

Landschaftszerschneidung und Waldfragmentierung in Deutschland: Analyseergebnisse aus dem IÖR-Monitor

Walz, Ulrich; Krüger, Tobias; Schumacher, Ulrich

Veröffentlichungsversion / Published Version

Sammelwerksbeitrag / collection article

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Walz, U., Krüger, T., & Schumacher, U. (2021). Landschaftszerschneidung und Waldfragmentierung in Deutschland: Analyseergebnisse aus dem IÖR-Monitor. In *Flächennutzungsmonitoring XIII: Flächenpolitik - Konzepte - Analysen - Tools* (S. 127-137). Berlin: Rhombos-Verlag. <https://doi.org/10.26084/13dfns-p012>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer CC BY Lizenz (Namensnennung) zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den CC-Lizenzen finden Sie hier:

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>

Terms of use:

This document is made available under a CC BY Licence (Attribution). For more information see:

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



Flächennutzungsmonitoring XIII
Flächenpolitik – Konzepte – Analysen – Tools

IÖR Schriften Band 79 · 2021

ISBN: 978-3-944101-79-8

Landschaftszerschneidung und Waldfragmentierung in Deutschland – Analyseergebnisse aus dem IÖR-Monitor

Ulrich Walz, Tobias Krüger, Ulrich Schumacher

Walz, U.; Krüger, T.; Schumacher, U. (2021): Landschaftszerschneidung und Waldfragmentierung in Deutschland – Analyseergebnisse aus dem IÖR-Monitor. In: Meinel, G.; Krüger, T.; Behnisch, M.; Ehrhardt, D. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring XIII. Flächenpolitik – Konzepte – Analysen – Tools. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 79, S. 127-137.
DOI: <https://doi.org/10.26084/13dfns-p012>

Landschaftszerschneidung und Waldfragmentierung in Deutschland – Analyseergebnisse aus dem IÖR-Monitor

Ulrich Walz, Tobias Krüger, Ulrich Schumacher

Zusammenfassung

Es werden multitemporale Analysen zur Landschaftszerschneidung und Waldfragmentierung in Deutschland über die letzten 20 Jahre basierend auf Daten des amtlichen Digitalen Basis-Landschaftsmodells (ATKIS Basis-DLM) der Landesvermessungsverwaltungen vorgestellt. Dabei zeigt sich, dass die Landschaftszerschneidung und Waldfragmentierung bundesweit in dem genannten Zeitraum kaum zugenommen haben. Allerdings ist dies regional differenziert zu betrachten. So gibt es nach wie vor Infrastrukturprojekte, die unzerschnittene Freiräume durchtrennen. Außerdem sind strukturelle Maßnahmen wie z. B. die Trassenbündelung zu diskutieren, welche einerseits zur Schonung unzerschnittener Freiräume beitragen, andererseits die Barrierestärke von Trassen erhöhen können. Weitere Maßnahmen zur Entschneidung sind daher notwendig. Außerdem sollten entsprechende Indikatoren entwickelt werden, um die Durchlässigkeit des Verkehrsnetzes und dessen funktionale Zerschneidung besser abzubilden.

Schlagwörter: Landschaftszerschneidung, Waldfragmentierung, Monitoring, ATKIS

1 Einführung

Im Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor) stehen mittlerweile Informationen zur Landschaftszerschneidung in Deutschland über einen Zeitraum von 20 Jahren (2000 bis 2020) zur Verfügung. Dies soll zum Anlass genommen werden, um zu fragen, wie sich Landschaftszerschneidung und Waldfragmentierung in diesem Zeitraum entwickelt haben. Die beiden zusammenhängenden Themen sind schon seit längerem Gegenstand der bundesweiten Umweltberichterstattung (z. B. LIKI 2020; BfN 2016), der Forschungen des IÖR (z. B. Walz 2005; Walz et al. 2011; Walz et al. 2013; Schumacher, Walz 2000), aber auch weiterer Untersuchungen und Programme (z. B. Reck et al. 2010; BMU 2012).

