

## Entwicklung der Landschaftszerschneidung in Sachsen-Anhalt am Beispiel des Saalkreises und der kreisfreien Stadt Halle

Tim MARKS, Angela LAUSCH und Erik ARNDT

3 Abbildungen und 2 Tabellen

### ABSTRACT

MARKS, T.; LAUSCH, A.; ARNDT, E.: Development of landscape fragmentation in two districts of Saxony-Anhalt (Saalkreis and Halle/Saale). – *Hercynia N.F.* 39 (2006): 1–10.

The present paper gives an overview of the historical development and present situation of landscape fragmentation in two districts of Saxony-Anhalt (Saalkreis and Halle/Saale). Analogous to the methods used in ESSWEIN et al. (2002) we analysed ATKIS data and digitalized historical maps to evaluate the landscape fragmentation in different years. The landscape fragmentation is measured with the index "Effective mesh size" ( $m_{\text{eff}}$ ). The results show a strong fragmentation of the considered area. The Effective mesh size is 7.08 km<sup>2</sup> in 2003 (without consideration of municipality connection roads). Including municipality connection roads the effective mesh size decreases 37 % to 4.44 km<sup>2</sup>. The landscape fragmentation has been increased in the considered area continuously since 1938. The effective mesh size (using so-called "cutting out method", without municipality connection roads) decreased in Halle/Saale 48 % between 1938 and 2003 and even more in the Saalkreis during the same period (-58 %). Including municipality connection roads, the ranking of the two districts turns back: effective mesh size decreased in the Saalkreis 39 % between 1938 and 2003, but 45 % in Halle/Saale. These results are compared with two reference areas in Baden-Württemberg. The assumption of a stronger increase of landscape fragmentation as a result of the re-union compared with earlier periods and with the situation in Western Germany is confirmed in the rural areas of the Saalkreis. However, the effect of stronger fragmentation after the re-union is lower than expected.

*Key words:* Landscape fragmentation, Effective mesh size, Saxony-Anhalt.

### 1 EINLEITUNG

Die Landschaftszerschneidung durch Verkehrstrassen und zusammenhängende Siedlungsgebiete stellt eines der größten landschaftsökologischen Problemfelder in Deutschland zu Beginn des 21. Jahrhunderts dar. Von der Zerschneidung gehen Wirkungen auf Flächennutzung, Boden, (Klein-)Klima, Atmosphäre (bspw. durch Emissionen), Wasserhaushalt (bspw. durch veränderte Abflussbedingungen), Nährstoffkreisläufe, Landschaftsbild, Erholungswert (bspw. durch akustische und optische Belastungen) sowie insbesondere Lebensräume und Tierpopulationen aus. Durch die Zerschneidung von Lebensräumen erfolgt eine Fragmentierung und nachfolgende Verinselung von (Teil-) Populationen. Diese Prozesse können das Aussterben von Populationen nach sich ziehen (MADER 1979, SAUNDERS et al. 1991, ANDREN 1994, WATERSTRAAT et al. 1996, GLITZNER et al. 1999, GEHLE et HERZOG 2002). Die Abtrennung von Teillebensräumen infolge der Zerschneidung der Landschaft macht die Existenz von Tieren mit komplexen Lebensraumansprüchen unmöglich. Eine weitere Folge sind Straßen- oder Unfallopfer bei Tieren. In Deutschland sterben jährlich mehr als 200.000 Großsäuger durch Verkehrsunfälle (SCHULTE 2001).

Vor allem in den neuen Bundesländern ist seit 1990 ein dynamischer Ausbau der Infrastruktur zu beobachten. Die Landschaftszerschneidung in Sachsen-Anhalt nahm und nimmt weiterhin dramatisch zu. Das BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (1999) schätzt den Anteil der unzerschnittenen verkehrarmen Räume (UVR >100 km<sup>2</sup>) an der Landesfläche von Sachsen-Anhalt im Jahr 1998 mit 29,2%. Für die restlichen vier neuen Bundesländer liegt dieser Wert bei durchschnittlich 42,9%.

Es gibt Grund zur Annahme, dass sich die Landschaftszerschneidung in den neuen Bundesländern bis zur Wiedervereinigung langsamer als in den alten Bundesländern vollzog, seit der Wende allerdings drastisch angestiegen ist. „In den neuen Ländern bestand im Zuge der Wiedervereinigung ein deutlicher Nachholbedarf im Verkehrswege- und Wohnungsbau“ (BUNDESREGIERUNG 2002). Um diese Annahme zu belegen, ist es notwendig die Entwicklung der Landschaftszerschneidung in den neuen Bundesländern zu analysieren. In der Vergangenheit wurden bereits einige Modelle zur Quantifizierung von Landschaftszerschneidung entwickelt (JAEGER 2002). Diese bilden die Grundlage einer flächen- und problembezogenen Analyse.

In der hier vorgestellten Pilotstudie wird der methodische Ansatz der Akademie für Technikfolgeabschätzung in Baden-Württemberg (ESSWEIN et al. 2002) auf ein Untersuchungsgebiet in Sachsen-Anhalt angewandt. Das Untersuchungsgebiet umfasst zwei Kreisgebiete (Saalkreis und kreisfreie Stadt Halle/Saale).

Der Saalkreis und die kreisfreie Stadt Halle/Saale wurden aufgrund ihrer kompakten Geometrie als Untersuchungsgebiet gewählt. Ein weiteres Argument für diese Auswahl liegt in der unterschiedlichen Prägung der beiden Kreise. Der eher ländliche Saalkreis steht hier der kreisfreien Stadt Halle gegenüber. Damit sind deutliche Differenzen in den einzelnen Ergebnissen zu erwarten. Zielstellung der vorliegenden Arbeit ist ein Vergleich des Zerschneidungsgrades in den Landkreisen Saalkreis und kreisfreie Stadt Halle/Saale. Es werden weiterhin Aussagen zu den folgenden Punkten getroffen:

- Welche Räume sind am stärksten, welche am geringsten zerschnitten?
- Wie groß ist die Spannweite des erfassten Zerschneidungsgrades?
- Wie stark ändern sich die Ergebnisse, wenn die Gemeindeverbindungsstraßen ausgeklammert bzw. mit einbezogen werden?
- Wie ändert sich der Zerschneidungsgrad in drei Zeithorizonten von 1938 bis 2003?

