

Landschaftszerschneidung in Baden-Württemberg

Ergebnisse einer landesweiten räumlich differenzierten quantitativen Zustandsanalyse

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

Zusammenfassung

Zerschneidung und Fragmentierung von Landschaften gelten als wesentliche Ursachen des Besorgnis erregenden Artenverlustes in Mitteleuropa. Zudem haben sie Auswirkungen auf Wasserhaushalt, Landschaftsbild und Erholungswert. Obwohl die Bedeutung des Erhalts großer unzerschnittener, verkehrsarmer Räume auch auf politischer Ebene kaum umstritten ist, hat die Landschaftszerschneidung in den letzten 15 Jahren unvermindert zugenommen. Umso mehr besteht die Notwendigkeit, vergleichbare Daten über den Zustand der Landschaftszerschneidung zur Verfügung zu stellen, insbesondere im Vergleich von landschaftsbezogenen Raumkategorien, um dadurch eine Grundlage für planerische und politische Zielfestlegungen und Maßnahmen zu schaffen.

Die vorliegende Untersuchung ist eine landesweite quantitative Analyse der Zerschneidung in Baden-Württemberg mit der Messgröße der „effektiven Maschenweite“ m_{eff} . Wie die Resultate zeigen, ist Baden-Württemberg deutlich stärker zerschnittener, als es die Ergebnisse früherer, weniger detaillierter Untersuchungen erwarten ließen. Verglichen werden die Ergebnisse für die beiden Varianten mit bzw. ohne Berücksichtigung der Gemeindeverbindungsstraßen und für die zwei Anwendungsweisen des Ausschneideverfahrens und des Mittelpunktverfahrens. Die räumliche Differenzierung der Analyse erfolgt nach den vier Regierungsbezirken, 44 Landkreisen und 66 Naturräumen. Abschließend erläutert der Beitrag ein Beispiel für die Bezugnahme auf die unterschiedliche Empfindlichkeit von Landschaften, welche für die Bewertung des ermittelten Zerschneidungsgrades von Interesse ist, anhand der Räume mit hoher Biotopdichte.

Summary

Quantitative Analysis of Landscape Fragmentation in Baden-Württemberg

The dissection and fragmentation of landscapes is known as a major reason for the alarming loss of species in Central Europe. It also affects the water regime, the scenery, and the recreational quality. In spite of repeated demands for preserving large un-dissected low-traffic areas also on the political stage, fragmentation has increased during the last 15 years as rapidly as before.

In order to set objectives and to plan appropriate measures data on the degree of landscape fragmentation are needed that are suitable for comparing different regions, especially according to different natural landscape types.

The study presents a state-wide quantitative analysis of landscape fragmentation in Baden-Württemberg by means of the fragmentation measure "effective mesh size", m_{eff} . The results show that Baden-Württemberg is much more dissected and fragmented than indicated by former, less detailed investigations. The study compared results of two variants, with and without municipal roads, and two different analysis methods (clip procedure and central-point procedure).

The spatial differentiation corresponds with the four administrative districts of Baden-Württemberg, the 44 rural districts, and the 66 natural landscape units.

Eventually, an example is given how to consider the sensitivity of a landscape to fragmentation (which is relevant for the normative interpretation of the degree of fragmentation measured) by examining the regions of high biotope density.

wurde der flächendeckende Charakter dieses Umweltproblems erkannt. In der Bodenschutzkonzeption von 1985 hat die deutsche Bundesregierung schließlich eine „Trendwende im Landverbrauch“ zu ihrem Ziel erklärt. Die dafür vorgesehenen Maßnahmen umfassen die „Reduzierung des Verkehrsflächenbedarfs im städtischen Umland durch Trendumkehr bei der Zerschneidung und Zersiedlung der Landschaft“ und die Bewahrung von „Landschaften mit naturnahen Bodennutzungen vor weiteren Zerschneidungen durch Verkehrswege und Leitungssysteme sowie vor Bebauung“ (Bundesminister des Innern 1985: 96, 108).

Trotz mehrerer weiterer Anläufe, den Anstieg der Landschaftszerschneidung aufzuhalten (z.B. LANA 1995), haben Landschaftsverbrauch und Landschaftszerschneidung unvermindert weiter zugenommen (BfN 1999, JAEGER 1999). Die Enquête-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ konstatiert 1998, dass in Deutschland eine „schon ansatzweise erkennbare Zersiedelung mit erheblichen Qualitätsverlusten für Freizeit, Naturschutz und ggf. auch das Wohnen“ droht. Die Flächeninanspruchnahme müsse „als ein strukturelles gesellschaftliches Problem angesehen werden“ (Deutscher Bundestag 1998: 264). Dennoch ist dieses Problem auf der politischen Tagesordnung nur selten mit hoher Priorität behandelt worden. In den sehr dicht besiedelten Niederlanden mit 445 Einwohnern pro km² (gegenüber 230 E/km² in Deutschland) hingegen diskutieren und bearbeiten Wissenschaft und Politik die Folgeprobleme der Dichte des Verkehrsnetzes und mögliche Gegenmaßnahmen seit längerem mit deutlich mehr Nachdruck, vgl. z.B. die zahlreichen Beiträge niederländischer Autoren in SCHREIBER (1988) sowie CANTERS (1997), KRÜGER (2000), UDO DE HAES & CANTERS (1988), VAN BOHEMEN et al. (1994) und VAN DER GRIFF (1999).

2 Ziele der Untersuchung

Der steigende Problemdruck weist auf einen dringenden Bedarf nach überprüfbaren Zielvorgaben und wirksameren Maßnahmen als die bisherigen Absichtserklärungen und programmatischen Forderungen hin. Als Grundlage für planerische Zielfestlegungen wer-

1 Landschaftszerschneidung: ein flächendeckendes Umweltproblem

Trassen und Anlagen der Verkehrsinfrastruktur wirken ebenso wie Siedlungs- und Industriegebiete und andere intensive Flächennutzungen auf viele Tier- und Pflanzenarten als „Barrieren“. Die verbleibenden Lebensräume werden durch die Verdichtung des Verkehrsnetzes und die Ausdehnung der bebauten Flächen zunehmend verkleinert, zerteilt und voneinander isoliert. Diese Effekte gelten heute als wesentliche Ursachen des Artenverlustes in Mitteleuropa (ANDRÉN 1994, BAUR & ERHARDT 1995, BLAB 1990, TROMBULAK & FRISSELL 2000). Erholungs-

gebiete werden zunehmend verlärmert, und die Bewegungsfreiheit von Erholungssuchenden wird eingeschränkt. Die Folgen der Landschaftszerschneidung betreffen insgesamt sieben Problemfelder: Bodengefüge und Bodenbedeckung, Kleinklima, Immissionen, Wasserhaushalt, Flora und Fauna, Landschaftsbild und Erholungsqualität, Implikationen für die Landnutzung (JAEGER 1999: 85, KAULE 1998).

Die zunehmende Landschaftszerschneidung wurde in Deutschland seit den siebziger Jahren in die wissenschaftliche und umweltpolitische Diskussion eingebracht (z.B. Institut für Naturschutz und Tierökologie der BFANL 1977, LASSEN 1979), und alsbald

den geeignete, vergleichbare Daten über den aktuellen Zustand der Landschaftszerschneidung benötigt, möglichst im historischen Vergleich und im Vergleich von landschaftsbezogenen Raumkategorien. Solche Daten sind zugleich als Nachhaltigkeitsindikatoren gut geeignet, da sie als sogenannte *proxy measures* (im Sinn von relativ hoch aggregierten Messgrößen für die Abschätzung von Umweltbelastungen) eine Reihe verschiedener Belastungsfaktoren zusammenfassen und die grobe Entwicklungsrichtung der Umweltbelastung erkennbar machen (BERG & SCHERINGER 1994). Der Zerschneidungsgrad besitzt eine Indikatorfunktion für die Gefährdung der Biodiversität durch die Lebensraumzerstückelung. Der Bedarf nach solchen Größen wird in der internationalen Literatur zur Landschaftsökologie und zur Abschätzung und Bewertung von Umwelt Risiken betont (z.B. GEOGHEGAN et al. 1997, TURNER & GARDNER 1991). Der Zerschneidungsgrad hat wegen der Vielzahl der umweltbelastenden Folgen und ihres kumulativen Charakters eine starke normative Relevanz als ein Bewertungskriterium (vgl. hierzu ausführlich JAEGER 1999). Zur Quantifizierung des Zerschneidungsgrades wurde die neue Messgröße „effektive Maschenweite“ entwickelt (JAEGER 1999, 2000; MÜLLER et al. 1998; vgl. Abschnitt 3).

Quantitative Untersuchungen zum Zustand und zur Entwicklung der Landschaftszerschneidung gibt es in Deutschland bisher nur in geringer Zahl (siehe die Übersichten in GRAU 1998, in Vorb.). Die Studie des Bundesamtes für Naturschutz (1999) belegt einen Rückgang der unzerschnittenen verkehrsarmen Räume in den alten Bundesländern von 349 (=22,7 % der Landesfläche) im Jahr 1977 auf 296 (=18,6 %) im Jahr 1987 und auf nur noch 225 (=14,2 %) heute. (Zwar wurden 1999 teilweise andere Abgrenzungskriterien verwendet, die Unterschiede fallen jedoch gegenüber der Trendentwicklung kaum ins Gewicht.)

Weitere bundesweite Untersuchungen zu unzerschnittenen Räumen wurden von DOSCH et al. (1995: 15), vom Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (2000: 156) sowie von SCHUMACHER & WALZ (2000) vorgelegt. Darüber hinaus bereitet derzeit das Statistische Bundesamt eine Erhebung vor. Ältere (auf Westdeutschland bezogene) Studien haben FRITZ (1984) und HEISS (1992) durchgeführt. Diese Untersuchungen beschränken sich jedoch auf Waldflächen.

Die ersten quantitativen Untersuchungen für Baden-Württemberg legten EICHHORST & GERMAN (1974) für den Regierungsbezirk Tübingen, REICHELT (1979) für den Schwarzwald-Baar-Kreis und SCHREIBER et al. (o.J.) für die Region Mittlerer Neckar vor. Landesweite Darstellungen gibt es für Baden-Württemberg bisher lediglich als interne Bestandsaufnahmen bei der Landesanstalt für Umweltschutz in Karlsruhe sowie in Form einer Übersichtskarte im Kartenatlas (unveröffentlicht) in den Materialien zum Landschaftsrahmenprogramm (IER/ILPÖ 1999; Dokumentationen dazu in STAUCH 2000, STAUCH & KAULE 1999). Sie beinhalten jedoch keine quantitativen Analysen der

Zerschneidung, sondern fassen die vorliegenden Datengrundlagen zusammen. Die Untersuchungen des BfN weisen einen aktuellen Bestand von lediglich noch 28 unzerschnittenen Räumen (10,7 % der Landesfläche) in Baden-Württemberg aus (vgl. auch Karte 1), d.h. dass nahezu 90 % des Landes bereits in kleinere Räume (<100 km²) zerstückelt worden sind. Die aktuelle Situation in den übrigen Bundesländern wird die Recherche von GRAU (in Vorb.) charakterisieren. Keine der bisherigen bundesweiten Untersuchungen berücksichtigt Gemeindeverbindungsstraßen.

Der vorliegende Beitrag zielt auf eine Übersicht und auf den Vergleich des Zerschneidungsgrades in den verschiedenen Naturräumen einerseits und den politisch abgegrenzten Gebieten andererseits:

1. Welche Räume sind am stärksten, welche am geringsten zerschnitten?
2. Wie groß ist die Spannweite des erfassten Zerschneidungsgrades?
3. Welche „Rangfolge“ der Räume ergibt sich? An welcher Stelle positionieren sich ausgewählte Naturräume wie z.B. Kaiserstuhl, Baar oder Kraichgau im Vergleich zu den übrigen Naturräumen?
4. Wie stark ändern sich die Ergebnisse, wenn die Gemeindeverbindungsstraßen ausgeklammert bzw. einbezogen werden?
5. Welchen Einfluss hat die Wahl der Grenzen des betrachteten Gebietes auf den ermittelten Zerschneidungsgrad?

