

Landschaftszerschneidung in Ballungsräumen Was wissen wir über die Wirkungen auf Natur und Mensch?

Manuela Di Giulio, Silvia Tobias, Rolf Holderegger

Heute leben achtzig Prozent der Menschen in Europa in Städten. In den letzten 40 Jahren wuchs die städtische Bevölkerung doppelt so stark wie die ländliche. Noch stärker als die Stadt-Bevölkerung ist jedoch die Fläche gewachsen, die Städte und Agglomerationen einnehmen. Zwischen 1980 und 2000 wuchs

die städtische Bevölkerung um sechs Prozent, die Siedlungsfläche hingegen um zwanzig Prozent, wobei sich Wohngebiete besonders stark ausdehnten. Dies führt zur zunehmenden Zersiedelung der Landschaft (Abb. 1. Literatur 1, 2). Obwohl Ballungsräume grosse Flächen einnehmen und heute die Alltagslandschaft der meisten Europäer und Europäerinnen darstellen, sind sie hinsichtlich Landschaftszerschneidung, sowohl ökologisch als auch sozialwissenschaftlich, kaum untersucht (3, 4).

In Ballungsräumen werden Landschaften intensiv genutzt und erfüllen viele Funktionen, zum Beispiel Naherholung für die städtische Bevölkerung oder land- und forstwirtschaftliche Produktion. Gleichzeitig ist die biologische Vielfalt stark gefährdet, weil viele naturnahe Lebensräume auf kleine Flächen reduziert sind (1, 5). In Ballungsräumen braucht es deshalb eine «innere» Entwicklung, welche diese Landschaften sowohl für die Natur als auch den Menschen aufwertet. Das vorliegende Merkblatt arbeitet den Kenntnisstand zu den Auswirkungen der Landschaftszerschneidung aus ökologischer und sozialwissenschaftlicher Sicht für Ballungsräume auf und fasst ihn kurz zusammen. Es zeigt auf, wie sich die ökologischen und gesellschaftlichen Ziele hinsichtlich der Strukturierung der Landschaft ergänzen oder widersprechen, und es wird abgeleitet, wie die Bedürfnisse von Gesellschaft und Natur bei der Entwicklung der Landschaft in Ballungsräumen berücksichtigt werden können.

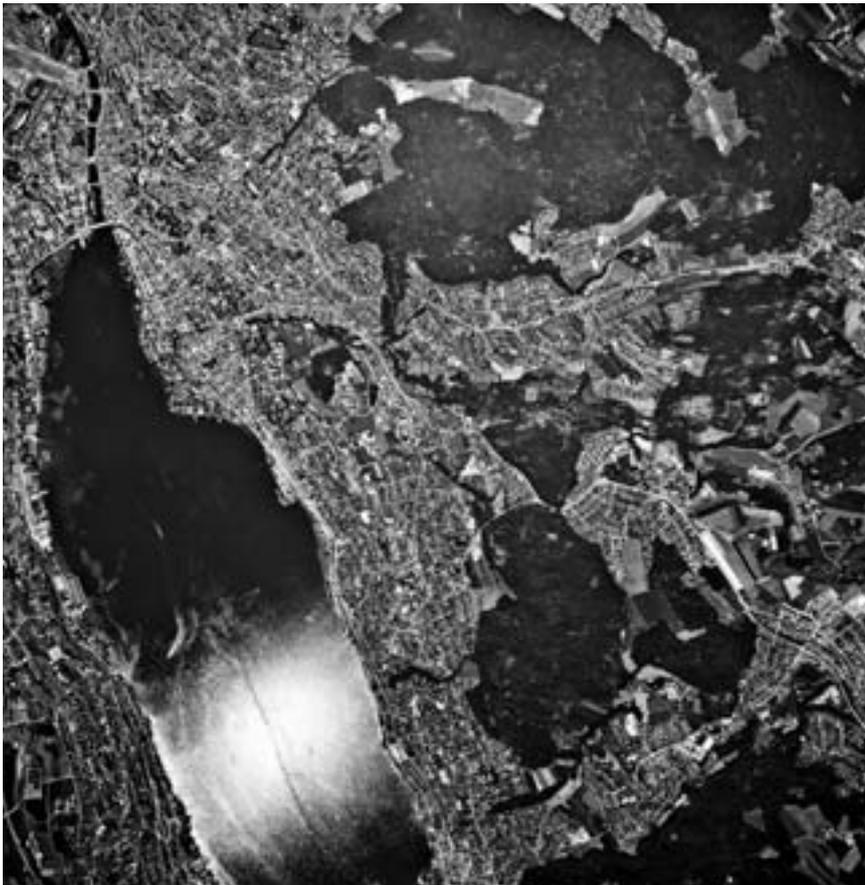


Abb. 1. Zürich und nördlicher Teil des Zürichsees. Im Jahr 2000 zählten jede dritte Schweizer Gemeinde und 5,3 Mio. Einwohner zum städtischen Raum. Alleine die Agglomeration Zürich hatte mehr als 1 Mio. Einwohner. Aus der Vogelperspektive sind die Gemeinden nicht mehr durch klare Grenzen getrennt: die Siedlungen dehnen sich flächendeckend aus.