Die Landschaftszerschneidung ist in der Raumplanung und -entwicklung ein wesentliches Problem in Bezug auf Fragen des Umwelt- und Naturschutzes, da künstliche Barrieren in der Landschaft wie Straßen und Bahnlinien, aber auch Kanäle und bebaute Bereiche erhebliche Auswirkungen auf Natur und Umwelt, aber auch den Menschen haben können. Insbesondere die Barrierewirkung, welche Lebensräume zerteilt und Wanderungswege unterbricht bzw. erschwert, ist hier erwähnenswert. Dadurch werden zusammenhängende Lebensräume für Fauna und Flora verkleinert sowie die

Lärmwirkung in die verbliebenen unzerschnittenen Freiräume (UZF) hinein verstärkt. Der Mensch selbst ist auch davon betroffen, beispielsweise durch Beeinträchtigung von (Nah-)Erholungsbereichen, durch den Lärm und die Störung des Landschaftsbildes (Abb. 1).

In den Grundsätzen der Raumordnung im Raumordnungsgesetz (ROG) heißt es daher: *„Die weitere Zerschneidung der freien Landschaft und von Waldflächen ist dabei so weit wie möglich zu vermeiden“* (Deutscher Bundestag 2008). Auch die Strategie zur biologischen Vielfalt der Bundesregierung formuliert als Ziel: *„Der derzeitige Anteil der unzerschnittenen verkehrsarmen Räume $\geq 100 \text{ km}^2$ (UZVR) bleibt erhalten“* (BMU 2012).

Vor diesem Hintergrund soll es hier insbesondere um folgende Fragen gehen:

- Wie haben sich Landschaftszerschneidung und Waldfragmentierung seit 2000 entwickelt und welchen Stand haben wir heute in Deutschland?
- Wie stark zerschnitten sind die Großschutzgebiete (Nationalparks und Biosphärenreservate)?
- Welche Indikatoren sollten bzw. könnten ergänzt werden?



Abb. 1: Raumgreifende Wirkung von Straßen: Autobahnkreuz bei Singen am Hohentwiel an der A81 (Foto: Ulrich Walz)

2 Methodik

Im IÖR-Monitor (www.ioer-monitor.de) werden regelmäßig folgende Indikatoren zur Landschaftszerschneidung und zur Waldfragmentierung berechnet und zur freien Nutzung angeboten:

- Effektive Maschenweite der Freiräume (modifiziert),
- Anteil unzerschnittener Freiräume > 100 km² an Gebietsfläche,
- Anteil unzerschnittener Freiräume > 50 km² an Gebietsfläche,
- Effektive Maschenweite der Wälder (modifiziert),
- Anteil unzerschnittener Wälder > 50 km² an Gebietsfläche.

Weiterhin stehen im IÖR-Monitor Angaben über verschiedene Verkehrsnetzdichten je Gebietseinheit zur Verfügung.

Für die Berechnung der o. g. Indikatoren werden folgende topographische Objekte aus dem ATKIS Basis-DLM (AdV 2019) zum Aufbau einer Zerschneidungsgeometrie 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).

Für das Jahr 2000, als das ATKIS Basis-DLM noch im Aufbau war, wurden zusätzliche Vektordaten für das Straßennetz von Infas Geodaten herangezogen sowie das ATKIS-Bahnnetz mit Hilfe eines Eisenbahnatlas retrospektiv editiert.

Alle linienförmig als Polygonzug modellierten Objekte wie Straßen bzw. Fahrbahnen, Eisenbahnlinien und Schifffahrtskanäle werden zur Flächenbildung entsprechend der Angaben in ihren Attributen auf ihre Objektbreite gepuffert. Die resultierenden flächenhaften Geometrien werden anschließend mit den anderen flächenförmigen Elementen zur Zerschneidungsgeometrie vereinigt. Die (unzerschnittenen) Freiräume ergeben sich als Restflächen nach deren Ausschneiden aus der jeweiligen Gebietsfläche.