3 Methode

3.1 Das Zerschneidungsmaß „effektive Maschenweite“ (m_{eff})

Darüber, was der Begriff „Landschaftszerschneidung“ beschreiben soll, besteht derzeit kein einheitliches Verständnis in der Fachwelt, wie die Ergebnisse einer Befragung gezeigt haben (JAEGER 1999: 281f). Wir stützen uns daher auf eine relativ weite, funktional orientierte Definition:

Landschaftszerschneidung bezeichnet ein Zerreißen von gewachsenen ökologischen Zusammenhängen zwischen räumlich getrennten Bereichen der Landschaft (vgl. HABER 1993: 62). In struktureller Hinsicht kann Landschaftszerschneidung als vom Menschen geschaffene, vorwiegend linienhafte Strukturen oder Materialströme, mit denen Barriere-, Emissions- oder Kollisionswirkungen oder ästhetische Beeinträchtigungen verbunden sind, beschrieben werden (vgl. GRAU 1997, SCHUMACHER & WALZ 2000: 135).

Allgemeiner kann auch von „**Landschaftsfragmentierung**“ gesprochen werden. Als Hindernisse bei der Ausbreitung bzw. Wanderung von Tieren in einer Landschaft können zudem Fließ- und Stehgewässer (vor allem wenn die Ufer steilkantig befestigt sind) und hohe Felskanten wirken, sie lassen sich als „**geogene Zerschneidung**“ zusammenfassen.

Zur Quantifizierung der Landschaftszerschneidung gibt es in der Fachliteratur eine Reihe von Vorschlägen. Die meisten weisen jedoch Mängel auf oder sind nur unter engen Einschränkungen gültig, oftmals bedingt durch eine unzureichende Unterscheidung von „Zerschneidung“ und „Heterogenität“ (für Methodenübersicht und -vergleich siehe JAEGER 1999: 117-189). Schwächen der Erfassung des Zerschneidungsgrades über die **Zahl unzerschnittener Räume** > 50 oder 100 km², n_{UR} , (BfN 1999) sind beispielsweise folgende:

- Eine Zerteilung eines 300 km² großen Raumes in zwei Gebiete von je 150 km² führt zur Erhöhung von n_{UR} und scheint somit fälschlicherweise eine Verbesserung der Situation anzuzeigen.
- Die Verkleinerung einer Fläche von z.B. 150 auf 110 km² wird nicht registriert.
- Veränderungen bei Flächen, die <100 km² (bzw. 50 km²) sind, werden nicht berücksichtigt.

Die **Verkehrsliniendichte** hingegen, das zweithäufigste Maß für die Landschaftszerschneidung, enthält keine Informationen über die *Verteilung* der Verkehrsstrecken in der Landschaft und sagt somit wenig über die Größe der verbleibenden Flächen aus, die in Abhängigkeit von der Anordnung sehr unterschiedlich sein kann.

Die hier gewählte Methode stützt sich auf die Ermittlung der **effektiven Maschenweite** (s. Kasten; JAEGER 1999, 2000). Sie hat mehrere Vorteile gegenüber bisherigen Verfahren:

- Sie aggregiert die Informationen über die Landschaftszerschneidung zu einem einzigen, leicht erfassbaren Wert.
- Sämtliche Flächen, die im „Netz“ der Infrastrukturtrassen und Siedlungsgebiete, welches die Landschaft durchzieht, verbleiben, werden beachtet und entsprechend ihrer Größe berücksichtigt. Die Messgröße m_{eff} ist ein möglichst allgemeines Maß und steht daher in Bezug zu allen sieben in Abschnitt 1 genannten Problemfeldern.
- Das neue Verfahren vermittelt eine rasche, vergleichende Einschätzung von verschiedenen Landschaftsräumen unterschiedlicher Größe anhand eines quantitativen Maßes und ermöglicht eine einfache Ermittlung und Darstellung der Trendentwicklung durch die Angabe einer Zeitreihe für das untersuchte Gebiet (Monitoring-Funktion).
- Die Methode ist durch die Überprüfung anhand von Eignungskriterien (im systematischen Vergleich mit anderen quantitativen Maßen) wissenschaftlich begründet.
- Auf einfache Weise ist eine Erweiterung möglich, so dass auch die Nachbarschaftsbeziehungen der Flächen mit einbezogen werden (über die „Barrierestärke“ β mit $0 \leq \beta \leq 1$; JAEGER 1999, 2001a).

Die effektive Maschenweite eignet sich dafür, die Zerschneidung von Gebieten unterschiedlicher Gesamtgröße sowie mit differierenden Anteilen an Siedlungs- und Verkehrsfläche zu vergleichen. Mittelfristig bietet die Methode die Möglichkeit zur Festlegung von Grenz-, Richt- oder Zielwerten auf der Basis der ermittelten Ergebnisse (JAEGER 2001b).

Definition der effektiven Maschenweite m_{eff}

Die Definition von m_{eff} erfolgt über den Kohärenzgrad C :

► Der *Kohärenzgrad* C gibt die Wahrscheinlichkeit dafür an, dass sich zwei Tiere, welche vor der Zerschneidung ungehindert und unabhängig voneinander über die gesamte Fläche laufen konnten, in der selben (Teil-)Fläche befinden, wenn zu einem zufälligen Zeitpunkt ein Netz von zerschneidenden Linien über das Gebiet gelegt wird.

► Die *effektive Maschengröße* m_{eff} ist definiert als die Größe der Flächen, die man erhält, wenn das Gebiet in lauter *gleich große* Flächen zerteilt würde, so dass sich die selbe Wahrscheinlichkeit C dafür ergibt, dass zwei zufällig ausgewählte Orte in der selben Fläche liegen, wie für die zu untersuchende Zerschneidungssituation (mit unterschiedlich großen Flächen).

Für den Fall, dass die Tiere die Barrieren nicht überqueren können, führt eine kurze Rechnung (siehe JAEGER 2001a) auf die einfachen Formeln

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

mit n = Zahl der verbleibenden Flächen, F_i = Flächeninhalt von Fläche i , F_g = Gesamtfläche der untersuchten Region, welche in n Flächen oder „Patches“ zerteilt wurde.

Die Wahl dieser Definition ist durch mehrere Punkte begründet:

1. *Einfachheit*: Das (in Gedanken vollzogene) Aussetzen von zwei Individuen ist eine möglichst einfache Modellvorstellung, um die Zerschneidungssituation durch eine Wahrscheinlichkeit zu kennzeichnen; weitere Individuen sind dafür nicht unbedingt nötig, ein Individuum allein reicht nicht aus.
2. *Anschauliche Interpretation als Überlebensbedingung*: m_{eff} ist interpretierbar als ein Faktor, der die Überlebensfähigkeit von Tieren beeinflussen kann, denn die Begegnungsmöglichkeit von Tieren ist Voraussetzung für ihre Fortpflanzung (und damit für das Überleben einer Art)

Der Grundgedanke zur Beschreibung der Zerschneidung, welcher der effektiven Maschenweite zugrunde liegt, lautet: *Das neue Zerschneidungsmaß ist ein Ausdruck für die Möglichkeit, dass sich zwei Tiere, die zufällig (und unabhängig voneinander) im betrachteten Gebiet ausgesetzt werden, begegnen können.* Je mehr Barrieren in die Landschaft eingefügt werden, umso geringer wird die Begegnungswahrscheinlichkeit.

Als Hindernisse für die Wanderung von Tieren bzw. für Erholungssuchende oder als Emissionsquellen haben wir Straßen, Bahnlinien, Siedlungs- und Industrieblä-

sowie für den Genaustausch in einer Metapopulation.

3. *Mathematische Eigenschaften*: m_{eff} hat sehr vorteilhafte mathematische Eigenschaften; z.B. ist m_{eff} relativ unempfindlich gegenüber dem Einbezug oder Weglassen kleiner und kleinster Restflächen und ist aufgrund seiner mathematischen Eigenschaften auch für den Vergleich unterschiedlich großer Gebiete geeignet (vgl. ausführlich JAEGER 1999, 2000).

4. *Berücksichtigung der Struktur des Verkehrs- und Siedlungsnetzes*: Im Gegensatz zur Verkehrsliniendichte bringt m_{eff} Veränderungen in der räumlichen Anordnung der Verkehrsstrecken zum Ausdruck (z.B. eine Bündelung von Verkehrslinien).

Der Maximalwert der effektiven Maschenweite wird erreicht für ein vollkommen unzerschnittenes Gebiet; der Wert von m_{eff} ist dann gleich der Größe des Gebietes. Wird ein Gebiet in n gleich große Teile zertrennt, so ist der Wert von m_{eff} gleich der Größe dieser Teilräume. (m_{eff} ist allerdings im Allgemeinen *nicht* gleich der Durchschnittsgröße der verbleibenden Flächen.) Der minimale Wert von m_{eff} ist 0 km²; erreicht wird er, wenn ein Gebiet vollständig von Verkehrs- und Siedlungsfläche überdeckt wird.

Der systematische Vergleich dieser Zerschneidungsmaße (Kohärenzgrad C und effektive Maschenweite m_{eff}) mit sechs anderen Maßen aus der Literatur (u.a. Anzahl der verbleibenden Flächen n , Durchschnittsgröße der Flächen $\bar{F}$, *landscape dissection index* LDI nach BOWEN & BURGESS 1981, relativer Zerschneidungsindex des Statistischen Bundesamtes PI_{rel} nach DEGGAU et al. 1992) anhand von neun Eignungskriterien zeigt, dass m_{eff} uneingeschränkt als Zerschneidungsmaß interpretierbar ist, während die übrigen sechs Größen in ihrer Eignung beschränkt sind (JAEGER 2000).

Das weit verbreitete Analyseprogramm FRAGSTATS, Version 3.0, unterstützt das Zerschneidungsmaß der „effektiven Maschenweite“ (vgl. http://www.unmass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats_documents.html), unter „FRAGSTATS Metrics“, „Subdivision Metrics“, S. 72-78). Damit kann m_{eff} für digitalisierte Kartenausschnitte berechnet werden.

chen (Ortslagen) sowie die *geogene Zerschneidung* durch Flüsse (ab 6 m Breite) und Seen berücksichtigt. Man kann dafür argumentieren, die Gewässer nicht als Barrieren mit zu berücksichtigen, sondern ausschließlich die anthropogene Zerschneidung zu berechnen. Auch dann sollten jedoch als Wasserstraßen genutzte Fließgewässer sowie Fließgewässer mit Uferbefestigungen, welche für Tiere, die das Gewässer schwimmend überqueren könnten, schwer überwindbar sind, mit einbezogen werden. Da sehr viele Gewässer, die breiter als 6 m sind, befahren oder/und steilkantig befestigt sind, ergibt das Ausklammern der natürlichen und naturnahen Fließgewässer somit nur eine

geringe Abweichung gegenüber den hier berechneten Werten. Auch der Einbezug von landwirtschaftlich intensiv genutzten Flächen sowie von land- und forstwirtschaftlichen Straßen und Wegen wäre möglich und sinnvoll, übersteigt jedoch den Rahmen dieser Studie.

Wir haben in dieser Untersuchung keine Störkorridore um die Straßen gelegt, da es uns hier zunächst um eine landesweite Übersicht zum „Zerteilungseffekt“ ohne den Einfluss der Reichweite der von den „Barrieren“ ausgehenden Störungen geht. Störkorridore einzubeziehen wäre eine sinnvolle Aufgabe für nachfolgende Untersuchungen und kann mit dem hier eingesetzten Maß m_{eff} unmittelbar durchgeführt werden (z.B. zur Analyse, wie rasch m_{eff} mit steigender Störungsreichweite absinkt).

3.2 Datengrundlage, -aufbereitung und -verarbeitung

Als Grundlage der digitalen Bearbeitung wurden neben den Vermessungsdaten Geodaten aus dem „Räumlichen Informations- und Planungssystem“ (RIPS) verwendet (MÜLLER 2000). Die ATKIS-Daten des Digitalen Landschaftsmodells (DLM-25/1) für den Erfassungszeitraum 1991 bis 1998 wurden aus der Einheitlichen-Datenbank-Schnittstelle (EDBS) in *Shape-files* umgesetzt. Die Abbildung der realen Topographie in das ATKIS-Datenmodell mit Maßstab 1 : 10 000 bedingt eine Vereinfachung der Objektstrukturen (z.B. bei mehrspurigen Straßen) und eine Generalisierung der Geometrie. Da verdeckte Elemente (z.B. Gewässerstreifen unter Brücken) in ATKIS nicht abgebildet werden, wurden Lücken (bis zu 10 m) in linienhaften Objekten geschlossen.