(Bild: Luftaufnahme des Bundesamtes für Landestopografie vom 8. 6. 2000, Fotothek Wabern, Fluglinie 2000245001, Bild Nr. 4744).

Ökologische Folgen der Landschaftszerschneidung

Die Zerschneidung von Lebensräumen ist ein dynamischer Prozess, dessen Auswirkungen sich zwischen Arten, Landschaftstypen, räumlichen Skalen und geographischen Regionen unterscheiden (6, 7). Während des Zerschneidungs-Prozesses kommt es einerseits zu einer Verkleinerung der Lebensraumfläche und andererseits zur eigentlichen Zerschneidung, also einem Auseinanderbrechen des Lebensraums in kleine, isolierte Flächen. Die meisten Studien haben den Verlust an Lebensraumfläche und die Aufsplitterung von Lebensräumen nicht voneinander getrennt, was zu widersprüchlichen Resultaten führte. Neue Studien zeigen, dass die Auswirkungen des Flächenverlusts jene der eigentlichen Zerschneidung übertreffen. Das bedeutet, dass für die Überlebensfähigkeit von Pflanzen- und Tierpopulationen, die Grösse der Lebensraumfläche in einer Landschaft, mindestens kurzfristig, wichtiger ist als die räumliche Distanz zwischen den Lebensraumfragmenten (8, 9, 10).

Durch die Lebensraumzerschneidung werden die einzelnen Lebensraumflächen oft zu klein um lokale Populationen zu erhalten. Arten, welche die Flächen zwischen den verbliebenen Lebensräumen nicht queren können, sind dann auf eine Anzahl zu kleiner Lebensräume beschränkt (Abb. 2). Dies reduziert langfristig die Überlebenswahrscheinlichkeit einer Art in einem Gebiet. Davon sind vor allem Spezialisten mit hohen spezifischen Ansprüchen an den Lebensraum betroffen, da diese auf naturnahe Lebensräume (siehe Box) beschränkt sind (9). Die Zerschneidung führt zudem zu physischen Veränderungen und dadurch zu einer Verminderung der Qualität der Lebensräume (7). In Ballungsräumen sind Lebensräume häufig durch Strassen, Siedlungen oder intensiv genutztes Landwirtschaftsland getrennt. Diese Landnutzungen stellen für viele Arten Barrieren dar und führen zur Isolation von Populationen (11, 12).

Landschaftszerschneidung durch Siedlungen

Die Ausdehnung von Siedlungen führt zum Verlust an naturnahen Lebensräumen. Die trennende Wirkung von Sied-

lungen ist aber kaum untersucht. Einzelne Studien zeigen, dass Populationen von Tierarten, welche mehrere Lebensraumtypen benötigen und deshalb grössere Strecken wandern, durch Siedlungsflächen isoliert werden. In städti-

schen Gebieten sind zum Beispiel die Lebensräume von Grasfrosch und Erdkröte isoliert und der Austausch von Erbgut zwischen den Populationen vermindert (Abb. 3, 13, 14). Kleine, sesshafte Arten hingegen scheinen durch

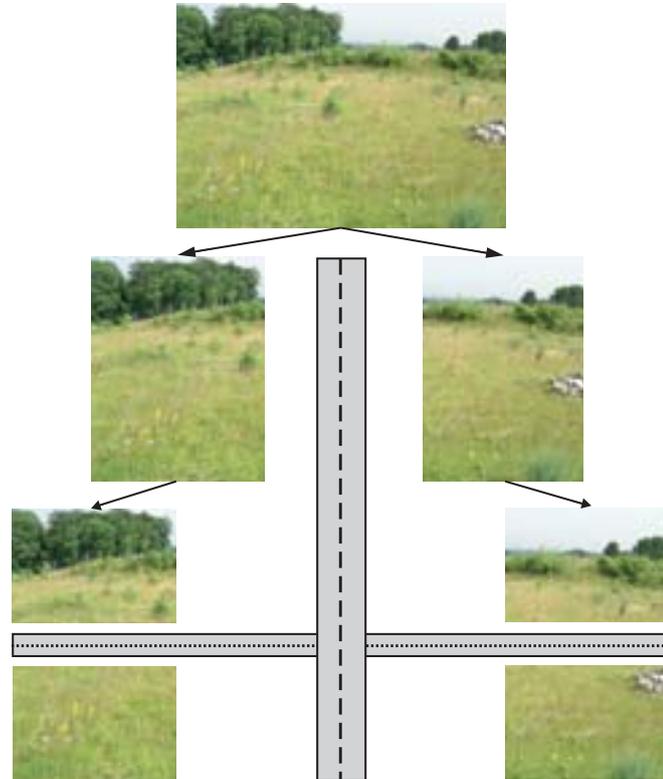


Abb. 2. Die Zerschneidung von Lebensräumen führt zu kleinen Restflächen, die durch Strassen und andere Landnutzungen mit starker Barrierewirkung isoliert werden. Lebensraumspezialisten werden dadurch auf Flächen beschränkt, die zu klein sind für längerfristig überlebensfähige Populationen. In realen Landschaften ist die Zerschneidung vor allem auch mit dem Verlust an Lebensraumflächen verbunden.



