

Beschränkung der Landschaftszerschneidung durch die Einführung von Grenz- oder Richtwerten

Restricting landscape fragmentation by applying threshold limit values or reference values

Jochen Jaeger

1 Steigender Problemdruck infolge zunehmender Landschaftszerschneidung

Die Zerschneidung der Landschaft durch Infrastrukturanlagen wie Straßen, Bahnlinien und Hochspannungsleitungen zählt – neben der Intensivierung der Landwirtschaft, den hohen Stickstoffeinträgen und der Nivellierung der Wasserhältnisse – zu den wichtigsten Ursachen für den starken Rückgang der Arten- und Lebensraumvielfalt in Mitteleuropa (vgl. SIMBERLOFF 1988, BLAB 1989, EWALD 1997). Die Zunahme der Länge überörtlicher Straßen in den letzten 40 Jahren beträgt beispielsweise allein für Baden-Württemberg (Fläche 35 750 km²) mehr als 3 600 km (KIRCHBACH 1998: 55) und für die Schweiz (Fläche 41 290 km² einschließlich Gebirgsflächen) über 2 300 km (BfS 1998: 272). Die jährliche Neu-Inanspruchnahme von Flächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke liegt in Baden-Württemberg in der Größenordnung von 3 500 ha, in der Schweiz bei 2 400 ha (STADLER 1994: 54, BfS 1995: 6). In der Folge hat die Anzahl der unzerschnittenen verkehrsarmen Räume (UVR)¹ größer als 100 km² in den alten Bundesländern von 349 im Jahre 1977 auf 296 im Jahr 1987 abgenommen (LASSEN 1979, 1987, 1990). Flächenmäßig bedeutet dieser Rückgang einen Verlust von 18,3 % und bezogen auf die Gesamtfläche einen Schwund des Flächenanteils der UVR von 22,7 % auf 18,6 % innerhalb von 10 Jahren. Die Aktualisierung dieser Untersuchung weist eine weitere Einbuße der UVR in den alten Bundesländern auf derzeit noch 225 aus, entsprechend einem Flächenanteil von nur noch 14,2 % (BfN 1999). Diese Daten verdeutlichen den ungebrochenen Trend der Entwicklung, auch wenn die aktuellen Werte nicht direkt mit den früheren Untersuchungen von Lassen vergleichbar sind (denn es wurden zum Teil andere Abgrenzungskriterien verwendet, um die Belange des Naturschutzes und der Landschaftspflege mit einzubeziehen, wodurch sich für einzelne Bundesländer



Abb. 1: Zerschneidung der Magerrasen eines Naturschutzgebietes durch eine Kreisstraße. Hänge und Straßenfläche behindern Ortswechsel von Insekten, Kleinsäugetern und anderen Tieren (Foto: U. Haarmann)

Fig. 1: Bisection by a trunk road of the oligotrophic grassland of a nature reserve. Both the cut slopes and the road surface impede the movements of insects, small mammals and other animals.

sogar höhere Werte der UVR-Anzahl und des Flächenanteils als für 1987 ergeben).

Die Folgen der Landschaftszerschneidung betreffen sieben Problemfelder: Flächenbelegung, Kleinklima, Immissionen, Wasserhaushalt, Flora und Fauna, Landschaftsbild und Folgen für die Landnutzung (Beispiele in Tab. 1). Dabei lassen sich drei Typen der Landschaftsinanspruchnahme unterscheiden:

- direkter Flächenbedarf (d. h. andere Nutzungen oder Funktionen sind gleichzeitig kaum noch möglich),
- indirekter Flächenbedarf (in Überlagerung zu bestehenden Umweltfunktionen und Nutzungen),
- strukturelle Veränderungen (vor allem Fragmentierung der Landschaft und Veränderungen von räumlichen Lagebeziehungen).

Als Konsequenz des netzartigen Charakters der Landschaftszerschneidung schrumpft die Fläche des ungestörten Kernbereiches eines Habitats als Folge einer Zerschneidung überproportional stark (vgl. PRIMACK 1995: 159f), und die Erreichbarkeiten der verbleibenden Flächen können sich bei kontinuierlichem Längenwachstum der Zerschneidungslinien sprunghaft ändern.

Für das Problemfeld Flora/Fauna (vgl. Abb. 1) hat insbesondere der Nachweis des Barriereeffektes durch Mobilitätsdiagramme für Laufkäfer und Kleinsäugeter große Bekanntheit erlangt (MADER 1979, weitere Angaben bei RECK & KAULE 1993: 18ff). Exemplarisch genannt seien außerdem die Arbeiten von ANDRÉN (1994), SETTELE et al. (1996), FRANK & WISSEL (1998); weitere Angaben bei JAEGER (1999).

¹ Abgegrenzt durch Straßen, die eine Verkehrsmenge von über 1000 Fahrzeugen im 24-Stunden-Mittel aufweisen, sowie durch Eisenbahntrassen

Tabelle 1: Beispiele für Auswirkungen der Landschaftszerschneidung in den Problemfeldern „Flora/Fauna“ und „Folgen für die Landnutzung“. „X“ kennzeichnet den jeweiligen Typ der Landschaftsveränderung. (Quellen: u. a. SAUNDERS et al. 1991, RECK & KAULE 1993, RECK 1994).

Table 1: Some examples of consequences of landscape fragmentation in the problem areas of "flora/fauna" and "consequences for land use". "X" indicates the respective type of landscape alteration. (Sources: SAUNDERS et al. 1991, RECK & KAULE 1993, RECK 1994 etc.)

Problemfeld	Folgewirkungen von linienhaften technischen Infrastrukturanlagen	Typ des Landschaftsverbrauchs		
		Flächenbedarf		strukturelle Veränd.
		direkter	indirekter	
Flora/Fauna	• Tierverluste durch Straßentod (z. T. auch infolge Lockwirkung: „Falleneffekt“)	X		
	• Unruhewirkung, Verlust von Rückzugsräumen		X	X
	• Habitatverkleinerung und -verluste; z. T. auch Neuschaffung	X		
	• Veränderungen des Nahrungsangebots (z. B. infolge von nächtlichen Kaltluftseen verringertes Nahrungsangebot für Fledermäuse)	X	X	
	• Barriereeffekt	X		X
	• Blockierung von Ausbreitungswegen, Verhinderung von Wiederbesiedelungen			X
	• Trennung und Isolation von Teilhabitaten, Zerteilung von Populationen			X
	• Unterbrechung der Metapopulationsdynamik, genetische Isolation, Inzuchteffekte, Abbruch evolutionärer Entwicklungsprozesse			X
	• Unterschreitung von Minimalarealen, Artenverluste			X
	• Ausbreitungsbänder, Eindringen neuer Arten, z. T. als Infektionswege		X	X
Folgen für die Landnutzung	• Folgen der Erschließung durch Straßen (z. B. Verkehrszunahme, erhöhter Siedlungs- und Mobilitätsdruck)		X	X
	• Flurbereinigung (v. a. Zweckflurbereinigung)		X	X
	• Qualitätsveränderungen des Erntegutes entlang von Straßen		X	
	• Verlärmung, Verkleinerung und Zerteilung von Erholungsgebieten		X	X
	• weitere Nutzungskonflikte		X	X

Seit Mitte der siebziger Jahre werden Landschaftsverbrauch und Landschaftszerschneidung in Wissenschaft und Politik als ein flächendeckendes Problem mit steigender Dringlichkeit erkannt und thematisiert. 1985 fordert die deutsche Bundesregierung in ihrer Bodenschutzkonzeption eine „Trendwende im Landverbrauch“ einschließlich einer „Trendumkehr bei der Zerschneidung und Zersiedlung der Landschaft“ und einer möglichst weitgehenden Bewahrung freier Landschaften vor weiteren Zerschneidungen (BfM 1985: 23, 96 u. 108). In ähnlicher Weise tritt die 39. Umweltministerkonferenz vom November 1992 im Handlungskonzept „Naturschutz und Verkehr“ für die „Erhaltung großer unzerschnittener und verkehrsarmer Räume“ und für die „Freihaltung von wertvollen Landschaftsräumen von überörtlichen Verkehrswegen“ ein (LANA 1995). In einem erneuten Vorstoß betont die Enquête-Kommission des Deutschen Bundestages die Notwendigkeit einer „Entkoppelung des Flächenverbrauchs von Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum“ (DEUTSCHER BUNDESTAG 1997: 55).

