

Landschaftszerschneidung: Neue Erkenntnisse für die Landesentwicklung durch eine GIS-gestützt verbesserte raumzeitliche Indikatorik

H.-G. SCHWARZ-v.RAUMER, Heide ESSWEIN und Jochen JAEGER

Zusammenfassung

Ein Indikator für die Landschaftszerschneidung wird vorgestellt und in einer GIS-gestützten Analyse für das Land Baden-Württemberg angewendet. Anwendungsergebnisse der vorgestellten Methodik werden als Gesamtbeurteilung, aber auch als Teilraumanalyse sowie als Analysen in historischer Dimension vorgestellt und deren Nutzen für die Landesplanung verdeutlicht.

1 Zielsetzung

„Landschaftszerschneidung“ umschreibt die vielfältigen anthropogenen Eingriffe in das Landschaftsgefüge mit denen ein Zerreißen von räumlichen Zusammenhängen und Störungen der Nutzung der Landschaft als Lebensraum verbunden (RECK/KAULE 1993) sind. Landschaftszerschneidung ist die Folge der Zersiedelung der Landschaft durch Straßenbau und Siedlungserweiterung und wird seit den siebziger Jahren politisch wahrgenommen und diskutiert und als zu lösendes Problem in planerischen Leitbildern und Zielen festgeschrieben (JAEGER ET AL. 2001). Als Grundlage für die Kontrolle der Umsetzung entsprechender umwelt-, regional- und landesplanerischer Zielfestlegungen benötigt man geeignete und vergleichbare Daten über den aktuellen Zustand der Landschaftszerschneidung. So berücksichtigt auch der Indikatorkatalog des *Statusberichts „Nachhaltige Entwicklung in Baden-Württemberg“* der Akademie für Technikfolgenabschätzung (RENN ET AL. 2000) die Landschaftszerschneidung als Schlüsselindikator für die Beurteilung der Raumentwicklung auf der Landesebene. Das hier vorgestellte Projekt hat zum Ziel, hierfür eine operationelle Methodik zu entwickeln, mit der es möglich ist, aus vorhandenen und verfügbaren Daten GIS-gestützt eine Beurteilung der Landschaftszerschneidung abzuleiten. Die Regionalisierung von Aussagen zum Zustand der Landschaftszerschneidung zum Beispiel für administrative Gebietsgliederungen, aber auch für besonders zerschneidungsempfindliche Räume, sollte ebenso möglich sein wie deren retrospektive Beurteilung.

JAEGER (1999) definiert die Messgröße „effektive Maschenweite“ und zeigt, dass dieser Indikator für die gestellte Aufgabe geeigneter ist als bislang bestehende Indikatorenansätze. Deshalb wird im vorgestellten Projekt dieser Indikator als Zerschneidungsmaß gewählt und erstmals GIS-gestützt zum oben geschilderten Indikationszweck auch für zurückliegende Zeitschnitte berechnet.

2 Die Messgröße „effektive Maschenweite“

Die Definition der „effektiven Maschenweite“ m_{eff} stützt sich auf die Wahrscheinlichkeit dafür, dass zwei beliebige Punkte die in einem Gebiet liegen, nach einer Zerteilung des Gebietes noch gemeinsam in einer Teilfläche liegen. Dieser Ansatz führt zu

$$m_{\text{eff}} = \frac{1}{F_g} \sum_{i=1}^n F_i^2$$
 als Berechnungsformel für die „effektive Maschenweite“, F_i = Flächen-

inhalt von Fläche i , F_g = Gesamtfläche der untersuchten Region, welche in n Freiflächen oder „Patches“ zerteilt wurde (siehe JAEGER 1999). Die Wahl dieser Definition hat mehrere Vorzüge: Sie ist *einfach und transparent*, d.h. sie orientiert sich an einem einfachen geometrisch-topologischen Modell, hat sehr vorteilhafte *mathematische Eigenschaften* (z.B. ist es für den Vergleich unterschiedlich großer Gebiete geeignet; vgl. ausführlich JAEGER 2001, ESSWEIN ET AL. 2002), das Maß orientiert sich an der *Zerschneidungsgeometrie* (kein Dichtemaß) und vor allem bietet es eine *anschauliche faunistische Interpretation*: m_{eff} ist beispielsweise als Begegnungswahrscheinlichkeit von Individuen oder als Erreichbarkeit eines Migrationsziels interpretierbar. Und ein zusätzlicher Vorteil dieses Ansatzes ist die Möglichkeit, die Methode auszudehnen, um weitere Aspekte der Zerschneidungswirkung zu berücksichtigen, z.B. die Überwindbarkeit von Barrieren und die relative Lage der Flächen (vgl. JAEGER 1999). Orientiert an der Methode nach REIJNEN für die Avifauna wurde eine relative Barrierewirkung in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke bei Straßen berücksichtigt (ESSWEIN ET AL., 2002).