Abb. 3. Erdkröten (*Bufo bufo*) auf dem Weg zu den Laichgewässern. In städtischen Gebieten ist die Wanderung von Erdkröten durch versiegelte Flächen wie Strassen und Parkplätze beeinträchtigt. Der Austausch von Erbgut zwischen Populationen wird dadurch verhindert und führt zur genetischen Isolation einzelner Populationen (Bild: Albert Krebs, Agasul).

Erklärungen zu verwendeten Begriffen

Naturnahe Lebensräume

Naturnahe Lebensräume sind einerseits extensiv bewirtschaftete Lebensräume wie extensiv genutzte Wiesen und Weiden sowie Hochstamm-Obstgärten. Andererseits sind es Strukturelemente wie Hecken, Einzelbäume, Totholz, Ast- und Steinhäufen sowie Trockenmauern. Sie werten die Landschaft auf und stellen für zahlreiche Tiere Schutzstrukturen sowie Überwinterungs- und Eiablageplätze dar.

Zielarten

Zielarten dienen dazu, Schutzziele zu formulieren und deren Erfolg zu überprüfen. Es sind gefährdete Arten, die durch spezifische Massnahmen erhalten und gefördert werden sollen. Das Schutzziel ist die Erhaltung und Förderung der Art selbst. Steht die Erhaltung oder Aufwertung eines Lebensraumes im Vordergrund, werden Leitarten eingesetzt, die charakteristisch sind für diesen Lebensraum.

die Siedlungsflächen wenig beeinträchtigt zu werden. So werden Populationen von gewissen Kleinschmetterlingen, die auf Eichen leben, nicht durch Siedlungsflächen getrennt. Bereits wenige Eichen stellen für diese Kleintiere einen genügend grossen Lebensraum für dauerhafte Populationen dar (15).

Landschaftszerschneidung durch Verkehrswege

Der Bau von Strassen führt zum Verlust an naturnahen Lebensräumen und zur Zerschneidung der Landschaft. Die Wirkungen von Strassen und Verkehr hängen von verschiedenen Faktoren ab, zum Beispiel Breite und Beschaffenheit der Strasse, Lärm, Bewegungen und Licht, die durch den Verkehr verursacht werden, aber auch vom Verhalten der Tiere. Strassen zerschneiden die Landschaft vieler Tierarten, weil sie als Barrieren wirken und weil der Verkehrstod Populationen isoliert (16, 17).

Trennwirkung

Wenn Strassen als Barrieren wirken, beeinträchtigen sie die Wanderung von Tieren. Fortpflanzungspartner, Nahrung oder Nistplätze werden für Individuen, die Strassen nicht queren können,

unerreichbar (Abb. 4). Dies kann die Fortpflanzungs- und Überlebensrate reduzieren und die Überlebensfähigkeit gesamter Populationen gefährden. Die Barrierewirkung trifft besonders Tierarten, welche Strassen meiden, mehrere Lebensräume brauchen und über lange Distanzen wandern. Bereits die Beschaffenheit der Strassenoberfläche kann Laufkäfer und andere Kleintiere, welche hauptsächlich zu Fuss unterwegs sind, vom Überqueren einer Strasse abhalten (18, 19, 20).

Verkehrstod

Jedes Jahr kommt eine grosse Anzahl Tiere durch den Verkehr um (21). Die Anzahl der Verkehrstopfer alleine ist aber wenig aussagekräftig, da eine geringe Zahl auch mit einem Bestandesrückgang oder in dem (Meide-)Verhalten der Tiere begründet sein kann (22). Bei gewissen Arten kann die Verkehrsmortalität Populationen gefährden. Zum Beispiel beim Dachs: In Dänemark wird die jährliche Verkehrsmortalität auf zehn Prozent der Gesamtpopulation geschätzt und in Grossbritannien ist der Verkehr die wichtigste Todesursache beim Dachs (Abb. 5, 23, 24). Auch viele Amphibien-Arten sind durch den Verkehr gefährdet. Lokal können bis zu zehn Prozent der Adulten wegen

des Verkehrs sterben. Amphibien sind durch ihre regelmässigen Wanderungen zwischen Sommer- und Winterlebensräumen besonders anfällig für den Verkehrstod (25, 26).

Isolation von Populationen

Populationen, die von Strassen umgeben sind, erhalten weniger Einwanderer aus anderen Populationen, was den Genfluss reduziert und die Gefahr von Inzucht erhöht. Kleine Populationen ha-



Abb. 5. Ein Dachs (*Meles meles*) vor seinem Bau. Auf Strassen kommen jedes Jahr viele Dachse durch den Verkehr um. Der Verkehrstod führt zur Zerschneidung von Populationen, weil sie dadurch isoliert werden (Bild: Felix Labhardt, Basel).



Abb. 4. Autobahn A 1 bei Winterthur. Autobahnen haben eine starke Barrierewirkung für viele Tierarten. Zäune und hohe Verkehrsdichten erhöhen die Trennwirkung von Strassen zusätzlich.