Darüber hinaus wird ein Vergleich der Zerschneidung in den untersuchten sachsen-anhaltinischen Gebieten mit ähnlichen Kreisen (Großstadt und ländlicher Raum) in einem alten Bundesland gezogen.

## 2 METHODE

### 2.1 Datenbestand und Verarbeitung

Die vorliegende Arbeit folgt methodisch weitgehend der Untersuchung in Baden-Württemberg (ESSWEIN et al. 2002, nachfolgend als ‚Methode BW‘ bezeichnet). Von uns wurden zwei Zerschneidungsebenen berücksichtigt: (A) Autobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen, Bahnlinien, Flüsse ab 6 Meter Breite, Siedlungsflächen (inkl. Industrie- und sonstiger Flächen) und Seen; sowie (B) wie Punkt (A) und zusätzlich die Gemeindeverbindungsstraßen. Die Betrachtung von zwei Zerschneidungsebenen ermöglicht es, Trennstärken der zahlreich vorhandenen, aber weniger stark frequentierten Gemeindeverbindungsstraßen zu berücksichtigen und ihren Beitrag zur Zerschneidung zu analysieren.

Als Datenquelle fanden die ATKIS-Daten des digitalen Landschaftsmodells (DLM-25), Stand März 2003 Verwendung. Die EDBS-Datensätze (Einheitliche Datenbankschnittstelle) wurden vom Landesamt für Umweltschutz in Shape-Files für die Weiterbearbeitung mit dem GIS-System „ArcView“ umgewandelt. Aus dem Gesamtdatenbestand des Landes wurde nun das Untersuchungsgebiet ausgeschnitten. Mit Hilfe des ‚ATKIS Objektartenkatalogs (ATKIS - OK), Version 3.2, Stand 01.03.2003‘ wurden dann alle zerschneidungsrelevanten linien- und flächenhaften Geometrien über ihre Objektart selektiert und in neue Datensätze überführt. Eine ‚Übersicht der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Objektarten (Feld [Objart]) und Klassifizierung nach ihrem Zerschneidungsstatus‘ ist MARKS (2004) zu entnehmen.

Im Gegensatz zur ‚Methode BW‘ wurden auch Stichstraßen mit einbezogen, da diese ebenso wie Siedlungsfläche beanspruchen. Unterschiede zwischen dem ATKIS-Datenbestand und den tatsächlichen Gegebenheiten werden als vernachlässigbar angenommen. Alle Geometrieobjekte sind so attribuiert, dass eine zweifelsfreie Identifikation Ihres Ursprungs möglich bleibt (für technische Einzelheiten siehe ESSWEIN et al. 2002 oder MARKS 2004, Kapitel 3).

Wie von **ESSWEIN** et al. (2002) durchgeführt, haben auch wir die Entwicklung der Landschaftszerschneidung anhand von Zahlen und Karten dokumentiert. Für die Rückdigitalisierung wurden Karten im Maßstab 1:100.000 verwendet. Im Gegensatz zur ‚Methode BW‘, die fünf Zeitschnitte nutzt (2003, 1989, 1977, 1966 und 1930), basiert die hier vorgelegte Pilotstudie nur auf drei Zeitschnitten (2003, 1993 und 1938).

Die benötigten Kartenblätter wurden gescannt und georeferenziert (für technische Einzelheiten zur Georeferenzierung siehe Hilfe zur ‚MapScan Extension‘ für ArcView und Kapitel 3 in **MARKS** 2002). Daraufhin wurde analog zur ‚Methode BW‘ schrittweise auf der Grundlage der ATKIS-Daten von 2003 zurückdigitalisiert. Verkehrsstärken wurden aufgrund der spärlichen Datenlage nicht berücksichtigt.

## 2.2 Unzerschnittene verkehrsarme Räume (UVR) und Zerschneidungsmaße

Als einfache quantitative Angabe zur Charakterisierung von Landschaftsverbrauch und –zerschneidung findet die Anzahl der unzerschnittenen verkehrsarmen Räume (UVR) große Verwendung (**JAEGER** 2002). Die Anschaulichkeit des ‚Maßes UVR‘ ist sehr hoch. Die UVR sind mathematisch einfach zu berechnen, erfordern lediglich einen geringen Datenbedarf und differenzieren zwischen zerschneidenden und betroffenen Flächen. ‚Unzerschnittene verkehrsarme Räume‘ (UVR) sind definiert als Räume größer als 100 km<sup>2</sup>, abgegrenzt durch Straßen außerorts, die eine Verkehrsmenge von über 1000 Fahrzeugen im 24-Stunden-Mittel aufweisen, sowie von Eisenbahntrassen abgegrenzt, sofern letztere nicht in einem UVR enden (**LASSEN** 1990). Das UVR-Verfahren hat jedoch in der ausschließlichen Verwendbarkeit folgende Schwächen (**JAEGER** 2001, 2002):

- Das Teilen (Zerschneiden) einer 250 km<sup>2</sup> großen Fläche (Ein UVR>100km<sup>2</sup>) in zwei neue Flächen zu je 125 km<sup>2</sup> (zwei UVR>100 km<sup>2</sup>) würde eine Aufwertung der Situation bedeuten.
- Die Verkleinerung einer Fläche von z.B. 180 km<sup>2</sup> auf 105 km<sup>2</sup> wird nicht berücksichtigt.
- Die Veränderungen bei Flächen, die kleiner sind als 100 km<sup>2</sup> (bzw. 50 km<sup>2</sup>) werden nicht registriert.

