

Zusatzmaterial zu:

Landschaftszerschneidung und Waldfragmentierung in Deutschland – Ergebnisse aus einem Monitoring im Kontext von Schutzgebieten und Hemerobie

Supplement to:

Landscape and forest fragmentation in Germany – Results from monitoring
in the context of protected areas and closeness to hemeroby

Ulrich Walz, Ulrich Schumacher und Tobias Krüger

Natur und Landschaft – 97. Jahrgang (2022) – Ausgabe 2: 85–95

Zusammenfassung

Große unzerschnittene Freiräume (UZF) und Wälder sind ein wichtiges Schutzgut, insbesondere in Hinblick auf die Überlebensfähigkeit von Tierpopulationen, aber auch für die naturbezogene Erholung des Menschen. Ziel des vorliegenden Beitrags ist es zu analysieren, wie sich Landschaftszerschneidung und Waldfragmentierung durch überörtliche Verkehrsstrassen von Straße und Schiene in Deutschland seit 2000 verändert haben, welche Anteile Großschutzgebiete wie Nationalparks oder Biosphärenreservate an großen UZF haben und wie stark der menschliche Einfluss auf diese Freiräume ist. Die Ergebnisse eines bundesweiten Monitorings auf Basis amtlicher topographischer Geodaten, die den Zeitraum seit dem Jahr 2000 abdecken, zeigen insgesamt wenig Dynamik, aber eine räumlich differenzierte Zunahme der Zerschneidung und Fragmentierung. Nach wie vor existieren zahlreiche überregionale Infrastrukturprojekte, die zu weiterer Zerschneidung der Landschaft führen bzw. führen werden. Positive Wirkung kann hingegen das Prinzip der Trassenbündelung haben. Es zeigt sich, dass große unzerschnittene Freiräume und Wälder häufig auch außerhalb von Großschutzgebieten liegen und damit ein eigenes Schutzgut darstellen. Eine Weiterentwicklung der aktuell verwendeten Indikatoren auf Bundes- und Landesebene wird empfohlen, insbesondere in Bezug auf die Durchlässigkeit des Straßennetzes sowie zu Kumulationseffekten entlang der Verkehrswege (z. B. mit Photovoltaikanlagen). Schließlich wäre es angesichts des hohen Zerschneidungsgrads in Deutschland im europäischen Vergleich sinnvoll und zukunftsweisend für überörtliche Straßen im Bestand, ein weiteres Entschneidungsprogramm des Bundes und der Länder aufzulegen.

Unzerschnittene Freiräume – Wald – Nationalpark – Biosphärenreservat – Landschaftszerschneidung – effektive Maschenweite – Hemerobie – Raumplanung

Abstract

Large, unfragmented open spaces and forests are an important object of conservation, for example for the survival of animal populations, but also for nature-based recreation of people. The aim of this article is to analyse how landscape fragmentation and forest fragmentation have changed in Germany due to supra-local roads and rail traffic routes since 2000, what share large-scale protected areas such as national parks or biosphere reserves have in large unfragmented open spaces and how strong human impacts on these open spaces are. The results of a nationwide monitoring based on official topographical geodata in the period since 2000 show little dynamics overall, but nevertheless a spatially differentiated increase in fragmentation. There are still numerous infrastructure projects that lead to a further fragmentation of the landscape. The principle of route bundling can have a positive effect. It can be seen that large, unfragmented open spaces and forests are often situated outside of large protected areas and thus represent an object of conservation value in their own right. Further development of the indicators currently used at federal and state level is recommended, especially with regard to the permeability of the road network and cumulative effects along the traffic routes (e. g. with photovoltaic systems). Finally, in view of the high degree of fragmentation in Germany compared to other European countries, it would be useful and forward-looking to set up a further defragmentation programme by the federal government and the federal states for existing supra-local roads.

Unfragmented open space – Forest – National park – Biosphere reserve – Landscape fragmentation – Effective mesh size – Hemeroby – Spatial planning

1 Begriffsdefinitionen für unzerschnittene Räume

Für Räume zwischen den zerschneidungswirksamen linienhaften Infrastrukturtrassen außerhalb der im Zusammenhang bebauten Siedlungsflächen werden verschiedene Begriffe verwendet: „unzerschnittene Freiräume“ (UZF), „unzerschnittene verkehrsarme Räume“ (UZVR) oder „unzerschnittene Funktionsräume“ (UFR).

