

Unzerschnittene Freiräume als Schutzgut? Landschaftszerschneidung in Deutschland mit besonderem Fokus auf Sachsen

Walz, Ulrich; Schauer, Peter

Veröffentlichungsversion / Published Version

Sammelwerksbeitrag / collection article

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:

Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL)

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Walz, U., & Schauer, P. (2009). Unzerschnittene Freiräume als Schutzgut? Landschaftszerschneidung in Deutschland mit besonderem Fokus auf Sachsen. In S. Siedentop, & M. Egermann (Hrsg.), *Freiraumschutz und Freiraumentwicklung durch Raumordnungsplanung: Bilanz, aktuelle Herausforderungen und methodisch-instrumentelle Perspektiven* (S. 46-70). Hannover: Verl. d. ARL. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-354075>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use:

This document is made available under Deposit Licence (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Ulrich Walz, Peter Schauer

**Unzerschnittene Freiräume als Schutzgut?
Landschaftszerschneidung in Deutschland mit
besonderem Fokus auf Sachsen**

S. 46 bis 70

Aus:

Stefan Siedentop, Markus Egermann (Hrsg.)

**Freiraumschutz und Freiraumentwicklung
durch Raumordnungsplanung**

Bilanz, aktuelle Herausforderungen
und methodisch-instrumentelle Perspektiven

Arbeitsmaterial der ARL 349

Hannover 2009

Ulrich Walz, Peter Schauer

Unzerschnittene Freiräume als Schutzgut? Landschaftszerschneidung in Deutschland mit besonderem Fokus auf Sachsen

Gliederung

- 1 Landschaftszerschneidung in Deutschland – Entwicklung und Bewertung
 - 1.1 Landschaftszerschneidung – eine Begriffsbestimmung
 - 1.2 Umweltauswirkungen von Landschaftszerschneidung
 - 1.3 Landschaftszerschneidung als Umweltindikator
 - 1.4 Bundes- und landesweite Untersuchungen zur Landschaftszerschneidung
- 2 Landschaftszerschneidung in Sachsen
 - 2.1 Entwicklung 1930 – 2000 – 2020
 - 2.2 Unzerschnittene Freiräume als Schutzgut in der Landes- und Regionalplanung
- 3 Fazit

Literatur

1 Landschaftszerschneidung in Deutschland – Entwicklung und Bewertung

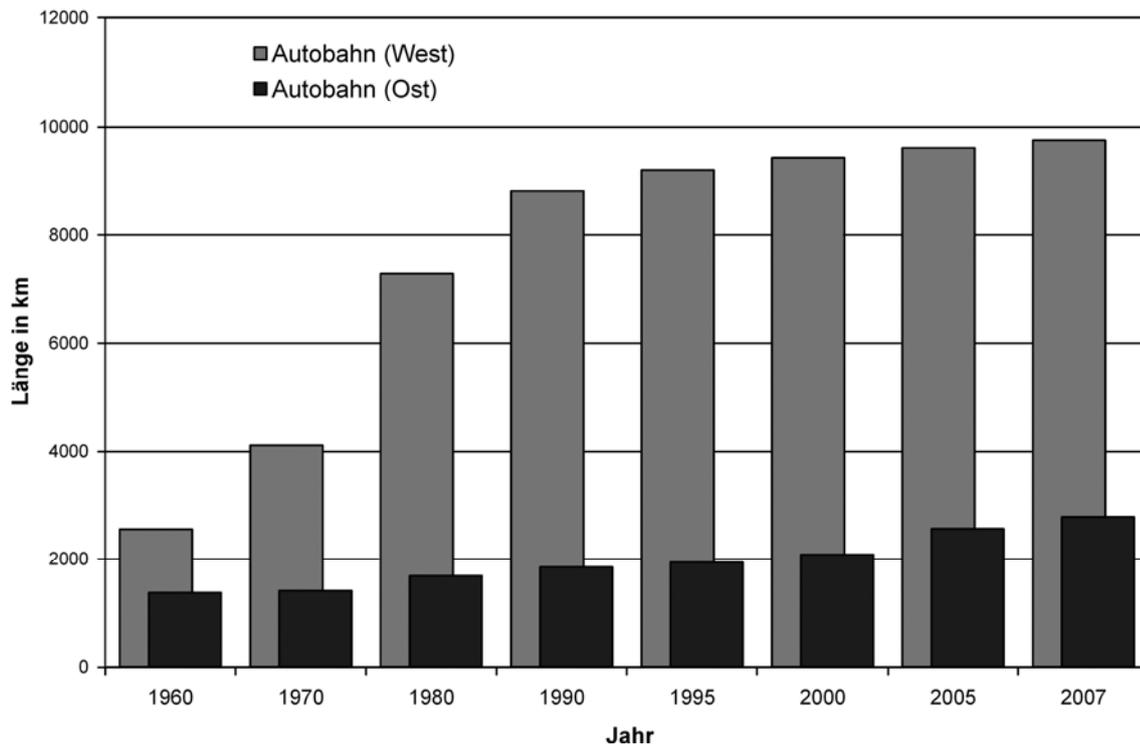
Die Landschaftszerschneidung durch Infrastruktur wie Straßen und Bahnlinien, aber auch durch die Zunahme von Wohn- und Gewerbegebieten hat enge funktionale Bezüge beispielsweise zur Erholungseignung, zur Verlärmung und zur Habitategnung für bestimmte Tierarten. Der Grad der Landschaftszerschneidung ist damit ein wichtiger Indikator für den Zustand einer Landschaft. Zunehmend werden solche großen, unzerschnittenen Freiräume als begrenzt verfügbares Schutzgut erkannt, das inzwischen auch Eingang in Planungsinstrumente findet.

Betrachtet man rückblickend die Darstellung der Thematik „Landschaftszerschneidung“ in wissenschaftlichen Untersuchungen, in der Wahrnehmung in der Öffentlichkeit und in der Politik innerhalb der letzten Jahrzehnte, dann ist eine erhebliche Verschiebung des Fokus festzustellen. Waren es zunächst die Auswirkungen auf die Erholungsräume, die als Argument für den Erhalt großer unzerschnittener Freiräume dienten, so wird heute hauptsächlich die Bedeutung solcher Räume als Lebensräume für die Tierwelt, insbesondere für große Säugetierarten hervorgehoben. Erste Auswertungen im Jahr 1979 für die damalige BRD von Lassen beziehen sich auf Unzerschnittene Räume mit mehr als 100 km² mit der Begründung, dass diese für eine ungestörte Tageswanderung ausreichend groß sind (Lassen 1979). Aktuelle Untersuchungen beziehen sich dagegen auf Wanderungskorridore von Tierarten wie beispielsweise Luchs, Fischotter oder Wolf oder generell auf das großräumige Biotopverbundnetz.

Weiterhin kann festgestellt werden, dass die Problematik der Landschaftszerschneidung eine wachsende Aufmerksamkeit in Öffentlichkeit, Politik und Planung erfahren hat. Nachdem sich erste Veröffentlichungen bereits in den fünfziger Jahren mit der zunehmenden Verkehrsdichte und den davon ausgehenden Beeinträchtigungen (auf die Tierwelt z.B. Bergmann 1974, Ueckermann 1966, Fischer 1969; auf das Klima z.B. Geiger 1950) beschäftigten, hielt das Thema „Landschaftsverbrauch und Landschaftszerschneidung“ seit den siebziger Jahren Einzug in die wissenschaftliche und umweltpolitische Diskussion (Eichhorst, German 1974; Lassen 1979; Reichelt 1979). Als Konsequenz setzte sich die Bundesregierung mit der Bodenschutzkonzeption von 1985 eine „Trendumkehr bei der Zerschneidung und Zersiedlung der Landschaft“ zum Ziel (BMI 1985). Auch im Umweltrecht findet die Zerschneidung inzwischen Beachtung. So gilt es als ein Grundsatz des Naturschutzes und der Landschaftspflege, dass „Verkehrswege, Energieleitungen und ähnliche Vorhaben [...] so zusammengefasst werden [sollen], dass die Zerschneidung und der Verbrauch von Landschaft so gering wie möglich gehalten werden“ (§ 2 Abs. 1 Nr. 12 BNatSchG 2002). Unzerschnittene Freiräume sind mittlerweile in vielen Landes- und Regionalplänen festgelegt worden (s.a. Beitrag Hosse, Margraf in diesem Band). Die Landschaftszerschneidung wird nun auch als eigener Indikator in den Umweltindikatorenlisten der Länder geführt (LIKI-Indikatoren, BLAK-NE 2004).

Fest steht, dass die 1985 formulierte Trendwende nicht erreicht werden konnte. Insbesondere in Ostdeutschland, aber auch in Westdeutschland, wuchs das Straßennetz in den vergangenen 17 Jahren stark. Das Beispiel des Autobahnnetzes zeigt diesen Trend deutlich (Abb. 1). Vor diesem Hintergrund gehen die Bemühungen mittlerweile in zwei Richtungen: Zum einen wird stärker hinterfragt, welche Wertkriterien für die unzerschnittenen Freiräume angelegt werden müssen. Dabei treten neben die reine Flächengröße der unzerschnittenen Räume zunehmend Parameter der Naturnähe oder die Verknüpfung mit Biotopverbundräumen (Reck et al. 2007; Hänel 2006, 2007; s.a. Mayr-Bednarz in diesem Band). Ziel ist es, wenigstens die für den großräumigen Biotopverbund wichtigsten Flächen innerhalb der unzerschnittenen Räume zu erhalten. Zum anderen gehen angesichts des nach wie vor stark wachsenden Verkehrsnetzes die Bemühung stärker dahin, die Folgen für die Tierwelt durch sogenannte „Wiedervernetzungsmaßnahmen“ zu mindern. Dazu zählen u. a. Grünbrücken und Wildtierdurchlässe.

Abb. 1: Entwicklung des deutschen Autobahnnetzes



Quelle: Angaben des Statistischen Bundesamtes

1.1 Landschaftszerschneidung – eine Begriffsbestimmung

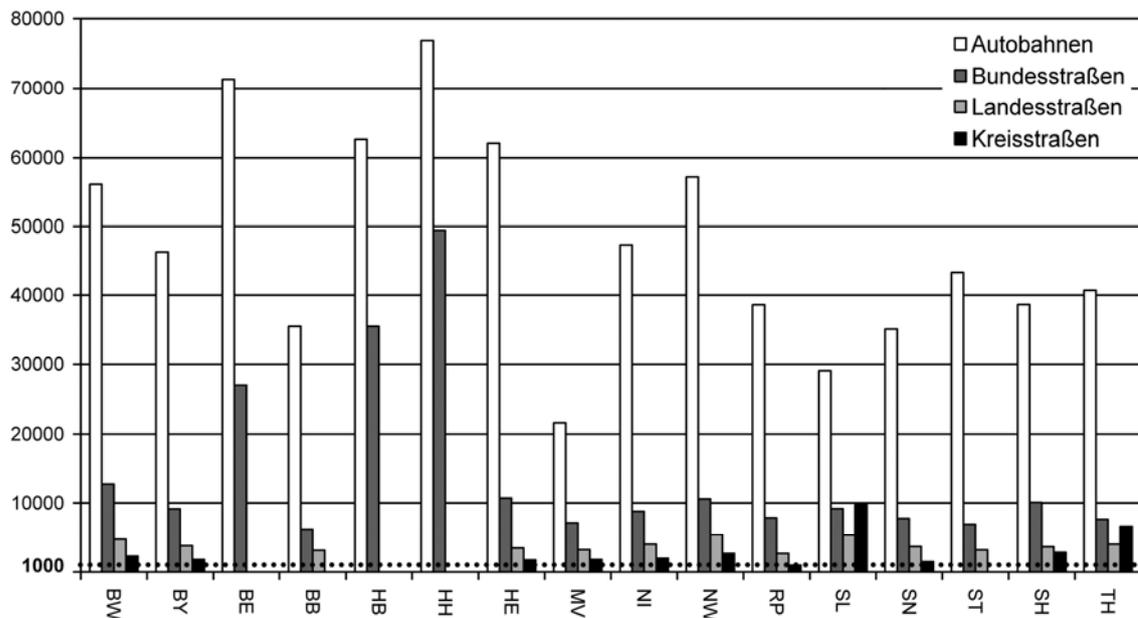
Der Begriff „Landschaftszerschneidung“ ist bereits seit den siebziger Jahren Bestandteil der wissenschaftlichen und umweltpolitischen Diskussion. Allerdings gibt es in der Fachwelt kein einheitliches Begriffsverständnis dazu (Jaeger 2002). So werden beispielsweise „Landschaftsfragmentierung“ und „Landschaftszerschneidung“ in der Literatur oft synonym verwendet. Jaeger (2003) betont jedoch die Fragmentierung eher als das Mosaik flächiger Umwidmungen (z. B. Gewerbe- und Wohngebiete). Auch im englischen Sprachraum bedeutet „fragmentation“ ursprünglich die Zergliederung überwiegend natürlicher Landschaften in kleinere Einheiten, in Resthabitats (Roth et al. 2006: 143). Mittlerweile wird „fragmentation“ international zunehmend synonym für alle anthropogenen Zergliederungen von Landschaften und Habitats verwendet. Der deutsche Begriff der „Zerschneidung“ hebt dagegen vielmehr das Netz aus linienhaften und flächigen Nutzungen (das Netz der Verkehrswege und Siedlungsflächen) hervor. Dabei geht es um den aktiven Prozess, räumliche Verbindungen und Funktionen zu „zerschneiden“, zu unterbrechen. Häufig steht dabei die Habitatfunktion im Vordergrund, jedoch bezogen sich die ersten Publikationen in Deutschland, die den Begriff Landschaftszerschneidung verwendeten, insbesondere auf die Erholungsfunktion der Landschaft (Eichhorst, German 1974; Lassen 1979).

