

# **Landschaftszerschneidung und Zersiedelung: Diskussion neuer Lösungsvorschläge angesichts des zunehmenden Problemdrucks**

## **Steigendes Problembewußtsein in Öffentlichkeit und Politik**

von Dr. Jochen Jaeger

Text erhältlich im Internet unter [www.landschaftszerschneidung.de](http://www.landschaftszerschneidung.de)

**Wissenschaft und Politik thematisieren Landschaftsverbrauch und Landschaftszerschneidung seit Mitte der siebziger Jahre als ein flächendeckendes Problem mit steigender Dringlichkeit. 1985 fordert die deutsche Bundesregierung in ihrer *Bodenschutzkonzeption* eine "Trendwende im Landverbrauch" einschließlich einer "Trendumkehr bei der Zerschneidung und Zersiedelung der Landschaft" und einer möglichst weitgehenden Bewahrung freier Landschaften vor weiteren Zerschneidungen. 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. In einem erneuten Vorstoß betont die Enquête-Kommission des Deutschen Bundestages die Notwendigkeit einer "Entkoppelung des Flächenverbrauchs von Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum".**

### **Weiterhin unverminderter Anstieg der Landschaftszerschneidung**

Trotz dieser und weiterer Forderungen und Beschlüsse steigt die Landschaftszerschneidung jedoch unvermindert an. Die Forderungen nach "Erhaltung unzerschnittener Räume" bleiben offenbar weitgehend 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 beispielsweise die 45. Umweltministerkonferenz (UMK) vom Dezember 1995: "Die UMK stellt fest, daß die in Nettetal geforderte grundsätzliche Trendänderung der Verkehrspolitik bisher nicht erkennbar ist." Die Enquête-Kommission des 13. Deutschen Bundestages betont: "Die Flächeninanspruchnahme muß als ein strukturelles gesellschaftliches Problem angesehen werden", und der neue Raumordnungsbericht aus dem Jahr 2000 weist warnend auf die unerwünschten Folgen der steigenden Zersiedelung und Suburbanisierung in Deutschland hin.

Die 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 ein sehr geringer Erfolg der Anstrengungen konstatiert. In Anbetracht der gravierenden Folgen der Landschaftszerschneidung und der Dringlichkeit einer Richtungsänderung besteht daher ein Bedarf nach neuen und vor allem wirksameren Instrumenten. Hierzu zählt der Vorschlag, einen quantitativen Grenz- oder Zielwert

einzuführen, um eine Umkehrung oder zumindest einmal eine Verbesserung der Entwicklung zu erreichen [1].

Eine steigende Zahl wissenschaftlicher Studien, vor allem in den USA und in den Niederlanden, belegt eine Vielzahl negativer ökologischer Folgen, wenn die Landschaft durch Straßen und Bahnlinien und andere technische Infrastrukturanlagen zerschnitten und fragmentiert wird (siehe die Bibliographie unter [www.landschaftszerschneidung.de](http://www.landschaftszerschneidung.de)). Die Ergebnisse zeigen, dass die Landschaftszerschneidung – neben der Intensivierung der Landwirtschaft, den hohen Stickstoffeinträgen und der Nivellierung der Wasserverhältnisse – inzwischen zu den wichtigsten Ursachen für den starken Rückgang der Arten- und Lebensraumvielfalt in Mitteleuropa zählt.

Die Zunahme der Länge überörtlicher Straßen in den letzten 40 Jahren beträgt beispielsweise allein für Baden-Württemberg (Fläche 35.750 km<sup>2</sup>) mehr als 3600 km und für die Schweiz (Fläche 41.290 km<sup>2</sup> einschließlich Gebirgsflächen) über 2300 km. Die jährliche Neuinanspruchnahme von Flächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke liegt in Baden-Württemberg in der Größenordnung von 3500 ha und in der Schweiz bei 2400 ha. In der Folge hat die Anzahl der unzerschnittenen verkehrssarmen Räume (UVR) größer als 100 km<sup>2</sup> (abgegrenzt durch Straßen, die eine Verkehrsmenge von über 1000 Fahrzeugen im 24-Stunden-Mittel aufweisen, sowie durch Eisenbahntrassen) in den alten Bundesländern von 349 im Jahre 1977 auf 296 im Jahr 1987 abgenommen.

#### Fragmentierungsphasen:

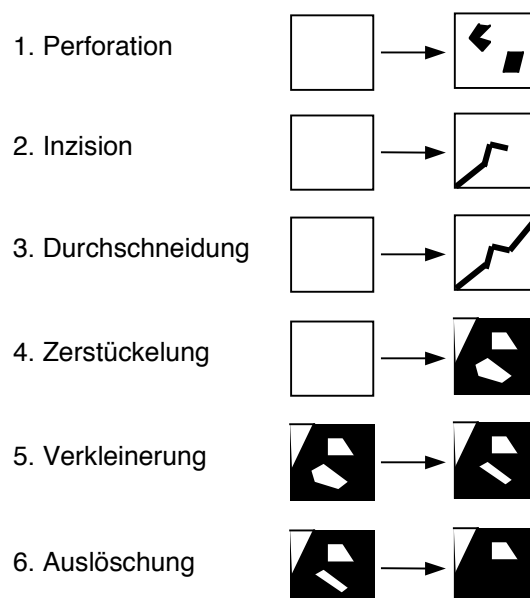


Abb. 1: Die sechs Phasen der Landschaftsfragmentierung, die sich nach geometrischen Kennzeichen unterscheiden lassen. Schwarz dargestellt sind Flächen, die ein Hindernis für die Ausbreitung von bestimmten Arten bzw. eine Lärm- und Unruhequelle darstellen (aus [2], S. 116).

