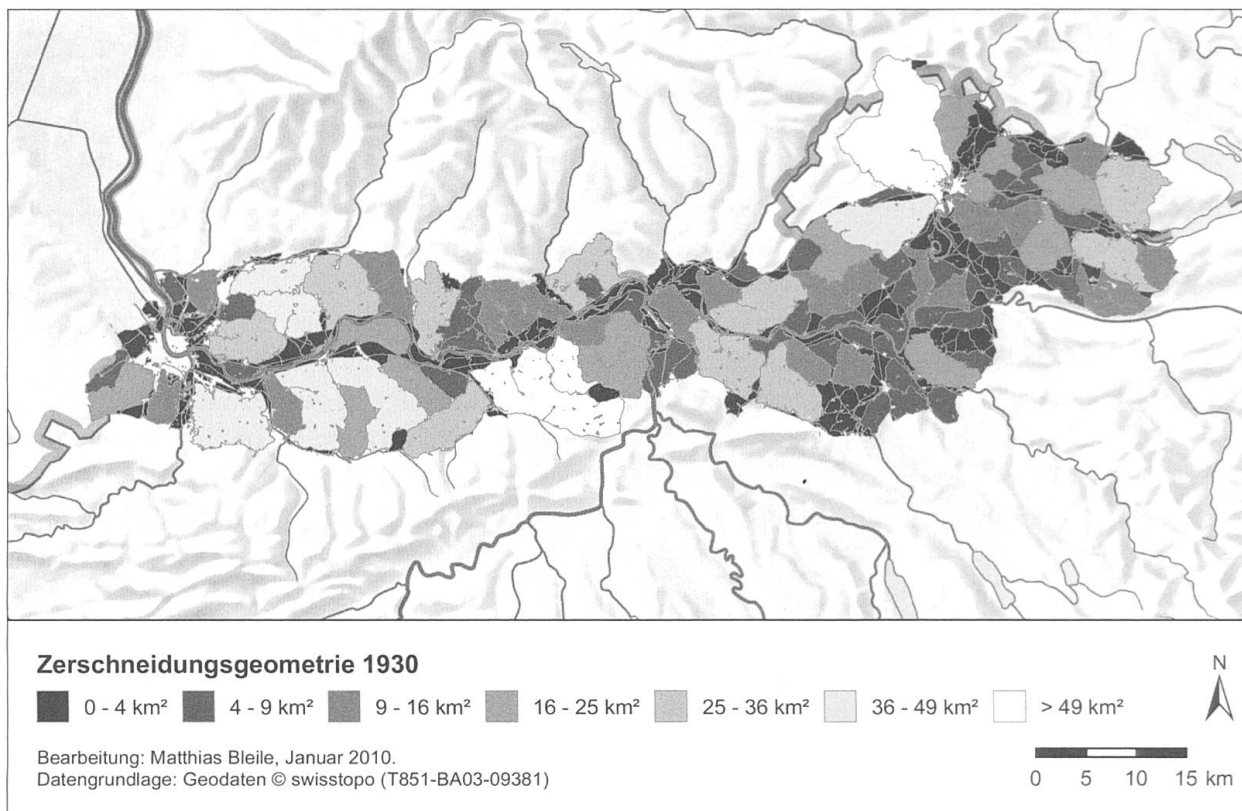


Abb. 1 Zerschneidungsgeometrie des Hochrheintals für das Jahr 1930. Als zerschneidende Elemente wurden das Eisenbahnnetz, Strassen (Autobahnen und Autostrassen sowie Gemischtverkehrsstrassen mit einer Mindestbreite von vier Metern), Siedlungsflächen, Industrie- und Verkehrsanlagen, Flüsse breiter als sechs Meter und Seen angesehen.

Tab. 1 Die effektiven Maschenweiten, die Schienen- und Strassennetzlängen sowie die Siedlungs- und Industrieflächen für die Jahre 1930, 1955, 1980 und 2005. In Klammern sind die Veränderungen gegenüber dem vorangehenden Untersuchungsjahr in Prozent angegeben.