Im Küstenbereich können sich große langgestreckte Freiraumpolygone ergeben, weil die Verkehrsstrassen in der Regel vor der Küstenlinie enden. Hier bilden sich durch die Eliminierung der Siedlungs- und Verkehrsflächen aus der terrestrischen Gebietsfläche

bei der GIS-Bearbeitung oft unrealistische, schmale Freiraumkorridore. Deshalb werden die Freiraumpolygone vor der Indikatorberechnung leicht generalisiert bzw. modifiziert (doppelte Pufferung – erst nach innen, dann nach außen – mit jeweils $-/+22$ m Pufferdistanz). Die Abbildung 2 zeigt einen solchen Fall an der Ostseeküste: In der Realität zerschneidet die Ortslage der Stadt Kühlungsborn einen langgestreckten unzerschnittenen Freiraum im Küstenbereich, während dies bei der GIS-Bearbeitung erst durch das modifizierte Verfahren mit doppelter Pufferung erreicht wird.

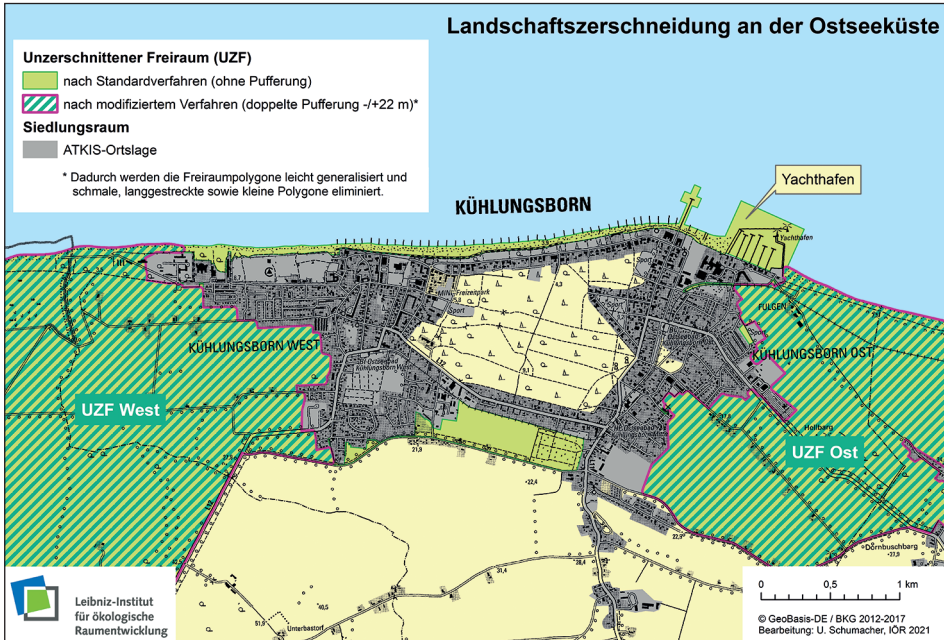


Abb. 2: Geometrische Modifikationen zur Ableitung unzerschnittener Freiräume (UZF) – Beispiel aus dem Küstenbereich (Kartographie: Ulrich Schumacher)

Als Maßzahlen zur Landschaftszerschneidung werden verwendet:

- Anzahl der unzerschnittenen Freiräume größer 50 bzw. 100 km²
- Effektive Maschenweite unzerschnittener Freiräume (nach Jaeger 2000):

$$m_{eff} = \frac{1}{F_{gesamt}} (F_1^2 + F_2^2 + F_3^2 + \dots + F_n^2)$$

- Effektive Maschenweite unzerschnittener Freiräume modifiziert (nach Moser et al. 2007):

$$m_{eff}^{FaV} = \frac{1}{F_{gesamt}} (F_1 \cdot F_1^{erg.} + F_2 \cdot F_2^{erg.} + F_3 \cdot F_3^{erg.} + \dots + F_n \cdot F_n^{erg.})$$

Die Maßzahlen zur Waldfragmentierung orientieren sich daran in vergleichbarer Weise.