In der vorliegenden Arbeit wurde das UVR Verfahren aufgrund der relativ geringen Gesamtgröße des Untersuchungsgebietes mit 767 km<sup>2</sup> nicht verwendet. In unserer Untersuchung trat nur einmal eine Fläche auf, die größer als 50 km<sup>2</sup> war (69,8 km<sup>2</sup>, Zeitschnitt 1938 ohne Einbeziehung der Gemeindeverbindungen).

Um die Schwächen der UVR zu überwinden, wurde eine Reihe von Landschaftsindizes entwickelt, die Aspekte der Landschaftszerschneidung ausdrücken (**JAEGER** 2002). Wir haben uns analog zu **ESSWEIN** et al. (2003) entschieden, die ‚effektive Maschengröße‘ ( $m_{\text{eff}}$ ) als Universalindex für die Landschaftszerschneidung zu nutzen und die Ergebnisse verschiedener Regionen (Kreise) als auch Zeitebenen auf der Basis dieses Indices zu vergleichen.

Die ‚effektive Maschengröße‘ ist definiert als die Größe der Flächen, die man erhält, wenn das Gebiet in gleich große Flächen zerteilt würde, so dass sich für zwei an zufällig gewählten Orten ausgesetzte Tiere dieselbe Begegnungswahrscheinlichkeit  $C$  ergibt wie für das untersuchte Gebiet (**JAEGER** 2002). Wenn die Barrieren zwischen den Flächen für die betrachtete Tiergruppe unüberwindbar sind und die Begegnungswahrscheinlichkeit der Tiere innerhalb derselben Fläche gleich 1 gesetzt wird, ist dies äquivalent mit der Wahrscheinlichkeit, dass zwei zufällig ausgewählte Punkte in der Region innerhalb derselben unzerschnittenen Fläche liegen.

Die Definition von  $m_{\text{eff}}$  erfolgt über den Kohärenzgrad  $C$ . Dabei gibt der Kohärenzgrad  $C$  die Wahrscheinlichkeit dafür an, dass zwei Tiere, die an zufällig gewählten Orten (und unabhängig voneinander) im betrachteten Gebiet ausgesetzt werden, einander begegnen können. Diese ist, wenn die Tiere die Barrieren nicht überqueren können, gleich der Wahrscheinlichkeit dafür, dass sich zwei Tiere, die sich vor der Zerschneidung ungehindert und unabhängig voneinander im gesamten Gebiet bewegen konnten, in derselben Fläche befinden, wenn zu einem zufälligen Zeitpunkt ein Netz von zerschneidenden Linien über das Gebiet gelegt wird.

Mathematisch werden beide Begriffe wie folgt gefasst (**ESSWEIN** et al. 2002):

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

wobei  $n$  = Zahl der verbleibenden Freiflächen;  $F_i$  = Flächeninhalt der Fläche  $i$ ;  $F_g$  = Gesamtfläche der untersuchten Region, die in  $n$  Flächen (patches) zerteilt wurde.

JAEGER (2002) macht deutlich, dass unterschiedliche Landschaftsindices für unterschiedliche Fragmentierungsphasen tauglich sind. Die effektive Maschenweite erfüllt insgesamt mehr Eignungskriterien als alle übrigen Zerschneidungsmaße. Sie ist das einzige Maß, das flächenproportional-additiv ist und strukturelle Unterschiede wiedergibt. Die mathematische Eigenschaft der flächenproportionalen Additivität ist Bedingung, um Gebiete unterschiedlicher Flächengröße miteinander vergleichen zu können. Die Idee, die der effektiven Maschenweite zugrunde liegt, ist folgende (JAEGER 2002): der Maximalwert der effektiven Maschenweite wird für ein vollkommen unzerschnittenes Gebiet erreicht; der Wert von  $m_{\text{eff}}$  ist daraufhin gleich der Größe des Gebietes (und  $C = 1$ ). Wird ein Gebiet in  $n$  gleich große Teile zertrennt, ist der Wert von  $m_{\text{eff}}$  gleich der Größe dieser Teilräume ( $m_{\text{eff}}$  ist allerdings im Allgemeinen nicht gleich der Durchschnittsgröße der verbleibenden Flächen). Der minimale Wert von  $m_{\text{eff}}$  ist  $0 \text{ km}^2$ ; erreicht wird er nur dann, wenn ein Gebiet vollständig von Verkehrs- und Siedlungsfläche (inkl. Industrie- und sonstiger Flächen) überdeckt wird.

Diese Methode aggregiert die Informationen über die Landschaftszerschneidung zu einem einzigen, leicht erfassbaren Wert. Sie hat mehrere Vorteile gegenüber anderen quantitativen Ansätzen zur Landschaftszerschneidung:

- Das Verfahren beachtet sämtliche im ‚Netz‘ der Infrastrukturtrassen und Siedlungsgebiete verbleibenden Flächen und berücksichtigt sie entsprechend ihrer Größe.
- Es vermittelt eine rasche vergleichende Einschätzung von verschiedenen Landschaftsräumen unterschiedlicher Größe anhand eines quantitativen Maßes und ermöglicht eine einfache Ermittlung und Darstellung der Trendentwicklung durch die Angabe einer Zeitreihe für das untersuchte Gebiet (Monitoring-Funktion).
- Die Methode ist durch die Überprüfung anhand von Eignungskriterien (im systematischen Vergleich mit anderen quantitativen Maßen) wissenschaftlich abgesichert.
- Die Methode kann auf einfache Weise so erweitert werden, dass sie auch die Nachbarschaftsbeziehungen der Flächen mit einbezieht.
- Die effektive Maschenweite ist dafür geeignet, die Zerschneidung von Gebieten unterschiedlicher Gesamtgröße sowie mit differierenden Anteilen an Siedlungs- und Verkehrsfläche zu vergleichen. Sie reagiert auf fünf der sechs Fragmentierungsphasen (Perforation, Inzision, Durchschneidung, Zerstückelung, Verkleinerung, Auslöschung; nach ESSWEIN et al. 2002). Um die effektive Maschenweite sinnvoll einsetzen zu können, ist die Vorgabe eines Bezugsraums (Bundesland, Landkreis etc.) notwendig, dessen Zerschneidungsgrad charakterisiert werden soll. Dazu sind ferner Zerschneidungstechniken nötig, um die einem Bezugsraum zugeordneten Flächen zu bestimmen. Hier stehen generell mehrere Möglichkeiten zur Verfügung (ESSWEIN et al. 2002): (a) alle Flächen, die eine gemeinsame Schnittfläche mit dem Bezugsraum besitzen, werden der Bezugsfläche zugeordnet; (b) alle Flächen, die vollständig vom Bezugsraum eingeschlossen sind, werden der Bezugsfläche zugeordnet; (c) Mittelpunktverfahren, d.h. alle Flächen, deren Zentroide im Bezugsraum liegen, werden der Bezugsfläche zugeordnet; (d) Ausschneideverfahren, d.h. die Grenze des Bezugsraums dient als zusätzliche Flächen bildende Grenzlinie.