Während [Eichhorst und German \(1974\)](#) zunächst alle Bundesfernstraßen, Landes- und Kreisstraßen als zerschneidend berücksichtigten, definierte [Lassen \(1979\)](#) den Begriff der „unzerschnittenen verkehrsarmen Räume“ (UZVR) über die Zerschneidung durch Straßen, die eine Verkehrsmenge von über 1.000 Kraftfahrzeugen im 24-Stunden-Mittel (durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke – DTV) aufweisen, sowie durch Eisenbahnlinien ([Lassen 1990](#)). Die Einbeziehung der Verkehrsstärke in die Abgrenzungskriterien ist berechtigt, allerdings problembehaftet, da nicht für alle überörtlichen Straßenabschnitte (insbesondere Kreis-, aber auch Landesstraßen) bundesweit Angaben zu Verkehrsmengen vorliegen und daher modelliert werden müssen. Außerdem werden bei den Bahnstrecken keine Zugfrequenzen berücksichtigt. Die letzten bundesweiten Modellrechnungen einschließlich Kreisstraßen stammen aus den Jahren 2010 und 2015. Keine Daten liegen für das Jahr 2000 vor ([Gawlak 2019](#)). Jedoch wurde bereits 1973 in der damaligen Bundesrepublik auf allen Kreisstraßen im Durchschnitt eine DTV von 1.079 Kfz/Tag erreicht ([BMVI 2020](#)). Heute kann man davon ausgehen, dass nahezu alle überörtlichen Straßen eine durchschnittliche Verkehrsbelastung von mindestens 1.000 Kfz/Tag aufweisen. Im Jahr 1993 lag diese bereits im Durchschnitt bei 1.655 Kfz/Tag. Neuere offizielle Zahlen gibt es aufgrund der zu geringen Anzahl an Zählstellen nicht ([BMVI 2020](#)).

Die Verfasser haben deshalb aus Konsistenzgründen bei fehlenden bzw. modellierten Verkehrsstärken und wegen der Vergleichbarkeit über längere Zeiträume den Begriff „unzerschnittene Freiräume“ (UZF) geprägt ([Schumacher, Walz 2000](#)). Im Unterschied zu dem Begriff „unzerschnittene verkehrsarme Räume“ wird hier grundsätzlich und pragmatisch aufgrund der o.g. Überlegungen von der Zerschneidungswirkung einer überörtlichen Straße ausgegangen. Die UZF werden durch die Einbeziehung aller überörtlichen Verkehrswege (Autobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen sowie Hauptstrecken der Eisenbahn) außerhalb von Ortslagen abgegrenzt. Im IÖR-Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung wird entsprechend der von den Autoren entwickelten Methode beim Straßenverkehr nur die Kategorie (Widmung) berücksichtigt. Damit wird bereits die physische Existenz einer überörtlichen Straße mit entsprechendem Ausbauzustand als zerschneidungswirksam betrachtet.

[Reck et al. \(2007\)](#) und [Hänel \(2007\)](#) bezeichnen „Teilräume von Lebensraumnetzwerken („ökologischen Netzwerken“), die durch Verkehrsinfrastruktur mit erheblicher Barrierewirkung begrenzt, aber selbst nicht durchschnitten sind“, als „unzerschnittene Funktionsräume“ (UFR). Während die übrigen Ansätze zur Landschaftszerschneidung die Gesamtfläche zwischen den Zerschneidungselementen betrachten, gehen die UFR von der Zerschneidung von Lebensräumen (Wald, Feuchtbereiche und Trockenstandorte) aus. Dabei werden unzerschnittene Lebensraumkomplexe aus den genannten Elementen und verbindenden Korridoren modelliert. An den Schnittpunkten der Korridore mit zerschneidender Infrastruktur wurden Maßnahmen zur Wiedervernetzung abgeleitet ([Hänel, Reck 2011](#)).

2 Methoden

2.1 Ansatz

Die Analysen zur Landschaftszerschneidung und zur Waldfragmentierung beziehen sich auf die Ableitung unzerschnittener Freiräume (UZF) und basieren auf bundesweit verfügbaren Geodaten.

Dies sind im Wesentlichen das Basis-Landschaftsmodell (ATKIS Basis-DLM) der öffentlichen Vermessungsverwaltungen der Länder, das Landbedeckungsmodell LBM-DE des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie (BKG) sowie Straßengeometrien eines privaten Anbieters ergänzend für das Jahr 2000 (s. u.). Die vorliegenden Ausführungen beziehen sich auf die Indikatoren zur Landschaftszerschneidung und zur Waldfragmentierung aus dem IÖR-Monitor bzw. dem Umweltatlas des Umweltbundesamts (<https://bit.ly/zerschneidung>), die dort interaktiv abgefragt werden können.

Zur Berechnung der Zerschneidungsgeometrie mithilfe eines Geoinformationssystems (GIS) werden folgende topographischen Objekte aus dem ATKIS Basis-DLM verwendet:

- überörtliches Straßennetz (linienförmig): Autobahn, Bundesstraße, Landes- bzw. Staatsstraße, Kreisstraße,
- Eisenbahnnetz (linienförmig): mehrgleisige Strecke, eingleisige elektrifizierte Strecke (jeweils in Betrieb),
- Schifffahrt (linienförmig): Kanäle für die Schifffahrt,
- Verkehr (flächenförmig): Platz, Raststätte, Flughafen/Flugplatz, Bahnhofsanlage, Bahnkörper, Hafenbecken,
- Siedlung (flächenförmig): zusammenhängende Ortslagen (> 5 ha).