3 Ergebnisse

3.1 Entwicklung der Landschaftszerschneidung

Betrachtet man den aktuellen Zustand der Landschaftszerschneidung in Deutschland (2020), so wird auf den ersten Blick deutlich, dass es sehr große regionale Unterschiede gibt (Abb. 3.). Die Mehrheit der Landkreise (56,8 %) hat überhaupt keinen Anteil mehr an einem unzerschnittenen Freiraum größer 100 km². Solche großflächigen unzerschnittenen Freiräume sind vor allem noch in einigen Mittel- und Hochgebirgsregionen wie z. B. dem Bayerischen Wald, dem Schwarzwald und den Alpen vorhanden. Aber auch Räume mit geringer Besiedlungsdichte wie in Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und im nördlichen Sachsen-Anhalt, teilweise auch in Niedersachsen und Schleswig-Holstein heben sich deutlich ab. Bemerkenswert ist eine ringförmige Region geringer Zerschneidung um die Wachstumsmetropole Berlin herum. Hier sind die erhalten gebliebenen UZF sicher einem besonderen Druck ausgesetzt.

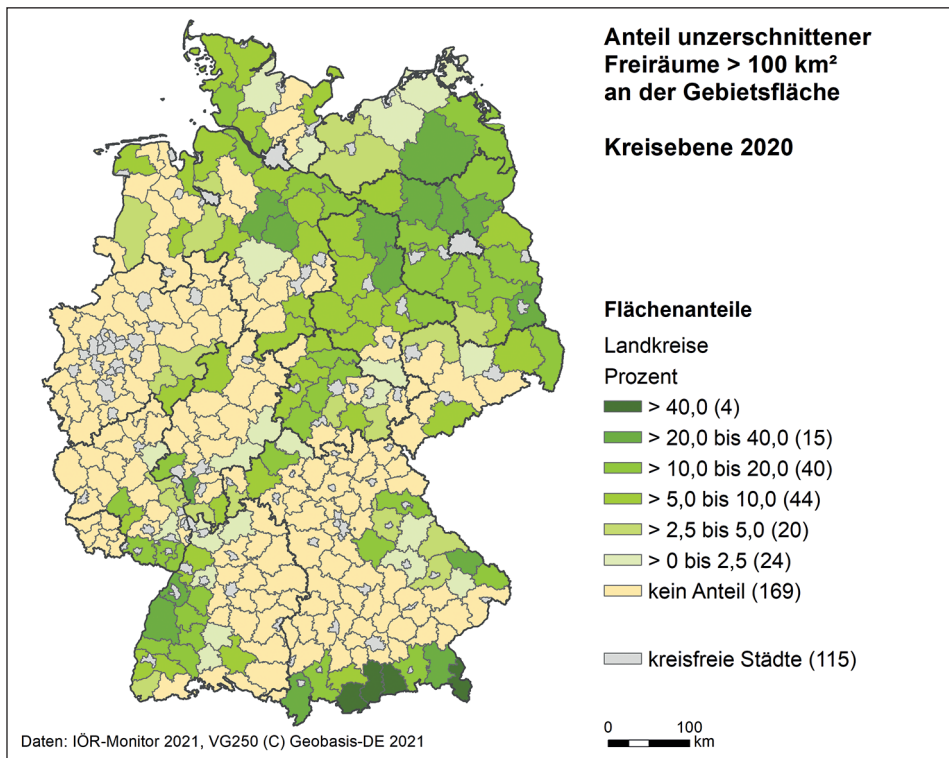


Abb. 3: Anteil unzerschnittener Freiräume > 100 km² an Gebietsfläche auf Kreisebene 2020 (Quelle: IÖR-Monitor, Karte: Schumacher/Krüger, IÖR)

Wie sich die Situation nun in den letzten 20 Jahren entwickelt hat, soll an der Maßzahl der Effektiven Maschenweite unzerschnittener Freiräume für die einzelnen Bundesländer gezeigt werden (Tab. 1). Kleine Werte der Effektiven Maschenweite stehen dabei für stärkere Zerschneidung. Für die einzelnen Bundesländer gibt es durchaus unterschiedliche Entwicklungspfade. So verzeichnen gerade die Bundesländer mit besonders vielen UZFs (siehe oben) auch die größten Abnahmen und damit weitere Zerschneidung, namentlich Sachsen-Anhalt, Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg. Allerdings gibt es auch gegenläufige Trends, die auf eine Abnahme der Zerschneidung hinweisen. Gründe dafür wären noch näher zu untersuchen.