Aus diesem Datenbestand wurde ein Flächenmosaik generiert, welches die Landesfläche von Baden-Württemberg überdeckt und als polygonbildende Grenzlinien die Ränder der Ortslagen und Stillgewässer, die Fließgewässer (> 6 m), Schienenwege und Straßen (Bundesautobahnen, Bundes-, Landes-, Kreis- und, für eine gesonderte Analyse, auch die Gemeindestraßen) zusammenführt (teilweise bildet zusätzlich die Landesgrenze technisch bedingt eine „künstliche Barriere“). Diese Zerschneidungsaufgabe wurde mit *ArcInfo* durchgeführt und resultierte in einem topologisch einwandfreien Polygon-Coverage.

Stichstraßen, d.h. solche Straßen, die über nur einen Knoten in das Straßennetz eingebunden sind, vernachlässigen wir, da eine handhabbare Definition, wann eine solche Straße einen Zerschneidungseffekt bewirkt, schwer festzulegen ist und ihre Verkehrsbelastung gering ist. Außerdem gehen wir davon aus, dass mögliche Unterschiede zwischen dem ATKIS-Datenbestand und der tatsächlichen Landschaft für die Ergebnisse ebenfalls vernachlässigbar sind.

Die Polygone sind so attribuiert, dass ihre Unterscheidung hinsichtlich der Zugehörigkeit zu den Ortslagen (bzw. zu den Stillgewässern) möglich ist. Der Teil des Flächenmosaiks, welcher nicht zu den Ortslagen oder Seen gerechnet wird, liefert die gesuch-

ten Flächen, die der Berechnung der effektiven Maschenweite zu Grunde liegen (für technische Einzelheiten vgl. ESSWEIN 2001). Die Straßen werden durch Vektordaten mit der Breite 0 dargestellt, ihr realer Flächenbedarf wird nicht berücksichtigt.

Um die effektive Maschenweite sinnvoll einsetzen zu können, ist die Vorgabe eines Bezugsraums (Landkreis, Naturraum etc.), dessen Zerschneidungsgrad charakterisiert werden soll, notwendig. Dazu sind ebenfalls Zerschneidungstechniken nötig, um die einem Bezugsraum zugeordneten Flächen zu bestimmen. Hier stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung:

1. Alle Flächen, die eine *gemeinsame Schnittfläche* mit dem Bezugsraum besitzen, werden der Bezugsfläche zugeordnet.

2. Alle Flächen, die *vollständig* vom Bezugsraum eingeschlossen sind, werden der Bezugsfläche zugeordnet.

3. *Mittelpunktverfahren*: Alle Flächen, deren Mittelpunkt (Zentroide) im Bezugsraum liegt, werden der Bezugsfläche zugeordnet.

4. *Ausschneideverfahren*: Die Flächen werden mit dem Bezugsraum direkt verschnitten, d.h. die Grenze des Bezugsraums dient als zusätzliche flächenbildende Grenzlinie, und die durch diese neue Grenze zusätzlich entstehenden Flächen werden, da sie im Bezugsraum liegen, in die Analyse mit einbezogen. Hierdurch entsteht tendenziell eine Unterschätzung der effektiven Maschenweite, da die Randflächen zum Teil kleiner erscheinen, als sie es in der Landschaft sind.

Die beiden zuerst genannten Möglichkeiten wurden verworfen, denn Variante 1 ordnet die auf den Grenzen der Bezugsräume liegenden Flächen *mehreren* Bezugsräumen zugleich zu, Variante 2 hingegen ordnet diese Flächen *keinem* Bezugsraum zu und liefert daher keine vollständige Zuordnung dieser Flächen. Das *Ausschneideverfahren* (AsV) und das *Mittelpunktverfahren* (MpV) liefern beide eine eindeutige und vollständige Zuordnung der Flächen zu den Regierungsbezirken, zu den Landkreisen und zu den Naturräumen in Baden-Württemberg. Für die Anwendung des Ausschneideverfahrens spricht trotz der Tendenz, Randflächen verkleinert zu berücksichtigen, das Argument, dass die Bezugsfläche für die Aufstellung einer Zeitreihe feste Grenzen haben soll. Beim Mittelpunktverfahren hingegen kann der äußere Rand des tatsächlich berücksichtigten Gebietes mit der Zeit wechseln (z.B. wegen neuer Straßen in der Nähe des Randes). In Abhängigkeit von der jeweiligen Fragestellung kann das eine oder das andere Verfahren besser geeignet sein. Daher haben wir beide Verfahren eingesetzt und die Ergebnisse verglichen.

Nachdem die für den Bezugsraum relevanten Polygone selektiert wurden (was mit den GIS-Funktionalitäten von *ArcView* und *ArcInfo* möglich ist), wird für sie eine Flächenberechnung durchgeführt. Anschließend wird daraus die effektive Maschenweite mit den Statistikfunktionen im GIS oder mit Hilfe eines Tabellenkalkulationsprogramms wie *Excel* berechnet.

4 Ergebnisse

Die folgenden Ergebnisse werden jeweils für zwei „Zerschneidungsebenen“ wiedergegeben:

► *Zerschneidungsebene „o.G.“* (d.h. ohne Gemeindeverbindungsstraßen): Autobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen, Bahnlinien, Flüsse ab 6 m Breite, Siedlungsflächen und Seen.

► *Zerschneidungsebene „m.G.“* (d.h. mit Gemeindeverbindungsstraßen): wie „o.G.“ plus zusätzlich die Gemeindeverbindungsstraßen.

4.1 Landesweiter Überblick

Karte 1 (Beilage im A2-Format) zeigt die zerschnittenen und die verbleibenden unzerschnittenen Räume des Landes. Die effektive Maschenweite für ganz Baden-Württemberg beträgt $m_{\text{eff}} = 20,24 \text{ km}^2$ (ohne Gemeindeverbindungsstraßen). Mit Einbezug der Gemeindeverbindungsstraßen sinkt die effektive Maschenweite um 32 % ab, auf $m_{\text{eff}} = 13,66 \text{ km}^2$ (m.G.). Dieser Wert wurde mit den Landesgrenzen als äußerem Rand berechnet (Ausschneideverfahren). Auf der Zerschneidungsebene „o.G.“ wurden 13 945 Flächen in die Berechnung einbezogen, deren Größe von 100 m^2 bis $161,0 \text{ km}^2$ reicht. Auf der Zerschneidungsebene „m.G.“ wurden 30 835 Flächen berücksichtigt (zwischen 100 m^2 und $146,7 \text{ km}^2$). Flächen $< 100 \text{ m}^2$ wurden nicht berücksichtigt, denn sie liefern keinen relevanten Beitrag mehr zu m_{eff} .

Für den Vergleich mit anderen Studien geben wir die *Zahl der unzerschnittenen Räume* $> 100 \text{ km}^2$ (UZR) an: Sie beträgt acht für Zerschneidungsebene „o.G.“ (insgesamt $1 109 \text{ km}^2$, entsprechend 3,1 % der Landesfläche) und sechs für Zerschneidungsebene „m.G.“ ($752 \text{ km}^2 = 2,1 \%$ der Gesamtfläche). Für die Flächen $> 50 \text{ km}^2$ erhalten wir eine UZR-Anzahl von 40 für Zerschneidungsebene „o.G.“ ($3 209 \text{ km}^2 = 9,0 \%$ der Fläche) und von 22 für „m.G.“ ($1 880 \text{ km}^2 = 5,3 \%$ der Fläche).

SCHUMACHER & WALZ (2000) hingegen stellen 28 Flächen $> 100 \text{ km}^2$ ($4 350 \text{ km}^2 = 12 \%$ der Landesfläche) und 193 Flächen $> 50 \text{ km}^2$ ($11 780 \text{ km}^2 = 45 \%$ der Landesfläche) innerhalb Baden-Württembergs dar. Die Unterschiede zu unseren Ergebnissen erklären sich zum einen daraus, dass SCHUMACHER & WALZ mit CORINE-Bodenbedeckungsdaten (mit 10 ha als kleinster aufgelöster Fläche) arbeiten, vor allem aber daraus, dass sie keine Kreisstraßen und keine Gemeindeverbindungsstraßen, keine Bahnstrecken, auf denen nicht mindestens Interregio-Züge verkehren, keine Flüsse und keine Seen als „Barrieren“ berücksichtigen. Sehr viele Räume, die gemäß der Übersichtsmethode nach SCHUMACHER & WALZ noch als relativ unzerschnitten erscheinen, entfallen, sobald weitere vorhandene zerschneidungsrelevante Landschaftselemente mit einbezogen werden.

Karte 1 zeigt die *räumliche Verteilung* der noch verbleibenden weniger stark zerschnittenen Gebiete: der gesamte Schwarzwald,

die Schwäbische Alb, aber auch der Schönbuch (südlich von Stuttgart) sowie zum Teil noch das Gebiet nördlich der Jagst. Sehr stark zerschnittene Regionen sind hingegen die Rheinebene, der Raum um Stuttgart – Heilbronn – Pforzheim und der gesamte Bodenseeraum, aber auch die Hohenloher Ebene, das Gebiet um Ulm sowie der Raum von Böblingen bis Villingen-Schwenningen.

Eine mit Karte 1 vergleichbare Darstellung liegt seit kurzem für Nordrhein-Westfalen vor (BAUMANN & HINTERLANG 2001).

4.2 Die vier Regierungsbezirke

Die Landschaftszerschneidung in den Regierungsbezirken weist große Unterschiede auf (Abb. 1, Tab. 1 im Anhang). Stuttgart ist am stärksten, Freiburg am wenigsten stark zerschnitten, wobei der Wert der effektiven Maschenweite in Stuttgart deutlich geringer als die Hälfte des Wertes in Freiburg ist. Die unzerschnittenen Flächen im Schwarzwald führen zu einem relativ hohen Wert der effektiven Maschenweite in Freiburg. Die Werte für Tübingen und Karlsruhe liegen zwischen denen der beiden anderen Bezirke. Die Reihenfolge der vier Bezirke ist ohne und mit Gemeindeverbindungsstraßen gleich und zudem nicht von der Methode (AsV oder MpV) abhängig. Die Unterschiede zwischen den beiden Methoden (maximal 14 % für Karlsruhe, resultierend aus der scheinbaren Zerteilung von größeren Gebieten durch den Rand des Untersuchungsgebietes) sind geringer als die Unterschiede zwischen den vier Regierungsbezirken (das Mittelpunktverfahren wurde nur für die Flächen innerhalb von Baden-Württemberg angewendet, nicht für die Flächen an der Grenze zu Frankreich, zur Schweiz, zu Bayern und Hessen). Die Hinzunahme der Gemeindestraßen senkt die effektive Maschenweite um 17 % (in Karlsruhe) bis 40 % (in Stuttgart).

4.3 Die 44 Landkreise

Die Unterschiede zwischen den Landkreisen hinsichtlich ihrer Zerschneidung sind sehr ausgeprägt (Abb. 2, Tab. 2 im Anhang). Die Werte der effektiven Maschenweite überdecken eine Spanne von $2,1$ bis 46 km^2 (o.G.) bzw. von $1,6$ bis 30 km^2 (m.G.). Am stärksten zerschnitten (mit Werten zwischen $1,5$ und 5 km^2) sind die Kreise Mannheim, Stuttgart, Ulm, Karlsruhe (Stadt), Ludwigsburg und Heilbronn, aber auch der Bodenseekreis, Konstanz und Hohenlohe. Große Werte $> 26 \text{ km}^2$ (o.G.) bzw. $> 18 \text{ km}^2$ (m.G.) erreicht die effektive Maschenweite beispielsweise im Ortenaukreis, in Emmendingen, im Breisgau-Hochschwarzwald und in Freudenstadt. Nur neun (o.G.) bzw. sechs Kreise (m.G.) haben Werte, die über dem Gesamtwert für Baden-Württemberg liegen, die meisten Kreise weisen hingegen eine stärkere Zerschneidung auf.

Die Anordnung der Kreise in Abb. 2 erfolgt nach dem Wert der effektiven Maschenweite gemäß dem Ausschneideverfahren, da hierbei die Flächen berücksichtigt werden, die genau innerhalb des jeweiligen Kreises liegen, d.h. im Gebiet, für das der Kreis poli-

tisch zuständig ist. Das Ausschneideverfahren bringt zum Ausdruck, wie die Zerschneidung *innerhalb* der Gebietsgrenzen aussieht, und das Ergebnis kann nicht durch Effekte, die lediglich aufgrund randlich gelegener Flächen auftreten, verzerrt werden.