3 Datengrundlage und Vorgehensweise

Die Auswahl dessen, was die Landschaft zerschneidet kann nicht ohne eine Spezifizierung des „Opfers“ der Zerschneidungswirkung vorgenommen werden. So sind für die Avifauna andere Barrieren in der Landschaft relevant als beispielsweise für Amphibien. Und die Beurteilung der Zerschneidungswirkung auf die Erholungsfunktion muss sich wiederum an kulturellen und gesellschaftlichen Wertschätzungen orientieren. In der vorliegenden Studie wurde eine Zerschneidungsgeometrie gewählt, die sich eher an Kleinsäugetern aber auch an bestimmten Amphibien orientiert. Daneben sollte es mit der aufzubauenden Datengrundlage möglich sein, für das Landesgebiet von Baden-Württemberg sowie für darin liegende Teilräume die effektive Maschenweite zu berechnen. Die im Bestand der ATKIS-Daten (DLM-25) vorhandenen Geometrien bieten sich so als geeignete Datengrundlage an. Aus diesem Datenbestand wurde GIS-gestützt ein die Landesfläche von Baden-Württemberg überdeckendes Flächenmosaik generiert, welches als polygonbildende Grenzlinien die Ränder der Ortslagen und Stillgewässer, die Fließgewässer ($> 6\text{m}$), Schienenwege und Straßen (Bundesautobahnen, Bundes-, Landes-, Kreis- und, für eine gesonderte Analyse, auch die Gemeindestraßen) zusammenführt. Auf der Basis der Flächeninhalte der diese Grundgeometrie (siehe Abb.1) aufbauenden Polygone kann dann die effektive Maschenweite berechnet werden. Die effektive Maschenweite m_{eff} für ganz Baden-Württemberg beträgt $20,24 \text{ km}^2$ (*ohne* Gemeindeverbindungsstraßen). *Mit* Einbezug der Gemeindestraßen berechnet sich die effektive Maschenweite zu $13,66 \text{ km}^2$.

Die aus den ATKIS-Daten gewonnene Zerschneidungsgeometrie war die Grundgeometrie für eine GIS-Analyse ausgewählter Teilräume und der Ausgangsdatenlayer für die Erarbeitung historischer Zerschneidungsgeometrien (s.u.). Alle Arbeitsschritte, die die Auswertung eines ATKIS-Datenbestands zum Ziel haben, liegen als Makroskripte vor. Zunächst generiert ein ArcInfo-AML-Skript aus den ATKIS-Datenlayern die weiterverarbeitbare Zerschneidungsgeometrie. Auf diese kann dann mit einem ArcView-AVENUE-Script zugegriffen werden, welches für den Gesamttraum oder aber für beliebige als GIS-Layer vorliegende Teilräume die effektive Maschenweite berechnet.