Die Auswahl der zerschneidenden Objekte erfolgte in Anlehnung an die Kriterien des Indikators der Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI) bzw. der Auswertungen des Bundesamts für Naturschutz (BfN) (siehe [Gawlak 2019](#); [LIKI 2020](#)), insbesondere in Bezug auf das Eisenbahnnetz und die Kanäle. Gewässerflächen, die keine Kanäle sind – also auch Seen oder breite Flüsse – wurden nicht als zerschneidungswirksam betrachtet. Alle in den Ausgangsdaten linienförmig angelegten Objekte wie Straßen und Bahnstrecken wurden entsprechend ihrer vorhandenen Attribute zur Objektbreite, ihrer Anzahl der Fahrstreifen oder Streckengleise im GIS durch Pufferung als Flächen modelliert. Zusammen mit den Polygonen der Ortslagen bilden sie die flächenförmige Zerschneidungsgeometrie. Die (unzerschnittenen) Freiräume ergeben sich als Restflächen nach dem Ausschneiden dieser Zerschneidungsgeometrie aus der jeweiligen Gebietsfläche. Als UZF im engeren Sinne werden Flächen mit einer Größe von mindestens 100 km² oder 50 km² betrachtet ([Lassen 1990](#)).

Retrospektiv für das Jahr 2000 waren weitere Datenquellen sowie deren spezielle Aufbereitung erforderlich, weil sich die verfügbaren ATKIS-Daten damals noch im Aufbau befanden (Objektattribute unvollständig). So wurden Vektordaten eines privaten Anbieters (Infas Geodaten) für das überörtliche Straßennetz 1999 im Maßstabbereich 1 : 10.000 bis 1 : 50.000 herangezogen. Nach exemplarischen Recherchen konnten diese Daten den Zeitbezug 2000 besser als die damaligen ATKIS-Daten widerspiegeln. Das relevante Schienennetz 2000 wurde ausgehend von ATKIS-Daten 2006 rückwärtig editiert, wobei der Eisenbahnatlas Deutschland ([Autorenkollektiv 2002](#)) als zeitlich passende Referenz diente. Fehlende Ortslagen wurden durch einen speziellen Algorithmus aus den Siedlungsobjekten des Basis-DLM nachgebildet.

UZF können Staatsgrenzen überschreiten, auf Grundlage der verwendeten Eingangsdaten aber nur für das Bundesgebiet abgebildet und damit hinsichtlich ihrer Flächengröße in Grenzräumen teilweise unterschätzt werden. Dieser Effekt wurde am Beispiel einer grenzüberschreitenden Studie für Sachsen exemplarisch gezeigt ([Schumacher, Walz 2006](#)). Weitere Effekte, ebenfalls v. a. an den Außengrenzen, sind möglich. So können sich im Küstenbereich große langgestreckte Freiraumpolygone ergeben, weil die Straßen in der Regel kurz vor der Küstenlinie enden bzw. administrative Gemeindegrenzen auch küstennahe Meeres- oder Boddengewässer einschließen. Hier bilden sich durch die Eliminierung der Siedlungs- und Verkehrsflächen aus der terrestrischen Gebietsfläche bei der GIS-Bearbeitung oft unrealistische, schmale Freiraumkorridore. Um solche Fälle zu vermeiden, werden die Freiraumpolygone vor der Indikatorberechnung durch einen Algorithmus zur Datenbereinigung leicht generalisiert bzw. modifiziert.

2.2 Indikatoren

Etablierte Indikatoren zur Bewertung der Landschaftszerschneidung sind die „effektive Maschenweite“ von UZF bzw. Wäldern nach Jaeger (Jaeger 2000, 2002), die „modifizierte effektive Maschenweite“ nach Moser (Moser et al. 2007) sowie der Flächenanteil von UZF bzw. Wäldern bezogen auf die jeweilige Gebietseinheit (z. B. Bundesland oder Landkreis).

Die effektive Maschenweite entspricht dem Verhältnis der Summe aller Teilflächenquadrate einer Gebietseinheit zu deren Gesamtfläche. Sie ist proportional der Wahrscheinlichkeit, dass zwei beliebig ausgewählte Punkte in einer Fläche nach der Zerschneidung des Freiraums noch gemeinsam in derselben Teilfläche liegen. Durch die Quadrierung der Flächengrößen werden kleine Freiraumflächen weniger und große Freiraumflächen stärker gewichtet, was dem Anliegen des Indikators entspricht. Außerdem stärkt dies die Robustheit der effektiven Maschenweite gegenüber kleinen Splitterflächen, die somit vor der Berechnung nicht unbedingt aus den Geodaten eliminiert werden müssen.