Flächenmäßig bedeutet dieser Rückgang einen Verlust von 18,3% und bezogen auf die Gesamtfläche einen Rückgang des Flächenanteils der UVR von 22,7% auf 18,6% innerhalb von 10 Jahren. Die Aktualisierung dieser Untersuchung durch das Bundesamt für Naturschutz weist einen weiteren Rückgang der UVR in den alten Bundesländern auf 225 aus, entsprechend einem Flächenanteil von nur noch 14,2%. Diese Daten verdeutlichen den

ungebrochenen Trend der Entwicklung (auch wenn sich die aktuellen Werte nicht direkt mit den früheren Untersuchungen vergleichen lassen, denn es wurden teilweise andere Abgrenzungskriterien verwendet, um die Belange der Naturschutzes und der Landschaftspflege mit einzubeziehen, wodurch sich für einzelne Bundesländer sogar höhere Werte der UVR-Anzahl und des Flächenanteils als für 1987 ergeben). Es lassen sich die sechs Fragmentierungsphasen Perforation, Inzision, Durchschneidung, Zerstückelung, Verkleinerung und Auslöschung unterscheiden (Abb. 1).

### **Weitreichende Auswirkungen der Zerschneidung**

Die Zerschneidung der Landschaft durch linienhafte technische Infrastrukturanlagen wie Straßen, Bahnstrecken und Hochspannungsleitungen hat sehr vielfältige Folgen: Sie wirkt auf die Tier- und Pflanzenwelt, sie erhöht die Verlärmung, beeinflusst das Landschaftsbild und wirkt sich auf die Erholungsqualität einer Landschaft aus. Beispielsweise führt die Barrierewirkung für Tiere, die sich am Boden fortbewegen und nicht fliegen können, dazu, dass benachbarte Populationen oder auch Teile einer Population voneinander isoliert werden. Damit erhöht sie die Aussterbewahrscheinlichkeit, da der Austausch zwischen den Populationen unterbunden wird und die isolierten Populationen empfindlicher werden für äußere Störungen, z.B. für extreme Witterungsverhältnisse. Außerdem unterbindet die Barrierewirkung die Möglichkeit der Wiederbesiedelung, wenn in einem Habitat eine Population erst einmal erloschen ist. Das heißt, die Zerschneidung unterbindet die *Metapopulationsdynamik* und verringert damit die Resilienz von Tierpopulationen. Außer der Trennwirkung haben lineare Infrastrukturanlagen natürlich auch einen direkten Flächenbedarf, der für die Tier- und Pflanzenwelt oft einen totalen Habitatverlust oder Verlust von Teillebensräumen bedeutet.

Die Auswirkungen der Landschaftszerschneidung lassen sich zu sieben Problemfeldern zusammenfassen: Bodenverdichtung und -versiegelung, Veränderungen des Kleinklimas, Immissionen (Lärm, Abgase, Streusalz etc.), Wasserhaushalt, Tier- und Pflanzenwelt, Landschaftsbild, Folgen für die Landnutzung. Tabelle 1 listet einige Beispiele aus den letzten drei Bereichen auf. Es gibt drei verschiedene Typen der Landschaftsinanspruchnahme:

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

Die Angabe der direkten und der indirekten Flächeninanspruchnahme von linienhaften Infrastrukturanlagen kann die Struktur des "Netzes" der Zerschneidungslinien nicht ausdrücken, sondern diese stellt einen dritten Typ der Landschaftsveränderung dar. Als Konsequenz des netzartigen Charakters der Landschaftszerschneidung kann beispielsweise die Fläche des ungestörten Kernbereiches eines Habitats als Folge einer Zerschneidung überproportional stark schrumpfen, und die Erreichbarkeiten der verbleibenden Flächen können sich bei kontinuierlichem Längenwachstum der Zerschneidungslinien sprunghaft ändern (Tab. 1).