4 Teilraumanalysen

Durch die GIS-Verschneidung der erarbeiteten Zerschneidungsgeometrie mit Teilräumen des Gesamttraumes (hier Landesfläche von Baden-Württemberg) können die Teilräume (z.B. Landkreise oder Naturräume) verglichen werden, um ein räumlich differenziertes Bild der Landschaftszerschneidung zu gewinnen. Dabei sind verschiedene Regeln für die Zuordnung von Polygonen aus der Grundgeometrie zu den Teilräumen denkbar. Das Kriterium einer *gemeinsamen Schnittfläche* führt u.U. zu Mehrfachzuordnungen. Die Forderung eines *vollständigen Einschlusses* hingegen hinterlässt u.U. nicht zugeordnete Polygone, auch wenn die Teilräume den Gesamttraum abdecken. Das *Mittelpunktverfahren*, bei dem eine Zuordnung zum Teilraum stattfindet, wenn der Mittelpunkt der Teilfläche der Zerschneidungsgeometrie sich in diesem befindet, und das *Ausschneideverfahren* vermeiden die erwähnten Komplikationen. Die hier vorgestellten Analysen wurden ausschließlich auf der Basis des Ausschneideverfahrens berechnet, d.h. die Teilflächen der Zerschneidungsgeometrie werden direkt mit dem Teilraum der Analysegeometrie verschnitten. Dabei bildet die Grenze des Teilraums eine zusätzliche flächenbildende Zerschneidungslinie, wodurch tendenziell eine Unterschätzung der effektiven Maschenweite entsteht, da die Randflächen teilweise nur als reduzierte Flächen in die Berechnung eingehen. Neben den Landkreisen (s.Abb.4) und den Naturräumen dient der Kartenatlas zum Landschaftsrahmenprogramm Baden-Württemberg (IER/ILPÖ 1999) als Datengrundlage für derartige Teilraumanalysen, insbesondere für die Analyse zerschneidungsempfindlicher Räume. Dabei können beispielsweise Aussagen getroffen werden über den Zerschneidungsgrad von Gebieten mit einer hohen Dichte an biologisch-ökologisch wertvollen Biotopen, von Bereichen mit hohen Landschaftspotenzialen (Erholungseignung, landschaftliche Vielfalt, Natürlichkeit der Landschaft u.a.), aber auch zum Zerschneidungszustand von Räumen die durch eine hohe Bedeutung hinsichtlich ihrer Funktion als Lebensraumkorridore für Arten ausgewiesen sind oder als Bestandteil eines großräumig ökologisch wirksamen Lebensraum- bzw. Freiraumverbundes betrachtet werden müssen. Ein erstes Ergebnis einer solchen Teilraumanalyse kann die weitaus höhere Zerschneidung des Offenlands ($m_{\text{eff}} = 3,17 \text{ km}^2$) im Vergleich zu den Waldflächen ($m_{\text{eff}} = 9,81 \text{ km}^2$) in Baden-Württemberg dokumentiert werden. Abb. 2 zeigt die Darstellung des Zerschneidungsgrades von Räumen hoher Dichte schutzwürdiger Biotope, wie sie in IER/ILPÖ (1999) abgegrenzt wurden. Für diese Räume errechnet sich die "effektive Maschenweite" insgesamt zu $17,7 \text{ km}^2$. Akzeptiert man die hier sehr grob vollzogene Definition von zerschneidungsempfindlichen Räumen und orientiert man die Bewertung der Zerschneidung dieser Räume am Durchschnittswert des Restraums ($m_{\text{eff}} = 9,6 \text{ km}^2$), so zeigt sich, dass ca. 50% der betrachteten Räume trotz ihrer hohen Empfindlichkeit einer erhöhten Landschaftszerschneidung ausgesetzt sind.

5 Historische Analyse

Für die kontinuierlichen Beurteilung der Landesentwicklung ist es sinnvoll, die Veränderung der "effektiven Maschenweite" in zurückliegenden Zeiträumen zumindest ansatzweise quantitativ zu bestimmen. Zu diesem Zweck wurden die aktuellen ATKIS-Daten an vier vergangene Zeitschnitte („um 1930“, „um 1966“, „um 1977“ und „um 1989“) angepasst. Als Basis dienen in einem gängigen Bildformat digital vorliegende Blätter der Topographischen Übersichtskarte im Maßstab 1:200.000, die aufgrund ihres Bearbeitungsstandes ungefähr den genannten Zeitschnitten zugeordnet werden können. Diese werden so georeferenziert, dass eine Identifikation von ATKIS-Objekten möglich ist und dienen dann als Grundlage für die Überarbeitung der ATKIS-Daten (v.a. Eliminieren zum historischen Zeitpunkt in der Topographischen Übersichtskarte nicht vorhandener Straßen, Nachvollzug von Veränderungen im Straßenverlauf, Hinzufügen aktuell nicht mehr vorhandener Schienenwege und Digitalisierung des geographischen Verlaufs der historischen Ortslagen). Auf der Basis dieser die historische Situation näherungsweise dokumentierenden Datensätze können die oben erläuterten quantitativen Zerschneidungsanalysen für die genannten Zeitschnitte jeweils durchgeführt und dann das Fortschreiten der Landschaftszerschneidung in historischer Dimension über eine Zeitreihe für die „effektive Maschenweite“ quantitativ beschrieben werden. Abb. 3 zeigt die Entwicklung der "effektiven Maschenweite" für Baden-Württemberg und dokumentiert die Zunahme der Zersiedelung der Landschaft in diesem Zeitraum. Abb. 4 hingegen zeigt, dass bei einer nach Landkreisen differenzierten Betrachtung regionale Schwerpunkte in der Zunahme der Zerschneidung identifiziert werden können.