Zeitstand	Effektive Maschenweite m_{eff} [km ²]	Schiennetz eis [km]	Strassennetz str [km]	Siedlungs- und Industriefläche $siedl$ [km ²]
1930	23.99	564.89	1982.76	157.05
1955	20.91 (- 12.8 %)	603.60 (+ 6.9 %)	2157.49 (+ 8.8 %)	236.85 (+ 50.8 %)
1980	18.67 (- 10.7 %)	662.64 (+ 9.8 %)	2646.16 (+ 22.6 %)	326.63 (+ 37.9 %)
2005	17.27 (- 7.5 %)	670.45 (+ 1.2 %)	2779.75 (+ 5.0 %)	353.64 (+ 8.3 %)

Die Schienen- und Strassennetzlänge im Hochrheintal hat zwischen den untersuchten Zeitständen stetig zugenommen (vgl. Tab. 1). Von 1930 bis 2005 hat sich das Schiennetz um 19 % verlängert. In derselben Periode hat die Strassennetzlänge um 40 % zugenommen. 2005 entspricht die Länge des Strassennetzes der Strecke von Kopenhagen nach Sizilien oder der zwanzigfachen Länge des Untersuchungsgebiets vom Bodensee bis Basel. Den stärksten Streckenzuwachs verzeichnete das Strassennetz zwischen 1955 und 1980.

Die Siedlungs- und Industriefläche des Hochrheintals ist zwischen 1930 und 2005 um 126 % angewachsen. Dazu gehören die überbauten Gebiete (Wohnhäuser, öffentliche Bauten, Industrieareale etc.) sowie Verkehrsflächen wie z. B. Bahnhofsareale. 2005 machten sie einen Anteil von 15 % der berechneten Fläche des Untersuchungsgebietes (1625 km²) aus.