#### 4 ERGEBNISSE

Seit 1938 hat die Zerschneidung der Landschaft im Untersuchungsgebiet (beide Kreise, Tab. 1) stark zugenommen. Bis 2003 ist das Maß der effektiven Maschenweite ( $m_{\text{eff}}$ ) von  $7,34 \text{ km}^2$  (1938) auf  $4,44 \text{ km}^2$

zurückgegangen (mit Berücksichtigung der Gemeindeverbindungsstraßen). Dies bedeutet einen prozentualen Rückgang um ca. 40 %. Noch drastischer verlief die Entwicklung auf der Ebene ohne Einbeziehung der Gemeindeverbindungen. Hier liegt die Reduktion der effektiven Maschenweite von 1938 (17,93 km<sup>2</sup>) bis 2003 (7,08 km<sup>2</sup>) bei 60 %.

Tab. 1 Entwicklung der Landschaftszerschneidung im Untersuchungsgebiet (Saalkreis + Halle) mit (m.G.) und ohne Gemeindeverbindungsstraßen (o.G.)

Jahr	$m_{\text{eff}}$ [km <sup>2</sup> ]	Anzahl der Flächen	Größte Fläche [km <sup>2</sup> ]	$m_{\text{eff}}$ [km <sup>2</sup> ]	Anzahl der Flächen	Größte Fläche [km <sup>2</sup> ]
	m.G.			o.G.		
1938	7,34	372	24,03	17,93	167	69,80
1993	5,43	513	22,47	8,50	247	22,57
2003	4,44	596	19,37	7,08	291	21,82

Detaillierte Aussagen erlaubt die getrennte Betrachtung von Saalkreis und Halle. Dabei fand das Ausschneideverfahren mit den heutigen politischen Grenzen Anwendung (MARKS 2004: 20, ESSWEIN et al. 2002).

Die Entwicklung der effektiven Maschenweite innerhalb der Kreisgebiete spiegelt deutlich die absinkende Tendenz der Größe der unzerschnittenen Lebensräume wider. Auf der Untersuchungsebene ‚ohne Gemeindeverbindungsstraßen‘ tritt beim Saalkreis zwischen 1938 und 2003 mit 58 % die massivste Reduktion der effektiven Maschenweite auf. Dies erklärt sich durch die Funktion des Saalkreises für Halle/Saale. In direkter Nachbarschaft liegend, strahlen auf den Saalkreis seit 1938 kontinuierlich ‚Ansiedlungseffekte‘ aus. Die Stadt Halle/Saale liegt mit einer Verminderung von  $m_{\text{eff}}$  um 47 % im gleichen Zeitraum leicht unter dem Wert des Saalkreises (Tab. 2).

Auf der Ebene ‚mit Gemeindeverbindungsstraßen‘ verläuft die Entwicklungskurve der effektiven Maschenweite deutlich abweichend von der Ebene ‚o.G.‘ Während die prozentuale Reduktion von  $m_{\text{eff}}$  in Halle/Saale mit 45 % im Vergleich zu ‚o.G.‘ nahezu identisch bleibt, sinkt sie im Saalkreis ‚nur‘ um 39 % ab, also fast 20 % weniger als ‚ohne Gemeindeverbindungen‘.

Tab. 2 Unterschiede in der Entwicklung der Landschaftszerschneidung auf Grundlage des Maßes der ‚effektiven Maschenweite‘ zwischen Saalkreis und der kreisfreien Stadt Halle. o.G./m.G. - ohne bzw. mit Gemeindeverbindungsstraßen

Gebiet	effektiven Maschenweite $m_{\text{eff}}$ [km <sup>2</sup> ] o.G.			effektiven Maschenweite $m_{\text{eff}}$ [km <sup>2</sup> ] m.G.		
	1938	1993	2003	1938	1993	2003
Halle/Saale	4,07	2,42	2,16	2,03	1,28	1,11
Saalkreis	18,37	9,14	7,68	8,05	6,05	4,92

## 5 DISKUSSION

Eine der Ausgangsüberlegungen war ein mutmaßlich starker Anstieg der Landschaftszerschneidung in den neuen Bundesländern nach der Wiedervereinigung. Mit den drei Zeitschnitten 1938/1993/2003 lässt sich diese Vermutung nicht abschließend bzw. detailliert genug klären, der mittlere Zeitpunkt liegt jedoch in zeitlicher Nähe zur Wende und erlaubt deshalb zumindest Aussagen über einen Trend (Abb. 2, 3).