Für die effektive Maschenweite (M_{eff}) wird die Flächengröße der Maschen eines gedachten regelmäßigen Netzes berechnet, das den gleichen Zerschneidungsgrad wie das untersuchte Gebiet aufweist. Für die Berechnung wird folgende Formel verwendet (Jaeger 2002):

$$M_{eff} = \frac{1}{F_{ges}} \sum_{i=1}^n F_i^2$$

Dabei sind:

- M_{eff} = effektive Maschenweite,
- F_{ges} = Fläche der jeweiligen gesamten Gebietseinheit,
- F_i = Flächengröße der Freiraumfläche i ,
- n = Anzahl aller Freiraumflächen.

Je stärker ein Gebiet zerschnitten ist bzw. je geringer die Flächengrößen der einzelnen unzerschnittenen Räume sind, desto niedriger ist die effektive Maschenweite.

Bei der hier verwendeten Methodik der „modifizierten effektiven Maschenweite“ (Moser et al. 2007) werden immer die ganzen UZF betrachtet, auch wenn diese über die Grenze der jeweiligen Gebietseinheit (z. B. in ein benachbartes Bundesland) hinausreichen. Lediglich über die Staatsgrenze hinausgehende Freiräume können wegen fehlender ATKIS-Daten im Ausland nur für das Bundesgebiet berücksichtigt werden.

Für die Stadtstaaten Berlin, Hamburg und Bremen werden keine Indikatorwerte angegeben, weil ihre Gebietsflächen in starkem Maße urban geprägt und Freiräume außerhalb der Ortslagen meist nur in peripherer Lage und in relativ geringer Größe vorhanden sind. Bei der Länderinitiative Kernindikatoren wird ebenso verfahren (LIKI 2020).

2.3 Geometrische Aspekte

Sowohl bei dem im Abschnitt 1 beschriebenen Ansatz als auch bei den vom BfN bzw. von der LIKI verwendeten Methoden werden Stichstraßen in ansonsten unzerschnittenen Freiräumen nicht ausreichend berücksichtigt. Auch unterschiedliche geometrische Formen der Freiräume (z. B. langgestreckt und schmal versus kompakt mit großem geschlossenen Kernbereich) werden nicht unterschieden. Zur Berücksichtigung dieser Thematik gibt es schon seit einiger Zeit Ansätze, um zusätzliche Parameter zu den Freiräumen zu ermitteln, wie z. B. Form-Indizes oder maximale Inkreisradien (z. B. Schauer 2006). Voerkel (TLUG 2007) hat ein Verfahren nach Watts et al. (2007) zur geographischen Differenzierung der unzerschnittenen verkehrssarmen Räume (UZVR) in Thüringen angewandt, das auf der Entfernung aller Punkte innerhalb eines UZVR zum jeweils nächsten Zerschneidungselement beruht (TLUG 2007,

siehe auch TLUG 2017). Das Ergebnis lässt sich anschaulich als Pseudorelief darstellen. Anhand von Kenngrößen wie der mittleren Distanz zum nächsten Zerschneidungselement innerhalb der einzelnen Freiräume können diese zusätzlich zur Flächengröße weiter differenziert werden.

3 Stichstraßen und Flächenform der Freiräume

Die Methode von Watts et al. (2007) bzw. Voerkel (TLUG 2007) sowie Voerkel und Hieke (TLUG 2017) wurde in Deutschland bisher nur in Thüringen angewandt. Dabei wird die Entfernung eines Orts innerhalb eines UZF zum nächstgelegenen Randpunkt als Geländehöhe interpretiert und aufgetragen. Durch das dadurch gebildete Pseudorelief wird ein Volumen definiert, das in Abhängigkeit von der Form eines UZF bei gleichbleibender Flächengröße unterschiedlich ausfallen kann. Wir haben daher diese Kenngrößen für UZF $\geq 50 \text{ km}^2$ berechnet. Der in Abb. A, S. 4, dargestellte ca. 45 km^2 große UZF ist durch zwei von den Rändern her einführende Straßen, die nicht der Erreichung einer Ortslage dienen, gekennzeichnet. Deren exemplarische Eliminierung veranschaulicht den Effekt solcher Stichstraßen auf das Pseudorelief.

Voerkel und Hieke (TLUG 2017) schlagen als aussagekräftige Kenngrößen das Verhältnis vom Pseudovolumen zur Grundfläche der Freiräume sowie die mittlere Distanz eines Rasterelements im Freiraum zum jeweils nächsten Zerschneidungselement vor. Mathematisch handelt es sich allerdings um identische Kenngrößen. Die Heranziehung der Kenngröße „Mittlere Distanz zum nächsten Zerschneidungselement“ erlaubt es, die UZF nicht nur nach Flächengröße, sondern auch nach ihrer Form zu bewerten (siehe Abb. B, S. 5, mittlere Barrieraldistanz).