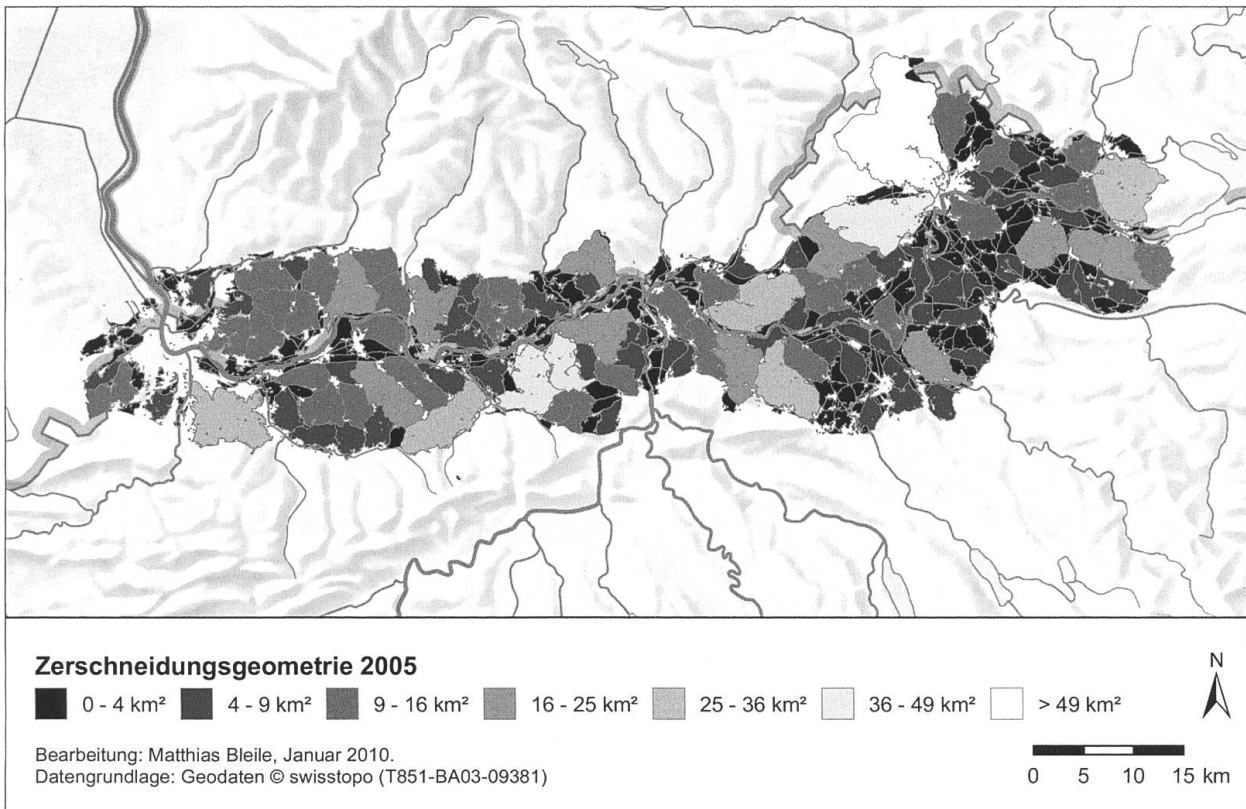


Abb. 2 Zerschneidungsgeometrie des Hochrheintals für das Jahr 2005. Als zerschneidende Elemente wurden das Eisenbahnnetz, Strassen (Autobahnen und Autostrassen sowie Gemischtverkehrsstrassen mit einer Mindestbreite von vier Metern), Siedlungsflächen, Industrie- und Verkehrsanlagen, Flüsse breiter als sechs Meter und Seen angesehen.

5 Diskussion

5.1 Zerschneidung im Hochrheintal

Während des untersuchten Zeitraums wurde das Verkehrsnetz erweitert und ausgebaut sowie die Siedlungs- und Industrieflächen vergrössert. Der postulierte Zusammenhang zwischen diesen Hauptursachen und der Abnahme der effektiven Maschenweite illustriert sich gut mit dem leichten Rückgang des Verkehrsinfrastrukturausbaus und des Siedlungswachstums zwischen 1980 und 2005, der die Zunahme der effektiven Maschenweite in dieser Zeitspanne gegenüber den Vorjahren leicht zurückgehen lässt. Trotz dieses Zusammenhangs widerspiegelt sich der starke Ausbau der Verkehrsinfrastruktur und insbesondere der Strassen zwischen 1955 und 1980 nicht in den Zahlen der effektiven Maschenweite. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Lage eines zerschneidenden Elementes im Wert der effektiven Maschenweite berücksichtigt wird und in dieser Zeit besonders siedlungsnaher Strassen erstellt wurden.

5.2 Kontext zu Untersuchungen im Umfeld des Hochrheintals

Im Vergleich zu anderen Studien liegen die Daten des Hochrheintals auf den ersten Blick im Mittelfeld, wie Abb. 3 zeigt. Dank der Methode der effektiven Maschenweite können die Werte unabhängig von der Gesamtgrösse der untersuchten Gebiete verglichen werden. Die Zerschneidungs-