Im Durchschnitt sinkt die effektive Maschenweite aufgrund der Gemeindestraßen um etwa 30 %. Die Rangfolge der Kreise im landesweiten Vergleich ändert sich jedoch nur wenig. Einzelne Kreise liegen allerdings mit den Gemeindestraßen tiefer, andere höher im Rang als ohne Gemeindestraßen. Ein Beispiel ist Schwäbisch Hall: Die Gemeindestraßen führen hier zu einer Halbierung der effektiven Maschenweite, und der Kreis liegt nun an 13. Stelle statt der vorherigen 21. Stelle. Karlsruhe und Baden-Baden hingegen werden durch Gemeindestraßen nur geringfügig zusätzlich zerschnitten (und gelangen dadurch von Platz 17 auf Platz 21 bzw. von 26 auf 35).

4.4 Die 66 Naturräume

Zwischen den Naturräumen sind die Unterschiede hinsichtlich der Zerschneidung noch deutlich stärker ausgeprägt als bei den Landkreisen (Abb. 3 und 4, Tab. 3 im Anhang). Einige Werte liegen hier tiefer, andere höher als bei den Kreisen. Am stärksten zerschnitten sind Hochrheintal, Neckar-Rheinebene, Bergstraße, Stuttgarter Bucht, Ortenau-Bühler Vorberge, hessische Rheinebene, Ries, die Filder und Unteres Illertal mit Werten <4 km² bzw. <3,2 km². Zehn- bis zwanzigmal größer ist die effektive Maschenweite in den Gebieten Schönbuch und Glemswald, Adelegg, in Teilen der Albhochfläche (Hohe Schwabenalb, Mittlere Kuppenalb) und in den Räumen des Schwarzwalds.

Das Albvorland ist stärker zerschnitten als die Albhochfläche (Abb. 4). Die Gebiete entlang des Bodenseeufer gehören mit Werten um 5,6 km² (o.G.) bzw. 3 km² (m.G.) zu den sehr stark zerschnittenen Regionen. Der Kaiserstuhl mit 16,8 bzw. 14,6 km² liegt im landesweiten Vergleich auf Rang 54 (bzw. 56), die Baar auf Platz 28 (bzw. 34) mit 8,5 bzw. 6,1 km². Der Kraichgau belegt zwischen diesen beiden den Platz 34 (bzw. 45) mit einer effektiven Maschenweite von 9,7 km² (bzw. 7,9 km²).

Da die Naturraumgrenze für viele Tier- und Pflanzenarten auch eine Grenze für ihren Lebensraum darstellt, sind hier oft die Ergebnisse des Ausschneideverfahrens aussagekräftiger als die des Mittelpunktverfahrens. Die Unterschiede zwischen den beiden Methoden sind nur für wenige Naturräume ausgeprägt. Die Abweichungen treten vor allem in den Gebieten auf, in denen große Flächen liegen, z.B. im Mittleren Schwarzwald und im Nördlichen Talschwarzwald.

Wie bei den Kreisen lassen sich die Unterschiede in der Rangfolge auf den Zerschneidungsebenen „o.G.“ und „m.G.“ diskutieren. Das Markgräfler Hügelland beispielsweise liegt mit 10,7 km² im landesweiten Vergleich auf der Zerschneidungsebene „o.G.“ auf Rang 39 und klettert für „m.G.“ auf Rang 18, da die effektive Maschenweite aufgrund der Ge-

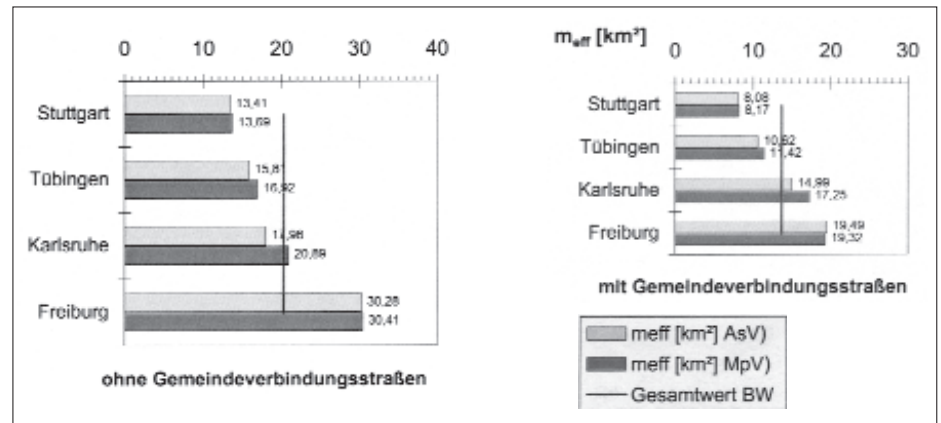


Abb. 1: Darstellung des Zerschneidungsgrades für die vier Regierungsbezirke in Baden-Württemberg (Vergleich ohne/mit Gemeindeverbindungsstraßen) durch die effektive Maschenweite (m_{eff}) in km² nach zwei Verfahren: AsV = Ausschneideverfahren (gelbe Balken), MpV = Mittelpunktverfahren (blaue Balken; s. Text). Der Wert der effektiven Maschenweite für ganz Baden-Württemberg von 20,24 km² (ohne) bzw. 13,66 km² (mit Gemeindeverbindungsstraßen) ist zum Vergleich angegeben (rote Linie).

meindestraßen auf weniger als die Hälfte absinkt (auf 4,5 km²). Das Gebiet der Holzstöcke hingegen gelangt von Platz 49 (13,9 km²) auf Platz 53, denn die effektive Maschenweite (11,4 km²) sinkt um lediglich 18 %.

4.5 Beispiel für Bezugnahme auf die unterschiedliche Empfindlichkeit der Räume

Für einen planerischen Einsatz von Zerschneidungsmaßen ist es hilfreich, Räume zu identifizieren, für die eine besonders hohe Wahrscheinlichkeit von negativen Auswirkungen von zerschneidenden Eingriffen zu erwarten ist (Beeinträchtigung der Erholungsfunktion, Verringerung der Chance zum Habitatwechsel oder zum notwendigen Individuenaustausch zwischen Teilpopulationen). Beeinträchtigt werden vor allem jene Tierarten, die aufgrund ihrer Habitatansprüche unterschiedliche Landschaftselemente oder spezielle Landschaftsstrukturen benötigen, sowie Tierarten, die ihre regionale Überlebensfähigkeit über eine erfolgreiche Metapopulationsdynamik gewährleisten müssen. Für die Maßstabebene der Landesplanung ist es jedoch derzeit nicht möglich, eine Beschreibung der Zerschneidungswirkung auf der Basis analysierter Wanderungsbewegungen von Tierarten zu gewinnen. Ein solches landesweites Survey wäre zwar wünschenswert, steht aber bis auf weiteres nicht in Aussicht. Vielmehr muss sich die großräumige Beurteilung der Zerschneidungswirkung auf eine Definition von Raumkategorien stützen, die auf Räume mit einer hohen Vorkommenswahrscheinlichkeit für zerschneidungsempfindliche Wanderungsbewegungen hinweist.

Große, zusammenhängende Waldgebiete bieten sich als eine erste grobe und leicht fassbare Kategorie zerschneidungsempfindlicher Areale an (vgl. die Diskussion in Abschnitt 5). Eine zweite im Landesmaßstab brauchbare Ausgrenzung zerschneidungsempfindlicher Räume bieten die im Kartenatlas zum Landschaftsrahmenprogramm (IER/ILPÖ 1999) erarbeiteten „Räume mit

hoher Dichte schutzwürdiger Biotope“ (Gebiete, die sich durch eine überdurchschnittliche Dichte schutzwürdiger Biotope oder überdurchschnittliche Vorkommen landesweit gefährdeter Arten auszeichnen). Abb. 5 stellt räumlich differenziert den Zerschneidungsgrad dieser Räume dar (26,6 % der Landesfläche). Insgesamt berechnet sich die effektive Maschenweite dieser Räume zu 17,7 km², während die Gebiete außerhalb davon einen Wert von 9,6 km² haben (mit Gemeindeverbindungsstraßen).

Drei weitere Möglichkeiten zur Empfindlichkeitsbetrachtung bestehen darin,

(a) Verbreitungsgebiete von zerschneidungsempfindlichen Zielarten oder -artengruppen heranzuziehen (vgl. RECK et al. 1996),

(b) Gebiete mit Korridorfunktion (vgl. die Karte „Gebiete und Korridore mit besonderer Eignung für einen großräumig wirksamen Lebensraumverbund“ im Kartenatlas zum Landschaftsrahmenprogramm, IER/ILPÖ 1999) auszuwählen, die ebenfalls zerschneidungsempfindlich sind, oder

(c) Raumkategorien des Naturschutzes und der Landes- und Regionalplanung zu betrachten, die schutzwürdige Räume festlegen (z.B. Landschaftsschutzgebiete oder Vorranggebiete für Natur und Landschaft).

Eine weitere Diskussion der Wege zur Verknüpfung der Zerschneidungsanalyse mit Räumen hoher Empfindlichkeit übersteigt den Rahmen dieses Beitrags.

5 Diskussion

Baden-Württemberg ist weit stärker zerschneidungsempfindlich, als es die Ergebnisse bisheriger Studien (BfN 1999, SCHUMACHER & WALZ 2000) aufgezeigt haben.

Zur Erklärung und Interpretation der großen Unterschiede zwischen den Teilregionen hinsichtlich ihres Zerschneidungsgrades eignen sich insbesondere die vier Größen Relief, Waldanteil, Anteil der Siedlungsfläche und Einwohnerdichte (vgl. DOSCH et al. 1995: 16). Ein Vergleich der Ausstattung und