4 Grad der Landschaftszerschneidung in Deutschland im europäischen Vergleich

Zur Landschaftszerschneidung veröffentlicht die Europäische Umweltagentur (EEA) regelmäßig Übersichten nach Ländern und Regionen (z. B. EEA 2019). Als Ausgangspunkt dieser Online-Publikationsreihe kann der Report „Landscape fragmentation in Europe“ 2011 (EEA 2011) betrachtet werden. Hier wurde erstmals die damals in der Schweiz bereits verwendete Methodik auf die Mitgliedsstaaten der EEA angewandt.

Die von der EEA gezeigten Karten und Diagramme für die Jahre 2009, 2012 und 2015 (EEA 2019) basieren auf der effektiven Maschendichte, die mit der effektiven Maschenweite in einer reziproken Beziehung steht. Dabei wird die Zerschneidung mithilfe von Versiegelungsdaten des europäischen Copernicus-Programms (Layer Imperviousness Density) sowie eines Straßennetzwerks der Firma TomTom/TeleAtlas® auf Rasterbasis berechnet. Die verfügbaren Web-Karten zeigen die Ergebnisse der Zerschneidungsanalyse, differenziert nach fünf ordinal skalierten Klassen (sehr niedrig, niedrig, mittel, hoch, sehr hoch) für die 39 Mitglieds- und Kooperationsstaaten der EEA im $50 \text{ m} \times 50 \text{ m}$ -Raster, wobei Gewässer ausgeblendet sind. Nach dieser Methodik auf Basis eines Versiegelungsrasters mit relativ hoher Auflösung werden allerdings nicht nur die Landschaftszerschneidung, sondern implizit auch Aspekte der Zersiedelung quantifiziert.

Demnach steht Deutschland im europäischen Ländervergleich nach Malta und den Benelux-Staaten an vorderer Stelle (5. Rang) beim Zerschneidungsgrad der Landschaft, gemessen an der effektiven Maschendichte (Anzahl Maschen pro km^2). Alle weiteren Länder folgen mit großem Abstand. Generell ist im Untersuchungszeitraum (2009, 2012, 2015) fast überall eine räumliche Verdichtung von Siedlung und Verkehr, also eine Zunahme der Landschaftszerschneidung zu verzeichnen. Einen solchen eindeutigen Trend konnten wir für Deutschland in einem längeren Untersuchungszeitraum (2000, 2008, 2012, 2016, 2020) auf Basis von ATKIS-Vektor-