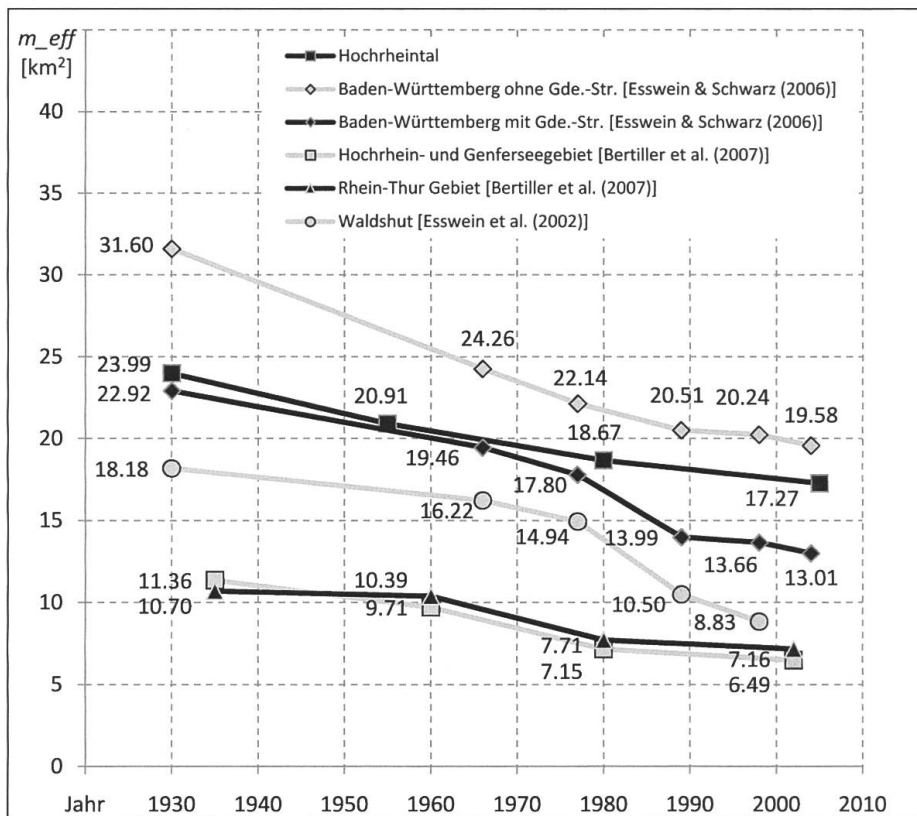


Abb. 3 Vergleich der effektiven Maschenweiten des Hochrheintals mit Zahlen aus anderen Studien.

analyse für die Schweiz von *Bertiller et al. (2007)* weist sowohl für die biogeographische Region Hochrhein- und Genferseegebiet als auch für den Naturraum dritter Ordnung Rhein-Thur eine tiefere effektive Maschenweite und somit eine engmaschigere Zerschneidung aus. Die Werte für Baden-Württemberg sind nach *Esswein & Schwarz (2006)* leicht höher als für das Hochrheintal. 1930 liegt die effektive Maschenweite für das gesamte Bundesland bei 31.6 km², während das Untersuchungsgebiet der vorliegenden Arbeit mit 24 km² engmaschiger ist. Die Abnahme über die gesamte Zeitspanne beträgt 28 % für das Hochrheintal und 38 % für Baden-Württemberg.

5.3 Schwellenwerte und Modelle in der Landschaftsbewertung

Im Zuge einer Bewertung der Entwicklung der Landschaftszerschneidung im Hochrheintal stellt sich die Frage nach einem Schwellenwert. Wie viel Zerschneidung verträgt das System, bevor es zusammenbricht? Das Erstellen von zutreffenden Prognosen ist aufgrund der Vielzahl der Systemeinwirkungen mit einigen Hindernissen verbunden (*Jaeger & Holderegger 2005*). Um die einzelnen Faktoren aufzuschlüsseln, ist eine grosse Menge an empirisch erhobenen Daten nötig, und die grosse Zeitverzögerung, mit welcher Populationen auf Einwirkungen reagieren, erschwert die Arbeit massgeblich. Darin zeigt sich, wie komplex die zeitliche und räumliche Dynamik des Systems ist. Für eine Problemanalyse sind Modelle gefragt, welche die ökologischen Prozesse simulieren und analysieren. Es gilt, räumliche Strukturen, welche zur Erhaltung von gewissen Ökosystemfunktionen unabdingbar sind, zu definieren sowie die Wirkungsmechanismen und die Bedeutungen von Einflussgrössen zu untersuchen (*Jaeger 2001*). Einen Ansatz dazu liefert *Jaeger et al. (2005b)* mit einem interaktiven Modell zur Untersuchung der Risiken für Tierpopulationen in Strassennähe. Das aufwendige Modell berücksichtigt dabei Angaben über die Verhaltensweisen einer Population bei Strassenüberquerungen (z. B. Beeinflussung durch akustische und optische Reize), Daten zur Empfindlichkeit einer Population auf externe Einflüsse (Sensibilität gegenüber Habitatverlust, Verkehrsmortalität, Trennwirkung und Zerteilung) sowie Angaben zu Strassen-