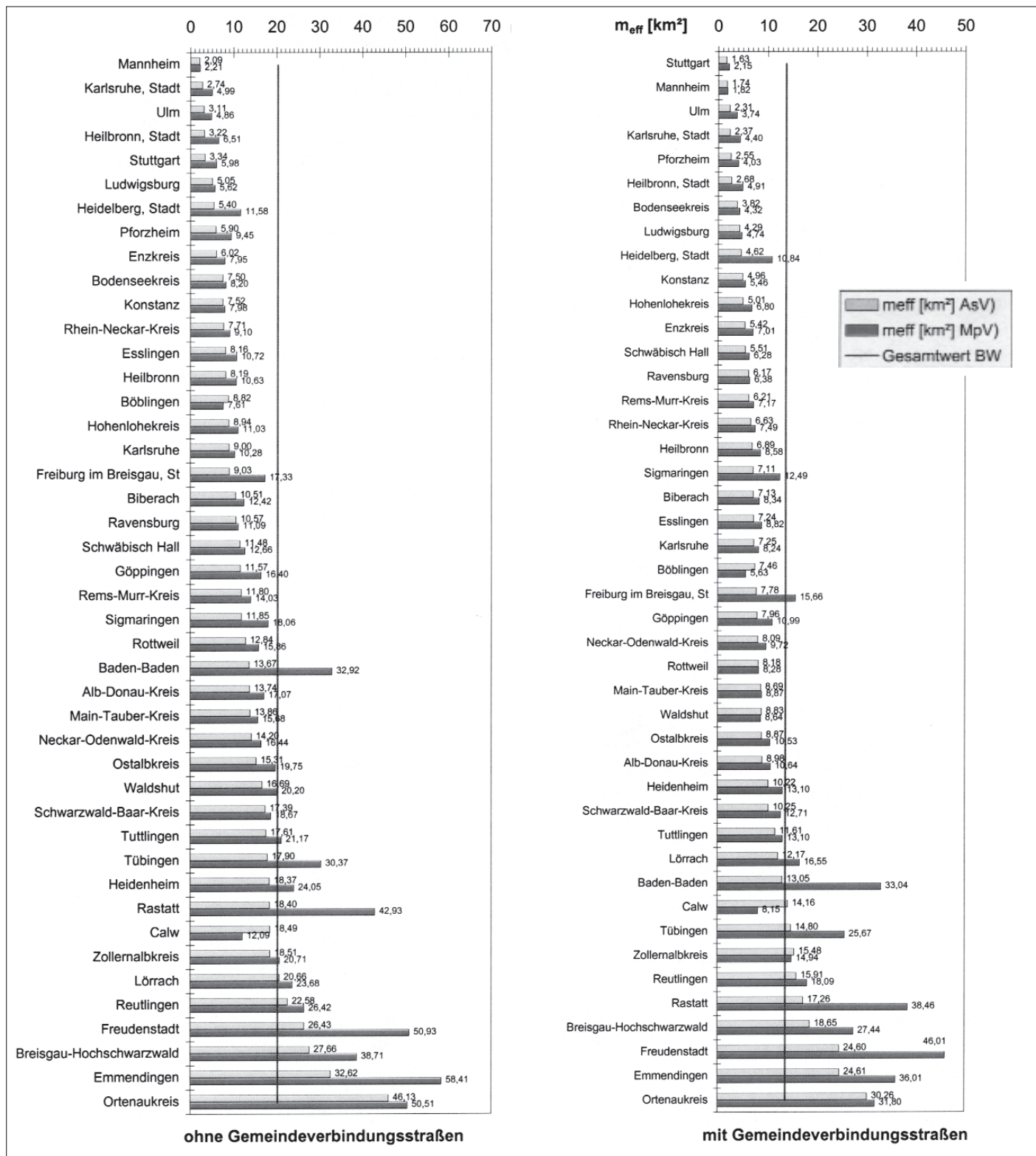


Abb. 2: Darstellung des Zerschneidungsgrades für die 44 Landkreise in Baden-Württemberg (Vergleich ohne/mit Gemeindeverbindungsstraßen) durch die effektive Maschenweite (m_{eff}) nach zwei Verfahren: AsV = Ausschnideverfahren (gelbe Balken), MpV = Mittelpunktverfahren (blaue Balken; s. Text). Zum Vergleich mit angegeben (rote Linie) ist der Wert der effektiven Maschenweite für ganz Baden-Württemberg von 20,24 km² (ohne) bzw. 13,66 km² (mit Gemeindeverbindungsstraßen).

Nutzung der Landschaften und Naturräume im Zusammenhang mit ihrem Zerschneidungsgrad wäre wünschenswert.

Die Karte der effektiven Maschenweite der Naturräume (Abb. 4) lässt erkennen, dass die höher gelegenen Landstriche weniger stark zerschnitten sind als die Tallagen. Dieses ist eine Folge der historisch günstigeren

Lagen von Ebenen für eine Besiedlung. So weisen Flusstäler wie Rheintal und Neckartal eine geringere effektive Maschenweite auf als beispielsweise die Albhochfläche oder der Schwarzwald. Generell sind die ebenen Räume wie die Kocher-Jagst-Ebene, die Filder und der Bodenseeraum stärker zerschnitten als die hügeligen oder bergigen.

Der Waldanteil der Naturräume mit einer effektiven Maschenweite 6 km² liegt überwiegend zwischen 10 und 30 %, während die Gebiete mit einem Waldanteil über 40 % eine effektive Maschenweite über 8 km² aufweisen und die effektive Maschenweite in den Gebieten mit über 60 % Wald mehr als 11 km² beträgt (m.G.). Es gibt jedoch Aus-

nahmen: z.B. die Schwarzwald-Randplatten (mit 63 % Wald und 6,3 km² Maschenweite) und den Kaiserstuhl (mit nur 19 % Wald, aber 14,6 km² Maschenweite). Es zeigt sich ein ähnlicher Trend bei der Einwohnerdichte: Gebiete mit mehr als 400 EW/km² haben eine effektive Maschenweite < 5 km², allerdings gibt es auch hier auffällige Ausnahmen: Im Raum Schönbuch und Glemswald beispielsweise liegt die Maschenweite trotz 489 EW/km² bei 22,5 km² (Waldanteil 60 %, Siedlung 9 %). Es sind auch einige dünn besiedelte Gebiete stark zerschnitten, z.B. die Hohenloher-Haller-Ebene (mit 192 EW/km² und 3,2 km² Maschenweite) und das Oberschwäbische Hügelland (mit 93 EW/km² und 6,4 km² Maschenweite). Einen wichtigen Einfluss hat zudem eine disperse Verteilung der Siedlungen und Verkehrswege gegenüber einer Bündelung des Verkehrs und einer Eingrenzung von Verdichtungsräumen (vgl. z.B. das Westallgäuer Hügelland mit dem Kraichgau).

Die erhaltenen Werte sind vergleichbar mit den Ergebnissen zur effektiven Maschenweite in der Region „Kreuzung Schweizer Mittelland“ zwischen 1,4 und 8,0 km² (MÜLLER et al. 1998) und im „Strohgäu“ (Landkreis Ludwigsburg) von 1,6 bis 4,6 km² (JAEGER, eingegr.). BRENNER et al. (2001) erhalten für das Mittlere Oberschwaben eine Maschenweite von 6,2 km² und für Hohenlohe einen Wert von 4,7 km² (bei Berücksichtigung von Gemeindeverbindungsstraßen und Fließgewässern ab ca. 2 m³/sec, jedoch ohne Seen).

Der Vergleich der beiden Methoden (Ausschneideverfahren und Mittelpunktverfahren) liefert Aufschluss darüber, wie hoch der Einfluss der Grenzen und der randlich gelegenen Gebiete ist. Generell gilt: Je größer die untersuchte Region ist, desto geringer fällt der Unterschied zwischen den beiden Methoden aus. Auffällig ist allerdings die viel höhere effektive Maschenweite im Naturraum Grindenschwarzwald und Enzhöhen gegenüber dem Nördlichen Talschwarzwald und dem Mittleren Schwarzwald (Abb. 4). Beim Mittelpunktverfahren (MpV) steigt der Wert der effektiven Maschenweite für den Mittleren Schwarzwald zwar stark an, erreicht aber dennoch nicht den Wert des Gebietes Grindenschwarzwald und Enzhöhen. Im Nördlichen Talschwarzwald hingegen fällt der MpV-Wert deutlich geringer aus als der AsV-Wert. Das deutet darauf hin, dass zwar größere Flächen auf den Grenzlinien zwischen den drei Naturräumen liegen, dass aber unabhängig davon große Unterschiede zwischen den drei Räumen bestehen.

6 Ausblick

Die vorliegende Studie liefert eine Vergleichsgrundlage für Untersuchungen in anderen Bundesländern (insbesondere für vergleichende Betrachtungen der Naturräume aus verschiedenen Bundesländern). Langfristiges Ziel ist es, bundesweite Vergleichsdaten zu schaffen, die als Orientierung für besser greifende Maßnahmen – wie die Festsetzung von Grenz-, Richt- oder Zielwerten – geeignet sind, um die Landschaftszerschneidung zu beschränken (JAEGER 2001b) und die seit

langem geforderte „Trendwende im Landverbrauch“ einzuleiten (z.B. Bundesminister des Innern 1985). Hierfür wäre außerdem die Erstellung von Zeitreihen für den Vergleich mit früheren Zuständen sinnvoll. Eine solche Untersuchung wird für Baden-Württemberg derzeit durchgeführt, für das Gebiet „Strohgäu“ und in der Schweiz für das Gebiet „Kreuzung Schweizer Mittelland“ liegt sie vor (JAEGER 1999: 211ff, eingegr.).

Aufschlussreich für das Verständnis und die Interpretation der Ergebnisse wären weiterhin systematische Untersuchungen der Korrelationen zwischen dem Grad der Zerschneidung (effektive Maschenweite) und der Meereshöhe, der Reliefenergie, dem Waldanteil, der Einwohnerdichte, der Verkehrswegedichte, dem Anteil der Siedlungsfläche und dem Verdichtungsgrad (einschließlich dem Grad der Bündelung von Verkehrsströmen). Korrelationsanalysen zwischen dem Zerschneidungsgrad und dem Vorkommen von Ziel- oder Schlüsselarten können über die Auswirkungen Auskunft geben. Überlagerungen mit dem Vorkommen und den Rückgangstendenzen einzelner Arten, insbesondere Arten von Roten Listen, könnten zukünftig zeigen, ob unzerschnittene Räume deren Situation widerspiegeln. Auch ein Vergleich mit dem Wert für die geogene Zerschneidung der betrachteten Gebiete (d.h. durch Fließgewässer und steile Felskanten) wäre für die Interpretation hilfreich. Ein Vergleich mit den Werten der effektiven Maschenweite, die sich für generalisierte Darstellungen des Straßennetzes (z.B. im Netzknotenmodell) ergeben, kann aufzeigen, wie robust oder sensitiv die Ermittlung der Landschaftszerschneidung auf die Verwendung vereinfachter Datenmodelle ist (z.B. ob bei abweichenden absoluten Werten zumindest die gleiche Rangfolge der untersuchten Gebiete resultiert). Künftige methodische Verfeinerungen sollten zudem die Quermöglichkeiten von Verkehrswegen einbeziehen, um die Minderung der Zerschneidungen durch Grünbrücken abzuschätzen.

Die planerische Verwendbarkeit der Ergebnisse steigt umso mehr, je gezielter die Resultate mit Empfindlichkeitsuntersuchungen verknüpft werden (vgl. Abschnitt 4.5). Auf diesem Wege können planerisch-bewertende Aussagen gewonnen und diskutiert werden (z.B. regional/landesweit bedeutsame unzerschnittene Räume, Schwerpunktbereiche für den Rückbau). Als Räume mit hoher Empfindlichkeit können z.B. Wälder, Erholungsräume, Räume hoher Biotopdichte oder potenzielle Lebensräume von Zielarten(-gruppen) herangezogen werden. Für das Ziel einer vorsorgeorientierten Begrenzung der landschaftszerschneidenden Einwirkungen lassen sich allerdings bereits aus einem Vergleich der verschiedenen Naturräume wichtige Anhaltspunkte ableiten.

Danksagung

Wir danken Ines FAHRER für die kartographische Überarbeitung der Karten, Anna-Katharina PANTLI, Günther JAEGER, Manfred

SCHMIDT-LÜTTMANN und Stefan SIEDENTOP für die Durchsicht des Manuskripts und hilfreiche Kommentare sowie Stephanie GRAU für die Vorabmitteilung der Ergebnisse ihrer aktualisierten Recherche über vorliegende Untersuchungen zu unzerschnittenen Räumen. Des weiteren geht unser herzlichster Dank an Prof. Dr. O. RENN und an Prof. Dr. G. KAULE für die Gewährung der Rahmenbedingungen, die das Entstehen der vorliegenden Arbeit ermöglicht haben. Die Druckkosten der beigefügten Karte und der Farbabbildungen wurden durch die Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) in Baden-Württemberg, Karlsruhe, gefördert.