Problemfeld	Folgewirkungen von linienhaften technischen Infrastrukturanlagen	Typ des Landschaftsverbrauchs			
		Flächenbedarf		strukturelle Veränderungen	
		direkter	indirekter		
Boden und Boden- bedeckung	• Flächenbedarf für Fahrbahn, Straßenkörper und Straßenbegleitflächen	X			
	• Bodenverdichtung, Bodenversiegelung	X			
	• Veränderung der Geomorphologie (z.B. Schaffung von Einschnitten und Dämmen, Befestigung von Hängen)	X			
	• Vegetationsbeseitigung bzw. -veränderungen	X			
Kleinklima	• veränderte Temperaturverhältnisse (z. B. Aufheizung der Straße, größere Temperaturschwankungen)	X			
	• Kaltluftstau an Straßendämmen (Kaltluftseen)		X		
	• Änderungen des Feuchtegrades (z. B. geringere Luftfeuchtigkeit aufgrund erhöhter Einstrahlung, Staunässe auf Straßenbegleit- flächen infolge der Verdichtung)	X	X		
	• veränderte Lichtverhältnisse	X	X		
	• veränderte Windverhältnisse (z. B. Schneisen im Wald)	X	X		
	• Klimaschwelle	X		X	
Immissionen	• Abgase, Schadstoffe, düngende Stoffe		X		
	• Staub (Reifenabrieb, Bremsbeläge)		X		
	• Öl etc. (z. B. bei Verkehrsunfällen)	X	X		
	• Streusalz		X		
	• Lärm		X		
	• optische Reize, Beleuchtung		X		
Wasserhaus- halt	• Drainage, schnellerer Wasserabfluß	X			
	• Veränderung von Oberflächengewässern	X		X	
	• Absenkung oder Anhebung des Grundwasserspiegels		X		
	• Wasserverunreinigungen		X		
Flora / Fauna	• Tierverluste durch Straßentod (z.T. auch infolge Lockwirkung: "Falleneffekt")	X			
	• Unruhewirkung, Verlust von Rückzugsräumen		X	X	
	• Habitatverkleinerungen und -verluste; z.T. auch Neuschaffung	X			
	• Veränderungen des Nahrungsangebotes (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 Isola- tion, Inzuchteffekte, Abbruch evolutionärer Entwicklungsprozesse			X	
	• Unterschreitung von Minimalarealen, Artenverluste			X	
	• Ausbreitungsbänder, Eindringen neuer Arten, z.T. als Infektionswege		X	X	
	• verringerte Wirksamkeit natürlicher Feinde von Schädlingen in der Land- und Forstwirtschaft (d.h. Erschwerung der biologischen Schädlingsbekämpfung)			X	
	Landschafts- bild	• Verlärmung, optische Reize		X	
		• "Verstraßung", "Vermastung" und "Verdrahtung" der Landschaft		X	X
• Gegensätze und Brüche; aber z. T. auch Belebung der Landschaft (z. B. durch Alleen)		X	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	

Tab. 1: Beispiele für Auswirkungen der Landschaftszerschneidung durch linienhafte technische Infrastrukturen (ohne die Wirkungen der Baustelle wie Erdaushub und -ablagerungen, Erderschütterungen, akustische und

optische Störungen). "X" kennzeichnet den jeweiligen Typ der Landschaftsveränderung. Angegeben sind Folgewirkungen aus drei von insgesamt sieben Problemfeldern (ergänzt nach [3], S. 85).

### **Schwierigkeiten bei der Bewertung von Landschaftseingriffen**

Es fällt auf, dass die aktuellen Maßnahmenvorschläge inhaltlich kaum neu sind. Vor allem werden die Daten in aktualisierter Form vorgelegt (Trenddokumentation) und mit Bedauern kommentiert, aber sehr viel mehr scheint nicht zu passieren. Änderungen sind nicht in Sicht, ebensowenig grundlegend neue Maßnahmen, sondern der Konflikt verdichtet sich: Die Folgen der bisherigen Entwicklung sind feststellbar und führen zur Verstärkung der Warnungen vor weiteren Zerschneidungen und zur Verstärkung altbekannter Forderungen; gleichzeitig wird der Nutzungsdruck jedoch immer stärker, so dass in der Summe ein kontinuierliches Zurückdrängen des Umweltzieles resultiert. Ähnlich äussert sich der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) in seinem Umweltgutachten 1998: "Der Naturschutz bleibt damit im Gegensatz zu anderen Teilbereichen der Umweltpolitik weiterhin ein Politikfeld, dessen Anforderungen regelmäßig durch eine Abwägung mit anderen Belangen überwunden werden können." Bereits 1996 konstatierte der SRU in der Raumplanung eine einseitige Bevorzugung wirtschaftlicher Belange gegenüber ökologischen Belangen.

Um über den Bau von linienhaften Infrastrukturanlagen zu entscheiden, müssen die vielfältigen Konsequenzen, die diese Eingriffe für die Landschaft mit sich bringen, abgewogen werden gegenüber dem erwarteten Nutzen, aber auch gegenüber ethischen Forderungen – wie z.B. der Verteilungsgerechtigkeit bezüglich Nutzen und Belastungen – und gegenüber den Wertvorstellungen der Menschen, die von den Folgen betroffen sind bzw. die aufgrund ihrer Werthaltung die Folgen für relevant einschätzen. Dazu ist es nötig, – als "Zwischenschritt" zwischen der Prognose der Eingriffsfolgen (sowie der Folgen des Unterlassens des Eingriffs) und der Abwägung zwischen den verschiedenen Handlungsoptionen – die Optionen zu *bewerten*. Wann liegt ein "Eingriff" vor? Wann kann ein Eingriff als "ausgeglichen" gelten (Bilanzierung der Eingriffsfolgen und Ausgleichsmaßnahmen)? Wie hoch ist die Ausgleichsabgabe zu bemessen?