Jaeger et al. (2005) definieren die Landschaftszerschneidung als „... ein Zertrennen von gewachsenen ökologischen Zusammenhängen zwischen räumlich verbundenen Landschaftsbereichen“. Bereits 1979 führt Reichelt weitergehend auch die Trennung von Siedlungs- und Erholungsräumen (Reichelt 1979: 335) an. Als zerschneidende Elemente gelten „... vom Menschen geschaffene, vorwiegend linienhafte [Landschafts-]Strukturen [„Stoff- und Energieströme“] (vor allem Straßen, Bahnlinien und Leitungstrassen), mit denen Barriere-, Emissions- oder Kollisionswirkungen sowie ästhetische

Beeinträchtigungen verbunden sind“ (Jaeger et al. 2005; Grau 1998a, b). Neben den genannten Zerschneidungselementen besitzen auch Skilifte, Kanäle, Richtfunkstrecken, Windkraftanlagen und Flugschneisen Zerschneidungswirkungen (Grau 1998a). Zusätzlich stellen die flächigen Elemente, wie z. B. Siedlungen, Hindernisse für die Fortbewegung von Organismen dar und können somit zur Trennung von Habitatflächen führen (Waterstraat et al. 1996). Erwähnt werden soll auch die geogen bedingte Zerschneidung, deren Zerschneidungsstrukturen durch natürliche Landschaftselemente gebildet werden. Solche sind z. B. Fließ- und Stehgewässer sowie hohe Felskanten, welche als Hindernisse bei der Ausbreitung bzw. Wanderung von Tieren in einer Landschaft wirken können (Gerlach, Musolf 2000).

Landschaftszerschneidung ist – abgesehen von der geogen bedingten Zerschneidung – das Ergebnis von einzelnen Maßnahmen des Infrastrukturausbaus und der Siedlungserweiterung, die in der Summe in Form eines „Netzes“ zusammenwirken. Es handelt sich also um einen kumulativen, aus vielen Einzelentscheidungen resultierenden Prozess. Demzufolge stellt die Landschaftszerschneidung einen flächendeckenden strukturellen Effekt dar (Jaeger 2002).

Abb. 2: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke nach Straßenkategorien und Bundesländern im Jahr 2000



Angaben in KfZ / 24h; die gestrichelte Linie zeigt eine durchschnittliche DTV von 1000 KfZ / 24h an. Keine Angaben für die Kreisstraßen in BE, BB, HB, HH und ST aufgrund fehlender Zählstellen.

Quelle: BAST 2003.

Die Räume zwischen den zerschneidenden linienhaften Elementen und außerhalb der im Zusammenhang bebauten Siedlungsflächen werden als Unzerschnittene Freiräume (UZF), Unzerschnittene verkehrsarme Räume (UZVR) oder als Unzerschnittene Funktionsräume (UFR) bezeichnet. Während Eichhorst und German (1974) zunächst alle Bundes-, Landes- und Kreisstraßen als zerschneidend berücksichtigten, definierte Lassen (1979) den Begriff der Unzerschnittenen verkehrsarmen Räume über die Zerschneidung durch Straßen, die eine Verkehrsmenge von über 1000 Fahrzeugen im 24-Stundenmittel (DTV) aufweisen, sowie durch Eisenbahnlinien (Lassen 1990). Das Lan-

desamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz in Nordrhein-Westfalen spricht abweichend von „Unzerschnittenen Landschaftsräumen“¹. Die Einbeziehung der Verkehrsstärke in die Abgrenzungskriterien ist allerdings problembehaftet, da nicht für alle Straßen bundesweit Angaben zu Verkehrsmengen vorliegen. Insbesondere für Kreisstraßen liegen oft keine Zählraten vor. Jedoch kann festgestellt werden, dass bereits 1973 in der damaligen Bundesrepublik im Durchschnitt auf alle Kreisstraßen ein DTV von 1079 erreicht wurde (BMVBS 2006: 106). Aktuelle Zahlen für die Bundesländer zeigt Abbildung 2. Der Verfasser hat deshalb und um die Vergleichbarkeit über längere Zeiträume zu ermöglichen, den Begriff der Unzerschnittenen Freiräume (UZF) geprägt (Schumacher, Walz 2000). Diese werden durch die Einbeziehung aller überörtlichen Verkehrswege (Bundes-, Landes- und Kreisstraßen sowie Bahnlinien) abgegrenzt. Neuerdings bezeichnen Reck et al. (2007) und Hänel (2007) „Teilräume von Lebensraumnetzwerken („ökologischen Netzwerken“), die durch Verkehrsinfrastruktur mit erheblicher Barrierewirkung begrenzt, aber selbst nicht durchschnitten sind“, als Unzerschnittene Funktionsräume (UFR).

1.2 Umweltauswirkungen von Landschaftszerschneidung

Landschaftszerschneidung ist ein langfristiger und schleichend verlaufender Prozess. Die räumliche und zeitliche Kumulation verschiedener einzelner Straßenbaumaßnahmen und Siedlungserweiterungen hat vielfältige Auswirkungen auf die Umwelt und hoch komplexe Langzeiteffekte zur Folge. Schädigende Effekte werden zum Teil erst auf lange Sicht deutlich und sind oft anfänglich nur schwer erkennbar (European Commission 2000).

Die Wirkungen von Zerschneidung betreffen Menschen, Tiere und Pflanzen direkt, aber auch indirekt über die Einwirkungen auf abiotische Objekte wie Fließgewässer, bodennahe Luftschichten etc. sowie das Landschaftsbild (Grau 1998b). Unterschieden wird dabei in anlagebedingte (z. B. Barrierenfunktionen), verkehrsspezifische (z. B. Kollisionen) und nutzungsbedingte (z. B. Emission von Störreizen) Wirkungen. Seit mehr als 30 Jahren zeigen Untersuchungen, dass von der Zerschneidung der Landschaft umfangreiche Folgewirkungen auf die Landschaft und die in ihr existierenden Lebensgemeinschaften ausgehen. Es wird z. B. ein signifikanter ursächlicher Zusammenhang zwischen der massiven Zersiedelung und Zerschneidung der Landschaft und dem dramatischen Artenrückgang gesehen (Waterstraat et al. 1996; Jaeger 2002). Dies macht die Landschaftszerschneidung zu einem wesentlichen, flächendeckenden Umweltproblem.

Auswirkungen auf Tier- und Pflanzenwelt

Der Tod von Wildtieren durch Kollisionen zählt zu den auffälligsten Wirkungen der Zerschneidung von Lebensräumen (Roth et al. 2006). Zuallererst ist allerdings der Verlust von großflächigen, zusammenhängenden Lebensräumen als Auswirkung auf Flora und Fauna zu nennen. Folgen sind die Verkleinerung, Trennung und Verinselung von (Teil-) lebensräumen und Populationen (Jaeger, Holderegger 2005; European Commission 2000; Primack 1995). Die Barriereeffekte von Straßen und anderen linienhaften Infrastrukturanlagen für Tiere (z. B.: Mader 1981; Grau 1998b) führen zur Durchtrennung von Tier-Wanderwegen und zu verändertem Wanderverhalten (Mader 1981) sowie zur Tötung von Tieren durch Kollision (z. B.: Jaeger, Holderegger 2005; European Commission 2000; Grau 1998b).

¹ <http://www.naturschutz-fachinformationssysteme-nrw.de/ulr/content/de/fachinfo/definition.html?jid=1o1o1>.

Beeinträchtigende Wirkungen der Zerschneidungselemente beschränken sich jedoch nicht nur auf die Verkehrsanlage an sich. Lärm, Staub, Schadstoffe, Licht und andere optische Reize reichen als nutzungsbedingte Emissionsbänder weit in den Freiraum hinein und belasten somit bisher „ungestörte“ Bereiche (Abb. 2). Nutzungsbedingte Wirkungen von Zerschneidung sind hauptsächlich mit der Emission von Störreizen, wie z.B. Lärm, Licht, elektromagnetischen Wellen oder Schadstoffen (letztere vor allem von Verkehrsstrassen) verbunden. Sie reichen weit in den unzerschnittenen Raum hinein und beschränken sich dabei nicht auf einzelne Tier- und Pflanzenarten (Roth et al. 2006).

Der von Verkehrsstrassen ausgehende Lärm führt zur Reduzierung der Individuendichte von Tierarten (Reck et al. 2001). Die Reichweite der Störreize wird dabei hauptsächlich von der Vegetationsbedeckung und dem Relief beeinflusst (Roth et al. 2006; Eichhorst, German, 1974). Der Neubau von Straßen, sowie die ansteigende Verkehrsdichte sorgen für eine zunehmende Verlärmung der verbliebenen Freiräume. Die aufgrund des Kfz-Verkehrs verursachten Schadstoffemissionen reichen bis 200 m und weiter auf die Flächen neben den Straßen (Losch 2006). Auch hochfrequentierte Schienenstrecken stellen erhebliche Lärmquellen dar.

Weiterhin erhöht das Vorhandensein von Verkehrswegen die Zugänglichkeit eines Gebietes für den Menschen. In vielen Fällen führt dies zur erschließungsbedingten Bebauung und zur Nutzungsintensivierung der Landschaft, was eine weitere Belastung der Umwelt bedeutet (Ulbricht, Roth 1996; Roth et al. 2006).

Zur Untersuchung der Wirkungen von Landschaftszerschneidung werden Zielarten, wie z.B. Fischotter und Dachs (Roth et al. 2000), Luchs, Wildkatze, Rothirsch und Reh (Völk, Glitzner 2000), Schreiadler, Seeadler, Fischadler, Fledermaus (Richarz 2000), Laufkäfer und Rötelmaus (Mader 1981), Feldhase, Baumrarder und Iltis herangezogen. Dennoch ist z.B. das Verständnis über die Populationsdynamik von Wirbeltieren mit großen Raumanprüchen sowie deren Reaktionsverhalten auf Störungen erst gering entwickelt (Jaeger 2003; Ulbricht, Roth 1996). Zwar belegen viele Studien, dass Straßen als Barrieren wirken können bzw. verkehrsbedingte Mortalitäten zu Populationsverlusten führen, jedoch ist kaum bekannt, wie oft und unter welchen Umständen die Tiere die Überquerung einer Straße meiden und wie sich dies auf die Habitatnutzung auswirkt (Ulbricht, Roth 1996). Dies führt dazu, dass der Zerschneidungseffekt nicht generell eingeschätzt werden kann (Frank et al. 2005).

Auswirkungen auf den Menschen

Bereits in den ersten Untersuchungen zur Landschaftszerschneidung wurden deren Auswirkungen auf den Menschen thematisiert oder standen gar im Mittelpunkt der Diskussion (Eichhorst, German 1974; Lassen 1979). Vor allem die Belastung von Erholungsgebieten durch Verkehrslärm wurde in den damaligen Arbeiten aufgezeigt. Dies führte unter anderem zur Forderung, großflächige, unzerschnittene und damit von Verkehrslärm unbelastete Räume zur Erholungsvorsorge für den Ruhe suchenden Teil der Bevölkerung zu erhalten (Lassen 1979). Der Erlebniswert dieser Bereiche liegt dabei hauptsächlich im Natur- und Landschaftskontakt und beinhaltet Aktivitäten wie Wandern, Spazieren und Naturbeobachtung („sanfter Tourismus“) (Lassen 1990; Netz 1990).