Tab. 1: Entwicklung der effektiven Maschenweite unzerschnittener Freiräume je Bundesland von 2000 bis 2020 (Quelle: IÖR-Monitor.de)

Bundesland	Indikatorwert [km ²]					Differenz 2020-2000
	2000	2008	2012	2016	2020	
Baden-Württemberg	21,16	22,59	22,58	22,46	22,40	1,24
Bayern	35,36	36,60	36,67	36,48	36,49	1,13
Brandenburg	56,83	53,20	54,51	53,19	53,27	-3,56
Hessen	19,92	20,23	20,47	20,42	20,50	0,58
Mecklenburg-Vorpommern	61,79	55,93	56,54	54,40	55,04	-6,75
Niedersachsen	33,41	35,34	35,98	35,25	35,50	2,09
Nordrhein-Westfalen	13,84	13,94	14,02	13,95	13,95	0,11
Rheinland-Pfalz	18,22	18,45	18,50	18,51	18,54	0,32
Saarland	10,99	13,80	13,11	12,98	17,04	6,05
Sachsen	20,05	19,89	20,04	20,14	19,88	-0,17
Sachsen-Anhalt	56,54	45,28	45,66	45,23	45,23	-11,31
Schleswig-Holstein	29,75	38,15	38,30	36,82	37,85	8,10
Thüringen	30,77	30,81	32,48	34,49	34,98	4,21
Bundesrepublik	32,99	32,82	33,24	32,76	32,97	-0,02

3.2 Fragmentierung von Wäldern

Große zusammenhängende Wälder besitzen eine besonders hohe Bedeutung als Lebensraum für Tiere und Pflanzen und als Erholungsgebiet für den Menschen. Die Flächengröße von zusammenhängenden Waldflächen, die nicht von Infrastruktur durchtrennt sind, kann nach Burkhardt (2004) als Wertkriterium zur naturschutzfachlichen Einstufung herangezogen werden. So werden Waldflächen > 5 000 ha (= 50 km²) als „sehr gut“ eingestuft, > 1000 ha als „gut“ und > 100 ha nur noch als „mäßig“.

Große zusammenhängende Wälder größer 50 km² sind aktuell noch in vielen Landkreisen vorhanden, wobei sich auch hier naturgemäß die Alpen und die Mittelgebirge

deutlich abzeichnen. Insbesondere die walddreichen Länder Thüringen, Hessen und Brandenburg sind zu nennen. Dem stehen die walddarmen Gebiete im Nord- und Nordwestdeutschen Flachland und den Bördegebieten sowie dem Bayerischen Flachland und dem Sächsisch-Thüringischen Lößhügelland gegenüber (Abb. 4, links).

Veränderungen der Maschenweite der Wälder zeigen zwei Richtungen (Abb. 4, rechts): Zum einen gibt es vergrößerte Maschenweiten, also eine Verbesserung der Zerschneidungssituation, was sicher auf Aufforstungen zurückzuführen ist. Das zeigt sich beispielsweise in bisher relativ walddarmen Regionen wie in Teilen von Sachsen oder Sachsen-Anhalt. Zum anderen sind aber auch Abnahmen zu verzeichnen. Das betrifft Brandenburgische Landkreise im Umland von Berlin, aber u. a. auch Landkreise in Nordrhein-Westfalen, Bayern oder Baden-Württemberg.