### **Drei Kernprobleme**

Das Bewertungsproblem bei der Beurteilung des Landschaftswandels ist durch drei Hauptschwierigkeiten gekennzeichnet:

#### **1. *Wirkungslosigkeit des Naturschutzes in der "Durchschnittslandschaft":***

Der wissenschaftliche Naturschutz hat zur Bewältigung von Bewertungsaufgaben bei der Ausweisung von Schutzgebieten eine Reihe von Kriterien wie Natürlichkeit, Seltenheit und Repräsentanz erarbeitet, um die Schutzbedürftigkeit von Arten und Biotopen zu beurteilen. Für *halbnatürliche, nutzungsabhängige Ökosysteme*, welche letztlich jene Landschaften prägen, die Naturschutz und Landschaftspflege erhalten wollen, fehlen flächige Schutzstrategien jedoch weitgehend, denn die Kriterien und Bewertungsmethoden des Naturschutzes greifen in der „Durchschnitts-“ oder „Gebrauchslandschaft“ nicht: Natürlichkeit, Gefährdung gemäß der Roten Liste, Unersetzbarkeit, Vielfalt, Seltenheit und Repräsentanz sind hier nicht zutreffend oder aufgrund der bisherigen raumwirksamen Eingriffe bereits so weit herabgesetzt worden, dass das Ergebnis gemäß *diesen* Kriterien kaum noch als schützenswert erscheint. Um zu beurteilen, inwieweit die Nutzung einer

„Gebrauchslandschaft“ beispielsweise dem Ziel der Nachhaltigkeit folgt, bedarf es daher anderer Kriterien, die es bisher jedoch noch nicht gibt.

## **2. Wert- und Zielkonflikte:**

Konflikte zwischen verschiedenen Raumnutzungsansprüchen und Prinzipienkonflikte auf der normativen Ebene lassen sich nicht in allgemeiner Form lösen. So kann die Forderung nach ökologischer Nachhaltigkeit z.B. mit dem Ziel der Sozialverträglichkeit kollidieren. Für eine sachgerechte, faire und nachvollziehbare Abwägung und Prioritätensetzung lassen sich Verfahrensregeln angeben – allerdings setzen die bestehenden Verfahrensvorschläge oft viel mehr Wissen voraus, als in der Realität vorhanden ist bzw. mit vertretbarem Aufwand gewonnen werden kann (z.B. über die Summenwirkungen), siehe Punkt 3. Die Abwägung zwischen verschiedenartigen Teilzielen – nutzbringende und nicht nutzbringende, kurzfristige und langfristige – und der Umgang mit Zielkonflikten bereitet oft große Probleme. Die Konflikte werden in der Lebenswelt meist erst auf der Maßnahmenebene sichtbar, wenn es um die Zuweisung von Finanzmitteln und anderen Ressourcen geht (als konkreter Ausdruck für die Gewichtung der Teilziele), sie sind jedoch oft durch tieferliegende Differenzen begründet. Insbesondere unterschiedliche Naturbilder und unterschiedliche Vorstellungen über die Stellung des Menschen in der Natur führen zu teils heftigem Dissens. Kompromisse sind auf dieser Ebene aber nur schwer möglich.

## **3. Unvollständigkeit des Folgenwissens:**

Aufgrund der unüberschaubaren Komplexität ökologischer Wechselbeziehungen lassen sich die Folgen von Landschaftseingriffen prinzipiell nur unvollständig prognostizieren (insbesondere Spätfolgen, Summenwirkungen). Die Prognoseunsicherheiten betreffen überwiegend die Umweltfolgen, nicht die Funktion und den Betrieb der technischen Anlagen selber. Dies erweist sich allerdings als ein systematischer Nachteil zulasten der Umwelt. Oftmals sind auch der Ist-Zustand (z.B. die Umweltfunktionen) und frühere Zustände der Landschaft nur lückenhaft ermittelbar. Die meisten Verfahren zur Eingriffsbewertung setzen jedoch dieses Folgenwissen voraus (z.B. die ökologische Risikoanalyse). Wegen der Lückenhaftigkeit des Folgenwissens bekommen *Differenzen auf der Wert- und Weltbildebene* ein umso höheres Gewicht, und der *Umgang mit Ungewissheit* wird zu einem Schlüsselproblem in den angewandten Umweltwissenschaften.