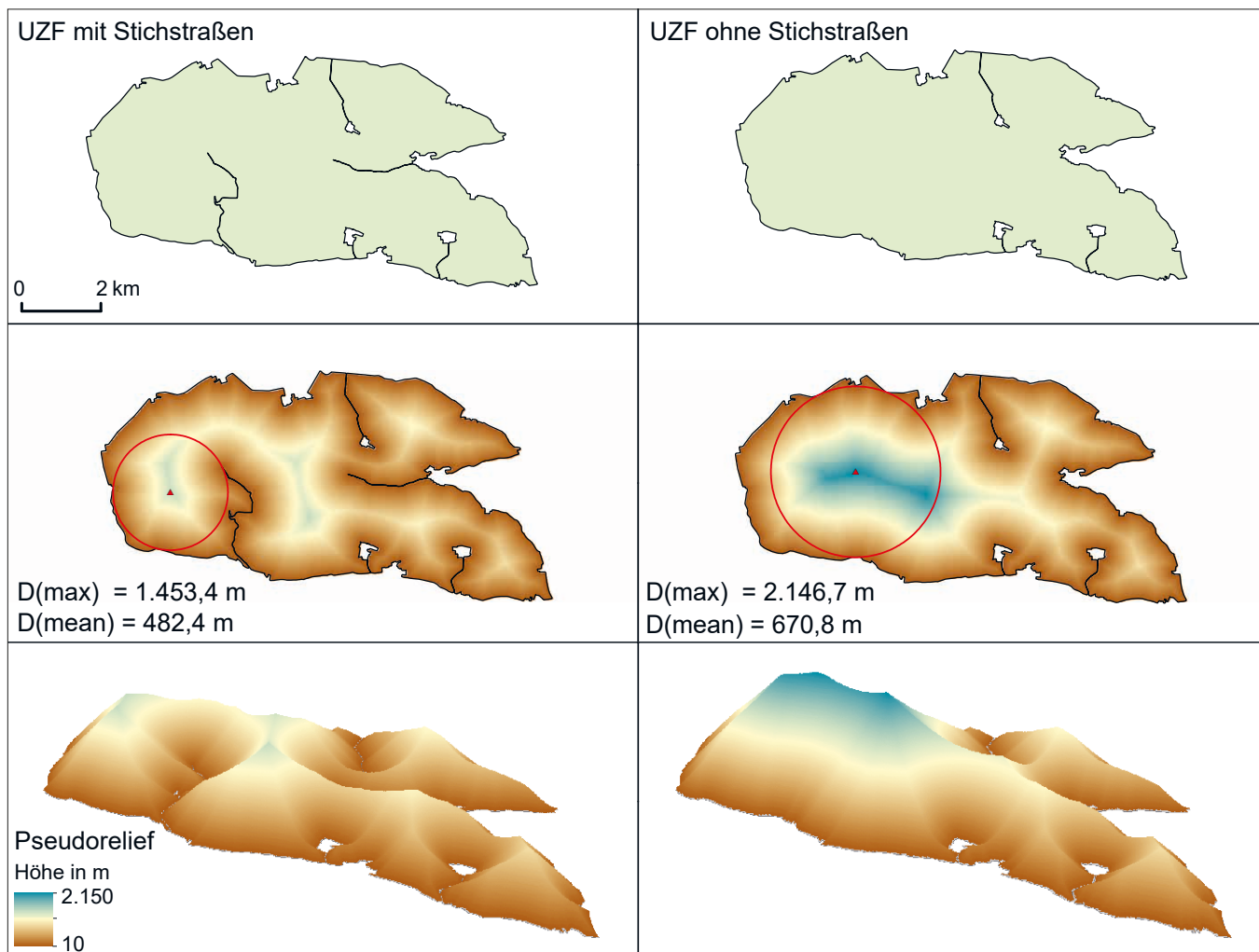


Abb. A: Stichstraßen und Pseudorelief. Stichstraßen wirken sich auf die mittlere und maximale Entfernung zum Rand eines Freiraums aus. Das Volumen des Pseudoreliefs unzerschnittener Freiräume (UZF) gleicher Flächengröße steigt bei der Eliminierung von Stichstraßen (Bearbeitung: Tobias Krüger).

Fig. A: Stub roads and pseudo-relief. Stub roads decrease the mean and maximum distance to the edge of an undissected space. The elimination of stub roads increases the volume of the pseudo-relief of undissected open spaces (UOS) of the same area size (editing: Tobias Krüger).

daten (mit zusammenhängenden Ortslagen ≥ 5 ha) nicht feststellen. Offensichtlich hat hier der Schwellwert für die Erfassung zerschneidungsrelevanter Objekte wesentlichen Einfluss auf die Ergebnisse.

Bei der Interpretation der Stellung Deutschlands im europäischen Vergleich spielt zweifellos die hohe Siedlungsdichte sowie die zentrale geographische Lage als Transitland in Mitteleuropa eine wichtige Rolle. Andererseits ging die Entwicklung des Autobahnnetzes bereits in den 1920er-Jahren von Deutschland aus. Neben den damals bestehenden Straßen- und Eisenbahnnetzen wurde mit der Autobahn ein qualitativ neues Verkehrssystem konzipiert, das aus georäumlicher Sicht nicht auf die Stadtzentren gerichtet war, sondern auf deren Umgehung und damit in der Konsequenz auf die großen Freiräume sowie deren Zerschneidung. Bei Betrachtung des heutigen europäischen Autobahnnetzes bleibt die Vorreiterrolle Deutschlands weiterhin sichtbar. In diesem Kontext bieten historische Betrachtungen der Landschaftszerschneidung seit Beginn des Autobahnbaus um 1930 interessante Aufschlüsse (z. B. Esswein et al. 2003; Schumacher, Walz 2012).

5 Literatur

Autorenkollektiv (2002): Eisenbahnatlas Deutschland. Schweers + Wall. Köln: 272 S.

BMVI/Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.) (2020): Verkehr in Zahlen 2020/2021. BMVI, Berlin: 371 S.

EEA/European Environment Agency (2011): Landscape fragmentation in Europe. Joint EEA-FOEN report. EEA, Kopenhagen: 87 S.

EEA/European Environment Agency (2019): Landscape fragmentation pressure and trends in Europe. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/mobility-and-urbanisation-pressure-on-ecosystems-2/assessment> (aufgerufen am 4.2.2020).

Eichhorst U., German R. (1974): Zerschneidung der Landschaft durch das Straßennetz im Regierungsbezirk Tübingen. Veröffentlichungen der Landesstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg 42: 66–84.

Esswein H., Jaeger J.A., Schwarz-von Raumer H.-G. (2003): Landschaftszerschneidung in Baden-Württemberg: Tendenz steigend. Eine landesweite quantitative Untersuchung für den Zeitraum 1930 bis 1998. Beiträge der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg 31: 41–85.