breite und Verkehrsaufkommen. Solche modellbasierten Analysen liefern wichtige Einsichten zum Verständnis der Problematik der Landschaftszerschneidung sowie deren inneren Zusammenhänge. Sie können Anhaltspunkte geben, aber keine exakten Richtlinien für die Festlegung von allgemeinen Grenzwerten, da sie nur auf eine Art bezogen sind. Die Betrachtung von mehreren Modellläufen erlaubt eine grobe Orientierung in der Landschaftsbewertung. Für Folgerungen auf spezifische Situationen und konkrete Anwendungen sind sie jedoch zu allgemein. Da Modelle nie besser sein können als ihre Datengrundlagen, besteht konkreter Forschungsbedarf für empirische Fallstudien, möglichst abgestuft für einzelne Tierartengruppen.

5.4 Verfeinerung der Zerschneidungsindizes

In der Analyse wurden die zerschneidend wirkenden Elemente als komplett unüberwindbare Barrieren interpretiert. Bei dieser Vereinfachung wurde die daraus resultierende Verfälschung in Kauf genommen. Für ein möglichst realistisches Abbild der Wirklichkeit müsste ein Faktor, welcher für die einzelne Tierart steht, und eine Wertung der Hindernisse miteinbezogen werden. Die Zerschneidung wird von einem Individuum durch verschiedene Reize (optisch, akustisch, physisch etc.) unterschiedlich stark wahrgenommen und jede Tierart reagiert individuell. Während sich gewisse Vögel an den Lärmmissionen stören, gibt es andere Tiere, welche sich mit der Zeit daran gewöhnen. Für Kleinsäuger und Laufkäfer ist der Barriereeffekt von Strassen gut belegt (*Glitzner et al. 1999*). Zu anderen Tierarten gibt es nur wenige Studien, was die Berücksichtigung einer tierartabhängigen Variablen erschwert.

Die angewendete effektive Maschenweite ist ein Strukturmass, welches die Landschaftszerschneidung quantitativ beschreibt. Es lassen sich komplexe räumliche Strukturen mit einem einfachen, nachvollziehbaren Wert darstellen. Die Methode ist unempfindlich auf kleine Restflächen, wie sie bei einer ungenauen Bearbeitung mit GIS entstehen können. Ferner ist die effektive Maschenweite ein aussagekräftiger Zerschneidungsindikator für die Artenvielfalt. Ihre Schwächen liegen in der Vernachlässigung von Formen und Nachbarschaftsbeziehungen der unverschnittenen Flächen. Diese Nachteile liessen sich durch den Patency-Index (*Schwarz-von Raumer 2006*) und durch eine topologiesensitive Erweiterung (*Jaeger 2002*) aufheben, bringen aber die Methode von ihrer Einfachheit weg und erfordern zusätzlichen Mehraufwand bei der Datenerhebung.