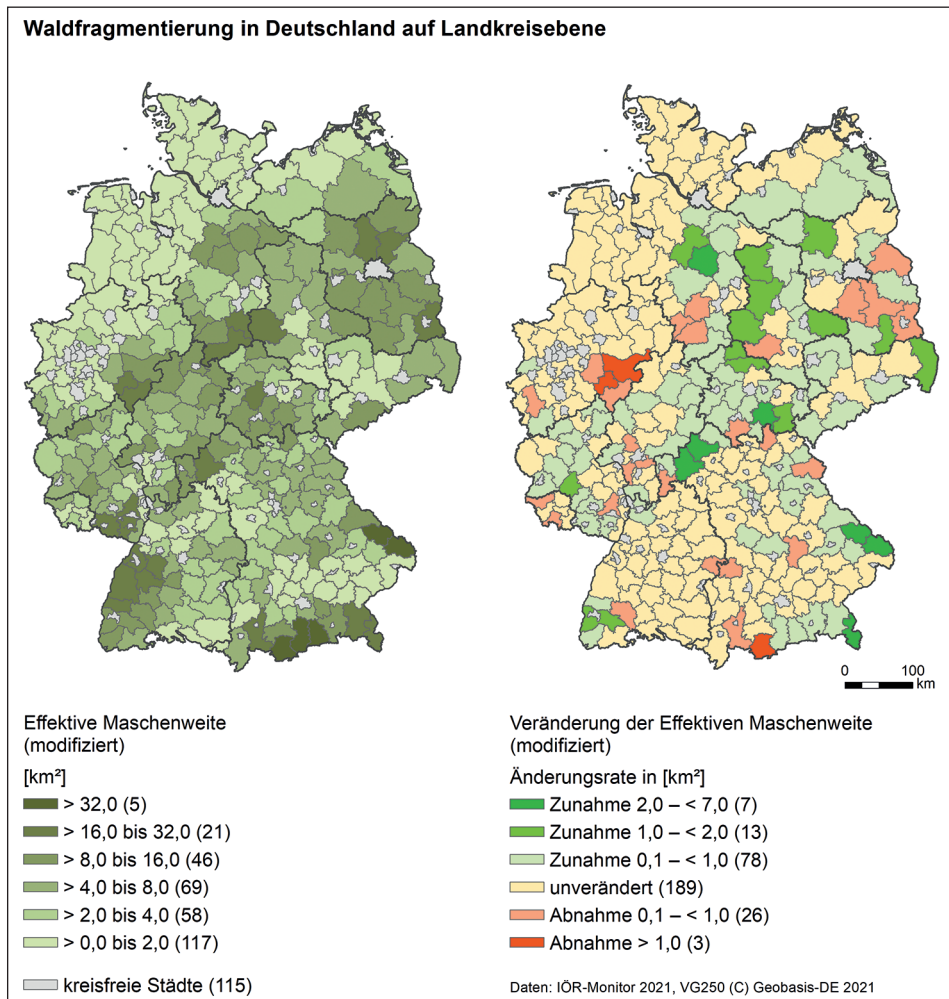


Abb. 4: Effektive Maschenweite (modifiziert) der Wälder auf Landkreisebene 2020 (links) und ihre Veränderung 2008 bis 2020 (rechts) (Quelle: IÖR-Monitor, Karte: Schumacher/Krüger IÖR)

3.3 Weitere Ergebnisse

Auf weitere Analyseergebnisse zur Zerschneidung von Großschutzgebieten (Nationalpark und Biosphärenreservate), zur Naturnähe der UZF und zur Berücksichtigung der Flächenform der UZF bei der Berechnung der Indikatoren soll hier aus Platzgründen nur kurz verwiesen werden. Für eine detailliertere Darstellung siehe Beitrag von Walz et al. (Im Erscheinen). Aus den Analysen ergaben sich folgende wesentlichen Erkenntnisse:

- Großschutzgebiete sind teilweise ebenfalls von Landschaftszerschneidung betroffen und von überregionalen Verkehrsstrassen durchschnitten. So liegen aktuell nur vier Nationalparks zu mehr als 90 % in UZF, die größer als 100 km² sind.
- Große unzerschnittene Freiräume mit gleichzeitig hohen Anteilen naturbetonter Flächen sind insgesamt selten. Andererseits gibt es auch Landkreise mit großer Maschenweite und relativ geringer Naturnähe (Beispiel Stade). Es zeigt sich also, dass der Zerschneidungsgrad nicht unbedingt gegenläufig mit erhöhter Naturnähe korreliert, aber große unzerschnittene Räume mit einem hohen Anteil naturnaher Flächen ein seltenes und daher besonders wertvolles Schutzgut darstellen.
- Stichstraßen in ansonsten unzerschnittenen Freiräumen sowie unterschiedliche geometrische Formen der Freiräume (z. B. langgestreckt und schmal versus kompakt mit großem geschlossenen Kernbereich) werden bei der Indikatorberechnung bisher nicht berücksichtigt. Wir konnten zeigen, dass mit einem Verfahren nach Voerkel (TLUG 2007) bzw. Watts et al. (2007) diese Aspekte bundesweit berechnet und damit in den Auswertungen berücksichtigt werden können.