Für das Thema Landschaftszerschneidung spitzt sich die Situation in besonderer Weise zu, da die Mobilität – im Sinne von räumlichen Transporten – ein wesentliches Mittel für viele Aktivitäten in einer Gesellschaft ist und für viele Akteure ein hoch bewertetes Ziel darstellt. Inwieweit aber werden die Folgen der Landschaftszerschneidung – als Folge der hohen Mobilität – auch rational bewertet und verantwortet? Konkretisierung und Zuordnung von Verantwortung ist generell umso schwieriger, je weiter die Folgen von menschlichen Handlungen über den zwischenmenschlichen Nahbereich hinausgehen. Zudem ist die Frage nach der Verteilung von Nutzen und Schaden weiterer Erhöhung räumlicher Mobilität nicht leicht zu beantworten. Insbesondere führen manche Folgen hoher Mobilität – Zerteilung und Verlärmung von Erholungsgebieten oder sinkende Wohnqualität aufgrund hoher Pendlerströme – zu einem noch höheren Mobilitätswunsch, so dass die Zurechnung von Verantwortlichkeiten durch Überlagerungen und Mehrdeutigkeiten erschwert wird.

## **Unterbewertung von unsicheren Wirkungsbereichen**

Es zeigt sich, dass einerseits grundsätzliche Grenzen für die wirkungsorientierte Bewertung von Umwelteingriffen bestehen und dass es andererseits in der Eingriffsabwägung mehrere Wirkungsbereiche gibt, in denen die Eingriffsfolgen unbekannt oder unsicher sind und – in wesentlichem Maße aufgrund ihrer Unsicherheit – als "nicht entscheidungsrelevant" gelten. Das Wissen über die Folgewirkungen ist in Bereichen wie Metapopulationsdynamik, Nahrungsnetze und kumulative Wirkungen in der Regel unpräzise und lückenhaft. Gleichzeitig fehlt im begrifflichen Instrumentarium der Abwägung eine Differenzierung zwischen verschiedenen Arten von Unsicherheiten; potenzielle – aber schwer nachweisbare – Folgen im Bereich von Ungewissheit werden offenbar nicht ernstlich berücksichtigt. Angesichts der prinzipiellen Schwächen der wirkungsorientierten Bewertung erscheint ein solches Entscheidungsverfahren aus der Perspektive des Vorsorgeprinzips methodisch unvollständig, so dass die Spätfolgen, die Summenwirkungen und das Misslingen von Ausgleichsmaßnahmen bei der Eingriffsbilanzierung und der Festsetzung des Ausgleichs – insbesondere in der "Durchschnittslandschaft" – systematisch unterbewertet bzw. vernachlässigt werden. Die nach der UVP verbleibenden Unsicherheiten liegen vor allem im Bereich der *ökologischen* Folgewirkungen, während die *technischen* Aspekte des Eingriffes (Untergrundfestigkeit, Entwässerung, etc.) sehr gut bekannt und abgesichert sind.

Berücksichtigung finden am ehesten solche ökologischen Wirkungszusammenhänge, die sich mit technischen Mitteln steuern oder (wieder-)herstellen lassen; unsichere, komplexe und nicht prognostizierbare Wirkungen dagegen haben als Argumente in der Eingriffsabwägung offensichtlich einen wesentlich geringeren Stellenwert.

Für die kontinuierliche Zunahme der Landschaftszerschneidung tragen sowohl die geringe Gewichtung von unsicheren Wirkungsbereichen als auch der Wille der Gesellschaft bei, neue Verkehrswege auch im Wissen um die Folgewirkungen anzulegen.

## **Konzeptuelle Voraussetzungen für eine Verbesserung**

Zusammenfassend ergeben sich folgende Erfordernisse:

- Man sollte systematisch zwischen verschiedenen Arten von Unsicherheit unterscheiden, denn für jede Art von Unsicherheit ist im allgemeinen ein anderer Umgang angemessen. Umwelteingriffe führen häufig in die Unsicherheitsbereiche von "Unbestimmtheit" und "Unsicherheit i.e.S." [4]; entsprechend der jeweiligen Art von Unsicherheit kann z.B. zwischen den Begriffen "Risikofaktor" und "Gefährdungsfaktor" unterschieden werden.
- Es gibt eine Vielzahl von Unsicherheiten, für deren Bewertung man sich von der Wirkungsorientierung und vom Risikobegriff lösen sollte. Es besteht sonst die Gefahr, dass sie in der Praxis weiterhin als "Spekulationen" außer Acht gelassen werden. Für den Umgang mit Unsicherheiten müssen andere, gefährdungsorientierte Argumente im Entscheidungsprozess anerkannt werden.
- Für Umweltgefährdungen sollte man die Bewertung vorverlagern auf eine den Auswirkungen vorgeordnete Ebene (z.B. Exposition und Konfiguration) und dafür geeignete Kriterien entwickeln.
- Die Entwicklung weiterer Bewertungskriterien könnte sich an der Reversibilität oder Revidierbarkeit von Eingriffen und Entscheidungen sowie an der Leitidee der

"Fehlerfreundlichkeit" orientieren.