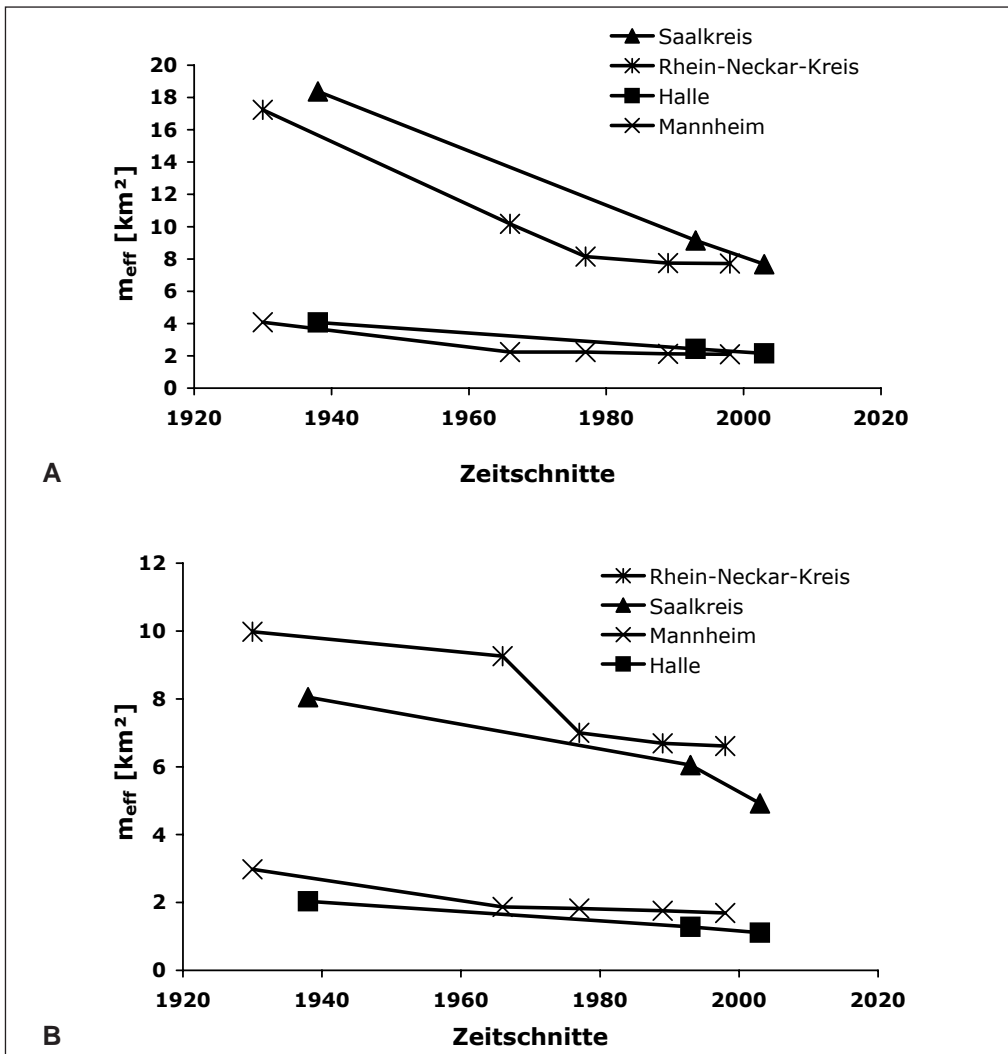


Abb. 1 Vergleich der Entwicklung der Landschaftszerschneidung (effektive Maschenweite) in den Kreisen Halle/Saale und Saalkreis (Sachsen-Anhalt) sowie Mannheim und Rhein-Neckar-Kreis (Baden-Württemberg). A - ohne Gemeindeverbindungsstraßen; B - mit Gemeindeverbindungsstraßen

Der Kurvenverlauf in Abb. 1A zeigt für Halle und den Saalkreis (ohne Gemeindeverbindungen) einen nahezu kontinuierlichen Rückgang von 1938 über 1993 bis 2003. Die Situation für die Ebene mit Gemeindeverbindungen (Abb. 1B) unterscheidet sich diesbezüglich. Hier fällt die effektive Maschenweite im Saalkreis im Vergleich mit Abb. 1 von 1938 bis 1993 zunächst deutlich langsamer (Reduktion um 24,8% ‚m.G.‘ im Gegensatz zu 50,2% ‚o.G.‘). Bis 2003 knickt die Kurve viel stärker ab, was die Ausgangshypothese im Saalkreis unterstützt. Die stärkere Zunahme der Zerschneidung lässt sich auf eine überdurchschnittliche Zunahme von Straßen- und Siedlungsbauvorhaben nach der Wiedervereinigung zurückführen. Von 1993 bis 2003, der Periode die hier im Rahmen der Landschaftszerschneidung betrachtet wurde, nahm die Verkehrsfläche um 5,3% auf 76483 ha zu ([STATISTISCHES LANDESAMT SACHSEN-ANHALT](#))

2003). Die von Verkehrsinfrastruktur in Anspruch genommene Fläche in der Bundesrepublik insgesamt stieg im gleichen Zeitraum lediglich um 4,5 % (STATISTISCHES BUNDESAMT 2003). Insgesamt bleibt der Effekt der Wendezeit in seiner erwarteten Größenordnung jedoch aus, auch wenn wir in Rechnung stellen müssen, dass eine stärkere Straßen- und Siedlungsbautätigkeit geringfügig bereits vor 1993 einsetzte und deshalb durch die verwendeten Daten nicht abgedeckt wird. Diese Umstände könnten zu einer Unterschätzung der tatsächlichen Nachwende-Entwicklung führen.

Der Vergleich der Ergebnisse dieser Arbeit mit denen anderer Untersuchungen ist nur mit der nötigen Vorsicht hinsichtlich der verwendeten Definitionen und Methoden möglich. Die Landschaftszerschneidungssituation wurde in Sachsen-Anhalt 1997 für das Kreisgebiet Wernigerode/Harz von GRAU (1997) im Rahmen einer Diplomarbeit untersucht. Die dort verwendete Methode ist jedoch nicht mit der in unserer Arbeit angewandten vergleichbar, da lediglich lineare Trennelemente (damit keine Siedlungs- und Industrieflächen) als „Zerschneidungseinheiten“ einbezogen worden sind und Aussagen zum Zerschneidungsgrad maßgeblich mit Hilfe der Längen der „Zerschneidungseinheiten“ getroffen worden (GRAU 1998).