6 Fazit

Die Zerschneidung des Hochrheintals hat in den letzten hundert Jahren stark zugenommen. Besonders in der Talsohle ist eine sehr starke Belastung zu verzeichnen. Dies hemmt die ökologische Vernetzung und ist insofern problematisch, als die Folgen einer zerschnittenen Landschaft teilweise erst mit Verzögerung eintreten. Verglichen mit anderen Regionen Baden-Württembergs und der Schweiz gehört das Hochrheintal neben dem Schweizer Mittelland und der Genferseeregion zu den am stärksten zerschnittenen Gebieten. So erstaunt auch die Einstufung des westlichen Hochrheintals als ökologischer Problemraum nicht (*Beising 2009*). Da Auswirkungen von Zerschneidung weitläufig sind, lassen sich die Folgewirkungen der beobachteten Zerschneidung derzeit nicht abschätzen. Einzelne Eingriffe in das Landschaftsökosystem scheinen zwar harmlos, schwere Auswirkungen werden jedoch als Summe der einzelnen Einwirkungen sichtbar. Sie verwandeln die ursprünglich zusammenhängende Landschaft des Hochrheintals grösstenteils in einen mosaikartigen Flickenteppich. Wichtige Verbindungen und Zusammenhänge gehen dabei verloren, wie eine übergeordnete Betrachtung der Zerschneidung zeigt.

Der steigende Mobilitätsanspruch der heutigen Bevölkerung drängt nach einem stetigen Ausbau der Verkehrsinfrastruktur. Lässt sich der Aus- und Neubau des Verkehrs- und Versorgungsnetzes, der Trend zum Wohnen im Grünen und ein naturnaher Erholungsraum mit der Abnahme der Landschaftszerschneidung vereinbaren? Ein erster Schritt in die richtige Richtung ist sicherlich das Problembewusstsein. Dazu gehören Kenntnisse sowohl der aktuellen Situation als auch der Folgen und Auswirkungen. Nur so können bei Entscheidungen Interessen abgewogen und beurteilt werden. Um die Vernetzung der Landschaft zu verbessern, sind bei bestehenden Verkehrsinfrastrukturen verschiedene Minderungs- und Entschneidungsmassnahmen wie Zäune, Über- und Unterführungen oder eine Verkehrsreduktion möglich. Die Erfolgsquoten variieren je nach Tierarten. Am effektivsten ist, abgesehen von einem Strassenrückbau, die Kombination von einem Zaun mit Über-/Unterführung (Jaeger 2006). Neben der Realisierung von lokalen Massnahmen ist es wichtig, Verbindungskorridore ökologischer Netzwerke zu ermitteln und bei der Planung miteinzubeziehen. Für den Richtplan des Kantons Aargau wurden beispielsweise spezielle Vernetzungskorridore aufgrund einer vorangehenden Zerschneidungsanalyse ausgeschrieben (Peter & Meier 2003). Zudem sind realistische Grenz- und Zielwerte für die Landschaftszerschneidung wünschenswert. Um diese noch konkreter zu formulieren sind weitere Anstrengungen sowohl in der Forschung wie auch in der Praxis nötig.