### **Praktische Lösungsvorschläge**

Im Einzelnen lassen sich für die weiteren *Arbeitsschritte zur praktischen Lösung des Problems der fortschreitenden Landschaftszerschneidung* die folgenden Vorschläge ableiten:

- *Erfolgskontrollen für die Eingriffsfolgen und die Ausgleichsmaßnahmen*: Wünschenswert ist eine bessere Erfassung der tatsächlichen Folgen des Eingriffs und der Ausgleichsmaßnahmen, wobei die dafür erforderlichen Monitoring-Maßnahmen quasi als *Ausgleich für die bestehenden Ungewissheiten* zu ergreifen sind (als Ausgleich für die Unsicherheit solange, bis genügend Sicherheit gewonnen wurde, ob ein weiterer Ausgleich noch nötig ist oder nicht).
- *Nachbesserungsverpflichtung*: Es sollte eine Nachbesserungspflicht für nachträglich festgestellte Schäden verankert werden (z.B. in der Planfeststellung), um auf diesem Weg die Verantwortung zumindest für die nachträglich erkannten Folgen zu erlangen. Diese Verpflichtung könnte mit einer Versicherungspflicht für unerwartete Folgen verbunden werden.
- *Netzbetrachtungen*: Neben der UVP für die Einzeleingriffe ist eine UVP für die Summenwirkungen erforderlich, z.B. als "Strategische UVP" oder "Plan-UV".
- *Verschlechterungsverbot für den Stand der "landscape connectivity"*: Die funktionalen Betrachtungen sollten vertieft werden. Insbesondere werden zuverlässige Maße für die "landscape connectivity" benötigt. Als ein nachhaltig zu sichernder Aspekt des Naturhaushaltes dürfte die "landscape connectivity" nicht mehr weiter herabgesetzt werden, sondern sie sollte kontinuierlich *gestärkt* werden.
- *Leitbildorientierte Planung statt bedarfsorientierter Planung*: Nachhaltigkeit bedeutet u.a., dass Landschaftsverbrauch und Landschaftszerschneidung nicht beliebig weiter fortgesetzt werden können. Daher sollten Zielvorstellungen entwickelt werden, wie künftige nachhaltige Verkehrssysteme aussehen könnten und welche Umbauszenarien sich im Sinne eines "backtracking" daraus ableiten lassen. Entsprechend sollte die Verkehrsplanung von der Nachfrageorientierung auf eine Zielorientierung umgestellt werden. Diese Überlegungen betreffen auch die Siedlungsentwicklung. Erste Vorschläge für solche Umbauszenarien für eine urbane Region im Schweizer Mittelland finden sich in [5].
- *Finanzierung der Nachbesserungsmaßnahmen für Summenwirkungen aus der Mineralölsteuer*: Folgen, die sich keinem bzw. mehreren Einzeleingriffen als ihre Ursache zurechnen lassen, sollten zukünftig durch Maßnahmen behoben oder gemindert werden, deren Kosten über die Mineralölsteuer allen Verkehrsteilnehmern/-innen anzulasten sind (d.h. entsprechend ihrer Fahrleistung).
- *Einstufung von UVR als Schutzgut*: Beschreibung und Anerkennung von UVR als Schutzgut, da sie ein gefährdetes Landschaftspotenzial beschreiben (Potenzial v.a. als Lebensräume für Tiere und als ruhige Erholungsräume für Menschen).
- *Einführung von Grenzwerten oder Zielwerten für die Landschaftszerschneidung*: Das Instrumentarium für die Festlegung von Grenz- oder Zielwerten sollte entsprechend den verschiedenen Planungsebenen entwickelt werden [1]. In Pilotprojekten sollte überprüft werden, ob sich eher Zielwerte oder Grenzwerte für das Erreichen einer Trendwende in



der Landschaftszerschneidung eignen.

- *Quantitative Bilanzierung von Neuzerschneidungen und Aufhebungen von Zerschneidungen* (mit dem Ziel einer Begrenzung der Umweltgefährdung).
- *Erstellung von Zerschneidungskarten*: Eine Darstellung des Zerschneidungsgrades in Karten kann die Gefährdungssituation durch Farbabstufungen verdeutlichen und ermöglicht die Identifikation von sensiblen Bereichen, die durch weitere Zerschneidungen besonders gefährdet sind. Der Vergleich von Gebieten mit vergleichbarer naturräumlicher Ausstattung und ähnlicher Besiedlungsdichte führt zur Ermittlung typischer Wertebereiche der Zerschneidungsmaße in verschiedenen Arten von Räumen, die als Orientierung bei der Aufstellung von Zielwerten dienen können.
- *Arten-Zerschneidungsgrad-Korrelationen*: Falls es gelingt, empirische Korrelationen zwischen der Artenzahl und den Werten der Zerschneidungsmaße nachzuweisen, so könnte sich die Festlegung von Richt- und Zielwerten für die Landschaftszerschneidung auch an landschaftsspezifischen Zielarten orientieren.
- *Moratorium in der Landschaftszerschneidung*: Um die Langfristfolgen und Summenwirkungen der bisherigen Zerschneidungen zu untersuchen und weitere unbeabsichtigte irreversible Artenverluste und Lebensraumverluste zu vermeiden, wäre ein Moratorium für weitere Zerschneidungen eine sinnvolle Maßnahme. Die praktische Relevanz der neuen Zerschneidungsmaße  $D$ ,  $S$  und  $m_{\text{eff}}$  wird sich vor allem in der Bilanzierung von Neuzerschneidungen und Aufhebungen von Zerschneidungen hinsichtlich des Zerschneidungsgrades erweisen. Ein zweiter wichtiger Bereich für die praktische Anwendung der neuen Maße ist die Aufstellung von *Landschaftsleitbildern*: Zur Konkretisierung der Leitbilder bietet sich die Aufnahme von Orientierungswerten oder Zielwerten für die Landschaftszerschneidung in die neuen Leitbilder an.