Gawlak C. (2019): Unzerschnittene verkehrsarme Räume (UZVR) > 100 km² in Deutschland. Bundesamt für Naturschutz, Leipzig: 13 S.

Hänel K. (2007): Methodische Grundlagen zur Bewahrung und Wiederherstellung großräumig funktionsfähiger ökologischer Beziehungen in der räumlichen Umweltplanung. Lebensraumnetzwerke für Deutschland. Dissertation. Universität Kassel. Kassel: 380 S.

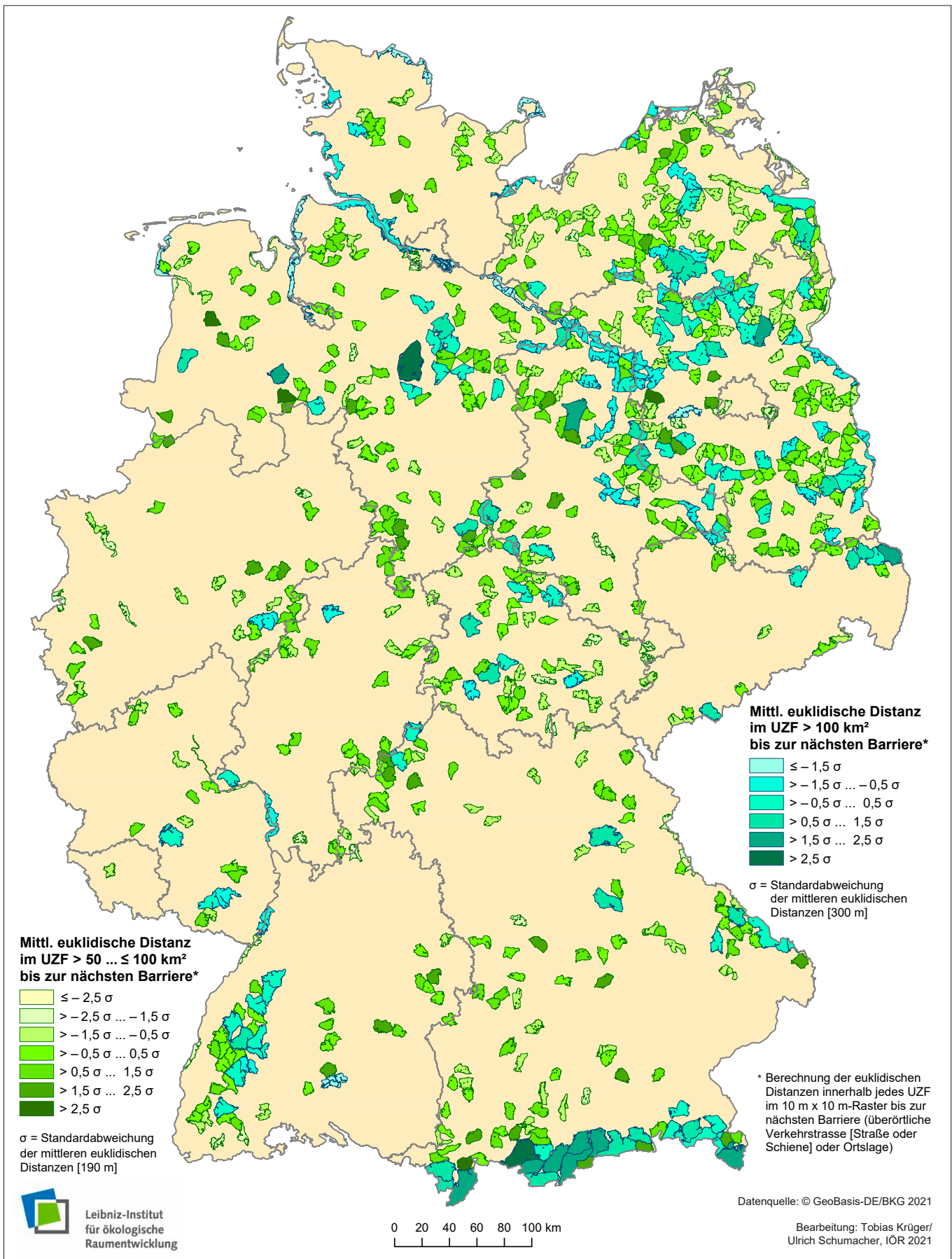


Abb. B: Unzerschnittene Freiräume (UZF) nach Größe und mittlerer Distanz zum nächsten Zerschneidungselement (mittlere Barriere-distanz) in Deutschland 2016.

Fig. B: Undissected open spaces (UOS) by size and mean barrier distance in Germany in 2016.

Hänel K., Reck H. (2011): Bundesweite Prioritäten zur Wiedervernetzung von Ökosystemen: Die Überwindung straßenbedingter Barrieren. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 108: 118 S.