Konkrete Auswirkungen der Landschaftszerschneidung auf die landschaftsbezogene Erholung sind:

■ Unzerschnittene Freiräume als Schutzgut?

- der Verlust von Bereichen für die naturnahe Erholung;
- die Einschränkung der Bewegungsfreiheit von Erholungssuchenden (Jaeger 2002);
- die Verlärmung bisher ungestörter Bereiche (Baier 2000; Zschachlich, Jessel, 2001);
- die Störung des Landschaftsbildes (Baier 2000);
- gesundheitliche Beeinträchtigungen (z. B. Verlärmung, Schadstoffemissionen);
- die Unruhewirkung durch optische und akustische Reize (Jaeger 2002);
- und Verkehrsoffer (Baier 2000).

Zwar findet die ästhetische Beeinträchtigung des Landschaftsbildes durch Zerschneidung in vielen Publikationen Erwähnung, jedoch fehlen umfassende Studien zu dieser Problematik. Die Störwirkungen von Landschaftszerschneidung auf das Landschaftsbild sind vornehmlich anlagebedingt, d.h. sie hängen unter anderem von der Bauart, der Höhe (z.B. Brücken) und der Breite des Zerschneidungselementes ab. Einrichtungen zur Lärmvermeidung (z. B. Lärmschutzwände) (Zschachlich, Jessel 2001), der Kontrast zur Umgebung sowie die durch Relief und Vegetation bestimmte Sichtbarkeit der Trasse können ebenfalls die Störwirkung beeinflussen. Die Unruhewirkung durch optische Reize (Jaeger 2002) wird z. B. durch vorbeifahrende Autos oder Züge verursacht und ist demzufolge nutzungsbedingt.

Weitaus größere Beachtung in der wissenschaftlichen Diskussion findet die Verlärmung bisher ruhiger Landschaften und die damit verbundenen Auswirkungen des Lärmes auf das Erholungs- und Ruhebedürfnis der Menschen sowie die Verkleinerung bzw. deren Verlust von Räumen für die naturnahe Erholung. Lärm reicht weit in den Freiraum hinein. Selbst in Wäldern tritt für den Erholenden erst ab ca. 500 m Entfernung von den Verkehrswegen eine gesundheitsfördernde Wirkung ein. Nach Reichelt (1979) sind Gebiete mit weniger als 40 dB (A) für die Erholung geeignet. Grau (1998b) nennt einen Schwellwert von 25 dB (A) für Kur- und Erholungsgebiete. Eine Übersicht zu Richt- und Pegelwerten geben Zschachlich und Jessel (2001).

Mit zunehmender Verkehrsdichte und zusätzlich gebauten Straßen wächst die Verlärmung der Landschaft ständig, werden die beschallten Räume beständig ausgeweitet (Losch 2006). Insbesondere Schutzgebiete entwickeln sich immer mehr zu Zielorten der Naherholung für Kurzurlauber und Tagesausflügler. Der Anstieg der Gruppe der Tagesausflügler, die durch wachsende Flexibilität, Unabhängigkeit und Sportivität geprägt ist, verursacht dabei verkehrsbedingte Probleme (Schadstoffeintrag, Verlärmung, Störung des Landschaftsbildes, Zerschneidung von Habitaten), welche gravierende Auswirkungen für die ökologisch sensiblen Räume haben (Job 2002).

1.3 Landschaftszerschneidung als Umweltindikator

Für das kontinuierliche Monitoring, aber auch für die Darstellung und Kommunizierbarkeit des Themas in der Öffentlichkeit und Politik sind aussagekräftige und gut verständliche Indikatoren notwendig. Komplexe Probleme können auf diese Weise messbar und leicht erfassbar gemacht werden. Erst durch vergleichbare Zahlenwerte wird die zeitliche Entwicklung sichtbar, ein (Länder-)Vergleich möglich und der Erfolg von politischen Maßnahmen kontrollierbar (Schupp 2005). Anschauliche kartographisch darstellbare Ergebnisse erleichtern darüber hinaus die Wahrnehmung in der Öffentlichkeit.

In Deutschland hat die Umweltministerkonferenz (UMK) im Jahre 2001 den Bund-Länder-Arbeitskreis Nachhaltige Entwicklung (BLAK NE) beauftragt, einen abge-

stimmten Satz an Umweltindikatoren vorzulegen (BLAK NE 2004). Die Indikatoren wurden in enger Zusammenarbeit mit der Länderinitiative für einen gemeinsamen Satz von Kernindikatoren (LIKI) der Landesumweltämter entwickelt und mit den fachlich zuständigen Arbeitsgremien der UMK abgestimmt. Mit dem Beschluss der 62. deutschen Umweltministerkonferenz im Mai 2004 wurde ein Satz von 24 Umweltindikatoren durch die UMK beschlossen (UMK 2004), von denen der Indikator Nr. 10 die Landschaftszerschneidung ist. Diesem wird Bedeutung sowohl für den Arten- und Biotopschutz als auch für das Landschaftsbild, Naturerleben und Erholung beigemessen. Die damit verbundenen Schwierigkeiten und Unschärfen werden in Kauf genommen. Der Indikator Landschaftszerschneidung besteht aus zwei gleichberechtigten Teilindikatoren, nämlich den „Unzerschnittene, verkehrsarme Räume“ (UZVR) und der effektiven Maschenweite (m_{eff}). Ersterer gibt den Anteil der UZVR größer 100 km^2 an der Landesfläche in Prozent an. Die zukünftige Vergleichbarkeit der Ergebnisse untereinander (zeitlich und räumlich) soll somit gewährleistet werden können (Esswein, Schwarz-v. Raumer 2006 c).

Um die Problematik der Landschaftszerschneidung noch stärker ins Bewusstsein der Öffentlichkeit zu tragen, erarbeiteten einige Länder (Hessen, Thüringen, Bayern und Baden-Württemberg) Steckbriefe für UZVR größer 100 km^2 und gaben ihnen Namen oder stellen sie in Web-Präsentationen dar (Esswein, Schwarz-v. Raumer 2006 c; Schupp 2005).

Parameter zur Beschreibung von Landschaftszerschneidung

Die Parameter zur quantitativen Beschreibung des Zerschneidungsgrades können folgenden Gruppen von Indikatoren zugeordnet werden (Schumacher und Walz 2006):

- Elementare Kennzahlen,
- Geometrische Strukturparameter,
- Qualitative Bewertungsparameter.

Eine aktuelle Übersicht zu Methoden und verwendeten Parametern bei Untersuchungen zur Landschaftszerschneidung ist bei Baier et al. 2006 zu finden. Zu den elementaren Kennzahlen gehört beispielsweise die Anzahl unzerschnittener Freiräume größer 100 km^2 in einem Untersuchungsgebiet (nach Lassen 1987), während Parameter, die die Form einbeziehen (z. B. Inkreis-Radius s. u.) zu den geometrischen Strukturparametern gehören. Beide sagen noch nichts über die Qualität der Freiräume aus, die über qualitative Bewertungsparameter beschrieben werden kann.

Zur Quantifizierung der Landschaftszerschneidung sind die Zerschneidungsmaße Anzahl und Größe Unzerschnittener verkehrsarmer Räume (UVR) sowie die effektive Maschenweite (m_{eff}) am weitesten verbreitet. Die Anzahl der UZVR sowie deren Flächenanteil am Untersuchungsgebiet dienen bereits seit 1979 als Parameter für Zerschneidung (Lassen 1979, 1987) und werden vom BfN regelmäßig in den „Daten zur Natur“ veröffentlicht (BfN 2002; BfN 2004).

Die von Jaeger (2000) entwickelte „Effektive Maschenweite“ m_{eff} wurde in den letzten Jahren für mehrere Bundesländer (z. B. Baden-Württemberg, Hessen) (s. a. Kap. 1.4) angewandt und hat sich inzwischen als Indikator etabliert. Die „Effektive Maschenweite“ m_{eff} wird aus der Größe der einzelnen Freiräume F_i und der Gesamtfläche F_g wie folgt berechnet:

■ Unzerschnittene Freiräume als Schutzgut?

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

F_{gesamt} = Gesamtfläche des Gebietes

F_1 bis F_n = Flächengröße der einzelnen Teilflächen

n = Anzahl der Flächen

Hohe Werte der effektiven Maschenweite zeigen einen geringen Zerschneidungsgrad an. Der Parameter weist günstige mathematische Eigenschaften wie Homogenität und Additivität auf. Außerdem ist er proportional zum Kohärenzgrad (Wahrscheinlichkeit, dass zwei zufällig ausgewählte Punkte miteinander verbunden sind, d.h. in derselben Fläche liegen). Damit können verschieden große Regionen hinsichtlich ihrer Landschaftszerschneidung miteinander verglichen werden. Die effektive Maschenweite ist jedoch nicht geeignet, die einzelnen UZF in ihrer räumlichen Ausprägung und Qualität zu beschreiben. Dagegen sind für die Regional- und Landesplanung gerade diese Unterschiede sowie die einzelnen Freiräume an sich und ihre Bewertung besonders wichtig, wie ein kürzlich am IÖR veranstalteter Workshop mit Regionalplanern bestätigt hat.

Da das Bewertungskriterium Flächengröße nichts über die Form der unzerschnittenen Freiräume aussagt, wurde vom Verfasser nach Erweiterungen zur reinen Flächengrößen gesucht. So wirkt sich beispielsweise die partielle Durchtrennung von Freiräumen durch Stichstraßen bei dieser Maßzahl nicht aus. Durch die Berechnung des größten Inkreis-Radius der Freifläche wird es dagegen möglich, außerdem die Tiefe des mindestens ungestörten Bereiches zu quantifizieren. Unterschiede zwischen beiden Bewertungsmethoden zeigen sich vor allem bei langen und schmalen Formen wie z. B. im Oberen Elbtal. Durch Kombination von Flächengröße und Inkreisradius kann ein Bewertungsschema definiert werden, in dem schmale langgestreckte Freiräume geringer als kompaktere Flächen gleicher Größe bewertet werden (Walz, Schumacher 2005). Eine weitere Methode, die es ebenfalls erlaubt, die Stichstraßen zu berücksichtigen, wurde 2007 von der Thüringer Landesanstalt für Umwelt vorgeschlagen (TLUG 2007). Dabei werden die Abstände zum nächsten Zerschneidungselement als Höhen abgetragen. Dadurch ergibt sich ein (Pseudo-)Volumen jedes unzerschnittenen Raumes, das umso geringer ausfällt, je mehr Stichstraßen in den Raum führen.

Ein bekannter Parameter zur Quantifizierung der Gestalt von Einzelflächen ist der Shape-Index (nach Forman, Godron 1986), der die Abweichung von einer quadratischen Standardform beschreibt, deren Größe allerdings nicht berücksichtigt. Ein solches Maß wird beispielsweise in Nordrhein-Westfalen in den Auswertungen des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz genutzt²,

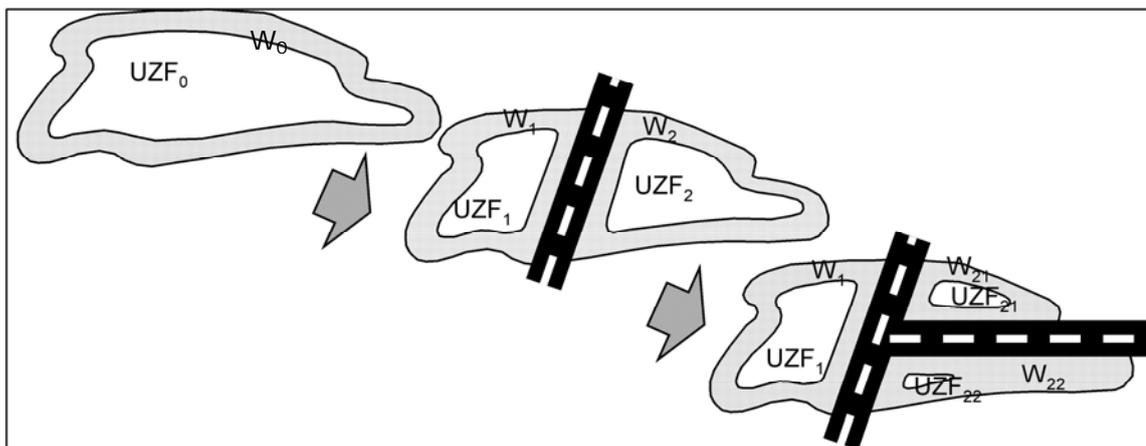
Einige Darstellungen arbeiten auch mit der Einbeziehung der Randzonen, in den Wirkungen in den Freiraum hinein stattfinden (BBR 2005, Baier 2006). Die indirekt in Anspruch genommenen Flächen beiderseits der Zerschneidungselemente werden auch Wirkzonen bzw. Wirkflächen genannt (vgl. Baier 2000; Jaeger 2002; Losch 2006). Deren Flächengröße übersteigt die direkt genutzte Trassenfläche bei Weitem (s. a. Abb. 2). Damit wird deutlich, dass mit der Landschaftszerschneidung eine weit in die freie Landschaft hinein reichende, beeinträchtigende Wirkung verbunden ist, die zur Schrumpfung von Habitaten und Gebieten der naturbezogenen Erholung führt.