Literatur

- ANDRÉN, H. (1994): Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. – *Oikos* 71: 355–366.
- BAUMANN, W., HINTERLANG, D. (2001): Unzerschnittene Landschaftsräume in NRW. Jahresbericht der Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten (LÖBF) 2000; mit Karte 1:300 000 (im Druck).
- BAUR, B., ERHARDT, A. (1995): Habitat fragmentation and habitat alterations: principal threats to most animal and plant species. *GAIA* 4: 221–226.
- BERG, M., SCHERINGER, M. (1994): Problems in environmental risk assessment and the need for proxy measures. *Fresenius environmental bulletin* 3, 487–492.
- BLAB, J. (1990): Die Roten Listen werden länger – warum? In: ELLENBERG, H., Hrsg., *Eutrophierung – das gravierendste Problem im Naturschutz?* NNA-Ber. 2, (1), 42–45 (2. Aufl.).
- BOWEN, G.W., BURGESS, R.L. (1981): A quantitative analysis of forest island pattern in selected Ohio landscapes. ORNL Environmental Sciences Division, Publication No. 1719, ORNL/TM-7759, Oak Ridge, TN.
- BRENNER, J., PAULS, K., STEIERWALD, M. (2001): Abschlussbericht zum Projekt „Integrierte Wirtschafts- und Mobilitätskonzepte für Refugien im Rahmen nachhaltiger Entwicklung.“ Arbeitsbericht der Akademie für Technikfolgenabschätzung.
- Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (2000): Raumordnungsbericht 2000. Berichte 7, Bonn (Selbstverlag des BBR).
- Bundesamt für Naturschutz (BfN) (Hrsg., 1999): Daten zur Natur 1999. Landwirtschaftsverlag, Münster.
- Bundesminister des Innern (Hrsg., 1985): Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung. Bundestags-Drucksache 10/2977 vom 7. März 1985. Kohlhammer, Stuttgart.
- CANTERS, K. (Hrsg., 1997): Habitat fragmentation & Infrastructure. Proceedings of the international conference „Habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering“, 17–21 September 1995, Maastricht and The Hague. Ministry of Transport, Public Works and Water Management (DWW publication P-DWW-97-046), NIVO Drukkerij & DTP service, Delft, The Netherlands, 474 pp.
- DEGGAU, M., KRACK, E., RADEMACHER, W., SCHMID, B., STRALLA, H. (Statistisches Bundesamt Wiesbaden) (1992): Methodik der Auswertung von Daten zur realen Bodennutzung im Hinblick auf den Bodenschutz. Teilbeitrag zum Praxistest des Statistischen Informationssystems zur Bodennutzung (STABIS). Hrsg. vom Umweltbundesamt, Berlin.
- Deutscher Bundestag (Hrsg., 1998): Konzept Nachhaltigkeit. Vom Leitbild zur Umsetzung. Abschlussbericht der Enquête-Kommission „Schutz

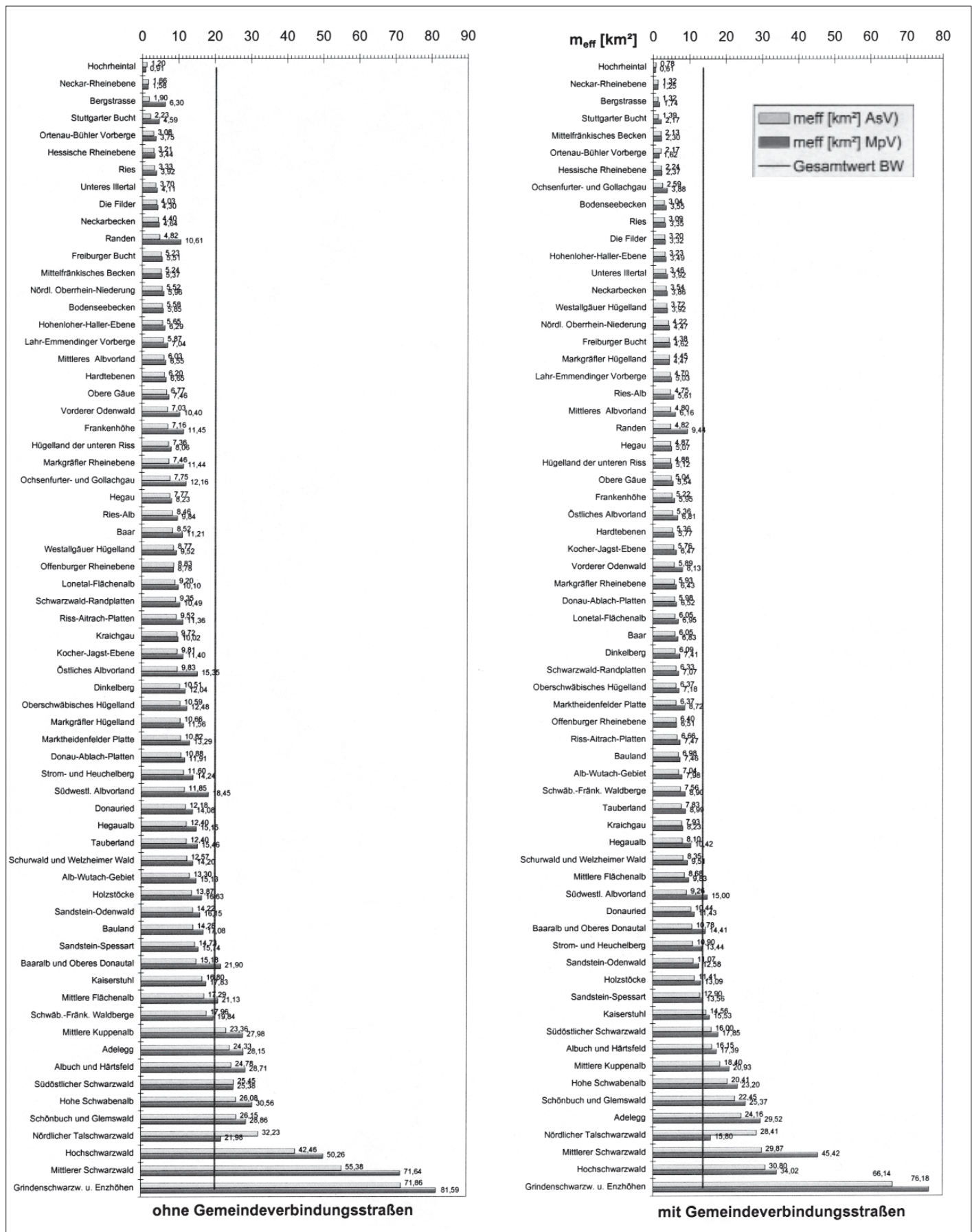


Abb. 3: Darstellung des Zerschneidungsgrades für die 66 Naturräume in Baden-Württemberg (Vergleich ohne/mit Gemeindeverbindungsstraßen) durch die effektive Maschenweite (m_{eff}) nach zwei Verfahren: AsV = Ausschnideverfahren (gelbe Balken), MpV = Mittelpunkverfahren (blaue Balken; s. Text).

Zum Vergleich mit angegeben (rote Linie) ist der Wert der effektiven Maschenweite für ganz Baden-Württemberg von 20,24 km² (ohne) bzw. 13,66 km² (mit Gemeindeverbindungsstraßen).

Effektive Maschenweite der Naturräume in Baden-Württemberg

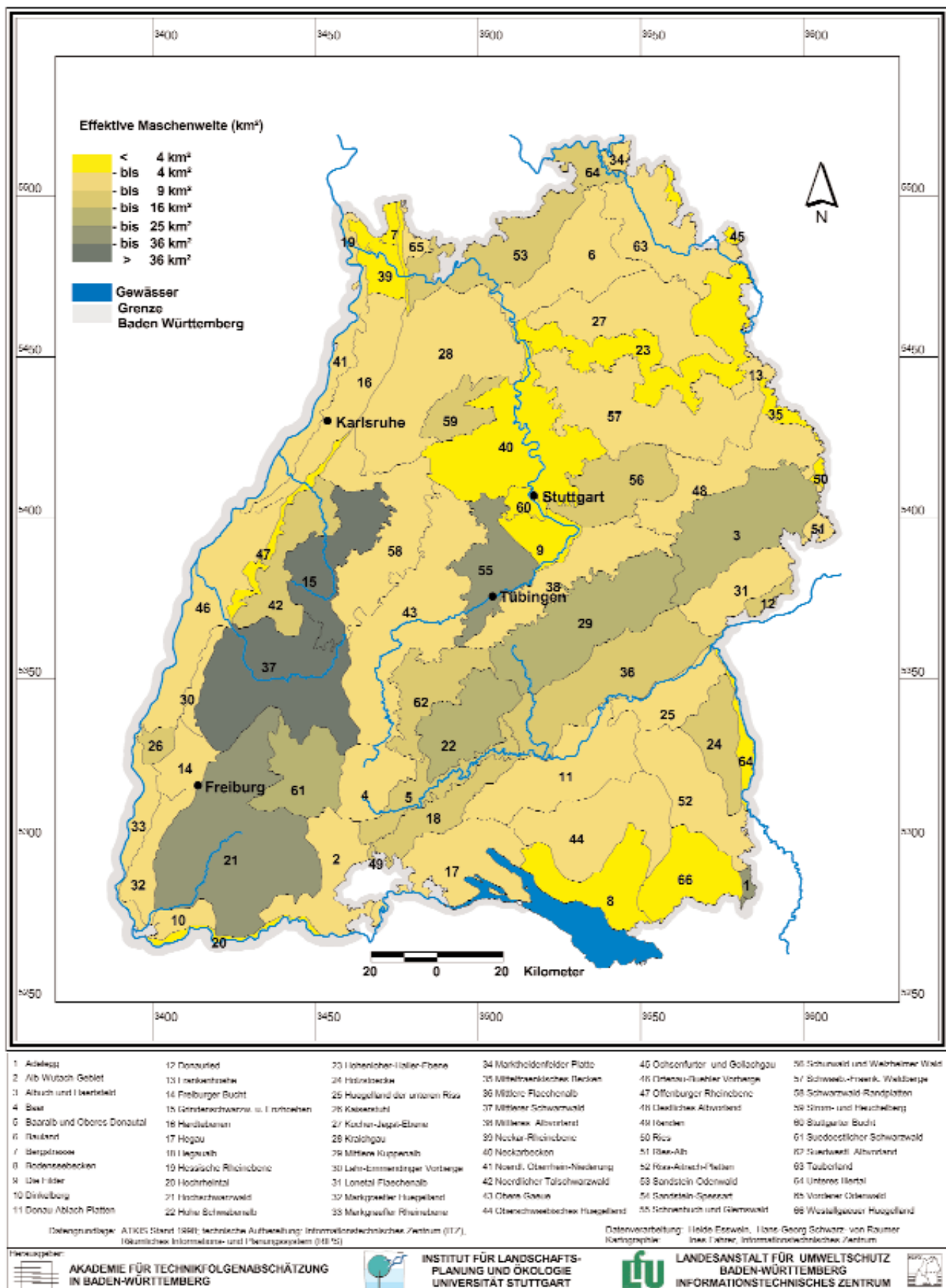


Abb. 4: Darstellung des Zerschneidungsgrades in den 66 Naturräumen Baden-Württembergs (mit Berücksichtigung der Gemeindeverbindungsstraßen), gemessen mit der effektiven Maschenweite m_{eff} (in km²). Die angegebenen Ziffern (Identifikationsnummern) kennzeichnen die Naturräume, vgl. Tab. 3.

Effektive Maschenweite der Räume mit hoher Biotopdichte in Baden-Württemberg

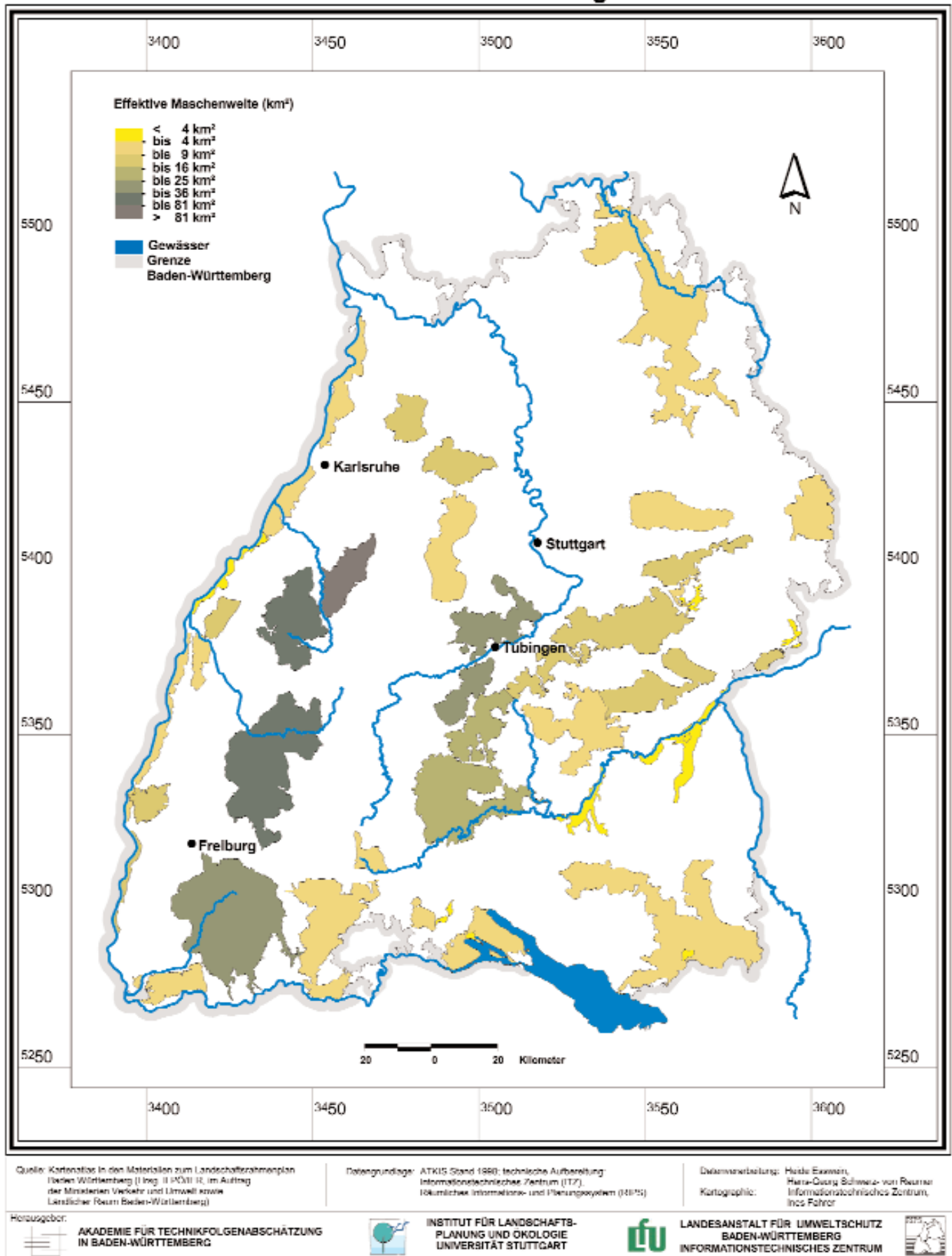


Abb. 5: Darstellung des Zerschneidungsgrades in den Räumen hoher Biotopdichte Baden-Württembergs (mit Berücksichtigung der Gemeindeverbindungsstraßen), gemessen mit der effektiven Maschenweite m_{eff} (in km²).