Abb. 6. Ein Laufkäfer der Art Goldleiste (*Carabus violaceus*). Autobahnen und andere verkehrsreiche Strassen hindern die Wanderung dieses Laufkäfers. Der Austausch von Erbgut zwischen Populationen, welche sich auf verschiedenen Seiten von Strassen befinden, wird dadurch unterbrochen. Die genetische Vielfalt innerhalb der isolierten Populationen nimmt nach dem Bau der Strasse ab (Bild: Heiko Bellmann, Lonsee).

ben eine erhöhte Wahrscheinlichkeit auszusterben und isolierte Flächen werden nach dem Aussterben kaum wieder besiedelt (27, 28). Bei Kleinsäugetern, Fröschen und Laufkäfern konnte nachgewiesen werden, dass Strassen Populationen genetisch trennen und innerhalb der Populationen zum Verlust an genetischer Vielfalt führen (Abb. 6, 29, 30, 31).

Quantifizierung der Landschaftszerschneidung

Bisher wurden über hundert Masse entwickelt, um Landschaftsmuster zu quantifizieren. Die meisten Masse können mit Software-Programmen einfach berechnet werden. Die Anwendung dieser Masse und ihre ökologische Deutung hingegen sind schwierig und können zu irreführenden Folgerungen führen (32). Viele Studien beschreiben und quantifizieren Landschaftsmuster (z.B. Länge der Grenzlinie um eine Waldfläche), vernachlässigen aber die Beziehung zwischen Mustern und ökologischen Prozessen (z.B. Veränderung der Waldrandvegetation infolge Veränderung der Grenzlinienlänge). Das Vorhandensein einer solchen Beziehung wird meist angenommen aber kaum nachgewiesen. Ohne einen solchen Nachweis bleiben Landschaftsmasse nur Zahlen ohne ökologische Bedeutung (33, 34).

Zerschneidungsmasse

Die meisten Masse, die zur Erfassung der Landschaftszerschneidung verwendet werden, sind stark miteinander korreliert, weil sie aufgrund derselben Grunddaten berechnet werden. Zudem vermag keines dieser Masse die räumliche Anordnung der Lebensraumflächen zu erfassen (35). Die Zerschneidungsmasse, welche in vielen Studien zur Messung der Landschaftszerschneidung verwendet werden, eignen sich besser, um die gesamte Lebensraumfläche als die Zerschneidung einer Landschaft zu erfassen (36, 37). Seit ein paar Jahren gibt es spezifische Zerschneidungsmasse (z. B. die effektive Maschenweite m_{eff}), die wegen ihren Eigenheiten und ihrer einfachen Deutbarkeit, besser interpretierbare Resultate liefern (38). Ihre ökologische Bedeutung wird in neuen Arbeiten geprüft (39).

Schwellenwerte

Die Auswirkungen des Verlusts an Lebensraumflächen sind wichtiger als jene der eigentlichen Zerschneidung (Abb. 2, 9). Theoretische Arbeiten weisen daraufhin, dass es kritische Werte, so

genannte Schwellenwerte, in der Landschaftszerschneidung gibt. Bei diesen Schwellenwerten wird die Bedeutung der eigentlichen Zerschneidung wichtiger als jene des Verlusts an Lebensraumflächen in einer Landschaft. Da die meisten ökologischen Studien nicht zwischen Lebensraumverlust und Zerschneidung unterschieden haben, gibt es aber noch keine eindeutigen Nachweise für Zerschneidungsschwellenwerte (9).

Wirkungen von Landschaftszerschneidung auf den Menschen

Welchen Einfluss Landschaftszerschneidung auf Menschen hat, ist nicht untersucht (Abb. 7). Mögliche Wirkungen können von der Landschaftspräferenzforschung abgeleitet werden. Diese untersucht, wie Menschen Landschaften wahrnehmen und bewerten.

Nach den bisherigen Erkenntnissen gibt es eine biologische und eine kulturelle Art des Landschaftserlebnisses (40). Bei der biologischen Art, werden zwei grundlegende Ansätze beschrieben, welche die Vorliebe von Menschen



Abb. 7. Schulkinder beim Pflanzen von jungen Bäumen auf der Überdeckung der Autobahn A3 in Zürich-Wollishofen. Die Überdeckung dient als Naherholungsgebiet für die lokale Bevölkerung, aber auch als Grünbrücke für Tiere, welche den Entlisbergwald aufsuchen. Über die Wirkung solcher «Entschneidungsmassnahmen» auf das Landschaftsbild und das Landschaftserlebnis ist nichts bekannt (Bild: Ulrich Ammann, Grün Stadt Zürich).

für gewisse Landschaftstypen erklären. Der erste Ansatz nimmt an, dass Menschen aufgrund ihrer Evolution eine vererbte Vorliebe für naturnahe Landschaftstypen haben (41). Der zweite Ansatz verweist darauf, dass naturnahe Landschaften eine erholsame Wirkung auf Menschen haben (42). Die biologische Art des Landschaftserlebnisses eignet sich, um allgemeine Eigenschaften von vom Menschen bevorzugten Landschaften zu beschreiben: Wenn eine Landschaft eine ausgewogene Mischung aus Offenland und Baumbestand aufweist, vielfältig ist und einen klaren Zusammenhang der Landschaftselemente (z.B. Hecken, Bäume, Kulturflächen) zeigt, wird sie den meisten Menschen gefallen. Das Vorhandensein von Wasser ist dabei zentral (43, 44).