² http://www.naturschutz-fachinformationssysteme-nrw.de/ulr/content/de/anzeige/a_form.htm.

Darüber hinaus existieren verschiedene weitere Methoden zur Analyse der Landschaftszerschneidung, wie z.B. die Verkehrsliniendichte, der Landschaftszerschneidungsindex LDI oder der relative Zerschneidungsindex PI_{rel} (Netz 1990; Jaeger 2000). Viele dieser Zerschneidungsmaße sind jedoch nur unter engen Einschränkungen gültig. Einen systematischen Vergleich sowie eine Bewertung der existierenden Zerschneidungsmaße sind in Jaeger (2002) zu finden.

Qualitative Bewertungsparameter gelten ebenfalls entweder für Einzelflächen oder für ein gesamtes Untersuchungs(teil)gebiet. Die Naturnähe der Flächennutzung kann beispielsweise über das Störungspotenzial (Verhältnis zwischen intensiv und extensiv genutzten Flächen innerhalb eines UZF) beschrieben werden. Ein hoher Wald- oder Grünlandanteil in einer Freifläche führt zu positiver Bewertung bzw. zu geringem Störungspotenzial. Die Berechnung des (gewichteten) mittleren Störungspotenzials liefert einen Wert zur qualitativen Charakterisierung des Untersuchungsraumes. Weitere Kriterien könnten die Anteile von bestimmten Biotoptypen oder Schutzgebieten sein.

Abb. 3: Zunahme der Wirkzonen (W) und Abnahme der Kernfläche von Unzerschnittenen Freiräumen (UZF) bei zunehmender Zerschneidung durch Straßen



Quelle: verändert nach Mader 1981

Eine von Schauer (2006) entwickelte Methodik erlaubt es, räumlich differenzierte Angaben zur zerschneidungs- und nutzungsbedingten, anthropogenen Störwirkung zu treffen. Dabei werden störungsarme, naturnahe Landschaftsbereiche identifiziert. Die entwickelte Methodik kombiniert (Struktur-)Parameter der Landschaftszerschneidung (Flächengröße und Inkreisradius) mit der anthropogenen Überprägung der Landschaft (Hemerobie) sowie der nach der Bedeutung der Trassen gewichteten potenziellen Belastung der UZF durch die Wirkungen von Verkehrsinfrastruktur (Wirkzonen).

1.4 Bundes- und landesweite Untersuchungen zur Landschaftszerschneidung

Untersuchungen zur Landschaftszerschneidung wurden seit nunmehr 35 Jahren in Deutschland auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen durchgeführt. Anfängen von frühen, regionalen Untersuchungen in Baden-Württemberg (Eichhorst, German 1974; Reichelt 1976) erfolgte relativ schnell eine bundesweite Untersuchung, die 1979 von Lassen veröffentlicht wurde. Bis heute entstanden mehrere bundesweite Auswertungen (Tab. 1), wobei regelmäßige Berichte in den „Daten zur Natur“ des Bundesamtes für Naturschutz und im „Raumordnungsbericht“ des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung erfolgen.

Tab. 1: Bundesweite Untersuchungen zu Unzerschnittenen Freiräumen

<ul style="list-style-type: none">▪ 1977 Unzerschnittene verkehrsarme Räume in der Bundesrepublik Deutschland¹ (Lassen 1979)▪ 1987 Unzerschnittene verkehrsarme Räume¹ über 100 km² (Lassen 1990)▪ 1995 Größe unzerschnittener Restflächen (Dosch et al. 1995)▪ 1999 Unzerschnittene verkehrsarme Räume in Deutschland 1999 (Gawlak 2001)▪ 2000 Raumordnungsbericht (BBR 2000)▪ 2000 Nationalatlas der Bundesrepublik Deutschland BRD (Schumacher & Walz 2000)▪ 2001 Unzerschnittene verkehrsarme Räume über 100 km² (BfN 2002)▪ 2004 Unzerschnittene verkehrsarme Räume über 100 km² (BfN 2004)▪ 2005 Raumordnungsbericht (BBR 2005)
--

¹ nur alte Bundesländer

In der Folge entstanden für einzelne Bundesländer ebenfalls Untersuchungen zur Landschaftszerschneidung. Zusammenstellungen über einzelne Untersuchungen gibt Grau (1998 a, 2006). Bis heute liegen allerdings nicht für jedes Bundesland eigene Ergebnisse vor. Tabelle 2 zeigt eine aktualisierte Zusammenstellung älterer und aktueller Untersuchungen.

Entscheidend ist, dass viele Studien sich in den Abgrenzungskriterien der unzerschnittenen Räume unterscheiden. Während zunächst häufig nur Bundes- und Landesstraßen eingehen, finden später auch Kreisstraßen Berücksichtigung. Dies hat sicher einerseits mit der Datenverfügbarkeit, aber andererseits auch mit dem Anwachsen der Verkehrsstärken zu tun, sodass Kreisstraßen ebenfalls in die Kategorie der 1000 DTV fallen (s. o.). Mit der Einführung einer einheitlichen Indikatorendefinition (BLAK NE 2004, s. o.) ist erstmals mit einer Vereinheitlichung zu rechnen. Der neue Indikator wurde bereits im Auftrag des Bundesamts für Naturschutz für das gesamte Bundesgebiet berechnet (Esswein, Schwarz-v. Raumer 2006c). Ein Problem stellt allerdings derzeit noch die flächendeckende Verfügbarkeit der DTV-Werte für Kreisstraßen dar (Esswein, Schwarz-v. Raumer 2006 c).

Tab. 2: Landesweite Untersuchungen zur Landschaftszerschneidung

Bundesland	Bezugszeitraum	Auftraggeber / Quelle
Baden-Württemberg	1930 1966 1977 1989	Akademie für Technikfolgenabschätzung; Esswein et al. 2003
Baden-Württemberg	1998	Akademie für Technikfolgenabschätzung; Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz; Jaeger 2001; Esswein et al. 2002; http://www2.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/abt5/landschaftszerschneidung/
Landkreis Tübingen (BW)	1973	Bezirksstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Tübingen; Eichhorst, German 1974
Region Schwarzwald-Baar (BW)	1976	Reichelt 1979
Sachsen	1997	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie; LfUG 2001
Sachsen	1997	Institut für Ökologische Raumentwicklung; Walz, Schumacher 1999
Sachsen	2000 1930 2020	Institut für Ökologische Raumentwicklung; Walz 2005, Schauer 2006 http://www.ioer.de/langzeitmonitoring_uzf
Sachsen	2003	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie; Landesentwicklungsplan 2003; SMI 2003
Nationalparkregion Sächsisch-Böhmische Schweiz (D/CZ)	1930 2000	Institut für Ökologische Raumentwicklung; Wolf, Walz 2005
Sachsen-Anhalt	1996	FH-Bernburg / Landesamt für Umweltschutz; Schöntag
Saalkreis und Halle (ST)	1938 1993 2003	Marks; Lausch, Arndt 2006
Landkreis Wernigerode (ST)	1990/1995	Diplomarbeit; Grau 1997; Grau 1998b
Niedersachsen	1987	Übernahme der Daten des BfN von 1977 und 1987; Schupp 1991
Niedersachsen	2005	Übernahme BfN-Untersuchung; http://www.umwelt.niedersachsen.de/master/C24193230_L20_D0_I598_h1.html
Rheinland-Pfalz	1997	Projekt der Uni Trier; Job 2000
Hessen	1930 1966 1977 1989 1995 2002	Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie; Roedenbeck 2005
Hessen	1995/2002	Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie; Esswein, Schwarz v. Raumer 2004
Hessen	2000/2002 ¹	Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie; Esswein, Schwarz v. Raumer 2006a http://www.hlug.de/medien/nachhaltigkeit/new/zerschneidung.htm
Nordrhein-Westfalen	2000	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen; Baumann, Hinterlang 2000 http://www.naturschutz-fachinformationssysteme-nrw.de/ulr/content/de/fachinfo/zerschneidung.html?jid=1o1o0
Landkreis-Havelland (BB)	2003	Diplomarbeit; Clausing 2006
Bayern	1999	Bayerisches Landesamt für Umwelt; Georgii 2000
Bayern	2000/2002	Bayerisches Landesamt für Umwelt; Esswein, Schwarz-v. Raumer 2006b http://www.lfu.bayern.de/natur/fachinformationen/landschaftszerschneidung/
Thüringen	1965 1980 2000	Thüringer Landesanstalt für Umwelt; http://www.tlug-jena.de/uw_raum/steckbriefe/index.html
Schleswig-Holstein	2004	Diplomarbeit; Neumann-Finke (2004)
Mecklenburg-Vorpommern	1992 1993 1998	MU MV 1992 Waterstraat et al. 1996 <i>in Bearbeitung</i> Billwitz et al. 1996, Karten: Neumann 1996 – nicht veröffentlicht; LUNG 1999 – unveröffentlicht

¹ nach LIKI-Kriterien

2 Landschaftszerschneidung in Sachsen

2.1 Entwicklung 1930 – 2000 – 2020

Als Fallbeispiel soll auf die Entwicklung der Landschaftszerschneidung in Sachsen eingegangen werden. Die untersuchte Zeitreihe reicht dabei von der Vergangenheit (ca. 1930) bis zu einer Prognose der zukünftigen Landschaftszerschneidung um 2020. Für die historische Analyse wurde die Karte des Deutschen Reiches 1:100.000 (KDR 100) genutzt, während für die Prognose an erster Stelle die digitalen Raumordnungskataster, aber auch der Landesentwicklungsplan und der Bundesverkehrswegeplan ausgewertet wurden.

Seit dem einsetzenden Industrialisierungsprozess im 19. Jahrhundert nahm die Landschaftszerschneidung in weiten Teilen Mitteleuropas in einem bis dahin nicht gekannten Ausmaß zu. In Sachsen wurde diese Entwicklung mit dem Anfang des 19. Jahrhunderts beginnenden chausseemäßigen Ausbau des Straßennetzes (Speck 1953) sowie der Anlage von Eisenbahnstrecken eingeleitet. Nach dem Bau der Autobahntrassen in den 1930/40er Jahren verfügte Sachsen zu Kriegsende über das dichteste Verkehrsnetz in Deutschland (Kowalke 2000).

Nach dem Ende des Zweiten Weltkrieges stieg die Bedeutung der Straße als Zerschneidungselement stark an. Aufgrund der jahrzehntelangen Förderung des Straßenausbaues in der damaligen BRD wurde das Straßennetz im alten Bundesgebiet immer dichter (Losch 2006). Bereits Mitte der 80er Jahre besaß die Bundesrepublik Deutschland das viertdichteste Straßennetz der Welt (Brückner 1985). In den neuen Bundesländern sind die technischen Infrastrukturnetze wesentlich weitmaschiger, was sich in einem erheblich geringeren Grad der Zerschneidung widerspiegelt (Losch 2006). Dennoch führte im Osten Deutschlands der sprunghafte Mobilitäts- und Motorisierungsanstieg nach 1990 und der bis heute anhaltende starke Ausbau des Verkehrsnetzes zu einer besorgniserregenden Zunahme der Landschaftszerschneidung und einer Erhöhung der verkehrsbedingten Mortalitäten diverser Tierarten.