4 Diskussion und Fazit

Es bleibt festzuhalten, dass sich die Landschaftszerschneidung in Deutschland nach wie vor auf einem hohen Niveau befindet. Zwar ist eine Verlangsamung des Trends zur weiteren Zerschneidung festzustellen, aber dies gilt nur für bestimmte Regionen. Nach wie vor gibt es zahlreiche überregionale Straßenbauprojekte, die zu weiterer Landschaftszerschneidung führen und teilweise große, bisher unzerschnittene Landschaftsräume durchteilen würden.

Zur Verlangsamung des Trends der weiteren Zerschneidung und positiv im Sinne des Erhalts großer unzerschnittener Freiräume hat möglicherweise das raumplanerische Prinzip der Trassenbündelung beigetragen (Abb. 5). Dabei sollen neue zerschneidende Elemente (Straßen, Bahnlinien, Hochspannungsleitungen etc.) mit vorhandenen Elementen gebündelt werden. Der Vorteil dieses Prinzips liegt in der Vermeidung weiterer Landschaftszerschneidung, allerdings mit dem Nachteil, dass die Barrierestärke insgesamt wächst und die bereits bestehende Zerschneidungswirkung im funktionalen Sinne verstärkt wird.



Abb. 5. Bündelung der Neubaustrecke Erfurt – Nürnberg der Deutschen Bahn (links) mit dem Neubau der Autobahn A71 Erfurt-Suhl (Mitte) sowie einer Hochspannungsleitung bei Arnstadt (rechts) (Quelle: DOP20, © GDI-Th)

Die mit neuen Infrastrukturprojekten verbundenen Belastungen für Natur und Mensch sind nach wie vor insgesamt als hoch einzustufen. Es sind daher geeignete Entschneidungsmaßnahmen (wie z. B. Grünbrücken) notwendig, insbesondere auch für die Verkehrswege im Bestand.

Vor dem Hintergrund der Herausforderungen aus Biodiversitäts- und Klimakrise ist die Sensibilität der Bevölkerung gegenüber Eingriffen durch Neubau von Infrastrukturtrassen in der offenen Landschaft und im Wald derzeit offensichtlich hoch, wie zahlreiche Bürgerinitiativen, Petitionen und entsprechende Beiträge in den Medien zeigen.

Auf Seiten des Monitorings zur Landschaftszerschneidung und Waldfragmentierung gibt es ebenfalls Bedarf für Weiterentwicklungen bzw. Ergänzungen, da die aktuell verwendeten Indikatoren auf Bundes- und Landesebene nicht alle Aspekte der Zerschneidung aufzeigen können. So werden z. Z. nicht berücksichtigt:

- die funktionelle Vernetzung von Lebensräumen,
- die Durchlässigkeit des Straßen- und Eisenbahnnetzes,
- Kumulationseffekte entlang der Verkehrswege (z. B. mit Photovoltaikanlagen).

Eine Weiterentwicklung der Indikatoren in den genannten Punkten ist daher notwendig und sollte durch entsprechende Forschungsprojekte umgesetzt werden.