Jaeger J.A. (2000): Landscape division, splitting index, and effective mesh size: New measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology* 15(2): 115 – 130.

Jaeger J.A. (2002): Landschaftszerschneidung. Eine transdisziplinäre Studie gemäß dem Konzept der Umweltgefährdung. Ulmer. Stuttgart: 447 S.

Lassen D. (1979): Unzerschnittene verkehrsarme Räume in der Bundesrepublik Deutschland. *Natur und Landschaft* 54(12): 333 – 334.

Lassen D. (1990): Unzerschnittene verkehrsarme Räume über 100 km² – eine Ressource für die ruhige Erholung. *Natur und Landschaft* 65(6): 326 – 327.

LIKI/Länderinitiative Kernindikatoren (2020): Indikatoren Natur und Landschaft (B). B1 – Landschaftszerschneidung. <https://www.lanuv.nrw.de/lik/index.php?indikator=13&aufzu=2&mode=indi> (aufgerufen am 14.4.2020).

Moser B., Jaeger J.A. et al. (2007): Modification of the effective mesh size for measuring landscape fragmentation to solve the boundary problem. *Landscape Ecology* 22(3): 447 – 459.

Reck H., Lorenzen D. et al. (2007): Möglichkeiten und Grenzen der UZVR zur qualitativen Bewertung, Steuerung und Kompensation von Flächeninanspruchnahmen. Endbericht F + E-Vorhaben des Bundesamtes für Naturschutz. FKZ 805 82 025. Leipzig: 181 S.

Schauer P. (2006): GIS-gestützte Prognose zur Landschaftszerschneidung im Freistaat Sachsen für das Jahr 2020. Diplomarbeit. TU Dresden. Dresden: 126 S.

Schumacher U., Walz U. (2000): Landschaftszerschneidung durch Infrastrukturtrassen. In: Leibniz-Institut für Länderkunde (Hrsg.): Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland. Band 10: Freizeit und Tourismus. Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg: 132 – 135.

Schumacher U., Walz U. (2006): Landschaftszerschneidung in Sachsen. Bewertung von Freiraumstrukturen auf der Basis grenzüberschreitender Geodaten. In: Aurada K.D., Rödel R. (Hrsg.): Beiträge zum 16. Kolloquium Theorie und quantitative Methoden in der Geographie. Gemeinsame Tagung der Arbeitskreise AK Theorie und Quantitative Methoden in der Geographie und AK Geographische Informationssysteme in der Deutschen Gesellschaft für Geographie (DGfG). Greifswalder Geographische Arbeiten 39: 39 – 48.

Schumacher U., Walz U. (2012): Die Karte des Deutschen Reiches 1 : 100.000 als Geodatenquelle zur Untersuchung der Landschaftszerschneidung um 1930. In: Heinz M., Koch W.G. (Hrsg.): 13. Kartographiehistorisches Colloquium und 9. Dresdner Sommerschule für Kartographie. Vorträge,

Berichte, Posterbeiträge. Dresden 20. – 23. September 2006. Kirschbaum. Bonn: 185 – 188.

TLUG/Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (Hrsg.) (2007): Neue Kennzahlen zur Bewertung der Störungsarmut von geographischen Räumen in Thüringen. TLUG. Jena: 18 S.

TLUG/Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (Hrsg.) (2017): Kennzahlen zur Bewertung der Störungsarmut von geographischen Räumen in Thüringen. TLUG. Jena: 23 S.

Watts R.D., Compton R.W. et al. (2007): Roadless space of the conterminous United States. *Science* 316(5.825): 736 – 738.

Prof. Dr. habil. Ulrich Walz
Korrespondierender Autor
Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Dresden
Fakultät Landbau/Umwelt/Chemie
Pillnitzer Platz 2
01326 Dresden
E-Mail: ulrich.walz@htw-dresden.de



Der Autor ist Professor für Landschaftsökologie und Geographische Informationssysteme an der Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Dresden. Zuvor Projektleiter am Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) Dresden und Lehrbeauftragter an der TU Dresden sowie der Uni Rostock; Studium der Geographie und Landschaftsökologie in Stuttgart und Hohenheim; Promotion 2000 an der TU Dresden und 2013 Habilitation an der Universität Rostock in den Fachgebieten Geoinformatik und Landschaftsökologie; Forschungsschwerpunkte: Biodiversität und Landschaftsstruktur, Ökosystemleistungen, Landschaftswandel und Umweltauswirkungen, Indikatoren zur landschaftsstrukturellen Vielfalt.

Ulrich Schumacher, Dipl.-Ing. oec.
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR)
Weberplatz 1
01217 Dresden
E-Mail: u.schumacher@ioer.de

Dr.-Ing. Tobias Krüger
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR)
Weberplatz 1
01217 Dresden
E-Mail: t.krueger@ioer.de