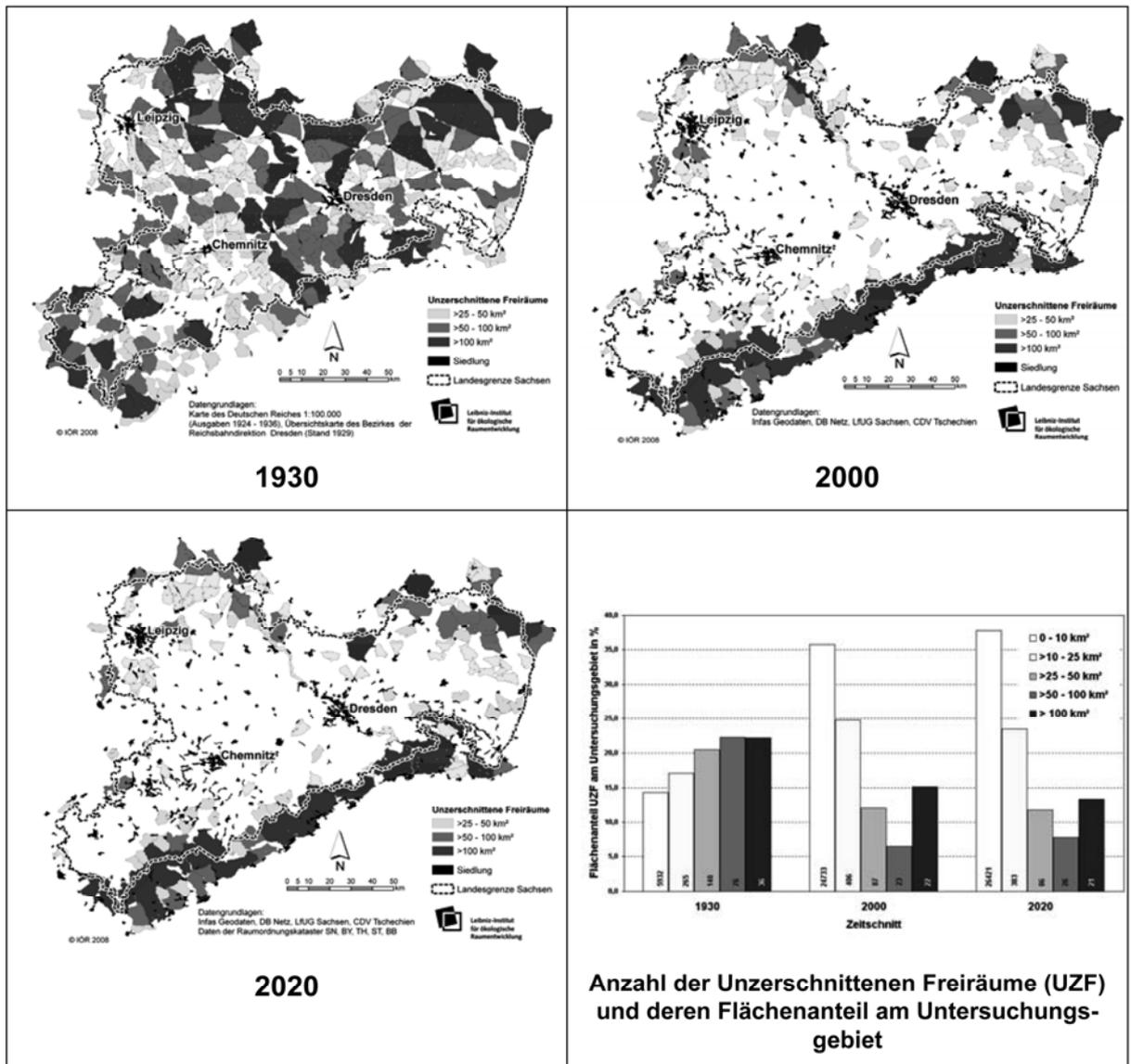
Betrachtet man die aktuelle Verteilung der Unzerschnittenen Freiräume (UZF) im Freistaat Sachsen, so fällt auf, dass gerade in den Grenzübereichen zwischen dem Freistaat Sachsen und den benachbarten Staaten und Bundesländern große Unzerschnittene Freiräume liegen (Abb. 4). Insbesondere im Grenzbereich des Erzgebirgskammes vor allem auf tschechischem Staatsgebiet befinden sich große UZF. Die Ursache hierfür dürfte im Relief und der Grenzlage begründet liegen, während große UZF nordöstlich von Leipzig (Dahlen – Dübener Heide) sowie im Osten des Landes (nördliche Oberlausitz) die naturräumlichen Gegebenheiten widerspiegeln. Eine dichte Besiedelung mit entsprechender Infrastruktur hat sich hier aufgrund magerer Sandböden nicht entwickelt. In der Oberlausitz und im Südraum von Leipzig sind vorhandene UZF außerdem durch große Braunkohletagebauflächen geprägt.

Neben der kartographischen Darstellung der Unzerschnittenen Freiräume (UZF) stellt die Anzahl unzerschnittener Freiräume in einem Untersuchungsraum ein sehr anschauliches und mathematisch einfaches Maß zur quantitativen Analyse der Landschaftszerschneidung dar. Deutlich zeigen sich die Abnahme von großen Unzerschnittenen Freiräumen und die Zunahme von kleinen Freiräumen unter 25 km^2 (Abb. 4 rechts unten).

Innerhalb der Zeitspanne von 1930 und 2000 sind weite Teile des landwirtschaftlich geprägten Mittelsachsens, des Osterzgebirges und des Vogtlandes von einer stark zunehmenden Zerschneidung betroffen. Im Süden des Untersuchungsgebietes, überwiegend auf tschechischem Staatsgebiet, kam es dagegen zur Entschneidung. Gründe für

die dortige Ausdünnung der Verkehrsinfrastruktur sind die politischen und wirtschaftlichen Veränderungen nach 1945.

Abb. 4: Auswertung unzerschnittene Freiräume unter Berücksichtigung von Bahnlinien, Autobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen



Bearbeitung: U. Walz; P. Schauer, U. Schumacher, G. Raschke

In der Prognose bis 2020 weist der überwiegende Anteil des Untersuchungsgebietes voraussichtlich bis 2020, bis auf den Wegfall eines UZF größer 100km², scheinbar keine gravierenden Veränderungen auf. Die Interpretation als abnehmender Trend der Landschaftszerschneidung wäre jedoch falsch. Nach 2000 wird ein erheblicher Teil des Untersuchungsgebietes bereits von UZF kleiner 10 km² eingenommen und hat damit bereits den höchsten Zerschneidungsgrad erreicht. Weitere Zerschneidungen sind somit aufgrund der Klasseneinteilung nicht auflösbar. Zu den Gebieten mit erkennbar zunehmender Zerschneidung gehört der Bereich südlich von Leipzig. Grund dafür ist der seit August 2006 in Betrieb genommene Trassenabschnitt der Bundesautobahn A 38. Die sich im Bau befindende Elbbrücke bei Mühlberg wird in Zukunft einen UZF von mehr als 105 km² zerschneiden. Auch die Folgen der A 17 im deutsch-tschechischen Grenz-

gebiet sind sichtbar. Die zunehmende Zerschneidung im Grenzbereich zu Polen ist überwiegend das Resultat neu eröffneter Grenzübergänge. Entschneidung tritt nur im geringen Maße auf. Die Stilllegung der Eisenbahnstrecke Zeithain-Falkenau im Norden von Sachsen ist ein Beispiel dafür.

Zerschneidungen, deren Ergebnis UZF größer als 100 km² bilden (z. B. die Zerteilung eines 300 km² großen Raumes in zwei Räume mit 150 km²), wurden mit der vorhergehenden Methodik nicht berücksichtigt.

Bei der Quantifizierung der Landschaftszerschneidung konzentrierten sich bisherige Untersuchungen auf die Ermittlung der Flächengröße der unzerschnittenen Freiräume. Um diese Räume in ihrer Ausprägung zu differenzieren und die Auswirkungen der Landschaftszerschneidung auf einzelne Schutzgüter zu untersuchen, wurde ein Bewertungsmodell zur anthropogenen Störwirkung entwickelt (Schauer 2006; s. a. Kap. 1.3).

2.2 Unzerschnittene Freiräume als Schutzgut in der Landes- und Regionalplanung

Wie dargestellt hat die Landschaftszerschneidung innerhalb einer Landschaft unbestritten enge funktionale Bezüge beispielsweise zur Erholungseignung, zur Verlärmung und zur Habitateignung für bestimmte Tierarten. Zunehmend werden solche großen, unzerschnittenen Freiräume als begrenzt verfügbares Schutzgut erkannt, welches inzwischen Eingang in Planungsinstrumente findet. Ein Beispiel dafür ist der Landesentwicklungsplan in Sachsen (SMI 2003). Vor diesem Hintergrund soll hier gefragt werden, inwieweit Unzerschnittene Freiräume bereits in Landes- und Regionalpläne als Schutzgut eingegangen sind.

Eine nachhaltige Raumentwicklung, welche die sozialen und wirtschaftlichen Ansprüche an den Raum mit seinen ökologischen Funktionen in Einklang bringt, gehört zu den Leitvorstellungen der Raumordnung (vgl. ROG § 1 Abs. 2). Im Sinne dieser sind die Grundsätze der Raumordnung bundesweit anzuwenden. Für die Freiräume haben zwei Grundsätze eine besondere Bedeutung (ROG § 2 Abs. 2 Nr. 3 und 8; ROG n. F.: § 2 Abs. 2 Nr. 2 und 6):

- „Die großräumige und übergreifende Freiraumstruktur ist zu erhalten und zu entwickeln. Die Freiräume sind in ihrer Bedeutung für funktionsfähige Böden, für den Wasserhaushalt, die Tier- und Pflanzenwelt sowie das Klima zu sichern oder in ihrer Funktion wiederherzustellen. Wirtschaftliche und soziale Nutzungen des Freiraumes sind unter Beachtung seiner ökologischen Funktionen zu gewährleisten.“
- „Natur und Landschaft einschließlich Gewässer und Wald sind zu schützen, zu pflegen und zu entwickeln. Dabei ist den Erfordernissen des Biotopverbundes Rechnung zu tragen. Die Naturgüter, insbesondere Wasser und Boden, sind sparsam und schonend in Anspruch zu nehmen...“

Die Grundsätze sind unter Beachtung des Gegenstromprinzips für den jeweiligen Planungsraum zu konkretisieren und finden somit Berücksichtigung in den Raumordnungsplänen der Länder (Landesplanung) sowie deren Teilräumen (Regionalplanung).

In der *Bundesverkehrswegeplanung* findet die Landschaftszerschneidung im Rahmen der qualitativen Umweltrisikoeinschätzung Beachtung. Geprüft wird, ob durch ein Verkehrsprojekt empfindliche Räume, wie Natura 2000-Gebiete oder UZVR größer 100 km² zerschnitten oder tangiert werden (Penn-Bressel 2005). Zerschneidungen von Gebieten kleiner als 100 km² werden derzeit weder qualitativ noch quantitativ (in der Nutzen-Kosten-Analyse) berücksichtigt.

Im *Naturschutz* gilt es als ein Grundsatz, Zerschneidungselemente, wie Verkehrswege und Energieleitungen so zusammenzufassen, dass die Zerschneidung und der Verbrauch von Landschaft möglichst gering gehalten wird (BNatSchG § 2 Abs. 1 Nr. 12). Darüber hinaus soll mit einem Netz verbundener Biotope (Biotopverbund) die nachhaltige Sicherung von heimischen Tier- und Pflanzenarten und deren Populationen gewährleistet werden (siehe BNatSchG § 3, Biotopverbund). Auch den Aufbau und Schutz des kohärenten, europäischen, ökologischen Netzes „Natura 2000“, bestehend aus den Vogelschutzgebieten (Richtlinie 74/409/EWG) und den FFH-Gebieten (Richtlinie 97/62/EG), legt der deutsche Gesetzgeber fest (BNatSchG 2002 §§ 32-38). Konkrete Aussagen zur Landschaftszerschneidung und deren Auswirkungen sind jedoch nicht im Bundesnaturschutzgesetz festgehalten.