5 Literatur

- AdV – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2019): Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens (GeoInfoDok): Erläuterungen zum ATKIS® Basis-DLM. 157 S. [Version 6.0.1 Stand: 21.05.2019].
<https://www.adv-online.de/Products/Geotopography/Official-Topographic-Maps/DTK10/binarywriterservlet?imgUid=1f850d50-1d5d-0b61-7905-ba3403b36c4c&uBasVariant=11111111-1111-1111-1111-111111111111>
 (Zugriff: 06.10.2021).
- BfN – Bundesamt für Naturschutz (2016): Daten zur Natur 2016. – 164 S.; Bonn.
https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/daten_fakten/Downloads/Daten_zur_Natur_2016_BfN.pdf (Zugriff: 06.10.2021).
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2012): Bundesprogramm Wiedervernetzung: Grundlagen – Aktionsfelder – Zusammenarbeit. 30 S.
https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/StB/bundesprogramm-wiedervernetzung.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff: 06.10.2021).
- Burkhardt, R. (2004): Empfehlungen zur Umsetzung des § 3 BNatSchG „Biotopverbund“. Naturschutz und Biologische Vielfalt, 2; Bonn-Bad Godesberg.
- Deutscher Bundestag (2008): Raumordnungsgesetz – ROG.
- Jaeger, J. A. G. (2000). Landscape division, splitting index, and effective mesh size: New measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology*, 15 (2): 115-130.
 doi: 10.1023/A:1008129329289
- LIKI – Länderinitiative Kernindikatoren (2020): Indikatoren Natur und Landschaft, B1 – Landschaftszerschneidung.
<https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=13&aufzu=2&mode=indi>
 (Zugriff: 10.09.2021).
- Moser, B.; Jaeger, J. A. G.; Tappeiner, U.; Tasser, E.; Eiselt, B. (2007): Modification of the effective mesh size for measuring landscape fragmentation to solve the boundary problem. *Landscape Ecology*, 22 (3): 447-459. doi: 10.1007/s10980-006-9023-0.
- Reck, H.; Hänel, K.; Walz, U.; Stratmann, L.; Schumacher, J.; Schumacher, A.; Huckauf, A.; Herrmann, M.; Klar, N. (2010): Bundesweite Prioritäten zur Wiedervernetzung von Ökosystemen, Überwindung straßenbedingter Barrieren: BfN – Bundesamt für Naturschutz. [Kurzfassung F+E-Vorhaben „Prioritätensetzung“ FKZ 3507 82 090].
https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/planung/ingriffsregelung/Dokumente/Bundesweite_Prioritaeten_Wiedervernetzung.pdf (Zugriff: 06.10.2021).
- Schumacher, U.; Walz, U. (2000): Landschaftszerschneidung durch Infrastrukturtassen. In: IFl – Institut für Länderkunde Leipzig (Hrsg.): Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland: Freizeit und Tourismus, 10: 132-135; Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
http://archiv.nationalatlas.de/wp-content/art_pdf/Band10_132-135_archiv.pdf
 (Zugriff: 07.10.2021).

- TLUG – Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (2007): Neue Kennzahlen zur Bewertung der Störungsarmut von geographischen Räumen in Thüringen. Fachstandpunkte der TLUG, 2007 (11): 18 S.; Jena.
https://tlubn.thueringen.de/fileadmin/00_tlubn/Service/download/fachstandpunkte/fachstandpunkt_11_07.pdf (Zugriff: 06.10.2021).
- Walz, U. (2005): Landschaftszerschneidung in Grensräumen – Sachsen und die Sächsisch-Böhmische Schweiz. *GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society*, 14 (2): 171-174.
- Walz, U.; Krüger, T.; Schumacher, U. (2011): Landschaftszerschneidung und Waldfragmentierung. Neue Indikatoren des IÖR-Monitors. In: Meinel, G.; Schumacher, U. (Hrsg.): *Flächennutzungsmonitoring III. Erhebung, Analyse, Bewertung*. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 58: 163-170.
https://www.ioer-monitor.de/fileadmin/user_upload/monitor/DFNS/2011_3_DFNS/Buchbeitraege/IOER_Schrift_58_DFNS_III_S_163-170_PDFA.pdf
- Walz, U.; Krüger, T.; Schumacher, U. (2013): Fragmentierung von Wäldern in Deutschland – neue Indikatoren zur Flächennutzung. *Natur und Landschaft*, 88 (3): 118-127.
- Walz, U.; Schumacher, U.; Krüger, T. (im Erscheinen): *Landschaftszerschneidung und Waldfragmentierung in Deutschland – Ergebnisse aus einem Monitoring im Kontext von Schutzgebieten und Naturnähe*. *Natur und Landschaft*.
- Watts, R. D.; Compton, R. W.; McCammon, J. H.; Rich, C. L.; Wright, S. M.; Owens, T., Ouren, D. S. (2007): Roadless Space of the Conterminous United States. *Science*, 316 (5825): 736-738. doi: 10.1126/science.1138141