Tab. 1: Zusammenstellung der Ergebniswerte zur Landschaftszerschneidung für die vier Regierungsbezirke von Baden-Württemberg (ohne/mit Gemeindeverbindungsstraßen; AsV = Ausschnideverfahren, MpV = Mittelpunktverfahren). Angegeben sind neben den Ergebnissen für die effektive Maschenweite die Größe des Naturraumes und die Anzahl der verbleibenden unzerschnittenen Flächen, die sich gemäß dem Ausschnideverfahren ergibt.

Regierungsbezirk	effektive Maschenweite, m _{eff} [km ²]				Größe des Regierungs- bezirkes [km ²]	Anzahl der Flächen (für AsV) ¹	
	ohne Gem.str.		mit Gem.str.			ohne Gem.str.	mit Gem.str.
	AsV	MpV	AsV	MpV			
Freiburg	30,28	30,41	19,49	19,32	9.357,7	3295	7549
Karlsruhe	17,98	20,89	14,99	17,25	6.917,7	3319	6681
Tübingen	15,81	16,92	10,62	11,42	8.917,3	3110	7228
Stuttgart	13,41	13,69	8,08	8,17	10.557,7	4695	10057

¹ gerundete Werte

- des Menschen und der Umwelt“ des 13. Deutschen Bundestages. BT-Drucksache 13/11200. Zur Sache 4/98. Selbstverlag, Bonn.
- DOSCH, F., LUTTER, H., OTTO, I., PÜTZ, T., SCHMITZ, S. (1995): Verkehrlich hoch belastete Räume. Versuch der Abgrenzung einer raumordnerisch bedeutsamen Gebietskategorie. Arbeitspapiere Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung 9/1995, Bonn, 32 S.
- EICHHORST, U., GERMAN, R. (1974): Zerschneidung der Landschaft durch das Straßennetz im Regierungsbezirk Tübingen. Veröff. Landesanstalt Naturschutz und Landschaftspflege Bad.-Württ. 42, 66–84.
- ESSWEIN, H. (2001): Analyse der Landschaftszerschneidung in Baden-Württemberg. Interner Technischer Bericht der Akademie für Technikfolgenabschätzung (unveröff.).
- FRITZ, G. (1984): Erhebung und Darstellung unzerschnittener, relativ großflächiger Wälder in der BRD. Natur und Landschaft 59, (7/8), 284–286.
- GEOGHEGAN, J., WAINGER, L.A., BOCKSTAEI, N. (1997): Spatial landscape indices in a hedonic framework: an ecological economics analysis using GIS. Ecological Economics 23, 251–264.
- GRAU, S. (1997): Konzeption und Methoden zur Erfassung sowie Bewertung der Landschaftszerschneidung im Land Sachsen-Anhalt, dargestellt unter Verwendung eines Geographischen Informationssystems am Beispiel des Landkreises Wernigerode. Unveröff. Dipl.-Arb. Universität Halle-Wittenberg (Institut für Geographie), 165 S.
- (1998): Überblick über Arbeiten zur Landschaftszerschneidung sowie zu unzerschnittenen Räumen in der Bundes-, Landes- und Regionalplanung Deutschlands. Natur und Landschaft 73, (10), 427–434.
- (in Vorb.): Erfassung unzerschnittener Räume in der Bundesrepublik Deutschland. In: BAIER, H., HOLZ, R., WATERSTRAAT, A., Hrsg., Freiraum und Naturschutz. Springer, Berlin/Heidelberg.
- HABER, W. (1993): Ökologische Grundlagen des Umweltschutzes. Economica, Bonn.
- HEISS, G. (1992): Erfassung und Bewertung großflächiger Waldgebiete zum Aufbau eines Schutzgebietssystems in der Bundesrepublik Deutschland. Forstl. Forschungsber. München, Schr.-R. Forstwissenschaftl. Fakultät Univ. München und Bayer. Forstl. Versuchs- und Forschungsanst. 120.
- IER/ILPÖ (Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung/Institut für Landschaftsplanung und Ökologie, Universität Stuttgart, 1999): Materialien zum Landschaftsrahmenprogramm Baden-Württemberg: Kartenatlas. Im Auftrag des Ministeriums Ländlicher Raum und des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg. Unveröff.
- Institut für Naturschutz und Tierökologie der Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie (BFANL, 1977): Tierwelt und Straße. Problemübersicht und Planungshinweise. Jahrbuch für Naturschutz und Landschaftspflege 26, 91–115.
- JAEGER, J. (1999): Gefährdungsanalyse der anthropogenen Landschaftszerschneidung. Diss. ETH Zürich Nr. 13503, Departement für Umweltnaturwissenschaften, 619 S.; als Buchpublikation in Vorbereitung (Ulmer, Stuttgart).
- (2000): Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. Landscape Ecology 15, (2), 115–130.
- (2001a): Ansätze zur Quantifizierung der Landschaftszerschneidung und die Einbeziehung räumlich-funktionaler Zusammenhänge. In: BRECKLING, B., JOPP, F., Hrsg., Rolle und Bedeutung von Modellen für den ökologischen Erkenntnisprozess, Beiträge zu einer Tagung des Arbeitskreises „Theorie“ in der Gesellschaft für Ökologie vom 1.–3. März 2000, Lang, Frankfurt/Main, 115–128.
- (2001b): Beschränkung der Landschaftszerschneidung durch die Einführung von Grenz- oder Richtwerten. Natur und Landschaft 76, (1), 26–34.
- (einger.): Application of the new fragmentation measures landscape division, splitting index, and effective mesh size: two case studies. Eingereicht bei Landscape Ecology.
- KAULE, G. (1998): Verminderung der straßenbedingten Isolationswirkung – Querungsmöglichkeiten für Tiere. In: Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Hrsg., Straßenbau und Umweltplanung: Anspruch – Umsetzung – Problembewältigung. Landschaftstagung am 22. und 23. Mai 1997 in Erfurt. FGSV-Verlag, Köln, 40–51.
- KRÜGER, U. (2000): Die großräumige und systematische Aufhebung von Lebensraumzerschnitten – eine realistische Forderung des Naturschutzes? Natur und Landschaft 75, (11), 417–425.
- Länderarbeitsgemeinschaft für Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung (LANA, 1995): Beschlüsse „Naturschutz und Verkehr“: Handlungskonzept „Naturschutz und Verkehr“ auf der Grundlage der Lübecker Grundsätze des Naturschutzes der LANA und der Beschlüsse von Krickbeck/Nettel. Hrsg. vom Umweltministerium Baden-Württemberg, Stuttgart.
- LASSEN, D. (1979): Unzerschnittene verkehrsarme Räume in der Bundesrepublik Deutschland. Natur und Landschaft 54, 333–334.
- MÜLLER, D., PERROCHET, S., FAIST, M., JAEGER, J. (1998): Ernähren und Erholen mit knapper werdender Landschaft. In: BACCINI, P., OSWALD, F., Hrsg., Netzstadt: Transdisziplinäre Methoden zum Umbau urbaner Systeme. Vdf Hochschulverlag an der ETH Zürich, Zürich, 28–59.
- MÜLLER, M. (2000): Umweltinformationen im Räumlichen Informations- und Planungssystem (RIPS). In: Fachhochschule Stuttgart – Hochschule für Technik, Fachbereich Vermessung und Geoinformatik, Hrsg., Öffentliches Digitales Datenangebot in Baden-Württemberg. Veröff. der Fachhochschule Stuttgart – Hochschule für Technik 49, Stuttgart, 4/1–4/16.
- RECK, H., WALTER, R., OSINSKI, E., HEINL, T., KAULE, G. (1996): Räumlich differenzierte Schutzprioritäten für den Arten- und Biotopschutz in Baden-Württemberg (Zielartenkonzept). Gutachten im Auftrag des Landes Baden-Württemberg. 1730 S. + Kartenband; Institut für Landschaftsplanung und Ökologie, Universität Stuttgart.
- REICHELT, G. (1979): Landschaftsverlust durch Straßenbau. Natur und Landschaft 54, 335–338.
- SCHREIBER, W., MAUSER, R., TALONIS, K. (o.J.): Landschaftsverbrauch durch Verkehr. Untersuchungen über die Entwicklung von 1955–1990 in der Region Mittlerer Neckar, i.A. des MELU B.-W., Stuttgart.
- SCHREIBER, K.-F. (Ed., 1988): Connectivity in Landscape Ecology. Proceedings of the 2nd International Seminar of the „International Association for Landscape Ecology“ (Münster 1987). Münstersche Geogr. Arb. 29, Schöningh, Paderborn, 259 pp.
- SCHUMACHER, U., WALZ, U. (2000): Landschaftszerschneidung durch Infrastrukturtrassen. In: Institut für Länderkunde Leipzig, Hrsg., Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland, Band 10: Freizeit und Tourismus (mit herausgegeben von C. BECKER und H. JOB). Spektrum, Heidelberg, 132–135.
- STAUCH, C. (2000): GIS als entscheidungsunterstützendes Werkzeug in der Verkehrsplanung – am Beispiel von Flächenzerschnitten und Immissionsbelastung. Diss. Univ. Stuttgart, Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen, 169 S.
- , KAULE, G. (1999): Regionale Datenbank – Einsatz für die Verkehrsplanung. In: BÖCKER, R., KOHLER, A., Hrsg., Umweltforschung im Dialog – aktuelle Beiträge aus dem mittleren Neckarraum, Hohenheimer Umwelttagung 31. Heimbach 85–98.
- TROMBULAK, S.C., FRISSELL, C.A. (2000): Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. Conservation Biology 14, (1), 18–30.
- TURNER, M.G., GARDNER, R.H. (eds., 1991): Quantitative methods in landscape ecology: the analysis and interpretation of landscape heterogeneity. Springer, New York.
- UDO DE HAAS, H.A., CANTERS, K.J. (1988): Versnippering en ontsnippering als nieuw milieubeleidsthema. Milieu 1988/4, 105–111.
- VAN BOHEMEN, H.D., PADMOS, C.J., DE VRIES, J.G. (1994): Versnippering – ontsnippering. Beleid en onderzoek bij Verkeer en Waterstaat. (Habitat fragmentation: policy and research at the Ministry of Transport and Public Works). Landschap 11, (3), 15–25.
- VAN DER GRIFF, E.A. (1999): Mammals and railroads: Impacts and management implications. Lutra 42, 77–98.

Karte 1 (Beilage): Darstellung der zerschnittenen und der verbleibenden unzerschnittenen Räume in Baden-Württemberg. Als Trennelemente („Barrieren“) berücksichtigt werden Autobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen, Gemeindeverbindungsstraßen, Bahnlinien, Flüsse ab 6 m Breite, Siedlungsflächen und Seen.