Trotz dieser und weiterer Forderungen und Beschlüsse steigt die Landschaftszerschneidung unvermindert an. Die Forderungen zur „Erhaltung unzerschnittener Räume“ bleiben offenbar nahezu wirkungslos angesichts der fortschreitenden Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke, der dispersen Verteilung der neu in Anspruch genommenen Flächen im Raum

(anstatt von punktaxialen Verdichtungen) sowie der aktuellen Prognosen zum Anstieg des Personen- und Güterverkehrs. So konstatiert die 45. Umweltministerkonferenz (UMK) vom Dezember 1995: „Die UMK stellt fest, daß (...) die in Nettetal geforderte grundsätzliche Trendänderung der Verkehrspolitik bisher nicht erkennbar ist.“ (UBA 1997: 241ff); ähnlich die BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR LANDESKUNDE UND RAUMORDNUNG (1993: 1 u. 20). Die Enquête-Kommission des Deutschen Bundestages betont: „Die Flächeninanspruchnahme muss als ein strukturelles gesellschaftliches Problem angesehen werden.“ (DEUTSCHER BUNDESTAG 1998: 264). Diese Diskrepanz zwischen den Erklärungen von offiziellen Gremien einerseits und der tatsächlichen Entwicklung andererseits ist kennzeichnend für die heutige Situation: Wiederholt werden Ziele, Handlungskonzepte und Maßnahmenkataloge verabschiedet, und einige Jahre später wird die Erfolglosigkeit der Anstrengungen konstatiert. In Anbetracht der gravierenden Folgen der Landschaftszerschneidung und der Dringlichkeit einer Trendänderung besteht daher ein starker Bedarf nach neuen und vor allem wirksameren Instrumenten. Hierzu zählt der Vorschlag, quantitative Grenz- oder Zielwerte einzuführen, um eine Umkehrung – oder zumindest eine Abschwächung – der gegenwärtigen Entwicklung zu erreichen.

Der vorliegende Beitrag diskutiert diesen Vorschlag von zwei Seiten: Einerseits werden Ergebnisse einer Expertenbefra-

gung zur Einführung eines Zerschneidungsgrenzwertes vorgestellt (Abschnitt 2). Andererseits werden bestehende Maße für die Landschaftszerschneidung auf ihre Eignung zur Formulierung quantitativer Zielvorgaben überprüft und mit den neu entwickelten Maßen des Zerstückelungsindex S und der effektiven Maschenweite m_{eff} verglichen (Abschnitt 3). Die Ergebnisse stammen aus einem transdisziplinären Forschungsprojekt, welches naturwissenschaftliche und sozialwissenschaftliche Methoden miteinander verbindet, um das Problem der zunehmenden Landschaftszerschneidung zu bearbeiten (zum Begriff der „Transdisziplinarität“ vgl. JAEGER & SCHERINGER 1998, 1999).

2 Empirisch ermittelte Positionen zur Grenzwertfrage in Verkehrsplanung, Naturschutz und Landschaftsplanung

2.1 Die Ziele der Expertenbefragung

1998 wurde in Südwestdeutschland eine Expertenbefragung durchgeführt. Ziel war die Ermittlung, welche Folgen der Landschaftszerschneidung in welcher Weise von den an der Umsetzung der Eingriffsregelung beteiligten Akteuren beurteilt und bei der Entscheidungsfindung über konkrete Landschaftseingriffe berücksichtigt werden (JAEGER 1999). Befragt wurden vierzehn Expertinnen und Experten aus den drei Berufsfeldern (1) Verkehrsplanung, (2) Naturschutz und

Tabelle 2: Aussagen der Befragten zum Vorschlag eines Grenzwertes für die Landschaftszerschneidung: Pro- und Kontra-Argumente (Beispiele).

Table 2: Statements of the interviewees considering the pros and cons of introducing a limit value to landscape fragmentation: examples of arguments

Befragtengruppe	Befürwortende Argumente (Beispiele)	Gegenargumente (Beispiele)
(1) Verkehrsplanung	<ul style="list-style-type: none"> • Es wäre wichtig, mit der Einführung eines Grenzwertes ein Zeichen zu setzen, dass es nicht so wie bisher weitergehen darf. • Ein Grenzwert gäbe für die weitere Planung eine Zielorientierung vor (anstelle der heutigen Bedarfsorientierung). 	<ul style="list-style-type: none"> • Es ist nicht möglich, ein bestimmtes Maß objektiv festzulegen, ab wo die Zerschneidung unakzeptabel wäre. • Ein Grenzwert könnte „insgesamt die Entwicklung behindern“.
(2) Naturschutz	<ul style="list-style-type: none"> • Ein landschaftsbezogener Grenzwert ist ein interessanter neuer Ansatz. • Ein Grenzwert wäre wirkungsvoller in der politischen Argumentation als die derzeitigen Appelle. 	<ul style="list-style-type: none"> • In Bezug auf welchen Aspekt (Ästhetik, welche Tierarten, Erholung Suchende) sollen Grenzwerte definiert werden? • Man wiegt sich in Sicherheit, solange man die Grenzwerte einhält.
(3) Landschaftsplanung	<ul style="list-style-type: none"> • Die Sicherung unzerschnittener Räume ist eine sehr dringliche Aufgabe. • Eine Zerschneidungs-Meßgröße wäre als Zielwert geeignet. Zielwerte drücken die angestrebte Entwicklungsrichtung aus. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ein Grenzwert wäre nicht umsetzbar, weil man ihn wieder hochsetzen müsste, um eine neue Strecke bauen zu können. • Der Raum bis zum Grenzwert würde vollständig aufgefüllt; das wäre aber die falsche Entwicklungsrichtung, daher wäre ein Zielwert besser.

(3) Landschaftsplanung. Ausgewählt wurden ausschließlich solche Personen, die in diesen Bereichen professionell beschäftigt sind (es wurden keine nur ehrenamtlich im Naturschutz Tätigen befragt). Die mehrstündigen qualitativen Interviews wurden für die Auswertung vollumfänglich transkribiert und anonymisiert.

Die Interviews thematisieren – neben dem Begriffsverständnis von „Zerschneidung“ und dem Umgang mit unsicheren Folgen eines Eingriffs (vgl. JAEGER 2000c) – die Frage, wie sinnvoll und wünschenswert die Einführung von Grenz- oder Richtwerten für die Zerschneidung ist. Diese Frage umfasst drei Teilfragen:

- Wie stark unterstützen die Befragten das Ziel, die Zerschneidung zu begrenzen?
- Sehen sie den Vorschlag eines Grenzwertes dafür als ein geeignetes Mittel an?
- Wie reagieren die Befragten, wenn das Ziel – zumindest im Prinzip – erreichbar erscheint: Löst dies bei ihnen Hoffnung und Engagement aus, oder weichen sie zurück und stellen das Ziel nachträglich wieder infrage?

Der Vorschlag, einen überprüfbaren Grenzwert einzuführen, ist bisher weder von Seiten der Wissenschaft noch von Seiten der Politik diskutiert worden. Für die Interviews hat dies den Vorteil, dass die Befragten ihre Positionen darstellen können, ohne auf konkrete laufende Verfahren oder Konfliktkonstellationen aus ihrer praktischen Tätigkeit Rücksicht nehmen zu müssen.

2.2 Die Pro- und Kontra-Argumente

Die systematische Zusammenstellung aller Argumente der Befragten für und wider die Einführung von Grenzwerten (Beispiele in Tab. 2) zeigt, dass die Aussagen drei verschiedene Aspekte betreffen:

- a) methodisch-technische Möglichkeiten und Schwierigkeiten, einen quantitativen Grenzwert zu formulieren,
- b) Einschätzungen zur Eignung und Durchsetzbarkeit der Maßnahme auf Grund der bisherigen Erfahrungen,
- c) Beurteilungen darüber, wie dringlich und wünschenswert eine Begrenzung der Landschaftszerschneidung ist (z. B. gegenüber dem Wunsch nach weiterer Infrastrukturentwicklung).