Landschaften, aber auch einzelne Landschaftselemente, können eine kulturelle Bedeutung haben und Symbolträger sein. Beispiele sind Kirchen und

Burgen oder natürliche Elemente wie Einzelbäume (z.B. Dorflinde). Über das Landschaftsbild lässt sich so gesellschaftliche Identität herstellen und festigen. Das Landschaftsbild dient als externes Gedächtnis und erinnert die Bewohner an ihre persönlichen Erfahrungen, Werte und ihr Zugehörigkeitsgefühl (45, 46). Eine positive Beziehung zwischen der Bevölkerung und ihrer Umgebung führt zu Ortsbindung und -identität. Ortsbindung wiederum ist für das Erfahren von Erholung wichtig: Lieblingsplätze haben eine erholsame Wirkung auf Menschen. Gefühle, die damit assoziiert werden, sind Entspannung, Ruhe, Wohlbefinden, Freude, Vergessen von Sorgen und Reflexion über Persönliches. Lieblingsplätze stehen häufig mit Wasser, Grün, Natur und weiteren landschaftlichen Qualitäten in Beziehung (47, 48). In stark besiedelten Landschaften ist die kulturelle Art des Landschaftserlebnisses besonders wichtig, weil der Bezug, den Menschen zu

ihren eigenen Spuren in der Landschaft aufgebaut haben, zur Entstehung von Ortsbindung beiträgt (40, 43). Neue Untersuchungen zeigen, dass städtische Landschaften, welche die Bedürfnisse der lokalen Bevölkerung nicht erfüllen, Ortsbindung und Ortsidentität reduzieren (49).

Landschaftsveränderungen

In vielen dicht besiedelten Regionen Europas dehnen sich Städte an den Rändern stark aus (Abb. 8). Über die Wirkungen dieser Entwicklung auf das Landschaftserlebnis ist nur wenig bekannt (50, 4). Veränderungen der Landschaft werden von der lokalen Bevölkerung nicht grundsätzlich abgelehnt. Sie gehören zur Entwicklung einer Landschaft und werden oft mit Fortschritt in Verbindung gebracht. Solange die Veränderungen einen persönlichen Nutzen, einen Nutzen für die Gesellschaft oder für eine bestimmte Bevölkerungs-



Abb. 8. Liestal in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts und im Jahr 2000 (52). In der Schweiz dehnen sich Städte seit 1950 stark aus. Das starke Wachstum ist mit einer Veränderung des Ortsbilds und der Lebensraumqualität der Einwohner verbunden (Bild oben: Karl Lüdin (?), Fotoarchiv Druckerei Lüdin AG, Liestal; Bild unten: Karl Martin Tanner, Seltisberg).

gruppe mit sich bringen, werden sie im Allgemeinen positiv bewertet. Viele Menschen wünschen sich jedoch eine Balance zwischen Entwicklung und Bewahrung. Es gibt Landschaftselemente, die für die lokale Bevölkerung eine

wichtige Rolle spielen, da sie ein Symbol darstellen und die emotionale Ortsbezogenheit stärken. Solche Landschaftselemente ermöglichen den Menschen, eine Ortsidentität zu entwickeln und eine Kontinuität zwischen Vergangen-

heit und Zukunft aufrecht zu erhalten. Der Verlust und die Veränderung solcher Elemente werden mehrheitlich abgelehnt, weil sie zu einem Bruch zwischen Vergangenheit und Zukunft führen (51, 4).

Was wir heute wissen

Vermeidung ökologischer Schäden

- Lebensraumanteil und -qualität sind, zumindest kurzfristig, wichtiger für die Überlebensfähigkeit vieler Tier- und Pflanzenpopulationen als die räumliche Anordnung der einzelnen Flächen. Die Landschaftsplanung sollte daher Strategien verfolgen um Lebensraumanteil und -qualität in der Landschaft zu erhöhen. Bei der Schaffung neuer Lebensräume ist die räumliche Anordnung der Lebensräume wichtig, damit Pflanzen und Tiere diese möglichst rasch besiedeln können.
- Da kleine Flächen einen höheren Randanteil haben und deshalb stärker durch die Zerschneidung beeinträchtigt werden, sollte die Fläche der bestehenden Lebensräume vergrößert werden, bzw. neue Flächen möglichst gross geplant werden. Die Fläche zwischen naturnahen Lebensräumen sollte für Tiere durchlässiger gemacht werden. Da die Ansprüche an Flächengrösse sowie an Lebensraumqualität und -fläche artspezifisch sind, müssen Zielarten und -grössen (siehe Box S. 3) genau festgelegt und die Massnahmen entsprechend geplant werden.
- Strassen haben einen starken Zerschneidungseffekt auf die Populationen vieler Tiere. In Ballungsräumen ist die Strassendichte hoch und das Verkehrsvolumen gross. Strassen führen daher für viele Arten zu einer starken Zerschneidung der Landschaft. Die Planung sollte deshalb Strategien verfolgen, welche die grossräumige Zerschneidung mildern. Dazu gehören eine angepasste Linienführung mit Umfahrung ökologisch wertvoller Gebiete sowie Untertunnelung und Wildübergänge, wo dies zur Verbindung wichtiger Biotope führen kann (Abb. 9).