Anschriften der Verfasser(innen): Dr. Jochen Jaeger, Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Industriestraße 5, D-70565 Stuttgart, E-Mail jjaeger@ccs.carleton.ca (derzeitige Adresse: Carleton University, Department of Biology, Landscape Ecology Laboratory, 1125 Colonel By

Drive, Ottawa, Ontario K1S 5B6, Canada); Heide Esswein, Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Industriestraße 5, D-70565 Stuttgart, E-Mail heide.esswein@ta-akademie.de; Dr. Hans-Georg Schwarz-von Raumer, Institut für Landschaftsplanung und Ökologie (ILPÖ), Univer-

sität Stuttgart, Keplerstraße 11, D-70178 Stuttgart, E-Mail svr@ilpoe.uni-stuttgart.de; Manfred Müller, Landesanstalt für Umweltschutz (LfU), Bannwaldallee 24, D-76185 Karlsruhe, E-Mail Manfred.Mueller@lfuka.lfu.bwl.de.

Anhang: Datenübersicht

Tab. 2: Zusammenstellung der Ergebniswerte zur Landschaftszerschneidung für die 44 Landkreise in Baden-Württemberg (ohne/mit Gemeindeverbindungsstraßen; AsV = Ausschnideverfahren, MpV = Mittelpunktverfahren). Angegeben sind neben den Ergebnissen für die effektive Maschenweite die Größe des Naturraumes und die Anzahl der verbleibenden unzerschnittenen Flächen, die sich gemäß dem Ausschnideverfahren ergibt.							
Regierungsbezirk	effektive Maschenweite, m _{eff} [km²]				Größe des Kreises [km²]	Anzahl der Flächen (für AsV) ¹	
	ohne Gem.str.		mit Gem.str.			ohne Gem.str.	mit Gem.str.
	AsV	MpV	AsV	MpV			
Alb-Donau-Kreis	13,74	17,07	8,98	10,64	1.357,3	447	1038
Baden-Baden	13,67	32,92	13,05	33,04	140,2	72	120
Biberach	10,51	12,42	7,13	8,34	1.409,7	487	928
Böblingen	8,82	7,61	7,46	5,63	617,8	384	567
Bodenseekreis	7,50	8,20	3,82	4,32	664,7	411	965
Breisgau-Hochschwarzwald	27,66	38,71	18,65	27,44	1.378,6	569	1190
Calw	18,49	12,09	14,16	8,15	797,3	261	595
Emmendingen	32,62	58,41	24,61	36,01	679,9	265	516
Enzkreis	6,02	7,95	5,42	7,01	573,8	270	505
Esslingen	8,16	10,72	7,24	8,82	641,4	475	1054
Freiburg im Breisgau	9,03	17,33	7,78	15,66	153,0	95	280
Freudenstadt	26,43	50,93	24,60	46,01	870,4	331	571
Göppingen	11,57	16,40	7,96	10,99	642,3	287	702
Heidelberg	5,40	11,58	4,62	10,84	108,9	153	232
Heidenheim	18,37	24,05	10,22	13,10	627,3	165	406
Heilbronn	8,19	10,63	6,89	8,58	1.099,7	560	912
Heilbronn (Stadt)	3,22	6,51	2,68	4,91	99,8	129	275
Hohenlohekreis	8,94	11,03	5,01	6,80	776,7	316	659
Karlsruhe	9,00	10,28	7,25	8,24	1.084,9	547	1002
Karlsruhe (Stadt)	2,74	4,99	2,37	4,40	173,4	317	617
Konstanz	7,52	7,98	4,96	5,46	818,0	401	939
Lörrach	20,66	23,68	12,17	16,55	806,9	301	725
Ludwigsburg	5,05	5,62	4,29	4,74	687,3	515	1120
Main-Tauberkreis	13,86	15,68	8,69	8,87	1.304,3	385	818
Mannheim	2,09	2,21	1,74	1,82	145,0	336	734
Neckar-Odenwaldkreis	14,20	16,44	8,09	9,72	1.125,9	282	734
Ortenaukreis	46,13	50,51	30,26	31,80	1.860,5	638	1353
Ostalbkreis	15,31	19,75	8,87	10,53	1.511,6	438	986
Pforzheim	5,90	9,45	2,55	4,03	97,9	78	192
Rastatt	18,40	42,93	17,26	38,46	738,6	402	706
Ravensburg	10,57	11,09	6,17	6,38	1.632,3	570	1374
Rems-Murr-Kreis	11,80	14,03	6,21	7,17	858,0	394	871
Reutlingen	22,58	26,42	15,91	18,09	1.093,8	272	649
Rhein-Neckar-Kreis	7,71	9,10	6,63	7,49	1.061,5	624	1083
Rottweil	12,84	15,86	8,18	8,28	769,6	302	581
Schwäbisch Hall	11,48	12,66	5,51	6,28	1.484,2	536	1100
Schwarzwald-Baar-Kreis	17,39	18,67	10,25	12,71	1.025,4	342	730
Sigmaringen	11,85	18,06	7,11	12,49	1.204,1	442	1098
Stuttgart	3,34	5,98	1,63	2,15	207,3	519	1134
Tübingen	17,90	30,37	14,80	25,67	519,1	223	497
Tuttlingen	17,61	21,17	11,61	13,10	734,4	233	477
Ulm	3,11	4,86	2,31	3,74	118,7	106	207
Waldshut	16,69	20,20	8,83	8,64	1.131,4	434	1129
Zollernalbkreis	18,51	20,71	15,48	14,94	917,6	349	782

Tab. 3: Zusammenstellung der Ergebniswerte zur Landschaftszerschneidung für die 66 Naturräume in Baden-Württemberg (ohne/mit Gemeindeverbindungsstraßen; AsV = Ausschneideverfahren, MpV = Mittelpunktverfahren). Angegeben sind neben den Ergebnissen für die effektive Maschenweite die Größe des Naturraumes und die Anzahl der verbleibenden unzerschnittenen Flächen, die sich gemäß dem Ausschneideverfahren ergibt.

Regierungsbezirk	effektive Maschenweite, m_{eff} [km ²]				Größe des Natur- raumes [km ²]	Anzahl der Flächen (für AsV) ¹	
	ohne Gem.str.		mit Gem.str.			ohne Gem.str.	mit Gem.str.
	AsV	MpV	AsV	MpV			
Adelegg (1)	24,33	28,15	24,16	29,52	34,7	40	53
Albuch und Härtsfeld (2)	24,78	28,71	16,15	17,39	1.029,2	243	506
Alb-Wutach-Gebiet (3)	13,30	15,13	7,04	7,98	550,5	333	636
Baar (4)	8,52	11,21	6,05	6,83	409,2	270	490
Baaralb und Oberes Donautal (5)	15,18	21,90	10,78	14,41	387,0	197	378
Bauland (6)	14,28	17,08	6,98	7,46	762,6	255	592
Bergstrasse (7)	1,90	6,30	1,32	1,74	43,7	69	109
Bodenseebecken (8)	5,58	5,85	3,04	3,55	589,8	580	1174
Die Filder (9)	4,03	4,30	3,20	3,32	268,2	392	863
Dinkelberg (10)	10,51	12,04	6,09	7,41	140,5	71	128
Donau-Ablach-Platten (11)	10,88	11,91	5,98	6,52	952,6	342	750
Donauried (12)	12,18	14,08	10,44	11,43	70,0	69	104
Frankenhöhe (13)	7,16	11,45	5,22	5,95	82,6	59	100
Freiburger Bucht (14)	5,23	5,51	4,38	4,62	262,9	254	500
Grindenschwarzw. u. Enzhöhen (15)	71,86	81,59	66,14	76,18	698,9	170	317
Hardtebenen (16)	6,20	6,65	5,36	5,77	685,2	817	1423
Hegau (17)	7,77	8,23	4,87	5,07	714,5	625	1178
Hegaualb (18)	12,40	15,15	8,10	10,42	376,2	119	209
Hessische Rheinebene (19)	3,21	3,44	2,24	2,37	92,7	134	301
Hochrheintal (20)	1,20	0,91	0,78	0,61	78,4	164	329
Hochschwarzwald (21)	42,46	50,26	30,80	34,02	1.989,7	455	1196
Hohe Schwabenalb (22)	26,08	30,56	20,41	23,20	603,7	110	373
Hohenloher-Haller-Ebene (23)	5,65	6,29	3,23	3,49	987,3	647	1160
Holzstöcke (24)	13,87	16,63	11,41	13,09	396,0	115	215
Hügelland der unteren Riss (25)	7,36	8,06	4,88	5,12	400,9	244	422
Kaiserstuhl (26)	16,80	17,83	14,56	15,53	99,0	51	690
Kocher-Jagst-Ebene (27)	9,81	11,40	5,76	6,47	879,2	387	675
Kraichgau (28)	9,72	10,02	7,93	8,23	1.523,4	598	1160
Lahr-Emmendinger Vorberge (29)	5,87	7,04	4,70	5,03	120,8	70	121
Lonetal-Flächenalb (30)	9,20	10,10	6,05	6,95	449,7	240	435
Markgräfler Hügelland (31)	10,66	11,56	4,45	4,47	299,0	166	481
Markgräfler Rheinebene (32)	7,46	11,44	5,93	6,43	241,6	279	470
Marktheidenfelder Platte (33)	10,82	13,29	6,37	8,72	54,7	33	47
Mittelfränkisches Becken (34)	5,24	5,37	2,13	2,30	79,0	88	143
Mittlere Flächenalb (35)	17,29	21,13	8,68	9,83	1.112,9	389	1036
Mittlere Kuppenalb (36)	23,36	27,98	18,40	20,93	1.221,7	228	512
Mittlerer Schwarzwald (37)	55,38	71,64	29,87	45,42	1.421,7	371	872
Mittleres Albvorland (38)	6,03	6,55	4,80	6,16	701,1	518	1181
Neckarbecken (39)	4,40	4,64	3,54	3,86	1.326,1	1231	2488
Neckar-Rheinebene (40)	1,66	1,58	1,32	1,25	192,6	430	669
Nördl. Oberrhein-Niederung (41)	5,52	5,96	4,22	4,47	408,9	380	751
Nördlicher Talschwarzwald (42)	32,23	21,98	28,41	15,80	561,6	174	355
Obere Gäue (43)	6,77	7,46	5,04	5,54	1.511,3	854	1434
Oberschwäbisches Hügelland (44)	10,59	12,48	6,37	7,18	931,2	262	374
Ochsenfurter- und Gollachgau (45)	7,75	12,16	2,59	3,88	45,2	75	98
Offenburger Rheinebene (46)	8,83	8,78	6,40	6,51	888,5	556	948
Ortenau-Bühler Vorberge (47)	3,08	3,75	2,17	1,62	158,2	185	349
Östliches Albvorland (48)	9,83	15,35	5,36	6,81	733,5	288	620
Randen (49)	4,82	10,61	4,82	9,44	13,9	31	34
Ries (50)	3,33	3,92	3,09	3,35	29,6	61	73
Ries-Alb (51)	8,46	9,84	4,75	5,61	54,3	76	104
Riss-Aitrach-Platten (52)	9,52	11,36	6,66	7,47	710,5	361	676
Sandstein-Odenwald (53)	14,22	16,15	11,07	12,58	759,8	358	601
Sandstein-Spessart (54)	14,73	15,74	12,90	13,56	182,4	123	178
Schönbuch und Glemswald (55)	26,15	28,86	22,45	25,37	564,4	256	480
Schurwald und Welzheimer Wald (56)	12,57	14,20	8,35	9,51	603,5	246	500
Schwäb.-Fränk. Waldberge (57)	17,96	19,84	7,56	8,90	1.364,1	406	892
Schwarzwald-Randplatten (58)	9,35	10,49	6,33	7,07	929,1	443	828
Strom- und Heuchelberg (59)	11,60	14,24	10,90	13,44	278,3	81	127
Stuttgarter Bucht (60)	2,23	4,59	1,39	2,17	96,0	330	730
Südöstlicher Schwarzwald (61)	25,45	25,38	16,00	17,85	557,2	95	261
Südwestl. Albvorland (62)	11,85	18,45	9,26	15,00	502,5	249	451
Tauberland (63)	12,40	15,46	7,83	8,99	806,2	336	626
Unteres Illertal (64)	3,70	4,11	3,46	3,92	105,7	178	242
Vorderer Odenwald (65)	7,03	10,40	5,89	8,13	63,4	79	102
Westallgäuer Hügelland (66)	8,77	9,52	3,72	3,92	547,2	254	442