### **Projekt in Baden-Württemberg**

Dr. Jochen Jaeger und Frau Dipl.-Geogr. Heide Essewein haben in enger Zusammenarbeit mit Dr. Hans-Georg Schwarz-von Raumer vom Institut für Landschaftsplanung und Ökologie der Universität Stuttgart und mit Herrn Manfred Müller von der Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) in Karlsruhe den Grad der Landschaftszerschneidung von ganz Baden-Württemberg berechnet [6, 7]. Die Arbeitsgruppe hat zudem die zeitliche Entwicklung der Landschaftszerschneidung im Laufe der letzten 70 Jahre auf der Grundlage historischer Karten von Baden-Württemberg ermittelt [7]. Dazu haben sie die neue Methode der effektiven Maschenweite ( $m_{\text{eff}}$ ) eingesetzt, die J. Jaeger in seiner Promotionsarbeit entwickelt hat und im neuen Arbeitsbericht "Quantifizierung und Bewertung der Landschaftszerschneidung" erläutert hat [8]. Die Ergebnisse werden für den Statusbericht zur Nachhaltigkeit in Baden-Württemberg [9] sowie im Umweltbericht der LfU eingesetzt. Eine Darstellung der Ergebnisse erfolgte ausserdem in einer Kurzinformation [10].

### **Zitierte Literatur**

- [1] Jochen JAEGER (2001): **Beschränkung der Landschaftszerschneidung durch die Einführung von Grenz- oder Richtwerten**. – *Natur und Landschaft* 76(1): 26-34.
- [2] Jochen JAEGER (2000): **Landscape division, splitting index, and effective mesh size: New measures of landscape fragmentation**. – *Landscape ecology* 15(2): 115–130.

- [3] Jochen JAEGER (1999): **Gefährdungsanalyse der anthropogenen Landschaftszerschneidung**. Diss ETH Zürich Nr. 13503 (Departement für Umweltnaturwissenschaften).
- [4] Jochen JAEGER (2000): **Bedarf nach Unsicherheits-Unterscheidungen. Eine empirische Untersuchung zum Umgang mit Unsicherheit bei der Eingriffsbewertung**. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* **32**(7): 204-212
- [5] Peter BACCINI, Franz OSWALD (Hrsg.) (1998): **Netzstadt: Transdisziplinäre Methoden zum Umbau urbaner Systeme**. Vdf Hochschulverlag Zürich.
- [6] Jochen JAEGER, Heide ESSWEIN, Hans-Georg SCHWARZ-VON RAUMER, Manfred MÜLLER (2001): **Landschaftszerschneidung in Baden-Württemberg – Ergebnisse einer landesweiten räumlich differenzierten quantitativen Zustandsanalyse**. – *Naturschutz und Landschaftsplanung* **33**(10): 305 - 307
- [7] Jochen A.G. JAEGER, Hans-Georg SCHWARZ-VON RAUMER, Heide ESSWEIN, Manfred MÜLLER, Manfred SCHMIDT-LÜTTMANN (2007): **Time series of landscape fragmentation caused by transportation infrastructure and urban development: a case study from Baden-Württemberg (Germany)**. – *Ecology and Society* **12**(1): 22. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss1/art22/>
- [8] Jochen JAEGER (2001): **Quantifizierung und Bewertung der Landschaftszerschneidung**. Arbeitsbericht der Akademie für Technikfolgenabschätzung Nr. 167 (Januar 2001).
- [9] Ortwin RENN, Christian LEÓN, Günther CLAR (2000): **Nachhaltige Entwicklung in Baden-Württemberg. Statusbericht 2000 – Langfassung**. Arbeitsbericht Nr. 173 der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Stuttgart.
- [10] KRANZ, B., JAEGER, J., ESSWEIN, H. (2002): *Flächenzerschneidung in Baden-Württemberg. Neuauflage mit Zeitreihen 1930 – 1998*. Kurzinformation der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg. Selbstverlag, Stuttgart, 20 S.