Überwachung der Landschaftszerschneidung

Im Sinne der Umweltbeobachtung ist die Überwachung der Landschaftszerschneidung mit quantitativen Indikatoren erwünscht. Auch für die Planung und Projektierung grosser Infrastrukturbauten, insbesondere Verkehrswege, wären Ansätze zur Quantifizierung der Landschaftszerschneidung nötig. Allerdings können die bis heute entwickelten landschaftsökologischen Masse für die Planungspraxis aus folgenden Gründen nicht empfohlen werden:

- Einfache Masse können besser sein als komplexe, weil sie einfach zu verstehen und zu interpretieren sind. Zum Beispiel integriert die Strassendichte viele ökologische Wirkungen von Strassen und Verkehr auf Tierpopulationen und kann relativ einfach gemessen werden. Dennoch haben auch die einfachen Masse grosse Mängel, welche ihre ökologische

Anwendung und Deutung in Frage stellen.

- Bisher gibt es keine empirisch gestützten Zerschneidungsmasse, welche einen Bezug zu den ökologischen Prozessen schaffen können. Es besteht grosser Forschungsbedarf bei der empirischen Abstützung von Landschaftsmassen, welche Landschaftszerschneidung erfassen und einen Bezug zu den ökologischen Prozessen schaffen können.
- Für Politik und Planung können Schwellenwerte wichtig sein, weil deren Handhabung und Umsetzung einfach sind. Obwohl theoretische Arbeiten auf das Vorhandensein von Schwellenwerten bei der Landschaftszerschneidung hinweisen, gibt es bisher noch keine empirischen Arbeiten, welche diese Hypothese unterstützen. Die ökologische Bedeutung der Schwellenwerte ist daher fraglich. Auch hier ist noch viel empirische Forschungsarbeit zu leisten.



Abb. 9. Grünbrücke über der N4 bei Andelfingen im Zürcher Weinland. Grünbrücken vermindern die Barriere-Wirkung von Strassen und verkleinern die Anzahl getöteter Tiere.

Landschaftsplanung und -gestaltung zur Förderung der Lebensqualität

– Es gibt keine Studien, welche die Wirkung der Landschaftszerschneidung auf den Menschen zeigen. In der sozialwissenschaftlichen Forschung fehlen somit die Grundlagen um allgemeine Schlussfolgerungen zur zerschneidenden Wirkung von Strassen und anderen Landschaftselementen auf die Bevölkerung zu zeigen. Die bisherigen eher allgemeinen Erkenntnisse weisen daraufhin, dass der Verlust gewisser, sowohl vom Mensch geschaffener als auch natürlicher Elemente das Landschaftserlebnis reduzieren. Diese Resultate stimmen

mit den ökologischen Erkenntnissen überein, welche zeigen, dass der Verlust an naturnahen Lebensräumen die biologische Vielfalt gefährdet, während die Wirkungen der eigentlichen Zerschneidung noch zu wenig geklärt sind.

– Der Übergang zwischen Land und Stadt ist sowohl für den Menschen als auch für die Natur wichtig. Für den Menschen ist er für die Erholung bedeutend, da sich viele Naherholungsgebiete und grössere Grünzonen am Rand der Siedlungsgebiete befinden. Für die biologische Vielfalt ist dieser Bereich wichtig, weil die Lebensgemeinschaften entlang des Land-Stadt-Verlaufs fließend ineinander übergehen und die Populationen von

Tieren und Pflanzen innerhalb und ausserhalb der Siedlungsgebiete in Wechselwirkung stehen. Für eine wirkungsvolle Förderung der regionalen biologischen Vielfalt, sollten daher die ökologischen Aufwertungsmassnahmen innerhalb und ausserhalb des Siedlungsgebiets aufeinander abgestimmt werden. Besonders in Regionen, in denen das Siedlungsgebiet von intensiv genutztem Landwirtschaftsland umgeben ist, braucht es eine integrale Planung, die sowohl das Siedlungsgebiet als auch das Landwirtschaftsgebiet einbezieht. Zum Schutz empfindlicher Arten ist es sinnvoll getrennte Vorranggebiete für Ökologie bzw. die Erholung der Menschen auszuscheiden.