Es bestehen deutliche Unterschiede zwischen den drei Gruppen, welche Aspekte die Befragten in den Vordergrund stellen. Beispielsweise gibt es zwar in allen drei Gruppen Befragte, welche die Dringlichkeit des Ziels, die Landschaftszerschneidung zu begrenzen, mit Argumenten unterstreichen. In Gruppe (1) „Verkehrsplanung“ allerdings beziehen sich sämtliche Pro-Argumente auf den Aspekt der Dringlichkeit des Ziels (Aspekt c), während in den Gruppen (2) „Naturschutz“ und (3) „Landschaftsplanung“ auch zu den beiden anderen Aspekten (b und c) befürwortende Argumente diskutiert werden. Bei den Kontra-Argumenten sind die Unterschiede zwischen den drei Gruppen noch größer: Kontra-Argumente in Gruppe (2) „Naturschutz“ betreffen ausschließlich methodische Schwierigkeiten (a), während manche Befragten aus Gruppe (1) „Verkehrsplanung“ außerdem die Priorität des Ziels und die Eignung einer Grenzwertregelung in Zweifel ziehen (Aspekte b und c). Für den Verlauf der Konfliktlinien in einer Auseinandersetzung um die Einführung eines Grenzwertes sind daher nicht nur zwischen den drei Gruppen divergierende Ansichten zu erwarten, sondern auch innerhalb der drei Gruppen.

Über die von den Befragten genannten Argumente hinaus gibt es weitere substantielle Argumente zum Grenzwertvorschlag – insbesondere weitere be-

fürwortende Argumente. Beispielsweise ermöglicht ein quantitativer Grenz- oder Richtwert eine *Zerschneidungsbilanz*, wodurch der als Ausgleich für Neuzerschneidungen benötigte Rückbau bestimmbar wird.

Aufschlussreich ist es, die Gegenargumente der Befragten genauer zu betrachten: Es zeigt sich, dass sie ganz überwiegend nicht spezifisch sind für das Thema Landschaftszerschneidung, sondern generelle Schwierigkeiten bei der Quantifizierung und Bewertung von Umwelteinwirkungen und bei der Festlegung von Grenzwerten betreffen. Daher scheinen viele dieser Kontra-Argumente auf ähnliche Weise überwindbar zu sein, wie dies auch in anderen Umweltbereichen bei Grenzwerten und weiteren Umweltstandards gelungen ist (vgl. z. B. SRU 1996, PINKAU & RENN 1998).

2.3 Die Positionen

Die Aussagen der Befragten wurden zu fünf idealtypischen Positionen zusammengefasst. Die Unterschiede zwischen den Positionen betreffen den befürworteten Verwendungszweck eines quantitativen Zerschneidungsmaßes (d. h. als Meßgröße, Zielwert oder Grenzwert) und den Grad der Zustimmung bzw. Ablehnung:

- Position 1: Prinzipielle Zustimmung zu einem Grenzwert [Fallzahlen: 2-mal in Gruppe 'Vpl.', 2-mal in 'Nsch.' und 1-mal in 'Lpl.'];
- Position 2: Zustimmung zu einem Zielwert [1-mal in Gruppe 'Nsch.' und 1-mal in 'Lpl.'];
- Position 3: Zustimmung lediglich zu einer Messgröße [1-mal in Gruppe 'Nsch.'];
- Position 4: Unentschieden wegen fehlender Abklärung der tatsächlichen (Neben-)Wirkungen eines Grenzwertes [1-mal in Gruppe 'Lpl.'];

Tabelle 3: Ergebnisse des Vergleichs wichtiger Zerschneidungsmaße anhand von zehn Eignungskriterien (- = nicht erfüllt, * = teilweise erfüllt, ** = überwiegend erfüllt, * = sehr gut erfüllt); F_g = Gesamtfläche, L = Länge der Verkehrslinien, P_i = Umfang von Patch i , F_i = Größe von Patch i ; für PI_{rel} lässt sich kein kurzer analytischer Ausdruck angeben; ergänzt nach JAEGER 2000b).**

Table 3: Results of the comparison of several quantitative measures proposed as measures of landscape fragmentation by means of nine suitability criteria (- = not fulfilled, * = partly fulfilled, ** = largely fulfilled, * = completely fulfilled); F_g = total area, L = length of traffic routes, P_i = perimeter of patch i , F_i = size of patch i ; PI_{rel} cannot be expressed by a formula as simply as the other measures; extended after Jaeger 2000b)**

	als Zerschneidungsmaße vorgeschlagene Größen							
	effektive Maschenweite	Zerstückelungsindex	Anzahl der verbliebenen Flächen	Durchschnittsgröße der verbliebenen Flächen	Verkehrslinienlänge	Anzahl der UVR (> 100 km ²)	landscape dissection index	relativer Zerschneidungsindex
Formel	$m_{eff} = \frac{1}{F_g} \sum_{i=1}^n F_i^2$	$S = \frac{F_g^2}{\sum F_i^2}$	n	$\bar{F} = \frac{\sum F_i}{n}$	$l = \frac{L}{F_g}$	n_{UVR}	$LDI = \frac{\sum P_i}{2 \sqrt{\pi F_g} \sum F_i}$	PI_{rel}
Quelle	JAEGER (2000b)	JAEGER (2000b)	-	-	-	LASSEN (1979)	BOWEN & BURGESS (1981)	DEGGAU et al. (1992)
Eignungskriterien								
1. geringer Datenbedarf	***	***	***	***	***	***	**	**
2. Unterscheidung von fragmentierenden und betroffenen Flächen und Linien	***	***	***	***	*	***	***	***
3. Robustheit gegenüber Kleinflächen	***	**	-	-	***	***	**	***
4. Monotonie der Reaktion auf unterschiedliche Fragmentierungsphasen	***	***	-	-	**	-	-	-
5. Anschaulichkeit	**	**	***	***	***	***	*	*
6. mathematische Einfachheit	**	**	***	***	***	***	**	*
7. Sensitivität für Strukturunterschiede	ja	ja	nein	nein	nein	ja	nein	ja
8. Homogenität (d. h. intensiv oder extensiv) ¹	intensiv	extensiv	extensiv	intensiv	intensiv	extensiv	intensiv	intensiv
9. Additivität ²	flächenproportional-additiv	nein	additiv	nein	flächenproportional-additiv	additiv	nein	nein
10. Interpretationsfähigkeit als Zerschneidungsmaß	***	***	*	*	**	**	*	**

¹ und ² Homogenität und Additivität betreffen mathematische Eigenschaften, welche eine wesentliche Bedeutung für die Einsatzmöglichkeiten der Maße haben (siehe JAEGER 2000b)

• Position 5: Ablehnung (aus unterschiedlichen Gründen) [1-mal in Gruppe 'Vpl.', 2-mal in Gruppe 'Lpl.']. Die Positionen zeigen ein heterogenes Spektrum an Haltungen und Argumentationen der Befragten an: Während in Gruppe (2) „Naturschutz“ die Begrüßung eines Ziel- oder Grenzwertes überwiegt, sind in Gruppe (1) und (3) sowohl zustimmende als auch skeptische und ablehnende Positionen vertreten.

Auffallend ist, dass nur relativ wenig Befragte einen züversichtlichen Willen zur Trendumkehrung erkennen lassen. Relativ viele Befragte hingegen nehmen eine „neutrale“ Haltung gegenüber der heutigen Entwicklung ein oder haben das Gefühl, dass derzeit sämtliche Maßnahmen aussichtslos seien. Dass eine Trendwende nicht nur sehr zu wünschen, sondern dringend notwendig ist, wird jedoch von mehreren Befragten

aus allen drei Gruppen hervorgehoben. Lediglich in Gruppe (1) „Verkehrsplannung“ äußern einige Befragte Zweifel am Stellenwert des Ziels, die Landschaftszerschneidung zu begrenzen. Somit besteht eine starke Diskrepanz zwischen der bezeugten Vorrangigkeit einer Trendänderung einerseits und der tatsächlichen Entwicklung sowie dem Engagement für Maßnahmen andererseits.