Auf *europäischer Ebene* sind die ökologischen Netzwerke PEEN, Natura 2000 und das Emerald Netzwerk hervorzuheben. Sie dienen unter anderem der Erhaltung und Schaffung von Korridoren (vgl. Tillmann 2005) und wirken somit den Folgen von Zerschneidung entgegen, indem sie z. B. den Gen- und Individuenaustausch ermöglichen bzw. aufrechterhalten sowie die Migrationsmöglichkeiten (zumindest für bestimmte Arten) verbessern. Außerdem ist die Initiative „COST 341 Action Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure“ zu nennen. Deren Aufgabe war es, die Einflüsse von Transportinfrastruktur auf Ökosysteme zu untersuchen und zu begutachten. Als Ergebnis legten die 12 Teilnehmerstaaten einen State-of-the-art-Report zur Habitatfragmentierung durch linienhafte Transportinfrastruktur vor (z. B.: European Commission 2000). Initiativen wie COST sowie die bereits laufenden Korridorprojekte geben Hoffnung, dass sich grenzüberschreitende Betrachtungen zur Landschaftszerschneidung durchsetzen werden (Walz 2005). Gerade für die zukünftige Entwicklung der Infrastruktur in den neuen Mitgliedsstaaten der EU ist eine europaweite, grenzüberschreitende Betrachtung von Landschaftszerschneidung wichtig, da diese Länder einem besonderen Zerschneidungsrisiko ausgesetzt sind (European Environment Agency 2002).

Landesplanung

Die Planungsvorgaben der Landesplanung sowie der stärker konkretisierten Regionalplanung sind von entscheidender Bedeutung für die räumliche Entwicklung. Im Folgenden soll deshalb untersucht werden, welche Rolle die Landschaftszerschneidung in der Landes- und Regionalplanung bisher spielt. Beispielhaft wurden dazu die Planungswerke von Sachsen und der angrenzenden Bundesländer ausgewertet.

Tab. 4: Landschaftszerschneidung in der Landes- und Regionalplanung

Bundesland Planungsinstrumente des Landes/der Regionen	Aussagen zur Wirkung von Zerschneidung	Aussagen zum Schutz vor Zerschneidung	Funktion und Bedeutung unzerschnittener Räume und Landschaften	Ausweisung von UZR		
				Größe	Karte	Verbal
<i>Sachsen</i>						
LEP Sachsen 2003	x	x	x	> 40km ²	x	-
RP Chemnitz-Erzgebirge 2002	x	x	-	-	-	-
RP Südwestsachsen 2002	x	x	x	-	-	-
RP Oberes Elbtal/Osterggebirge 2001	x	x	x	> 50 km ²	x	-
RP Oberlausitz-Niederschlesien 2002	x	x	x	-	-	-
RP Westsachsen 2001	-	x	x	> 60 km ^{2a}	-	x
<i>Thüringen</i>						
LEP Thüringen 2004	x	x	x	> 50 km ^{2b}	-	-
RRPOP Ostthüringen 1999	-	x	x	-	-	x
<i>Sachsen-Anhalt</i>						
LEP Sachsen-Anhalt 1999	-	x	-	-	-	-
REP Anhalt-Bitterfeld-Wittenberg 2005	-	-	-	-	-	-
REP Halle 2005	-	x	-	-	-	-
<i>Brandenburg</i>						
LEP Berlin-Brandenburg GR 2004	x	x	-	-	-	-
REP Lausitz-Spreewald 1997	-	-	-	-	-	-
<i>Bayern</i>						
LEP Bayern 2005	x	x	-	-	x ^c	-
RP Oberfranken-Ost 1995	x	-	-	-	-	-

a Es wird keine Mindestgröße explizit definiert. Der Wert von 60 km² stellt den geringsten Wert dar, welcher bei der verbalen Ausweisung der unzerschnittenen Räume auftaucht.

b In der Begründung zu 5.1.11 „Landschaftsräume“ werden Räume mit ökologisch besonders bedeutsamen Landschaften u. a. durch unzerschnittene Räume > 50 km² gebildet.

c Die unzerschnittenen verkehrsarmen Räume in Bayern sind in einer Karte dargestellt, die beim Landesamt für Umweltschutz ausliegt. Diese ist jedoch kein Bestandteil des LEP.

Quelle: Eigener Entwurf unter Benutzung der angegebenen Planungswerke

Alle betrachteten Landesplanungswerke treffen Aussagen zum Schutz vor Zerschneidung. Vor allem der Erhalt bislang unzerschnittener Bereiche (Räume, Freiräume, Landschaftsräume, Flächen, Freiflächen) soll der fortschreitenden Zerschneidung entgegenwirken bzw. sie verhindern. Darüber hinaus wird die Nutzung vorhandener Straßenführungen sowie die Bündelung und Auslastung der Bandinfrastruktur (Verkehrstrassen) verlangt (vgl. LEP Bayern, Thüringen und Brandenburg-Berlin GR), wenn die Trennwirkung dadurch nicht erheblich verstärkt wird (LEP Brandenburg-Berlin GR). Auch die von der Zerschneidung bedingten Wirkungen sind in den Landesplanungswerken (bis auf Sachsen-Anhalt) aufgeführt. So werden die von den Zerschneidungselementen ausgehenden Barriere-, Kollisions- oder Emissionseffekte sowie die nachteiligen Auswirkungen auf das Landschaftsbild, den Naturhaushalt und die landwirtschaftliche Nutzung genannt (vgl. LEP Sachsen und Bayern). Neben den Problemen für die Funktionsfähigkeit der Freiräume (LEP Brandenburg-Berlin GR und Thüringen)

wird auch die immer stärkere Verinselung von Lebensräumen als zerschneidungsbedingtes Problem gesehen (LEP Bayern). Auf die Bedeutung und Funktion unzerschnittener Räume für den Arten- und Biotopschutz sowie für die landschaftsbezogene Erholung wird in den LEPs von Sachsen und Thüringen hingewiesen. Die Ausweisung unzerschnittener Räume im Planungswerk selbst erfolgt jedoch nur im LEP Sachsen. Dort werden Räume außerhalb intensiv genutzter Verkehrs- und Siedlungsbereiche mit einem Flächeninhalt größer 40 km^2 als großflächige, unzerschnittene, störungsarme Räume bezeichnet und kartographisch dargestellt (siehe Tabelle 4). Eine Karte der unzerschnittenen verkehrsarmer Räume Bayerns liegt beim Landesamt für Umweltschutz aus. Auf diese wird zwar im LEP Bayern hingewiesen, sie ist jedoch nicht dessen Bestandteil. Nach der Begründung zu 5.1.11 „Landschaftsräume“ des LEP Thüringen werden Räume mit ökologisch besonders bedeutsamen Landschaften unter anderem durch unzerschnittene Räume größer 50 km^2 gebildet. Eine Konkretisierung dieser unzerschnittenen Räume, z. B. verbal oder in Kartenform, ist jedoch nicht vorhanden.

Regionalplanung

In den regionalen Planungswerken wird die Problematik der Landschaftszerschneidung sehr unterschiedlich wahrgenommen. Während einige Planungswerke detaillierte Aussagen zu den Auswirkungen von Landschaftszerschneidung sowie zu den Funktionen unzerschnittener Räume geben, findet das Thema in anderen Plänen keine Erwähnung (siehe Tabelle 4). Im Regionalplan Oberes Elbtal/Osterzgebirge wird z. B. auf die „hohe ökologische Ausgleichsfunktion“ großer unzerschnittener Freiräume gegenüber dem stark anthropogen überprägten Umland hingewiesen. Außerdem handelt es sich meist um Gebiete, die durch ihre Geschlossenheit in Verbindung mit hoher landschaftlicher Attraktivität für die naturnahe Erholung des Menschen prädestiniert sind. Der Regionalplan Oberlausitz-Niederschlesien sieht solche Räume als Voraussetzung für die weitere Sicherung des Überlebens Großraum beanspruchender Tierarten. Die Ausweisung großer unzerschnittener Räume erfolgte in drei der betrachteten Planungsregionen. Im regionalen Raumordnungsprogramm Ostthüringen werden zwar große unzerschnittene Räume genannt, die Angabe einer Mindestgröße oder eine kartographische Darstellung fehlt allerdings. Auch für die Planungsregion Westsachsen werden solche Räume nur im Textteil aufgeführt. Ebenfalls wird keine Mindestgröße explizit definiert. Im Regionalplan Oberes Elbtal/Osterzgebirge werden dagegen neun unzerschnittene Freiräume größer 50 km^2 kartographisch abgebildet (siehe Tabelle 5).

Tab. 5: Landschaftszerschneidung im LEP Sachsen und RP Oberelbe Osterzgebirge.

Planungswerk	LEP Sachsen 2003	RP Oberelbe Osterzgebirge 2001
Grundsatz	G 4.2 Schutz, Pflege und Entwicklung von Natur und Landschaft	G 4.2.0.2 Naturhaushalt
Bezeichnung	Großflächige unzerschnittene störungsarme Räume (USR)	Großflächige unzerschnittene Freiräume
Größe	> 40 km ²	> 50 km ²
Anzahl der USR	31 USR mit einer Gesamtfläche von 2181 km ² (11,8 % der Fläche des Freistaats Sachsen)	9 große, unzerschnittene Freiräume in der Region
Ausweisung der USR	Karte 6	Karte 4
Merkmale unzerschnittener Räume	<ul style="list-style-type: none"> • Räume außerhalb intensiv genutzter Verkehrs- und Siedlungsbereiche, die nicht von störungsintensiven Korridoren linienhafter Elemente wie übergeordneten Straßen mit einer durchschnittlichen täglichen Verkehrsmenge von mehr als 2000 Fahrzeugen und von zweigleisigen Bahnlagen durchschnitten werden. • Für Gebiete außerhalb Sachsens stehen die zur Anwendung der einheitlichen Ermittlungsmethodik erforderlichen Daten nicht zur Verfügung. Grenzüberschreitende USR, deren Teilflächen auf sächsischem Gebiet weniger als 40 km² betragen, können daher in der Karte nicht dargestellt werden. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lage im Gebiet ohne Verdichtungsansätze im Ländlichen Raum • Siedlungsfreier Raum • Flächengröße von mindestens 50 km², wobei die Begrenzung grundsätzlich durch Autobahn, Bundesstraßen und Staatsstraßen sowie Bahnlagen erfolgt; Kreisstraßen wirken nur dann als Begrenzungslinie, wenn aufgrund der Ausrichtung auf zentrale Orte eine starke Verflechtungsbeziehung zwischen den Siedlungen und somit eine hohe Frequenzierung der Straße zu verzeichnen ist • Bei wenig frequentierten Staatsstraßenbereichen, die darüber hinaus überwiegend beidseitig waldbestanden sind, ist eine zerschneidende Wirkung sehr gering und wird daher vernachlässigt • Wenn ein großflächiger, unzerschnittener Freiraum über die Regionsgrenze hinausreicht und insgesamt größer als 50 km² ist, so gilt die anteilige Regionsfläche ebenfalls als unzerschnittener Freiraum.
Bedeutung/(Freiraum-)Funktionen	<ul style="list-style-type: none"> • Arten- und Biotopschutz: störungsempfindliche bzw. wandernde Tierarten mit großräumigen Biotopansprüchen; Rückzugsgebiete von bedrohten Tieren und Pflanzen • Wasserhaushalt: auf Grund geringer Versiegelung Retentionsräume für den Wasserhaushalt • Landschaftsbezogene Erholung • Klimatischer Ausgleichsraum 	<ul style="list-style-type: none"> • hohe ökologische Ausgleichsfunktion • „Ruhezonen“ für Flora und Fauna • geringe verkehrsbedingte Lärm- und Störeinwirkungen • Gebiete hoher landschaftlicher Attraktivität • für die naturnahe Erholung des Menschen prädestiniert

Quelle: Eigener Entwurf unter Benutzung der angegebenen Planungswerke

3 Fazit

In einer zunehmend zersiedelten und großräumig durch Lärm beeinträchtigten Umwelt gewinnt der Schutz großer Freiräume immer mehr an Bedeutung. Im Sinne einer vorsorgenden, an Nachhaltigkeit orientierten Planung gehört es damit zu den Aufgaben der Raumplanung, unzerschnittene Freiräume auf ihre Wertigkeit für Naturschutz und Erholung zu untersuchen und geeignete Räume zu bewahren. Große unzerschnittene Freiräume haben in den letzten Jahrzehnten stark abgenommen und sind in manchen Regio-

nen sehr selten geworden oder bereits nicht mehr vorhanden. Aufgrund der ökologischen Funktionen der UZF sollten diese Räume als eigenständiges Schutzgut betrachtet und in der räumlichen Planung berücksichtigt werden. Dafür spricht auch, dass die Abnahme großer unzerschnittener Freiräume gleichzeitig die flächenhafte Zunahme von Verkehrslärm bedeutet. Ungestörte, ruhige Erholungsbereiche, die der Mensch heutzutage so sehr benötigt, werden damit immer seltener.