Die hier vorliegende Studie eignet sich jedoch zum Vergleich mit der von ESSWEIN et al. (2002) in Baden-Württemberg durchgeführten Untersuchung. Die bestehenden Unterschiede (siehe Methode) können als minimal angesehen werden, jedoch führen auch diese zu geringfügig veränderten Ergebnissen. So wären die Resultate für die effektive Maschenweite dieser Untersuchung bei zusätzlicher Betrachtung der Verkehrsstärke beispielsweise durch breitere Wirkräume geringer ausgefallen. Diese Abweichungen sollen für die Gegenüberstellung der Ergebnisse vernachlässigt werden, da lediglich die Entwicklungstendenz verdeutlicht und umschrieben wird. Beim Vergleich wurde beachtet, dass die in dieser Arbeit gewählten Kreisgebiete (Saalkreis und Halle/Saale) in struktureller Hinsicht den ‚Referenzgebieten‘ aus der lan-

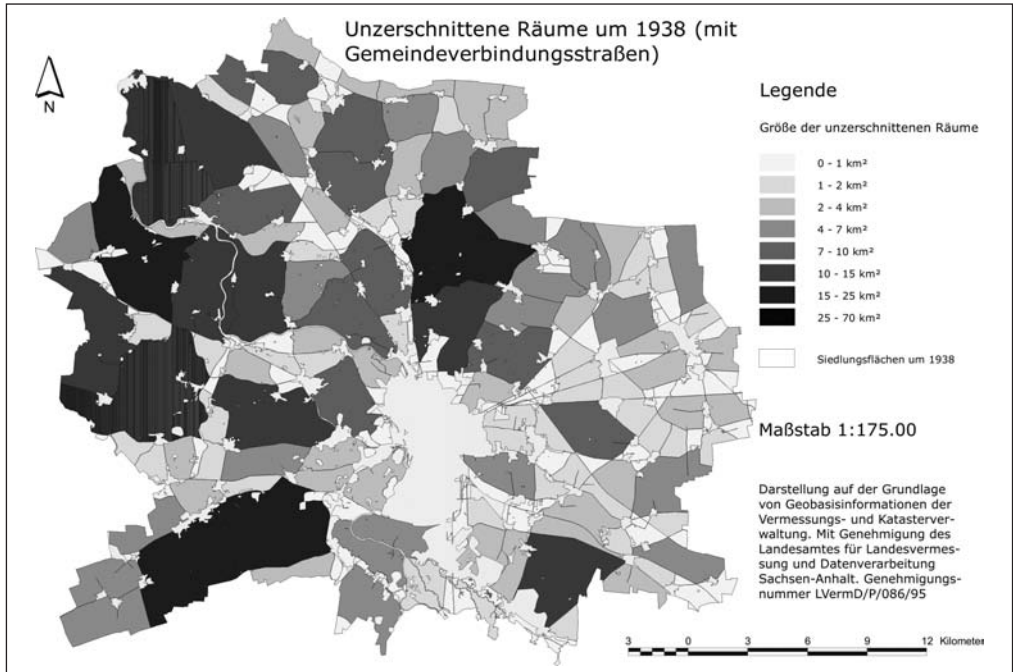


Abb. 2 Unzerschnittene Räume im Saalkreis und der kreisfreien Stadt Halle um 1938 (mit Gemeindeverbindungsstraßen)

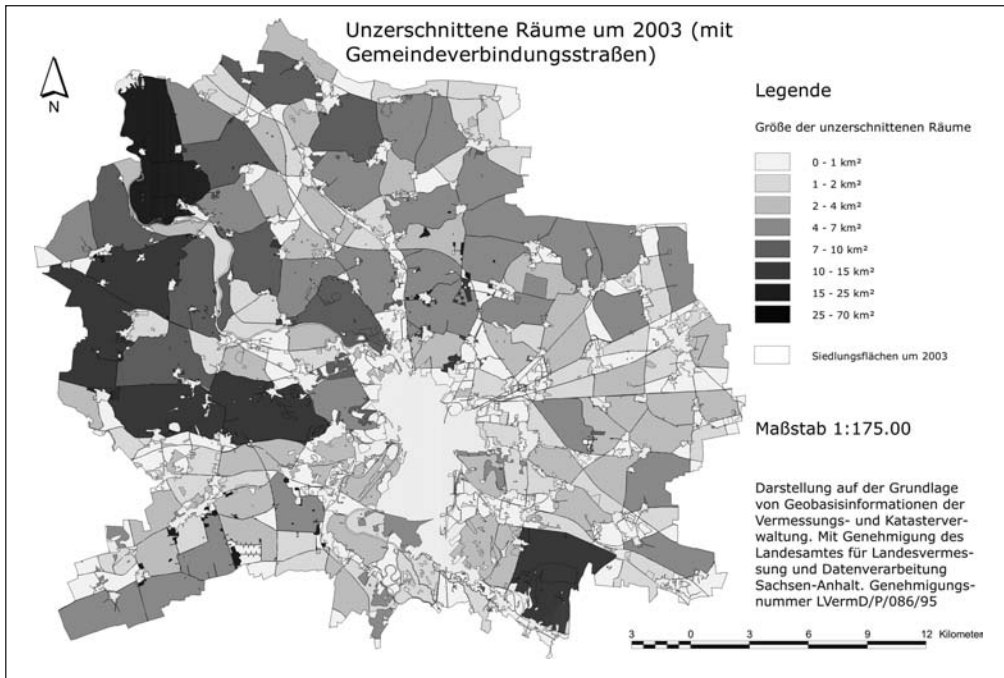


Abb. 3 Unzerschnittene Räume im Saalkreis und der kreisfreien Stadt Halle um 2003 (mit Gemeindeverbindungsstraßen)

desweiten Untersuchung in Baden-Württemberg zu einem größtmöglichen Maß entsprechen. Im Prinzip könnten alle Gebiete aufgrund der Eigenschaften der effektiven Maschenweite (siehe Kapitel 2.4) miteinander verglichen werden, doch ist die Verhältnismäßigkeit zu beachten. Ein Vergleich des wenig zerschnittenen Ortenaukreises in Baden-Württemberg ( $m_{\text{eff}}$  (1998, o.G.) = 46,13 km<sup>2</sup>) beispielsweise mit der kreisfreien Stadt Halle/Saale ( $m_{\text{eff}}$  (2003, o.G.) = 2,16 km<sup>2</sup>) würde zu wenigen verwertbaren Ergebnissen führen.