3 Ansätze zur Quantifizierung der Landschaftszerschneidung

Die Festlegung von Grenzwerten setzt voraus, dass die Landschaftszerschneidung auf eine geeignete Weise quantifiziert wird. Hierzu gibt es eine Reihe von Vorschlägen, die im Zuge der Entwicklung von Heterogenitätsmaßen (Landschaftsindizes) erstellt wurden (z. B. MCGARIGAL & MARKS 1995, RITTERS et al. 1995, GUSTAFSON 1998). Räumliche Heterogenität ist allerdings sehr allgemein definiert (LI & REYNOLDS 1995), daher sind viele Heterogenitätsmaße nicht ausreichend spezifisch auf Landschaftszerschneidung bezogen, so dass sie sich in der Regel nicht als Zerschneidungsmaße eignen.

Gesucht sind zuverlässige und zugleich möglichst einfache Maße, um ihre Anwendbarkeit zu gewährleisten. Hierfür wurden zwei neue Maße entwickelt: der Zerstückelungsindex S und die effektive Maschenweite m_{eff} . Sie beschreiben die Verteilung der Größen der verbleibenden Teilflächen (bzw. der verbleibenden Lebensräume). Die Unterschiedlich-

keit der Trennstärken wird durch die Darstellung von vier verschiedenen Zerschneidungsebenen wiedergegeben (Abb. 2). S und m_{eff} werden aus der Wahrscheinlichkeit dafür bestimmt, dass sich zwei Tiere, die sich zufällig irgendwo in dem betrachteten Gebiet aufhalten, begegnen können (für Details siehe JAEGER 2000b). Der Zerstückelungsindex S besagt, welche „Maschenzahl“ des zerschneidenden Infrastrukturnetzes wirksam ist (je größer S , desto stärker die Zerschneidung). Die effektive Maschenweite m_{eff} gibt die wirksame Größe der „Maschen“ dieses Netzes an im Sinne der effektiven Größe der verbleibenden Lebensräume (je stärker die Zerschneidung, desto geringer m_{eff}). Die mathematischen Formeln der Maße lauten:

$$S = \frac{F_s^2}{\sum_{i=1}^n F_i^2} \quad \text{und} \quad m_{eff} = \frac{1}{F_s} \sum_{i=1}^n F_i^2$$

mit n = Zahl der Flächen, F_i = Größe der Fläche i , F_s = Gesamtfläche ($\geq \sum F_i$). Die beiden Maße lassen sich mit relativ geringem Aufwand so erweitern, dass sie

auch die relative Lage der Flächen und die unterschiedlichen Hindernisstärken der Trennlinien zum Ausdruck bringen (JAEGER 1999).

Die neuen Maße wurden mit sechs anderen in der Literatur gebräuchlichen Zerschneidungsmaßen verglichen:

- Anzahl der verbleibenden Teilflächen (n),
- Anzahl unzerschnittener verkehrsfähiger Räume (UVR) größer als 100 km² (n_{UVR}) nach LASSEN (1979, 1990),
- Verkehrsnetzlänge (L) oder Verkehrsnetzdicke (I),
- durchschnittliche Größe der Restflächen (\bar{F}),
- Bowens Landschaftsdurchschneidungsindex (landscape dissection index) LDI (BOWEN & BURGESS 1981),
- relativer Zerschneidungsindex (partitioning index) PI_{rel} des Statistischen Bundesamtes (DEGGAU et al. 1992).

Der Vergleich erfolgte systematisch anhand von neun Eignungskriterien (Tab. 3). Das zehnte Kriterium „Interpretationsfähigkeit als Zerschneidungsmaß“ fasst die wichtigsten Vergleichskriterien zusammen (beinhaltend die Kriterien 2.,

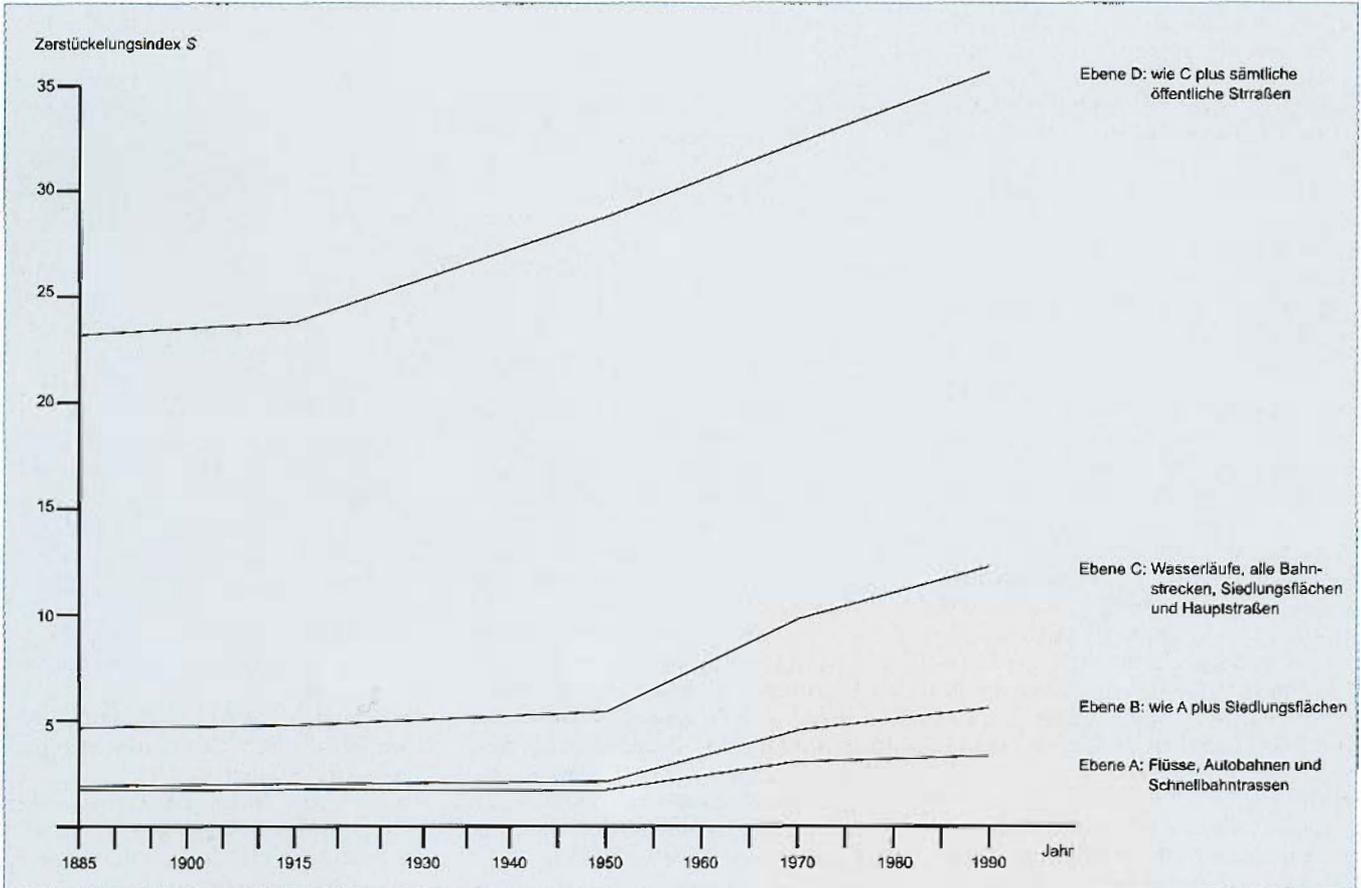


Abb. 2: Diagramm der zeitlichen Entwicklung der Zerschneidung im Untersuchungsgebiet „Kreuzung Schweizer Mittelland“ (KSM) auf vier Zerschneidungsebenen A bis D. Dargestellt sind die Werte des Zerstückelungsindex (oder effektive Maschenzahl) S für die vergangenen hundert Jahre. Eine Hinzunahme der Feld- und Waldwege ergäbe noch deutlich höhere Werte. Verändert nach MÜLLER et al. (1998: 59).

Fig. 2: Diagram of the temporal development of landscape fragmentation in the region "Crossing Area of the Swiss Lowlands" (KSM) on the four fragmentation levels A – D. The values of the splitting index (or effective mesh number), S , are shown for the last hundred years. Including field paths and forest trails would result in much higher values of S . Modified after Müller et al. (1998: 59).