Literatur

- ARE 2008. *Strategie Nachhaltige Entwicklung*. Leitlinien und Aktionsplan 2008–2011. Bericht des Schweizerischen Bundesrates vom 16. April 2008. Bundesamt für Raumentwicklung, Bern, 1–52.
- Beising E. 2009. *Ökologischer Problemraum Hochrheintal*. Wahrnehmung und Darstellung der Sensitivität der Landschaft. Dissertation an der Universität Basel, 1–272.
- Bertiller R., Schwick C. & Jaeger J. 2007. *Landschaftszerschneidung Schweiz*. Zerschneidungsanalyse 1885–2002 und Folgerungen für die Verkehrs- und Raumplanung. Bericht des Bundesamtes für Strassen ASTRA, Bern, 1–229.
- Esswein H., Jaeger J., Schwarz-von Raumer H.-G. & Müller M. 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 in Baden-Württemberg, Stuttgart, 1–124.
- Esswein H. & Schwarz-von Raumer H.-G. 2006. Landschaftszerschneidung – bundesweiter Umweltindikator und Weiterentwicklung der Methodik. In: Kleinschmit B. & Walz U. (Hrsg.): *Landschaftsstrukturmasse in der Umweltplanung*. Landschaftsentwicklung und Umweltforschung 19. Berlin, 84–96.
- Findlay C.S. & Bourdages J. 2000. Response Time of Wetland Biodiversity to Road Construction on Adjacent Lands. *Conservation Biology* 14/1: 86–94.
- Forman R.T.T. 1995. *Land mosaics*. The ecology of landscapes and regions. Cambridge, 1–632.
- Glitzner I., Beyerlein P., Brugger C., Egermann F., Paill W., Schlögel B. & Tataruch F. 1999. *Literaturstudie zu anlage- und betriebsbedingten Auswirkungen von Strassen auf die Tierwelt*. Endbericht. Erstellt im Auftrag des Magistrates der Stadt Wien, 1–178.
- Grau S. 1998. Überblick über die Arbeiten zur Landschaftszerschneidung sowie unzerschnittenen Räumen in der Bundes-, Landes- und Regionalplanung Deutschlands. *Natur und Landschaft* 73/10: 427–434.
- Holzgang O., Pfister, H.P., Heynen D., Blant M., Righetti A., Berthoud G., Marchesi P., Maddalena T., Müri H., Wendelspiess M., Dändliker G., Mollet P. & Bornhauser-Sieber U. 2001. *Korridore für Wildtiere in der Schweiz*. Schriftenreihe Umwelt 326. Bern, 1–118.
- Jaeger J. 1999. *Gefährdungsanalyse der anthropogenen Landschaftszerschneidung*. Dissertation an der ETH Zürich, 1–619.
- Jaeger J. 2000. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology* 15: 115–130.
- Jaeger J. 2001. *Quantifizierung und Bewertung der Landschaftszerschneidung*. Arbeitsbericht Nr. 167 der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg. Stuttgart, 1–166.
- Jaeger J. 2002. *Landschaftszerschneidung*. Eine transdisziplinäre Studie gemäss Konzept der Umweltgefährdung. Stuttgart, 1–447.

- Jaeger J. 2006. Wie wirken Minderungsmaßnahmen zur Entschneidung auf Wildtierpopulationen? Simulation von Überlebenswahrscheinlichkeiten. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 38 (10/11): 323–329.
- Jaeger J. & Holderegger R. 2005. Schwellenwerte der Landschaftszerschneidung. *GAIA* 14/2: 113–118.
- Jaeger J., Grau S. & Haber W. 2005a. Landschaftszerschneidung: Von der Problemerkennung zum Handeln. *GAIA* 14/2: S. 81.
- Jaeger J., Bowman J., Brennan J., Fahrig L., Bert D., Bouchard J., Charbonneau N., Frank K., Gruber B. & Tluk von Toschanowitz K. 2005b. Predicting when animal populations are at risk from roads: an interactive model of road avoidance behavior. *Ecological Modelling* 185: 329–348.
- Oggier P., Righetti A. & Bonnard L. 2007. *Zerschneidung von Lebensräumen durch Verkehrsinfrastrukturen*. COST 341. Umwelt-Wissen Nr. 714. Bundesamt für Umwelt, Bundesamt für Verkehr, Bundesamt für Strassen & Bundesamt für Raumentwicklung, Bern, 1–101.
- Peter U. & Meier S. 2003. Zerschnittene Landschaft – ein Problem im Kanton Aargau? *Umwelt Aargau* 22: 29–32.
- Schupp D. 2005. Umweltindikator Landschaftszerschneidung. Ein zentrales Element zur Verknüpfung von Wissenschaft und Politik. *GAIA* 14/2: 101–106.
- Schwarz-von Raumer H.-G. 2006. *Indicating Landscape Fragmentation using Patency Index*. Arbeitspapier. Institut für Landschaftsplanung und Ökologie, Universität Stuttgart, 1–10.