Als ‚Referenzgebiete‘ können folgende zwei Kreise fungieren:

- Mannheim im Vergleich zu Halle/Saale und
- Rhein-Neckar-Kreis im Vergleich zum Saalkreis.

In Abb. 1 wird die Entwicklung dieser vier Gebiete gegenübergestellt. Daraus geht hervor, dass die Entwicklung der effektiven Maschenweite in den Kreisgebieten in den letzten 70 Jahren durchaus ähnlich verlief. Obwohl der Rhein-Neckar-Kreis den Saalkreis flächenmäßig um über 400 km<sup>2</sup> übersteigt, ist die prozentuale Reduktion der effektiven Maschenweite doch annähernd gleich. Die größten Differenzen treten in den eher ländlich geprägten Gebieten auf. So reduziert sich im Rhein-Neckar-Kreis (m.G.) die effektive Maschenweite zwischen 1966 und 1977 innerhalb von 11 Jahren um mehr als 2 km<sup>2</sup>. Nach 1977 verlangsamt sich der Rückgang der effektiven Maschenweite allerdings wieder (siehe Abb. 1B).

In den in Sachsen-Anhalt liegenden Gebieten tritt ein anderer Effekt auf. Hier vermindert sich das Gefälle der Reduktion von  $m_{\text{eff}}$  scheinbar zu keinem Zeitpunkt. Auf der Ebene mit Gemeindeverbindungsstraßen erhöht sich die Reduktion sogar zwischen 1993 und 2003 (siehe Abb. 1B). Dies kann auf die Straßen- und Siedlungsbauvorhaben nach der Wiedervereinigung zurückzuführen sein. Wodurch die Änderung des Trends der Abnahme von  $m_{\text{eff}}$  bei den beiden Kreisgebieten in Baden-Württemberg hervorgerufen wurde, konnte nicht geklärt werden. Insbesondere aus der Abb. 1A geht hervor, wie sich diese Änderung auswirkt.



Hier liegen die Ergebnisse der Gebiete für  $m_{\text{eff}}$  in Sachsen-Anhalt in der Vergangenheit über denen von Baden-Württemberg. Durch die nahezu gleich bleibende Entwicklung von Halle/Saale und dem Saalkreis sowie der angesprochenen Änderung des „Abnahmeverhaltens“ von  $m_{\text{eff}}$  bei Mannheim und dem Rhein-Neckar-Kreis, gleichen sich die Ergebnisse stark an bzw. überschneiden sich die Kurven heute.

Die Untersuchungen - sowohl in Baden-Württemberg als auch in den beiden Kreisen Sachsen-Anhalts - zeigen, dass die Landschaftszerschneidung extreme Dimensionen angenommen hat. Die Notwendigkeit, diesen Trend zu stoppen, liegt auf der Hand. Die reale Entwicklung der Landschaftszerschneidung verläuft bislang entgegen den politischen Absichtserklärungen. Eine Abschwächung der zunehmenden Zerschneidung bedarf deutlicher Änderungen in der Verkehrs- und Siedlungspolitik. Ausgehend von der vorgelegten Pilotstudie soll in einem nächsten Schritt die Landschaftszerschneidung im gesamten Land Sachsen-Anhalt analysiert werden und mit diesen Ergebnissen gleichzeitig untersucht werden, wie sich die fortschreitende Zerschneidung auf Tierpopulationen, wie etwa auf geschützte Amphibienarten, auswirkt.

## 6 ZUSAMMENFASSUNG

**MARKS, T.; LAUSCH, A.; ARNDT, E.:** Entwicklung der Landschaftszerschneidung in Sachsen-Anhalt am Beispiel des Saalkreises und der kreisfreien Stadt Halle. – *Hercynia N.F.* 39 (2006): 1–10.

Die vorliegende Arbeit gibt einen Überblick der Zerschneidungssituation und -entwicklung in einem exemplarisch gewählten Untersuchungsgebiet des Landes Sachsen-Anhalt (Kreisgebiete von Saalkreis und Halle/Saale). Es wurden analog zu der von **ESSWEIN** et al. (2002) verwendeten Methode ATKIS-Daten analysiert und historische Karten rückdigitalisiert, um die Entwicklung der Landschaftszerschneidung in verschiedenen Zeitebenen nachzuvollziehen. Die Landschaftszerschneidung wird mit dem Maß der effektiven Maschenweite ( $m_{\text{eff}}$ ) nach **ESSWEIN** et al. (2002) abgeschätzt. Die Ergebnisse der Untersuchungen belegen eine starke Zunahme der Zerschneidung des Untersuchungsgebiets. Die effektive Maschenweite beträgt im Jahr 2003 ohne Berücksichtigung der Gemeindeverbindungsstraßen für das gesamte Gebiet 7,08 km<sup>2</sup>. Bei Einbeziehung der Gemeindeverbindungen sinkt die effektive Maschenweite um 37% auf 4,44 km<sup>2</sup>. Die Landschaftszerschneidung im Untersuchungsgebiet hat seit 1938 unvermindert stark zugenommen. In Halle/Saale nahm die effektive Maschenweite (Ausschneideverfahren, ohne Gemeindeverbindungen) von 1938 bis 2003 um 48% ab. Im Saalkreis war die Entwicklung auf der gleichen Ebene noch gravierender (Abnahme  $m_{\text{eff}}$  um 58%). Bei Einbeziehung der Gemeindeverbindungen (Ausschneideverfahren) vermindert sich die effektive Maschenweite im Saalkreis in geringerem Maß (von 1938 bis 2003 um 39%) als in Halle (45%). Die Ergebnisse werden mit zwei Referenzgebieten in Baden-Württemberg verglichen. Im eher ländlichen Raum des Saalkreises bestätigt sich die Vermutung, dass die Zunahme der Zerschneidung nach der Wiedervereinigung schneller als vorher und schneller als in westlichen Bundesländern ablief. Der Effekt bleibt insgesamt jedoch unter der erwarteten Größenordnung.