4., 5. und 7.). Das Ergebnis zeigt, dass die effektive Maschengröße das zuverlässigste Zerschneidungsmaß mit den vorteilhaftesten mathematischen Eigenschaften ist.

Der Zerstückelungsindex S und die effektive Maschenweite m_{eff} wurden u. a. auf das Untersuchungsgebiet „Kreuzung Schweizer Mittelland“ (Größe: 182 km², gelegen in den Kantonen Solothurn und Aargau) angewendet. Abb. 2 zeigt die Zunahme der Landschaftszerschneidung in diesem Gebiet über die letzten 100 Jahre. Zum Vergleich: Die geogene Zerschneidung (durch Wasserläufe und Felskanten) beträgt $S = 1,7$ auf den Ebenen A und B bzw. $S = 3,5$ (Ebenen B bis D). Betrag der Zerstückelungsindex im Jahr 1885 auf Ebene C noch das 1,3-fache und 1950 das 1,5-fache des geogenen Wertes, so beläuft er sich heute auf das 3,5-fache. Dies entspricht einer Abnahme der effektiven Maschengröße seit 1885 um 63 % und seit 1950 um 57 % (d. h. von 39,6 km² bzw. 33,8 km² auf 14,7 km²). Deutlich erkennbar ist, dass der Anstieg der Zerschneidung zunächst nur auf Ebene D erfolgte (d. h. mit relativ geringer Trennstärke), etwa seit den sechziger Jahren (Autobahnbau) jedoch zunehmend auch die Ebenen A bis C betrifft.

Weitere Vorschläge für Zerschneidungsmaße sind Proximity (GUSTAFSON & PARKER 1994), Contagion (RITTERS et al. 1996), Lacunarity Analysis (PLOTNICK et al. 1993) und die Habitatkonnektivitätsanalyse nach KEITT et al. (1997). Diese Ansätze wurden wegen mathematischer Nachteile (z. B. Abhängigkeit der Ergebnisse von der Auflösung geographischer Informationen in Rasterdaten) nicht in den Vergleich von Tab. 3 einbezogen. Die Analyse ihrer Eigenschaften zeigt, dass höherer mathematischer Aufwand in der Erfassungsmethodik nicht zwangsläufig bedeutet, dass die Methode genauere und leichter reproduzierbare Ergebnisse liefert und zuverlässigere Aussagen ermöglicht, sondern dass ein hoher Aufwand für die Nachvollziehbarkeit, Handhabbarkeit und Verbreitung der Methode ein potentielles Hindernis darstellt.

Entscheidend ist, dass die gewählten Zerschneidungsmaße die Struktur des Verkehrsnetzes wiedergeben. Einen Grenzwert lediglich dadurch zu bestimmen, dass die Straßenlänge L (oder die Straßendichte l) begrenzt wird, ließe zu wenig Gestaltungsspielraum und würde möglicherweise zu einer gleichmäßigen flächendeckenden Zerschneidung führen (um mit relativ wenig Straßenlänge die Landschaft möglichst stark zu erschließen), die keine größeren Flächen unzerschnitten belässt. Das Maß der ef-

fektiven Maschenweite m_{eff} dagegen gewährt größere Planungsfreiheit und illustriert somit den Vorteil, den ein das Zerschneidungsmuster kennzeichnender Grenzwert gegenüber einer reinen Längenbegrenzung hat.

Die Entwicklung von Quantifizierungsmethoden für die Landschaftszerschneidung steht heute erst an ihrem Beginn. Zudem sind, bevor Richt- oder Grenzwerte festgelegt werden, vergleichende Untersuchungen notwendig, die zeigen, für welche Landschaftstypen (und welche Indikatorarten) welche Größenordnungen des Zerschneidungsgrades derzeit vorliegen. Je nach Planungs- bzw. Maßstabebene ist für die Formulierung von Grenz- oder Zielwerten voraussichtlich der Einsatz unterschiedlicher quantitativer Maße zweckdienlich.

4 Schlussfolgerungen

Bereits seit fünfzehn Jahren fordert die Bundesregierung eine „Trendumkehr bei der Zerschneidung und Zersiedlung der Landschaft“. Dass sich die Besorgnis erregenden Trends in der Ausdehnung der Siedlungs- und Verkehrsflächen trotz der Erkenntniszuwächse und der politischen Willenserklärungen ungebrochen fortgesetzt haben und voraussichtlich noch weiter fortsetzen werden, signalisiert dringenden Handlungsbedarf.

Der Vorschlag eines Grenz- oder Richtwertes zur Eindämmung der Landschaftszerschneidung wird von den befragten Expertinnen und Experten größtenteils befürwortet. Die Realisierbarkeit von Grenz- oder Richtwerten hängt jedoch davon ab, ob es gelingt, geeignete Maße für die Landschaftszerschneidung zu finden, so dass der Artenschwund aufgehalten werden kann und gleichzeitig ein ausreichender Handlungsspielraum für die Entwicklung von Planungsvarianten offen bleibt. Zudem sollte ein Zerschneidungsmaß möglichst einfach handhabbar sein. Derzeit bestehen zwar noch einige offene Fragen bei der quantitativen Erfassung der Landschaftszerschneidung und ihrer Wirkungen. Wie die Ergebnisse der vorgestellten transdisziplinären Arbeit zeigen, sprechen jedoch substantielle Gründe dafür, dass sich der Vorschlag mittelfristig bis zur Anwendungsreife ausarbeiten lässt und anschließend als konkrete Maßnahme zur Verfügung stehen wird:

- Seit kurzem liegen mehrere aussichtsreiche Ansätze zur Quantifizierung der Landschaftszerschneidung vor. Ihre Überprüfung anhand von neun Eignungskriterien weist insbesondere die

effektive Maschenweite m_{eff} als ein Maß aus, welches zur Erfassung der Zerschneidung gut geeignet und leicht handhabbar ist.

- Viele Befragte nennen wesentliche Vorteile, die ein quantitativer Grenz- oder Richtwert angesichts der heutigen unerwünschten Entwicklungstrends gegenüber den bisherigen Maßnahmen hätte. Ein Grenz- oder Richtwert sollte dem Problem der Zerschneidung mehr Gewicht in der Raumplanung und in der politischen Diskussion geben und damit eine Trendwende einleiten. Außerdem würden überprüfbare Richtwerte eine Richtungs- und Zielorientierung in die Verkehrsplanung einführen, anstatt stets dem ständig wachsenden Bedarf nachzueilen.
 - Die Mehrzahl der Kontra-Argumente bezieht sich auf Schwierigkeiten, die überwindbar erscheinen, da sie bei nahezu jeder Grenzwertsetzung auftreten und bei den bestehenden Umweltgrenzwerten und anderen Umweltstandards bereits erfolgreich bewältigt worden sind.
 - Die Diskussion über Zerschneidungsgrenzwerte könnte zudem die Entwicklung von weiteren Vorschlägen für effektive Maßnahmealternativen anregen, um einer Trendwende als Beitrag für einen nachhaltigen Landschaftsschutz zum Durchbruch zu verhelfen.
- Die weitere Arbeit an den wissenschaftlichen Grundlagen für die Aufstellung von Grenzwerten für konkrete Landschaften stellt eine attraktive Herausforderung für die Ökologie und den fachlichen Naturschutz dar: Einerseits verlangt diese Aufgabe eine Zusammenführung wissenschaftlicher Erkenntnisse aus der Ökologie und anderen Bereichen (z. B. Raumplanung) und die Finanzierung (und Durchführung) gezielter weiterer ökologischer Untersuchungen (z. B. über kritische strukturelle Landschaftsveränderungen; vgl. SRU 1994: 124ff Tz 242ff, WITH & CRIST 1995). Dies heißt insbesondere,
- die Auswirkungen der Fragmentierung von Lebensräumen genauer zu erforschen,
 - die Folgen künftiger Eingriffe einschließlich der Summenwirkungen besser zu prognostizieren,
 - verbesserte Bewertungskriterien für landschaftszerschneidende Eingriffe und ihre Folgen zu entwickeln (vgl. PLACHTER 1992, LEHNES 1994).
- Andererseits erfordert die anstehende Aufgabe, gesellschaftliche Übereinkünfte zur Bestimmung des maximal tolerierbaren Ausmaßes von Landschaftszer-

² Diesen Gliederungsvorschlag verdanke ich einer der befragten Personen aus der Gruppe (3) „Landschaftsplanung“.

schneidung auszuhandeln sowie eine geeignete rechtliche Form der Standardsetzung zu finden (vgl. PINKAU & RENN 1998). Hierzu zählt die Diskussion der Frage, welcher Form des Standards – Grenzwert, Richtwert, Zielwert oder einer anderen Form – der Vorzug gegeben werden sollte. Für diese Aufgaben ist eine Disziplinübergreifende problemorientierte – d. h. heißt transdisziplinäre – Zusammenarbeit angezeigt.