Strukturelle Landschaftsveränderungen wie die Landschaftszerschneidung verlaufen „schleichend“ und können in ihrem Ausmaß aus der Sicht des Einzelnen nur sehr schwer wahrgenommen werden. Erst ein Monitoring über größere Räume und Zeitabschnitte hinweg macht das Ausmaß und die Folgen der Veränderung objektivierbar. Die regelmäßige Bilanzierung und Analyse der Entwicklung der Freiflächenzerschneidung im Rahmen der Umweltbeobachtung besitzt daher eine erhebliche Bedeutung. Es ist daher zu begrüßen, dass sich ein eigener Indikator der „Länderinitiative Kernindikatoren“ (LIKI) mit der Landschaftszerschneidung befasst. Damit ist gewährleistet, dass zukünftig vergleichbare Daten zur Entwicklung der Landschaftszerschneidung vorliegen. Auch für die öffentliche Wahrnehmung dieser Problematik sind der Indikator und entsprechend Kartendarstellungen zu unzerschnittenen Freiräumen wichtig, da sie anschaulich und leicht verständlich sind.

Zur Bewertung der inneren Strukturierung unzerschnittener Freiräume und des Wertes für Natur und Mensch besteht dagegen noch erheblicher Forschungsbedarf. Gegenwärtige Forschungsarbeiten zur Landschaftszerschneidung setzen daran an, diese Räume in ihrer Ausprägung zu differenzieren und die Auswirkungen der Landschaftszerschneidung auf einzelne Landschaftsfunktionen zu untersuchen. Neben der Naturnähe der Flächennutzung sollte die Wertigkeit der Räume für den Arten- und Biotopschutz sowie die Erholungseignung zur qualitativen Bewertung der UZF herangezogen werden.

Außerdem fällt auf, dass gerade in den Grenzübereichen zwischen den benachbarten Staaten, aber auch zwischen den Bundesländern große unzerschnittene Freiräume liegen. Eine grenzüberschreitende Betrachtung ist daher unbedingt notwendig und sollte in zukünftige Untersuchungen einbezogen werden. Die EU-Erweiterung gerade im östlichen Mitteleuropa führt zu einem starken Druck auf den Ausbau der Verkehrsinfrastruktur mit entsprechenden Auswirkungen auf die Landschaftszerschneidung.

Oft wird auch die Frage gestellt, ob unzerschnittene Freiräume überhaupt als ein eigenes Schutzgut zu betrachten sind. So wird argumentiert, dass die Belange des Naturschutzes und der Erholungsvorsorge bereits durch die einzelnen Vorranggebiete beispielsweise für Natur und Landschaft abgedeckt seien. Nicht vergessen werden darf allerdings, dass gerade die Großräumigkeit zusammenhängender Landschaftsräume Funktionen ermöglicht, die bei lokaler Betrachtung einzelner Landschaftsteile nicht gewährleistet werden können. Dazu gehören die bereits genannte Lebensraumfunktion für bestimmte Tierarten und die Erholungsfunktion einer Landschaft.

Nicht zu vergessen ist auch die Vorsorgefunktion. Einmal zerschnittene Landschaftsräume können praktisch nicht wiederhergestellt werden, da der Rückbau bereits getätigter erheblicher Investitionen in die Infrastruktur kaum durchsetzbar und sinnvoll ist. Umso wichtiger ist es, mögliche Folgewirkungen vor solchen Investitionen zu untersuchen und zu berücksichtigen.

Für die untersuchten Planungswerke in Sachsen kann festgehalten werden, dass das Problem der Landschaftszerschneidung in allen betrachteten Landesplanungswerken sowie in der Mehrzahl der regionalen Planungswerke wahrgenommen wird. Das zeigen sowohl die Aussagen zur Bedeutung großer unzerschnittener Räume als auch die Vor-

schläge zum Schutz vor weiterer Zerschneidung und deren Auswirkungen. Dennoch sind konkrete Ausweisungen großer unzerschnittener Räume in Kartenform nur im LEP Sachsen, im RP Oberelbe Osterzgebirge und indirekt im LEP Bayern sowie verbal im RP Westsachsen und im RROP Ostthüringen vorhanden. Allerdings ist zu erwarten, dass in den Fortschreibungen der Regionalpläne insgesamt eine stärkere Berücksichtigung erfolgt.

Auf jeden Fall ist die Untersetzung der unzerschnittenen Freiräume mit Biotopverbundkorridoren wichtig, um die Kernbereiche in der Argumentation gegen konkrete Eingriffe vertreten zu können. Zudem können auf diese Weise prioritäre Punkte für Wiedervernetzungsmaßnahmen wie Grünbrücken u.ä. bestimmt und plausibel gemacht werden. Trotzdem darf dabei nicht vergessen werden, dass mit mehr oder weniger hypothetischen und abstrahierten Annahmen zu den Ansprüchen und dem Wanderungsverhalten bestimmter Leitarten gearbeitet wird. Weiterhin vernachlässigt die alleinige Betrachtung von Biotopverbundräumen teilweise auch die großräumige Perspektive. Schwerwiegend wäre, wenn durch die Beschränkung auf unzerschnittene Biotopverbundkorridore die Gesamtlandschaft aus den Augen verloren würde. Gerade große offene Landschaftsbereiche der „normalen“ Agrarlandschaft spielen für bestimmte Tierarten unserer Kulturlandschaft eine wichtige Rolle als Lebensraum. Auch für den Menschen gehört der Wechsel von offenen Landschaften mit kleinräumigen Strukturen und den naturnahen Landschaftsbereichen zu einer hohen Landschaftsqualität.

Es soll daher hervorgehoben werden, dass es zwei notwendige Ebenen der Erfassung, Bewertung und des Monitorings zum Thema Landschaftszerschneidung gibt:

- Die Ebene einer übergeordneten räumlichen Indikation der Unzerschnittenen Freiräume. Dabei erfolgt eine quantitative Erfassung und Darstellung der Räume mittels einfachen Indikatoren wie Flächengröße und Effektiver Maschenweite sowie die Darstellung in Karten. Dadurch wird eine anschauliche, vergleichbare Darstellung möglich. Veränderungen sind sofort erkennbar.
- Eine räumlich detaillierte Ebene, auf der eine Untersetzung der unzerschnittenen Freiräume mit Biotopverbundkorridoren erfolgt. Diese kann zur Beurteilung von geplanten Eingriffen und zur Ableitung von Wiedervernetzungsmaßnahmen dienen.

Großer Bedarf wird auch bei der stärker integrativen Betrachtung des Wertes großer unzerschnittener Freiräume für die einzelnen Landschaftsfunktionen gesehen. Möglicherweise liegt gerade hierin die Stärke eines Schutzgutes „Unzerschnittene Freiräume“, dass nämlich solche Räume für den Menschen als auch für den Naturschutz gleichermaßen Bedeutung haben.

Literatur

- Baier, H. (2000): Die Bedeutung landschaftlicher Freiräume für Naturschutzfachplanungen. In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.): Vorrangflächen, Schutzgebietssysteme und naturschutzfachliche Bewertung großer Räume in Deutschland. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 63. Bonn-Bad Godesberg. S. 101-116.
- Baier, H.; Erdmann, F.; Holz, R.; Waterstraat, A. (Hrsg.) (2006): Freiraum und Naturschutz – Die Wirkungen von Störungen und Zerschneidungen in der Landschaft. Heidelberg, Berlin.
- BAST – Bundesanstalt für Straßenwesen (2003): Straßenverkehrszählung 2000 – Ergebnisse. Berichte der Bundesanstalt für Verkehrswesen V 101.
- Baumann, W.; Hinterlang, D. (2001): Unzerschnittene Landschaftsräume in Nordrhein-Westfalen – ein bedeutendes Projekt für den Freiraumschutz. Jahresbericht. Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten Nordrhein-Westfalen. S. 95-102.

- BBR – Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (2000): Raumordnungsbericht 2000. BBR-Berichte 7. Bonn.
- BBR – Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (2005): Raumordnungsbericht 2005. BBR-Berichte 21. Bonn.
- Bergmann, H.H. (1974): Zur Phänologie und Ökologie des Straßentods der Vögel. *Vogelwelt* 95 (1). S. 1-21.
- BfN – Bundesamt für Naturschutz (2002): Daten zur Natur 2002. Bonn.
- BfN – Bundesamt für Naturschutz (2004): Daten zur Natur 2004. Bonn.
- BLAK NE – Bund-Länder-Arbeitskreis Nachhaltige Entwicklung (2004): Bericht des BLAK NE zur Entwicklung eines kohärenten Satzes von Kernindikatoren zur nachhaltigen Entwicklung. URL: http://www.blak-ne.de/dateien/dat_nr76_1.pdf. [Letzter Zugriff: 28.01.2008].
- BMI – BUNDESMINISTER DES INNERN (1985): Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung. (Bundestags-Drucksache 10/2977 vom 7. März 1985). Stuttgart.
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (2006): Verkehr in Zahlen 2006/2007. Berlin.
- Brückner, C. (1985): Landschaft im Würgegriff des Straßennetzes. In: *Natur und Landschaftskunde* 21. S. 1-4.
- Clausing, T. (2006): Landschaftszerschneidung – Anwendung und Vergleich verschiedener methodischer Varianten am Beispiel des Landkreises Havelland (Brandenburg). Diplomarbeit Universität Potsdam.
- Dosch, F.; Lutter, H.; Otto, I.; Pütz, T.; Schmitz, S. (1995): Verkehrlich hoch belastete Räume. Versuch der Abgrenzung einer raumordnerisch bedeutsamen Gebietskategorie. Arbeitspapiere der Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung 9. Bonn.
- Eichhorst, U.; German, R. (1974): Zerschneidung der Landschaft durch das Straßennetz im Regierungsbezirk Tübingen. Veröffentlichung der Landesstelle Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg 42. Ludwigsburg. S. 66-84.
- Esswein, H.; Jaeger, J.; Schwarz-Von Raumer, H.-G.; Müller, M. (2002): Landschaftszerschneidung in Baden-Württemberg. Arbeitsbericht der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg. Stuttgart.
- Esswein, H.; Jaeger, J.; Schwarz-von Raumer, H.-G.; Müller, M. (2003): Landschaftszerschneidung in Baden-Württemberg: Tendenz steigend. Eine landesweite quantitative Untersuchung für den Zeitraum 1930 bis 1998. In: *Beiträge der Akademie für Natur- und Umweltschutz BW* 31. Stuttgart. S. 41-85.
- Esswein, H.; Schwarz-v. Raumer, H.-G. (2004): Analyse der Landschaftszerschneidung in Hessen. Endbericht im Auftrag des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie. Stuttgart.
- Esswein, H.; Schwarz-v. Raumer, H.-G. (2006a): Berechnung des Landschaftszerschneidungsgrads für Hessen unter Berücksichtigung der LIKI-Kriterien. Endbericht. Institut für Landschaftsplanung und Ökologie Universität Stuttgart. Stuttgart.
- Esswein, H.; Schwarz-v. Raumer, H.-G. (2006b): Darstellung und Analyse der Landschaftszerschneidung in Bayern. Endbericht im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz. Stuttgart.
- Esswein, H.; Schwarz-v. Raumer, H.-G. (2006c): Effektive Maschenweite und Unzerschnittene Verkehrsarme Räume über 100 km² als Umweltindikatoren für die BRD – GIS-Einsatz und vergleichende Analyse. In: Strobl, J.; Blaschke, T.; Griesebner G. (Hrsg): *Angewandte Geoinformatik 2006*. Heidelberg. S. 135-144.
- European Environment Agency (2002): TERM 2002 – Paving the way for EU enlargement – Indicators of transport and environment integration. Environmental issue report 32. Luxembourg.
- European Commission (2000): The effect of linear infrastructures on habitat fragmentation. COST 341. Hungarian State of the Art Report.
- Fischer, H. (1969): Massentod von Erdkröten und Fadenmolchen auf der Autobahn und auf der Staatsstraße von Kaiseraugst nach Rheinfelden. *Schweizer Naturschutz* 35. S. 66-69.
- Forman, R. T. T.; Godron, M. (1986): *Landscape ecology*. New York, Chichester.
- Gawlak, C (2001): Unzerschnittene verkehrsarme Räume in Deutschland 1999. In: *Natur und Landschaft* 76 (11). S. 481-484.
- Geiger, R. (1950): Das Klima der bodennahen Luftschicht. *Die Wissenschaft* 78. Braunschweig.
- Georgii, B. (2000): Wildtierpassagen an Straßen – Perspektiven für Bayern. In: *Laufener Seminarbeiträge* 2/00. Laufen/Salzach. S. 65-69.
- Gerlach, G.; Musolf, K. (2000): Fragmentation of landscapes as a cause for genetic subdivision in bank voles. In: *Conservation Biology* 14. S. 1066-1074.