## 7 DANKSAGUNG

Die vorliegende Studie wäre ohne die aktive Unterstützung des Landesamts für Umweltschutz (Halle) nicht möglich gewesen. Wir bedanken uns dort insbesondere bei Herrn Bergmann für die umfangreiche Hilfe.

## 8 LITERATURVERZEICHNIS

**ANDREN, H.** (1994): Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. – *Oikos* 71: 355-366.

**BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ** (BfN) (Ed.) (1999): Daten zur Natur 1999. – Bonn.

**BUNDESREGIERUNG** (Ed.) (2002): Bodenschutzbericht der Bundesregierung für die 14. Legislaturperiode - verabschiedet vom Bundeskabinett am 19. Juni 2002. – Berlin.

- ESSWEIN, H.; JAEGER, J.; SCHWARZ-VON RAUMER, H.-G.; MÜLLER, M. (2002): Landschaftszerschneidung in Baden-Württemberg. Zerschneidungsanalyse zur aktuellen Situation und zur Entwicklung der letzten 70 Jahre mit der effektiven Maschenweite. – Arbeitsbericht Nr. 214 der Akademie für Technikfolgeabschätzung, Stuttgart.
- GEHLE, T.; HERZOG, S. (2002): Landschaftszerschneidung und ihre Folgen. – Deutsche Wildtier-Stiftung Report, 2-3, 2002.
- GLITZNER, I.; BEYERLEIN, P.; BRUGGER, C.; EGERMANN, F.; PAILL, W.; SCHLÖGEL, B.; TATARUCHI, F. (1999): Literaturstudie zu anlage- und betriebsbedingten Auswirkungen von Straßen auf die Tierwelt. – Erstellt im Auftrag des Magistrates der Stadt Wien. Abteilung 22-Umweltschutz. „G5“- Game-Management. Graz. (<http://www.magwien.gv.at/ma22/pool/doc/TiereundStrassen.pdf>).
- GRAU, S. (1997): Konzeption und Methoden zur Erfassung sowie Bewertung der Landschaftszerschneidung in Sachsen-Anhalt, dargestellt unter Verwendung eines Geographischen Informationssystems am Beispiel des Landkreises Wernigerode. – Diplomarbeit Univ. Halle-Wittenberg (Institut für Geographie).
- GRAU, S. (1998): Erfassung und Bewertung der Landschaftszerschneidung im Landkreis Wernigerode/Harz. – Hercynia N. F. **31**: 13-32.
- JAEGER, J. (2001): Landschaftszerschneidung und –zersiedelung: Bedarf nach neuen Bewertungsverfahren und der Beitrag der ökologischen Modellierung. – Z. angew. Umweltforschung **14**: 247-267.
- JAEGER, J. (2002): Landschaftszerschneidung. Eine transdisziplinäre Studie gemäß dem Konzept der Umweltgefährdung. – Stuttgart.
- LASSEN, D. (1990): Unzerschnittene verkehrsarme Räume über 100 km<sup>2</sup>- eine Ressource für die ruhige Erholung. – Natur und Landschaft **65**: 326-327.
- MADER, H.-J. (1979): Die Isolationswirkung von Verkehrsstraßen auf Tierpopulationen untersucht am Beispiel von Arthropoden und Kleinsäugetern der Waldbiozönose. – Schr.R. Landschaftspflege und Naturschutz. Heft **19**. Bonn.
- MARKS, T. (2004): GIS-gestützte Analyse der Landschaftszerschneidung im Land Sachsen-Anhalt - Exemplarische Untersuchung des Saalkreises und der kreisfreien Stadt Halle. - Diplomarbeit Hochschule Anhalt Bernburg.
- SAUNDERS, D. A., HOBBS, R.J., MARGULES, C.R. (1991): Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review. – Conservation Biology **5**: 18-32.
- SCHULTE, R. (2001): Luchs trifft Straße - eine Geschichte mit Happy end? – GAIA **10**: 214-215.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2003): Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland. – Wiesbaden.
- STATISTISCHES LANDESAMT SACHSEN-ANHALT 2003: [www.stala.sachsen-anhalt.de](http://www.stala.sachsen-anhalt.de) (10.09.2005)
- WATERSTRAAT, A.; BAIER, H.; HOLZ, R.; SPIESS, H.J.; ULBRICHT, J. (1996): Unzerschnittene, störungsarme Landschaftsräume - Versuch der Beschreibung eines Schutzgutes. – Schr.R. Landesamt für Umwelt und Natur Mecklenburg-Vorpommern, Heft **1**: 5- 24.

*Manuskript angenommen: 10.04.2006*

Adressen der Autoren:

Dipl.-Ing. Tim Marks  
Münzplatz 11, D-20097 Hamburg  
e-mail: [tim.marks@gmx.de](mailto:tim.marks@gmx.de)

Dr. Angela Lausch  
Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH  
Permoserstr. 15, D-04318 Leipzig  
e-mail: [Angela.Lausch@ufz.de](mailto:Angela.Lausch@ufz.de)

Prof. Dr. Erik Arndt  
Hochschule Anhalt, Fachbereich LOEL  
Strenzfelder Allee 28, D-06406 Bernburg  
e-mail: [earndt@loel.hs-anhalt.de](mailto:earndt@loel.hs-anhalt.de)