Konkrete Richt- oder Grenzwerte für die Landschaftszerschneidung könnten regionsspezifisch auf mehreren Maßstabsebenen bestimmt werden (z. B. entsprechend den Planungsebenen), und sie könnten nach der Art des Raumes dreifach untergliedert werden:² (S. 31)

- Vorrangräume für großflächig unzerschnittene Bereiche (d.h. keine weiteren Zerschneidungen zulässig/Vorrang für Aufhebung bestehender Zerschneidungen),
- Vorgabe von Zielwerten für ländliche Räume,
- möglicherweise Duldung weiterer Zerschneidungen in Ballungsräumen oder entlang von Entwicklungsachsen.

Als ein erster Schritt auf dem Weg zu einer zuverlässigen Sicherung der Landschaft vor einer fortgesetzten Zerschneidung bietet sich die Einstufung von unzerschnittenen verkehrsarmen Räumen (UVR) als Schutzgut (im Sinne eines Lebensraumpotentials) an, wie es WATERSTRAAT et al. (1996) vorschlagen. Wahrscheinlich ist ein Maßnahmenverbund am aussichtsreichsten, welcher den Grenzwertansatz mit der Einstufung bestimmter UVR als Schutzgut und mit einer Besteuerung von Flächennutzungen (vgl. z. B. BLZER & BERGMANN 1998) kombiniert. Um eine Trendwende zu erzielen, wird eine Flächenbesteuerung allein kaum wirksam genug sein, da sie sich lediglich auf die direkte Flächeninanspruchnahme, nicht aber auf den Netzcharakter der Zerschneidung bezieht.

Die effektive Größe der verbleibenden Lebensräume stellt ein wichtiges Potential der Landschaft dar, welches in den vergangenen dreißig Jahren sehr stark verringert worden ist. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie unterstreichen, dass eine genauere Abklärung der Möglichkeiten und Schwierigkeiten von Richt- oder Grenzwerten für die Landschaftszerschneidung dringend erforderlich ist. Eine Beschränkung der Zerschneidung dient dem Ziel, die Umweltgefährdung entsprechend dem Vorsorgeprinzip auf ein verantwortbares Niveau zu begrenzen (zum Konzept der Umweltgefährdung vgl. SCHERINGER et al. 1994, 1998, JAEGER 1998, 2000a). Quantitative Vorgaben ermöglichen eine überprüfbare Bilanzierung von Neuzerschneidungen und Rückbaumaßnahmen. Angesichts

der bestehenden Ansätze für eine Quantifizierung erscheint die Formulierung von Richt- oder Grenzwerten mittelfristig realisierbar.

5 Danksagung

Mein Dank gilt in erster Linie den befragten Expertinnen und Experten, die mir freundlich und offen meine Fragen beantwortet haben. Für kritische Anmerkungen zum Manuskript danke ich Günther Jaeger, Dr. med. Hartwig Jaeger, Dr. Daniel Müller, lic. phil. Anna-Katharina Pantli und Dr. Martin Scheringer. Für die Betreuung meiner Arbeit bin ich Prof. Dr. Ortwin Renn, Prof. Dr. Klaus Ewald und Prof. Dr. Ulrich Müller-Herold zu Dank verpflichtet. Herrn M. Herbert (Bundesamt für Naturschutz, Außenstelle Leipzig) danke ich für die Vorabmitteilung der aktuellen Daten für die unzerschnittenen verkehrsarmen Räume. Die vorliegende Studie ist an der Abteilung für Umweltnaturwissenschaften der ETH Zürich im Rahmen eines Dissertationsprojektes entstanden, welches von der Studienstiftung des deutschen Volkes gefördert wurde.

6 Zusammenfassung

Die ökologische Forschung hat in den letzten zwanzig Jahren eine überwältigende Vielzahl von Auswirkungen der Landschaftszerschneidungswissenschaftlich belegt. Betroffen sind insbesondere Tierpopulationen und Lebensgemeinschaften, so dass die Zerschneidung heute als eine sehr wichtige Ursache des Artenverlustes gilt. Trotz der Forderungen der Bodenschutzkonzeption von 1985 sowie der Umweltministerkonferenz von 1992 nach einer Trendwende in Landschaftsverbrauch und -zerschneidung schreitet die Zerschneidung und Zersiedlung der Landschaft unvermindert voran. Neue und vor allem wirksamere Maßnahmen sind dringend notwendig.

Die vorliegende Studie untersucht den Vorschlag eines Grenz- oder Richtwertes für die Landschaftszerschneidung von zwei Seiten: Zuerst werden die Sichtweisen von Befragten aus den drei Berufsgruppen Verkehrsplanung, Naturschutz und Landschaftsplanung analysiert und zu fünf Positionen zusammengefasst. Der zweite Teil der Arbeit vergleicht die bestehenden Methoden zur quantitativen Erfassung der Zerschneidung einschließlich der neuen Maße des Zerstückelungsindex S und der effektiven Maschenweite m_{eff} . Ein Großteil der Befragten unterstreicht die Vorteile eines Zerschneidungsgrenzwertes, der angesichts der heutigen Methoden mittelfristig umsetzbar erscheint.

Summary

In 1985, the Federal Government of Germany, in its Action Plan for Soil Protection (Bodenschutzkonzeption), called for a reversal of the progressive degradation of the landscape. Some years later, the German Conference of Environment Ministers (Umweltministerkonferenz) demanded a turnaround with regard to the environmental impacts of traffic growth and adopted a plan of action entitled "Nature Protection and Traffic" which includes the purpose "preservation of large undissected areas". These demands seem to have had little effect, considering the continuing growth of settlement and traffic areas, the current tendency towards more dispersed settlement patterns (rather than a pattern of points and axes), and the forecasts of future traffic growth. Apparently, more efficient measures are needed.

This paper investigates the proposition of introducing quantitative limiting values of landscape fragmentation from two perspectives. First, the views of traffic planners, conservationists, and landscape planners ascertained in a series of qualitative interviews are analysed and grouped in five distinct standpoints. Second, current quantitative methods of measuring fragmentation are compared, including a new fragmentation index named "effective mesh size". Many interviewees emphasize the advantages of a limiting value, which, technically speaking, appears implementable within a medium-term time frame.

7 Literatur

- ANDRÉN, H. 1994: Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos* 71 (3): 355–366.
- BACCINI, P. & OSWALD, F. (Hg.): *Netzstadt – Transdisziplinäre Methoden zum Umbau urbaner Systeme. Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt »SYNOIKOS – Nachhaltigkeit und urbane Gestaltung im Raum Kreuz Schweiz Mittelland«*. V/d/f Hochschulverlag an der ETH Zürich. Zürich
- BERG, M.; ERDMANN, G.; HOFMANN, M.; JAGGY, M.; SCHERINGER, M. & SEILER, H. (Hg.): *Was ist ein Schaden? Zur normativen Dimension des Schadensbegriffs in der Risikowissenschaft*. V/d/f Hochschulverlag an der ETH Zürich. Zürich
- BfN (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ)/1999: *Daten zur Natur. Schriftenreihe „Sonstige Veröffentlichungen“* des BfN. Bonn.
- BFS (BUNDESAMT FÜR STATISTIK)/1995: *Pflanzen, Tiere und ihre Lebensräume. (Umweltstatistik Schweiz, Nr. 2)*. Bern.
- BFS (BUNDESAMT FÜR STATISTIK)/1998: *Statistisches Jahrbuch der Schweiz 1999*. 106. Jahrgang. Verlag Neue Zürcher Zeitung, Zürich.
- BFLR (BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR LÄNDLICHE UND RAUMORDNUNG)/1993: *Ver-*