■ Unzerschnittene Freiräume als Schutzgut?

- 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. Diplomarbeit Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Halle/Saale.
- Grau, S. (1998a): Überblick über Arbeiten zur Landschaftszerschneidung sowie zu unzerschnittenen Räumen in der Bundes-, Landes- und Regionalplanung Deutschlands. In: *Natur und Landschaft* 73 (10). S. 427-434.
- Grau, S. (1998b): Erfassung und Bewertung der Landschaftszerschneidung im Landkreis Wernigerode/Harz. In: *Hercynia* 31. S. 13-32.
- Grau, S. (2006): Großflächige Analysen unzerschnittener Räume in Deutschland – ein Überblick. In: Baier, H.; Erdmann, F.; Holz, R.; Waterstraat, A. (Hrsg.): *Freiraum und Naturschutz – Die Wirkungen von Störungen und Zerschneidungen in der Landschaft*. Heidelberg, Berlin. S. 103-110.
- Hänel, K. (2006): Habitatverbundsysteme auf überörtlicher Ebene. HABITAT-NET – ein vektorbasierter GIS-Algorithmus als Planungshilfe. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 38 (8). S. 237-244.
- Hänel, K. (2007): Methodische Grundlagen zur Bewahrung und Wiederherstellung großräumig funktionsfähiger ökologischer Beziehungen in der räumlichen Umweltplanung. *Lebensraumnetzwerke für Deutschland*. Dissertation Universität Kassel.
- Jaeger, J. (2000): Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. In: *Landscape Ecology* 15 (2). S. 115-130.
- Jaeger, J. (2001): Quantifizierung und Bewertung der Landschaftszerschneidung. Arbeitsbericht Nr. 167 der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg. Stuttgart.
- Jäger, J. (2002): *Landschaftszerschneidung – Eine transdisziplinäre Studie gemäß dem Konzept der Umweltgefährdung*. Stuttgart.
- Jaeger, J. (2003): *Landschaftszerschneidung*. In: Konold, W.; Böcker, R.; Hampicke, U. (Hrsg.): *Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege* 11. Erg.-Lfg. 11/03. Landsberg. S. 1-30.
- Jaeger, J.; Grau, S.; Haber, W. (2005): Einführung: Landschaftszerschneidung und die Folgen. In: *GAIA* 14: S. 98-100.
- Jaeger, J.; Holderegger, R. (2005): Schwellwerte der Landschaftszerschneidung. In: *GAIA* 14 (2). S. 113-118.
- Job, H. (2000): „Unzerschnittene verkehrsarme Räume (UVR)“ als neue Kategorie des Freiraumschutzes. *Wissenschaftliches Jahrbuch des grenzüberschreitenden Biosphärenreservates Pfälzerwald – Vosges du Nord* 8. S. 109-119.
- Job, H. (2002): Verkehr in Großschutzgebieten – sind wir schon am Ziel? In: *Europark Deutschland* (Hrsg.): *Schutzgebiete und Verkehr – alles in Bewegung*. Eberswalde. S. 9-17.
- Kowalke, H. (2000): Die Entwicklung der Raumstrukturen bis zur Industrialisierung und der Industrialisierungsprozess. In: Kowalke, H. (Hrsg.): *Sachsen. (Perthes Länderprofile)*. Gotha, Stuttgart. S. 101-137.
- Lassen, D. (1979): Unzerschnittene verkehrsarme Räume in der Bundesrepublik Deutschland. In: *Natur und Landschaft* 54/12. S. 333-334.
- Lassen, D. (1987): Unzerschnittene verkehrsarme Räume über 100 km² Flächengröße in der Bundesrepublik Deutschland. In: *Natur und Landschaft* 62/12. S. 532-535.
- Lassen, D. (1990): Unzerschnittene verkehrsarme Räume über 100 km² – eine Ressource für die ruhige Erholung. In: *Natur und Landschaft* 65/6. S. 326-327.
- Losch, S. (2006): Raumnutzung und Raumerschließung durch den Menschen. In: Baier, H. et. al (Hrsg.): *Freiraum und Naturschutz. Die Wirkungen von Störungen und Zerschneidungen in der Landschaft*. Berlin, Heidelberg, New York. S. 55-72.
- Mader, H.-J. (1981): *Der Konflikt Straße – Tierwelt aus ökologischer Sicht*. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 22. Bonn – Bad Godesberg.
- Marks, T.; Lausch, A.; Arndt, E. (2006): Entwicklung der Landschaftszerschneidung in Sachsen-Anhalt am Beispiel des Saalkreises und der kreisfreien Stadt Halle. In: *Hercynia Neue Folge* 39 (1). S. 1-10.
- Netz, B. (1990): Landschaftsbewertung der unzerschnittenen verkehrsarmen Räume – eine rechnergestützte Methode zur Ermittlung der Erholungsqualität von Landschaftsräumen auf Bundesebene. In: *Natur und Landschaft* 65/6, S. 327-330.
- Neumann-Finke, A. (2004): *Landschaftszerschneidung in Schleswig-Holstein: GIS-gestützte Bestandsaufnahme und Bewertung*. Diplomarbeit, Christian-Albrechts-Universität, Kiel.
- Penn-Bressel, G. (2005): Begrenzung der Landschaftszerschneidung bei der Planung von Verkehrswegen. In: *GAIA* 14 (2). S. 130-134.

- Primack, R. B. (1995): Naturschutzbiologie. Heidelberg, Berlin, Oxford.
- Reck, H.; Herden, C.; Rassmus, J.; Walter, R. (2001): Die Beurteilung von Lärmwirkungen auf freilebende Tierarten und die Qualität ihrer Lebensräume – Grundlagen und Konventionsvorschläge für die Regelung von Eingriffen nach § 8 NatSchG. In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.): Lärm und Landschaft. Angewandte Landschaftsökologie 44. Bonn – Bad Godesberg. S. 125-151.
- Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal / Osterzgebirge (2001): Regionalplan Oberes Elbtal / Osterzgebirge. Dresden.
- Reichelt, G. (1979): Landschaftsverlust durch Straßenbau. In: Natur und Landschaft 54 (10). S. 335-338.
- Richarz, K. (2000): Auswirkungen von Verkehrsstrassen auf Fledermäuse. In: Sturm, P. (Hrsg.): Zerschneidung als ökologischer Faktor. Laufener Seminarbeiträge 2/00. Laufen/Salzach. S. 47-64.
- Roedenbeck, I. A. (2005): Entwicklung der Landschaftszerschneidung in Hessen von 1930 bis 2002. Statusbericht für das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG). Gießen.
- Roth, M.; Walliser, G.; Henle, K.; Hertweck, K.; Binner, U.; Waterstraat, A.; Klenke, R.; Hagenguth, A.: (2000): Habitatzerschneidung und Landnutzungsstruktur – Auswirkungen auf populationsökologische Parameter und das Raum-Zeit-Muster marderartiger Säugetiere. In: Sturm, P. (Hrsg.): Zerschneidung als ökologischer Faktor. Laufener Seminarbeiträge 2/00. Laufen/Salzach. S. 47-64.
- Roth, M.; Waterstraat, A.; Klenke, R. (2006): Ökologische und evolutionsbiologische Wirkungen der Segmentierung in Landschaften und der Zerschneidung in Habitaten. In: Baier, H. et. al (Hrsg.): Freiraum und Naturschutz. Die Wirkungen von Störungen und Zerschneidungen in der Landschaft. Berlin, Heidelberg, New York. S. 143-150.
- SMI – Sächsisches Staatsministerium des Innern (2003): Landesentwicklungsplan Sachsen. Dresden.
- Schauer, P. (2006): GIS-gestützte Prognose zur Landschaftszerschneidung im Freistaat Sachsen für das Jahr 2020. Diplomarbeit Technische Universität Dresden.
- Schumacher, U.; Walz, U. (2000): Landschaftszerschneidung durch Infrastrukturtrassen. In: Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland. Band 10: Freizeit und Tourismus. Heidelberg, Berlin. S. 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“. Greifswalder Geographische Arbeiten Bd. 39. Greifswald. S. 39-48.
- Schupp, D. (1991): Unzerschnittene verkehrsarme Räume in Niedersachsen. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen 1/91. S. 2-6.
- Schupp, D. (2005): Umweltindikator Landschaftszerschneidung. In: GAIA 14/2. S. 101-106.
- Speck, A. (1953): Die historisch-geographische Entwicklung des sächsischen Straßennetzes. In: Wissenschaftliche Veröffentlichungen des Deutschen Institutes für Länderkunde, Neue Folge. Bd. 12. Leipzig. S. 131-174.
- Tillmann, J.E. (2005): Habitat Fragmentation and Ecological Networks in Europe. In: GAIA 14/2: S. 119-123.
- TLUG – Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (2007): Neue Kennzahlen zur Bewertung der Störungsarmut von geographischen Räumen in Thüringen. Fachstandpunkte der TLUG 1. Jena.
- Ueckermann, E. (1966): Wildverluste durch den Straßenverkehr und Verkehrsunfälle durch Wild. Beitr. Jagd und Wildforschung 5. S. 127-133.
- Ulbricht, J.; Roth, M. (1996): Untersuchungen an Wirbeltierarten zur Einschätzung der Auswirkungen von Störreizen und Landschaftszerschneidung – eine Einführung. In: Landesamt für Umwelt und Natur Mecklenburg-Vorpommern (Hrsg.): Die Bedeutung unzerschnittener, störungsarmer Landschaftsräume für Wirbeltierarten mit großen Raumansprüchen – ein Forschungsprojekt. Schriftenreihe H. 1. S. 39-41.
- UMK – Umweltministerkonferenz (2004): Ergebnisprotokoll. 62. Umweltministerkonferenz am 6. und 7. Mai 2004 in Bad Wildungen. URL: http://www.umweltministerkonferenz.de/uploads/62umk_c83.pdf. 2004. – [Letzter Zugriff: 28.01.2008].
- Völk, F.H.; Glitzner, I. (2000): Habitatzerschneidung für Schalenwild durch Autobahnen in Österreich und Ansätze zur Problemlösung. In: Sturm, P. (Hrsg.): Zerschneidung als ökologischer Faktor. Laufener Seminarbeiträge 2/00. Laufen/Salzach. S. 47-64.
- Walz, U. (2005): Landschaftszerschneidung in Grenzräumen – Sachsen und die Sächsisch-Böhmische Schweiz. In: GAIA 14/2. S. 171-174.
- Walz, U.; Schumacher, U. (1999): Landschaftszerschneidung durch Infrastrukturtrassen in Sachsen. In: Strobl, J.; Blaschke, T. (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XI. Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 1999. Heidelberg.

■ Unzerschnittene Freiräume als Schutzgut?

- Walz, U.; Schumacher, U. (2005): Landscape Fragmentation in the Free State of Saxony and the Surrounding Border Areas. In: Hrebíček, J.; Ráček, J. (Hrsg.): Networking Environmental Information. Proceedings of the 19th International Conference "Informatics for Environmental Protection". Brno. S. 754-758.
- Waterstraat, A.; Baier, H.; Holz, R.; Spiess, H.J.; Ulbricht, J. (1996): Unzerschnittene, störungsarme Landschaftsräume. Versuch der Beschreibung eines Schutzgutes. In: Die Bedeutung unzerschnittener, störungsarmer Landschaftsräume für Wirbeltierarten mit großen Raumansprüchen – ein Forschungsprojekt. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt und Natur Mecklenburg-Vorpommern, Heft 1/96, S. 5-24.
- Wolf, S.; Walz, U. (2005): Grenzüberschreitende Untersuchung der Landschaftszerschneidung in der Sächsisch-Böhmischen Schweiz. In: Mitteilungen des Landesvereins Sächsischer Heimatschutz e.V. 3/2005. S. 33-39.
- Zschachlich, A.; Jessel, B. (2001): Lärm, Landschaft(sbild) und Erholung. In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.): Lärm und Landschaft. Referate der Tagung „Auswirkungen von Lärm und Planungsinstrumente des Naturschutzes“ in Schloss Salzau bei Kiel 2000. Bd. 44. Bonn – Bad Godesberg. S. 9-23.