Literatur

- 1 EEA (European Environment Agency) 2002: Environmental signals 2002. Copenhagen, EEA. 148 S.
- 2 KASANKO, M.; BARREDO, J.I.; LAVALLE, C.; SAGRIS, V.; GENOVESE, E., 2005: Towards urban unsustainability in Europe? An indicator-based analysis. 45th Congress of the European Regional Science Association. Land use and water management in a sustainable network society. Amsterdam. 1–20.
- 3 NIEMELA, J., 1999: Is there a need for a theory of urban ecology? Urban Ecosyst. 3: 57–65.
- 4 SELL, J.L.; ZUBE, E.H., 1986: Perception of and response to environmental change. J. Archit. Plan. Res. 3: 33–54.
- 5 STREMLow, M.; ISELIN, G.; KIENAST, F.; KLAY, P.; MAIBACH, M., 2003: Landschaft 2020 – Analysen und Trends: Grundlagen zum Leitbild des BUWAL für Natur und Landschaft. Bern, BUWAL. 96 S.
- 6 HAILA, Y., 2002: A conceptual genealogy of fragmentation research: From island biogeography to landscape ecology. Ecol. Appl. 12: 321–334.
- 7 HARRISON, S.; BRUNA, E., 1999: Habitat fragmentation and large-scale conservation: what do we know for sure? Ecography 22: 225–232.
- 8 DEBINSKI, D.M.; HOLT, R.D., 2000: A survey and overview of habitat fragmentation experiments. Conserv. Biol. 14: 342–355.
- 9 FAHRIG, L., 2003: Effects of habitat fragmentation on biodiversity. Annu. Rev. Ecol. Syst. 34: 487–515.
- 10 MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, S.A., 2002: Comparative evaluation of experimental approaches to the study of habitat fragmentation effects. Ecol. Appl. 12: 335–345.
- 11 BAUR, B.; DUELLI, P.; EDWARDS, P.J.; JENNY, M.; KLAUS, G.; KUNZLE, I.; MARTINEZ, S.; PAULI, D.; PETER, K.; SCHMID, B.; SEIDL, I.; SUTER, W., 2004: Biodiversität in der Schweiz. Zustand, Erhaltung, Perspektiven. Bern, Haupt. 237 S.
- 12 OGGIER, P.; RIGHETTI, A.; BONNARD, L., 2001: Zerschneidung von Lebensräumen durch Verkehrsinfrastrukturen. Bern, BUWAL. 102 S.
- 13 HITCHINGS, S.P.; BEEBEE, T.J.C., 1997: Genetic substructuring as a result of barriers to gene flow in urban *Rana temporaria* (common frog) populations: implications for biodiversity conservation. Heredity 79: 117–127.
- 14 HITCHINGS, S.P.; BEEBEE, T.J.C., 1998: Loss of genetic diversity and fitness in Common Toad (*Bufo bufo*) populations isolated by inimical habitat. J. Evol. Biol. 11: 269–283.
- 15 RICKMAN, J.K.; CONNOR, E.F., 2003: The effect of urbanization on the quality of remnant habitats for leaf-mining Lepidoptera on *Quercus agrifolia*. Ecography 26: 777–787.
- 16 FORMAN, R.T.T.; SPERLING, D.; BISSONETTE, J.A.; CLEVENGER, A.P.; CUTSHALL, C.D.; DALE, V.H.; FAHRIG, L.; FRANCE, R.; GOLDMAN, C.R.; HEANUE, K.; JONES, J.A.; SWANSON, F.J.; TURRENTINE, T.; WINTER, T.C., 2003: Road ecology. Washington, Island Press. 481 S.
- 17 JAEGER, J., 2004: Zerschneidung der Landschaft durch Verkehrswege und Siedlungsgebiete. In: KONOLD, W.; BOCKER, R.; HAMPICKE, U. (eds) Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege. Landsberg, ecomed. 1–36.
- 18 MADER, H.J., 1979: Die Isolationswirkung von Verkehrsstrassen auf Tierpopulationen untersucht am Beispiel von Arthropoden und Kleinsäuger der Waldbiozönose. Schr.reihe Landsch.pfl. Nat.schutz 19: 1–130.
- 19 OXLEY, D.J.; FENTON, M.B.; CARMODY, G.R., 1974: The effects of roads on populations of small mammals. J. Appl. Ecol. 11: 51–59.
- 20 PFISTER, H.P.; KELLER, V.; RECK, H.; GEORGII, B., 1998: Grünbrücken – ein Beitrag zur Verminderung strassenbedingter Trennwirkungen. Landschaftstagung 1997 der Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen in Erfurt. Köln, FGVS-Verlag. 96–100.
- 21 VAN DER ZANDE, A.N.; TER KEURS, W.J.; VAN DER WEIJDEN, W.J., 1980: The impact of roads on the densities of four bird species in an open field habitat – evidence of a long-distance effect. Biol. Conserv. 18: 299–321.
- 22 FAHRIG, L.; PEDLAR, J.H.; POPE, S.E.; TAYLOR, P.D.; WEGNER, J.F., 1995: Effect of road traffic on amphibian density. Biol. Conserv. 73: 177–182.
- 23 AARIS-SORENSEN, J., 1995: Road-kills of badgers (*Meles meles*) in Denmark. Ann. Zool. Fenn. 32: 31–36.
- 24 CLARKE, P.G.; WHITE, P.C.L.; HARRIS, S., 1998: Effects of roads on badger *Meles meles* populations in south-west England. Biol. Conserv. 86: 117–124.
- 25 CARR, L.W.; FAHRIG, L., 2001: Effect of road traffic on two amphibian species of differing vagility. Conserv. Biol. 15: 1071–1078.
- 26 HELS, T.; BUCHWALD, E., 2001: The effect of road kills on amphibian populations. Biol. Conserv. 99: 331–340.
- 27 HANSKI, I.; GILPIN, M., 1991: Metapopulation dynamics: brief history and conceptual domain. Biol. J. Linn. Soc. 42: 3–16.
- 28 KELLER, L.F.; WALLER, D.M., 2002: Inbreeding effects in wild populations. Trends Ecol. Evol. 17: 230–241.
- 29 GERLACH, G.; MUSOLF, K., 2000: Fragmentation of landscapes as a cause for genetic subdivision in bank voles. Conserv. Biol. 14: 1066–1074.
- 30 KELLER, I.; LARGIADER, C.R., 2003: Recent habitat fragmentation caused by major roads leads to reduction of gene flow and loss of genetic variability in ground beetles. Proc. R. Soc. Lond. B 270: 417–423.