- kehrspolitischen Handlungskonzept für den raumordnungspolitischen Orientierungsrahmen. Expertise für das Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau. Materialien zur Raumentwicklung, Heft 60. Bearbeiter: W. Rothengatter und N. Sieber. Selbstverlag. Bonn.
- BIZER, K. & BERGMANN, E. (1998): Steuerung der Flächeninanspruchnahme über preisliche Anreize. *Zeitschrift für angewandte Umweltforschung (ZAU)* 11 (3/4): 358–377.
- BLAB, J. (1989): Die roten Listen werden länger – warum? – In: ELLENBERG, H. (Hg.): Eutrophierung – das gravierendste Problem im Naturschutz? Norddeutsche Naturschutzakademie-Berichte 2 (1): 42–45. 2. Aufl. 1990.
- BMI (BUNDESMINISTERIUM DES INNERN)/Hg. (1985): Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung. Bundestags-Drucksache 10/2977 vom 7. März 1985. Kohlhammer. Stuttgart.
- BOWEN, G. W. & BURGESS, R. L. (1981): A quantitative analysis of forest island pattern in selected Ohio landscapes. ORNL Environmental Sciences Division, Publication No. 1719. ORNL/TM-7759. Oak Ridge. TN.
- BRECKLING, B. & MÜLLER, F. (Hg. 2000): Der ökologische Risikobegriff. Beiträge zu einer Tagung des Arbeitskreises „Theorie“ in der Gesellschaft für Ökologie im März 1998. Peter Lang Verlag. Frankfurt.
- DEGGAU, M.; KRACK, E.; RADEMACHER, W., SCHMID, B. & STRALLA, H. (Statistisches Bundesamt Wiesbaden) (1992): Methodik der Auswertung von Daten zur realen Bodennutzung im Hinblick auf den Bodenschutz. Teilbeitrag zum Praxistest des Statistischen Informationssystems zur Bodennutzung (STABIS). Hrsg. vom Umweltbundesamt. Berlin.
- DEUTSCHER BUNDESTAG/Hg. (1997): Konzept Nachhaltigkeit. Fundamente für die Gesellschaft von morgen. Zwischenbericht der Enquête-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 13. Deutschen Bundestages. Zur Sache 1/97. Bonn.
- DEUTSCHER BUNDESTAG/Hg. (1998): Konzept Nachhaltigkeit. Vom Leitbild zur Umsetzung. Abschlussbericht der Enquête-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 13. Deutschen Bundestages. BT-Drucksache 13/11200. Zur Sache 4/98. Bonn.
- ELLENBERG, H./Hg. (1989): Eutrophierung – das gravierendste Problem im Naturschutz? Norddeutsche Naturschutzakademie-Berichte 2 (1). 2. Auflage. 1990.
- EWALD, K. C. (1997): Die Natur des Naturschutzes im landschaftlichen Kontext – Probleme und Konzeptideen. *GAIA* 6 (4): 253–264.
- FRANK, K. & WISSEL, C. (1998): Spatial aspects of metapopulation survival – from model results to rules of thumb for landscape management. *Landscape Ecology* 13 (6): 363–379.
- GUSTAFSON, E. J. & PARKER, G. (1994): Using an index of habitat patch proximity for landscape design. *Landscape and Urban Planning* 29: 117–130.
- GUSTAFSON, E. J. (1998): Quantifying landscape spatial pattern. What is the state of the art? *Ecosystems* 1 (2): 143–156.
- JAEGER, J. (1998): Exposition und Konfiguration als Bewertungsebenen für Umweltgefährdungen. *Zeitschrift für angewandte Umweltforschung (ZAU)* 11 (3/4): 444–466.
- JAEGER, J. (1999): Gefährdungsanalyse der anthropogenen Landschaftszerschneidung. Dissertation an der Abteilung für Umweltnaturwissenschaften der ETH Zürich. Diss ETH Nr. 13503. Zürich.
- JAEGER, J. (2000a): Vom „ökologischen Risiko“ zur „Umweltgefährdung“: Einige kritische Gedanken zum wirkungsorientierten Risikobegriff. – In: BRECKLING, B. & MÜLLER, F. (Hg.): Der ökologische Risikobegriff. Beiträge zu einer Tagung des Arbeitskreises „Theorie“ in der Gesellschaft für Ökologie im März 1998. Peter Lang Verlag. Frankfurt: 203–216.
- JAEGER, J. (2000b): Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology* 15 (2): 115–130.
- JAEGER, J. (2000c): Über den Bedarf, zwischen verschiedenen Arten von Unsicherheit zu unterscheiden. – In: JAX, K. (Hg.): Funktionsbegriff und Unsicherheit in der Ökologie. Beiträge zu einer Tagung des Arbeitskreises „Theorie“ in der Gesellschaft für Ökologie im März 1999. Peter Lang Verlag. Frankfurt (im Druck).
- JAEGER, J. & SCHERINGER, M. (1998): Transdisziplinarität: Problemorientierung ohne Methodenzwang. *GAIA* 7 (1): 10–25.
- JAEGER, J. & SCHERINGER, M. (1999): Wofür steht Transdisziplinarität? – Kritische Anmerkungen zur „Managementperspektive“ *GAIA* 8 (1): 5–7.
- JAX, K./Hg. (2000): Funktionsbegriff und Unsicherheit in der Ökologie. Beiträge zu einer Tagung des Arbeitskreises „Theorie“ in der Gesellschaft für Ökologie im März 1999. Peter Lang Verlag. Frankfurt (im Druck).
- KEITT, T. H.; URBAN, D. L. & MILNE, B. T. (1997): Detecting critical scales in fragmented landscapes. *Conservation Ecology* [online] 1 (1): 4 (Internet-URL: <http://www.consecol.org/vol1/iss1/art4>).
- KIRCHBACH, K. VON (1998): Die Entwicklung des Straßenbaus in Baden-Württemberg von 1945 bis 1995 (Archiv für die Geschichte des Straßen- und Verkehrswesens, Heft 13). Kirschbaum Verlag. Bonn.
- LANA/LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR NATURSCHUTZ, LANDSCHAFTSPFLEGE UND ERHOLUNG (1995): Beschlüsse „Naturschutz und Verkehr“: Handlungskonzept „Naturschutz und Verkehr“ auf der Grundlage der Lübecker Grundsätze des Naturschutzes der LANA und der Beschlüsse von Krickenberg/Nettetal. Herausgegeben vom Umweltministerium Baden-Württemberg. Stuttgart.
- LANDESAMT FÜR UMWELT UND NATUR MECKLENBURG-VORPOMMERN/Hg. (1996): Die Bedeutung unzerschnittener, störungsarmer Landschaftsräume für Wirbeltierarten mit großen Raumansprüchen – ein Forschungsprojekt (Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt und Natur Mecklenburg-Vorpommern, Heft 1).
- LASSEN, D. (1979): Unzerschnittene verkehrsarme Räume in der Bundesrepublik Deutschland. *Natur und Landschaft* 54 (10): 333–334.
- LASSEN, D. (1987): Unzerschnittene verkehrsarme Räume über 100 km² Flächengröße in der Bundesrepublik Deutschland. *Natur und Landschaft* 62 (12): 532–535.
- LASSEN, D. (1990): Unzerschnittene verkehrsarme Räume über 100 km² – eine Ressource für die ruhige Erholung. *Natur und Landschaft* 65 (6): 326–327.
- LEHNES, P. (1994): Zur Problematik von Bewertungen und Werturteilen auf ökologischer Grundlage. *Verhandlungen der Ges. f. Ökologie* 23: 421–426.
- LI, H. & REYNOLDS, J. F. (1995): On definition and quantification of heterogeneity. *Oikos* 73 (2): 280–284.
- MADER, H.-J. (1979): Die Isolationswirkung von Verkehrsstraßen auf Tierpopulationen untersucht am Beispiel von Arthropoden und Kleinsäugern der Waldbiozönose. *Schr.-R. Landschaftspflege Naturschutz* 19. Bonn-Bad Godesberg.
- MCGARIGAL, K. & MARKS, B. J. (1995): FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. General Technical Report PNW-GTR-351. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. Portland, OR.
- MÜLLER, D.; PERROCHEL, S.; FAIST, M. & JAEGER, J. (1998): Ernähren und Erholen mit knapper werdender Landschaft. – In: BACCINI, P. & OSWALD, F. (Hg.): *Netzstadt – Transdisziplinäre Methoden zum Umbau urbaner Systeme. Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt »SYNOIKOS – Nachhaltigkeit und urbane Gestaltung im Raum Kreuzung Schweizer Mittelland«*. V/d/f Hochschulverlag an der ETH Zürich. Zürich: 28–59.
- PINKAU, K. & RENN, O. /Hrsg. (1998): *Environmental standards. Scientific foundations and rational procedures of regulation with emphasis on radiological risk management*. Kluwer Academic publishers. Boston–Dordrecht–London.
- PLACHTER, H. (1992): Grundzüge der naturschutzfachlichen Bewertung. Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg, Bd. 67: 9–48.
- PLOTNICK, R. E.; GARDNER, R. H. & O'NEILL, R. V. (1993): Lacunarity indices as measures of landscape texture. *Landscape ecology* 8 (3): 201–211.
- PRIMACK, R. B. (1995): *Naturschutzbiologie*. Spektrum. Heidelberg.
- RECK, H. (1994): *Umweltverträglichkeitsuntersuchung und landschaftspflegerischer Begleitplan im Straßenbau: Entwicklung eines Handlungsrahmens zur Ermittlung und Beurteilung straßenbedingter Auswirkungen auf Pflanzen, Tiere und ihre Lebensräume*. Diss. Univ. Stuttgart.
- RECK, H. & KAULE, G. (1993): *Straßen und Lebensräume. Ermittlung und Beurteilung straßenbedingter Auswirkungen auf Pflanzen, Tiere und ihre Lebensräume*. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 654. Bonn-Bad Godesberg.
- RITTERS, K. H.; O'NEILL, R. V.; HUNSAKER, C. T.; WICKHAM, J. D.; YANKEE, D. H.; TIMMINS, S. P.; JONES, K. B. & JACKSON, B. L. (1995): A vector analysis of landscape pattern and structure metrics. *Landscape Ecology* 10 (1): 23–39.