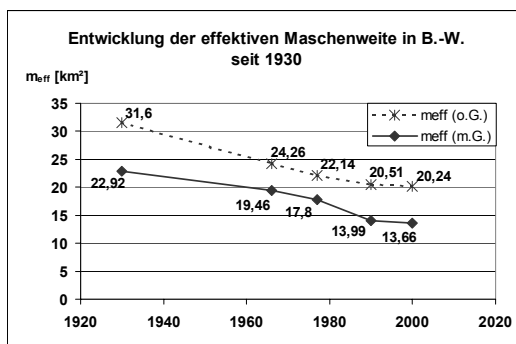


Abb.3: Entwicklung der effektiven Maschenweite m_{eff} mit (m.G.) und ohne (o.G.) Berücksichtigung der Gemeindeverbindungsstraßen (aus ESSWEIN ET AL., 2002)

6 Schluss

Mit den zusammengestellten Daten und durch die Quantifizierung der Landschaftszerschneidung sind aus landesplanerischer Sicht Problemregionen für die Siedlungsentwicklung identifizierbar. Der Rückgriff auf einen amtlichen Datenbestand erleichtert die Nutzung der "effektiven Maschenweite" als Indikator mit Monitoringfunktion und bietet die Möglichkeit zur bislang zwar noch nicht erfolgten, aber auf Grund des Problemdrucks dringend erforderlichen Definition von Umweltqualitätsstandards

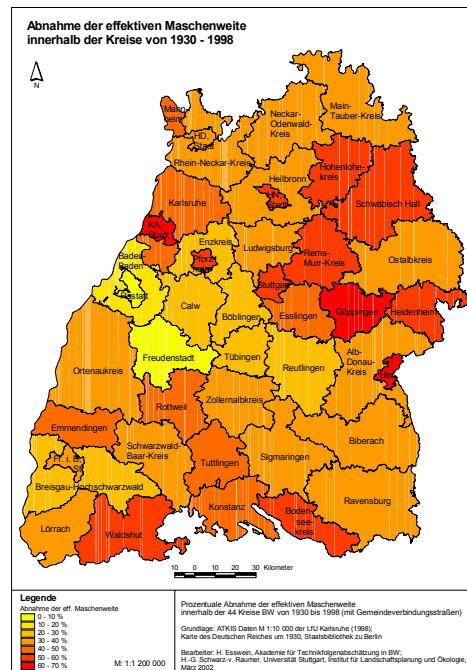


Abb. 4: Veränderung der effektiven Maschenweite für die Landkreise in B.-W. von 1930 bis 1998 (aus ESSWEIN ET AL., 2002)

7 Literatur

- ESSWEIN, H., JAEGER, J., SCHWARZ-V.RAUMER, H.-G., MÜLLER, M. (2002): Landschaftszerschneidung in Baden-Württemberg. Arbeitsbericht der Akademie für Technikfolgenabschätzung Nr. 214, Stuttgart.
- IER/ILPÖ (1999): Materialien zum Landschaftsrahmenprogramm Baden Württemberg: Kartenatlas. Im Auftrag des Ministeriums Ländlicher Raum und des Ministeriums für Umwelt und Verkehr. Unveröffentlicht.
- JAEGER, J. (1999): Gefährdungsanalyse der anthropogenen Landschaftszerschneidung. Diss ETH Zürich Nr. 13503, Departement für Umweltnaturwissenschaften. 619 S.
- JAEGER, J., H. ESSWEIN, H.-G. SCHWARZ-V.RAUMER, M. MÜLLER (2001): Landschaftszerschneidung in Baden-Württemberg. Ergebnisse einer landesweiten räumlich differenzierten quantitativen Zustandsanalyse. Naturschutz und Landschaftsplanung 33
- RECK, H., G. KAULE (1993): Straßen und Lebensräume. Ermittlung und Beurteilung straßenbedingter Auswirkungen auf Pflanzen, Tiere und ihre Lebensräume. Bonn - Bad Godesberg. (= Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 654)
- RENN, O., C. LEON, C. CLAR (2000): Nachhaltige Entwicklung in Baden-Württemberg. Statusbericht 2000. Stuttgart.