- 31 REH, W.; SEITZ, A., 1990: The influence of land use on the genetic structure of populations of the common frog *Rana temporaria*. *Biol. Conserv.* 54: 239–249.
- 32 TURNER, M.G.; GARDNER, R.H.; O'NEILL, R.V., 2001: *Landscape ecology in theory and practice*. New York, Springer. 401 S.
- 33 HOLDEREGGER, R.; GUGERLI, F.; SCHEIDEGGER, C.; TABERLET, P., 2007: Integrating population genetics with landscape ecology to infer spatio-temporal processes. In: KIENAST, F.; GOSH, R.; WILDI, O. (eds) *A changing world: Challenges for landscape research*. Dordrecht, Springer. Im Druck.
- 34 LI, H.; WU, J., 2004: Use and misuse of landscape indices. *Landscape Ecol.* 19: 389–399.
- 35 HARGIS, C.D.; BISSONETTE, J.A.; DAVID, J.L., 1998: The behavior of landscape metrics commonly used in the study of habitat fragmentation. *Landscape Ecol.* 13: 167–186.
- 36 BENDER, D.J.; TISCHENDORF, L.; FAHRIG, L., 2003: Using patch isolation metrics to predict animal movement in binary landscapes. *Landscape Ecol.* 18: 17–39.
- 37 TISCHENDORF, L.; BENDER, D.J.; FAHRIG, L., 2003: Evaluation of patch isolation metrics in mosaic landscapes for specialist vs. generalist dispersers. *Landscape Ecol.* 18: 41–50.
- 38 JAEGER, J.A.G., 2000: Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecol.* 15: 115–130.
- 39 ROEDENBECK, I.A.; KOHLER, W., 2006: Effekte der Landschaftszerschneidung auf die Unfallhäufigkeit und Bestandesdichte von Wildtierpopulationen. *Nat.schutz Landschaftsplan.* 38: 314–322.
- 40 BOURASSA, S.C., 1991: *The aesthetics of landscape*. London, Belhaven. 168 S.
- 41 KAPLAN, R.; KAPLAN, S., 1989: *The experience of nature. A psychological perspective*. Cambridge, Cambridge University Press. 340 S.
- 42 HARTIG, T.; KORPELA, K.; EVANS, G.W.; GARLING, T., 1997: A measure of restorative quality in environments. *Scand. Hous. Plan. Res.* 14: 175–194.
- 43 HUNZIKER, M., 2006: Wahrnehmung und Beurteilung von Landschaftsqualitäten – ein Literaturüberblick. In: TANNER, K.M.; BURGI, M.; COCH, T. (eds) *Landschaftsqualitäten*. Bern, Haupt. 39–56.
- 44 NOHL, W.; NEUMANN, K.-D., 1986: *Landschaftsbildbewertung im Alpenpark Berchtesgaden*. Bonn, UNESCO-Programm Mensch und Biosphäre. 153 S.
- 45 PROSHANSKY, H.M.; FABIAN, A.K.; KAMINOFF, R., 1983: Place-identity: physical world socialization of the self. *J. Environ. Psychol.* 3: 57–83.
- 46 TWIGGER-ROSS, C.L.; UZZELL, D.L., 1996: Place and identity processes. *J. Environ. Psychol.* 16: 205–220.
- 47 KORPELA, K.; HARTIG, T., 1996: Restorative qualities of favorite places. *J. Environ. Psychol.* 16: 221–233.
- 48 KORPELA, K.; HARTIG, T.; KAISER, F.G.; FUHRER, U., 2001: Restorative experience and self-regulation in favorite places. *Environ. Behav.* 33: 572–589.
- 49 BUCHECKER, M.; HUNZIKER, M.; KIENAST, F., 2003: Participatory landscape development: overcoming social barriers to public involvement. *Landscape Urban Plan.* 64: 29–46.
- 50 PALMER, J.F., 2004: Using spatial metrics to predict scenic perception in a changing landscape: Dennis, Massachusetts. *Landscape Urban Plan.* 69: 201–218.
- 51 FELBER RUFER, P., 2006: *Landschaftsveränderung in der Wahrnehmung und Bewertung der Bevölkerung*. Birmensdorf, WSL. 168 S.
- 52 TANNER, K.M., 1999: *Augen-Blicke. Bilder zum Landschaftswandel im Baselbiet*. Basel, Verlag des Kantons Basel-Landschaft. 263 S.

Merkblatt für die Praxis ISSN 1422-2876

Konzept

Forschungsergebnisse werden zu Wissens-Konzentraten und Handlungsanleitungen für Praktikerinnen und Praktiker aufbereitet. Die Reihe richtet sich an Forst- und Naturschutzkreise, Behörden, Schulen, interessierte Laien usw.

Französische Ausgaben erscheinen in der Schriftenreihe

Notice pour le praticien ISSN 1012-6554

Italienische Ausgaben erscheinen in loser Folge in der Zeitschrift

Sherwood, Foreste ed Alberi Oggi.

Die neuesten Ausgaben

<http://www.wsl.ch/publikationen/reihen/merkblatt/>

Managing Editor

Dr. Ruth Landolt
Eidg. Forschungsanstalt WSL
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
E-mail: ruth.landolt@wsl.ch
www.wsl.ch/publikationen/

Layout:
Jacqueline Annen, WSL

Druck:
Gassmann AG