### **Weiterführende Literatur**

- JAEGER, J. (2002): *Landschaftszerschneidung. Eine transdisziplinäre Studie gemäß dem Konzept der Umweltgefährdung*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. ISBN 3-8001-3670-8. 447 S.
- JAEGER, J. (2003): II-5.3 Landschaftszerschneidung. - In: KONOLD, W., R. BÖCKER, U. HAMPICKE (Hrsg.) (1999 ff.): *Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege*. 11. Erg.-Lieferung. Ecomed-Verlag, Landsberg.
- ESSWEIN, H., JAEGER, J., SCHWARZ-VON RAUMER, H.-G. (2003): Der Grad der Landschaftszerschneidung als Indikator im Naturschutz: unzerschnittene verkehrssarme Räume (UZR) oder effektive Maschenweite ( $m_{\text{eff}}$ )? – In: *Naturschutz-Indikatoren/Neue Wege im Vogelschutz*. NNA-Berichte **16**(2): 53-68.
- JAEGER, J.A.G., FAHRIG, L. (2004): Effects of road fencing on population persistence. – *Conservation Biology* **18**(6): 1651-1657.
- JAEGER, J. (2004): VII-12 Zerschneidung der Landschaft durch Verkehrswege und Siedlungsgebiete. – In: KONOLD, W., R. BÖCKER, U. HAMPICKE (Hrsg.) (1999 ff.): *Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege*. 14. Erg.-Lieferung. Ecomed-Verlag, Landsberg.
- JAEGER, J.A.G., BOWMAN, J., BRENNAN, J., FAHRIG, L., BERT, D., BOUCHARD, J., CHARBONNEAU, N., FRANK, K., GRUBER, B., TLUK VON TOSCHANOWITZ, K. (2005): Predicting when animal populations are at risk from roads: an interactive model of road avoidance behavior. – *Ecological Modelling* **185**(2-4): 329-348.
- JAEGER, J., GRAU, S., HABER, W. (Hrsg.) (2005): Landschaftszerschneidung: Von der Problemerkennung zum Handeln. Themenschwerpunktheft der Zeitschrift *GAIA*, vol. 14(2), 120 S.
- MOSER, B., JAEGER, J.A.G., TAPPEINER, U., TASSER, E., EISELT, B. (2007): Modification of the effective mesh size for measuring landscape fragmentation to solve the boundary problem. – *Landscape Ecology* **22**(3): 447-459 (doi: 10.1007/s10980-006-9023-0).

- ROEDENBECK, I.A., JAEGER, J. (Hrsg.) (2006): Straßenökologische Forschung. Themenheft der Zeitschrift *Naturschutz und Landschaftsplanung*, vol. 38(10-11): 293-356.
- JAEGER, J. (2006): Wie wirken Minderungsmaßnahmen zur Entscheidung auf Wildtierpopulationen? Simulation von Überlebenswahrscheinlichkeiten – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 38(10-11): 323-329.
- JAEGER, J.A.G., BERTILLER, R., SCHWICK, C., MÜLLER, K., STEINMEIER, C., EWALD, K.C., GHAZOUL, J. (2008): Implementing landscape fragmentation as an indicator in the Swiss Monitoring System of Sustainable Development (MONET). – *Journal of Environmental Management* 88(4): 737-751.
- BERTILLER, R., SCHWICK, C., JAEGER, J. (2007): *Landschaftszerschneidung Schweiz: Zerschneidungsanalyse 1885-2002 und Folgerungen für die Verkehrs- und Raumplanung*. ASTRA-Bericht Nr. 1175, Bundesamt für Strassen (Forschungsauftrag ASTRA 2004/012), Eigenverlag, Bern, 229 S. Erhältlich online:  
<http://www.bafu.admin.ch/landschaft/00522/01657/index.html?lang=de>
- JAEGER, J., BERTILLER, R., SCHWICK, C. (2007): *Landschaftszerschneidung Schweiz: Zerschneidungsanalyse 1885-2002 und Folgerungen für die Verkehrs- und Raumplanung*. Kurzfassung. Bundesamt für Statistik, Neuchâtel, Bestellnr. 866-0200, 36 S.
- Deutsche Fassung, Bestellnr. 866-0200. Online:  
<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/02/22/publ.html?publicationID=2990> und  
[http://www.bafu.admin.ch/publikationen/index.html?action=show\\_publ&lang=D&id\\_thema=20&series=DIV&nr\\_publ=8409](http://www.bafu.admin.ch/publikationen/index.html?action=show_publ&lang=D&id_thema=20&series=DIV&nr_publ=8409) (für alle drei Sprachen)
  - Englische Fassung: Degree of landscape fragmentation in Switzerland: Quantitative analysis 1885-2002 and implications for traffic planning and regional planning. Bestellnr. 868-0200.  
<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/en/index/themen/02/22/publ.html?publicationID=2992>
  - Französische Fassung: Morcellement du paysage en Suisse: Analyse du morcellement 1885-2002 et implications pour la planification du trafic et l'aménagement du territoire. Bestellnr. 867-0200.  
<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/02/22/publ.html?publicationID=2991>
- GIRVETZ, E.H., THORNE, J.H., BERRY, A.M., JAEGER, J.A.G. (2008): Integration of landscape fragmentation analysis into regional planning: A statewide multi-scale case study from California, USA. – *Landscape and Urban Planning* 86: 205-218.