RIITERS, K. H.; O'NEILL, R. V.; WICKHAM, J. D. & JONES, K. B. (1996): A note on contagion indices for landscape analysis. *Landscape Ecology* 11 (4): 197-202.

SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J. & MARGULES, C. R. (1991): Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5 (1): 18-32.

SCHERINGER, M.; BERG, M. & MÜLLER-HEROLD, U. (1994): Jenseits der Schadensfrage: Umweltschutz durch Gefährdungsbegrenzung. -In: BERG, M.; ERDMANN, G.; HOFMANN, M.; JAGGY, M.; SCHERINGER, M. & SEILER, H. (Hg.): Was ist ein Schaden? Zur normativen Dimension des Schadensbegriffs in der Risikowissenschaft. V/d/f Hochschulverlag an der ETH Zürich, Zürich: 115-146.

SCHERINGER, M.; MATHES, K.; WEIDEMANN, G. & WINTER, G. (1998): Für einen Paradigmenwechsel bei der Bewertung ökologischer Risiken durch Chemikalien im Rahmen der staatlichen Chemikalienregulierung. *Zeitschrift für angewandte Umweltforschung (ZAU)* 11 (2): 227-233.

SETTELE, J.; MARGULES, C.; POSCHLOD, P. & HENLE, K. (Hg.) (1996): Species survival in fragmented landscapes. Kluwer academic publishers. Dordrecht.

SIMBERLOFF, D. (1988): The contribution of population and community biology to conservation science. *Annual Review of Ecology and Systematics* 19: 473-511.

SRU/SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN (1994): Umweltgutachten 1994. Metzler-Poeschel. Stuttgart.

SRU/SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN (1996): Umweltgutachten 1996. Metzler-Poeschel. Stuttgart.

STADLER, R. (1994): Kulturlandschaft versus Naturlandschaft? Realflächenbilanz und -entwicklung nach der Flächenerhebung 1993. Baden-Württemberg in Wort und Zahl 2/94: 52-58.

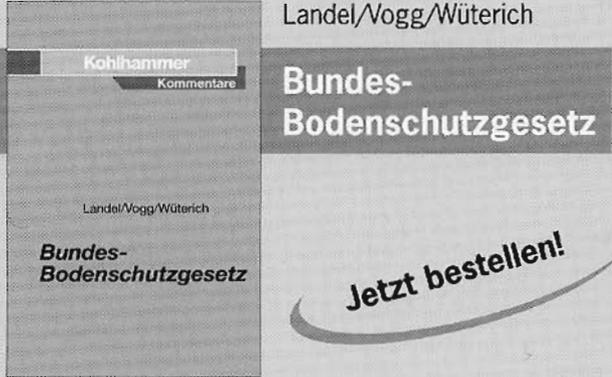
UBA (Hg.) (1997): Beschlüsse der Umweltministerkonferenz (UMK) und Berichte der Bund/Länder-Arbeitsgruppe Umwelt und Verkehr der UMK 1989-1996. UBA-Texte 6/97. Berlin.

WATERSTRAAT, A.; BAJER, H.; HOLZ, R.; SPIEG, H. J. & ULBRICHT, J. (1996): Unzerschnittene, störungsarme Landschaftsräume: Versuch der Beschreibung eines Schutzgutes. -In: LANDESAMT FÜR UMWELT UND NATUR MECKLENBURG-VORPOMMERN (Hg.): Die Bedeutung unzerschnittener, störungsarmer Landschaftsräume für Wirbeltierarten mit großen Raumansprüchen - ein Forschungsprojekt (Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt und Natur Mecklenburg-Vorpommern, Heft 1): 5-24.

With, K. A. & Crist, T. O. (1995): Critical thresholds in species' responses to landscape structure. *Ecology* 76 (8): 2446-2459.

Anschrift des Autors

Dr. Jochen Jaeger
Akademie für Technikfolgen-
abschätzung in Baden-Württemberg
Industriestraße 5
70565 Stuttgart
E-mail: jochen.jaeger@ta-akademie.de
jjjaeger@ccs.carleton.ca



Landel/Vogg/Wüterich
**Bundes-
Bodenschutzgesetz**

Kohlhammer
Kommentare

Landel/Vogg/Wüterich
**Bundes-
Bodenschutzgesetz**

Jetzt bestellen!

1. Auflage 2000
XLIV, 435 Seiten. Fester Einband, Fadenheftung
DM 92,90
ISBN 3-17-015186-X
Kohlhammer Kommentare

Mit diesem Kommentar soll dem komplexen System Boden durch einen interdisziplinären Ansatz aus bodenkundlicher sowie bodenrechtlicher Sicht nachgekommen werden. Einleitungen führen in grundlegende Gedanken über den Boden als integralen Bestandteil einer umfassenden Umweltvorsorge sowie die globalen Boden- und Umweltsyndrome ein und leiten über zur Stellung des Bodens im Rahmen des Umweltrechts im Allgemeinen und des Bodenrechts im Besonderen.

Die Kommentierung berücksichtigt gleichermaßen bodenkundliche Grundlagen wie die Vorschriften der BBodSchV. Das Werk nimmt Stellung zu der Frage, ob das Gesetz seinem Ziel des vorsorgenden Bodenschutzes nachkommt und gibt Hilfestellung in Fragen des nachsorgenden Bodenschutzes. Darüber hinaus beschäftigt sich der Kommentar mit dem Straftatbestand der Bodenverunreinigung.

Neben dem Text des BBodSchG und der BBodSchV enthält der Kommentar ein ausführliches Sachverzeichnis, eine Dokumentation der Rechtsgrundlagen auf europäischer, bundes- und landesrechtlicher Ebene, die zum Altlasten- und Bodenrecht ergangene Rechtsprechung nebst Fundstellen sowie umfassende Literaturnachweise.

Die Autoren:
Dr. Christoph Landel, Fachanwalt für Verwaltungsrecht in Dresden; Prof. Dr. Reiner Vogg, Geowissenschaftler und Umweltberater, Steinheim a. d. Murr; Dr. Christoph Wüterich, Rechtsanwalt, Stuttgart.

Kohlhammer
W. Kohlhammer GmbH · 70549 Stuttgart