

Landschaftszerschneidung Schweiz

Zerschneidungsanalyse 1885–2002 und
Folgerungen für die Verkehrs- und Raumplanung

Kurzfassung



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Bundesamt für Statistik BFS

Neuchâtel, 2007

Die vom Bundesamt für Statistik (BFS)
herausgegebene Reihe «Statistik der Schweiz»
gliedert sich in folgende Fachbereiche:

- 0 Statistische Grundlagen und Übersichten
- 1 Bevölkerung
- 2 Raum und Umwelt
- 3 Arbeit und Erwerb
- 4 Volkswirtschaft
- 5 Preise
- 6 Industrie und Dienstleistungen
- 7 Land- und Forstwirtschaft
- 8 Energie
- 9 Bau- und Wohnungswesen
- 10 Tourismus
- 11 Verkehr und Nachrichtenwesen
- 12 Geld, Banken, Versicherungen
- 13 Soziale Sicherheit
- 14 Gesundheit
- 15 Bildung und Wissenschaft
- 16 Kultur, Informationsgesellschaft, Sport
- 17 Politik
- 18 Öffentliche Verwaltung und Finanzen
- 19 Kriminalität und Strafrecht
- 20 Wirtschaftliche und soziale Situation der Bevölkerung
- 21 Nachhaltige Entwicklung und Disparitäten auf regionaler und internationaler Ebene

Landschaftszerschneidung Schweiz

Zerschneidungsanalyse 1885–2002 und Folgerungen für die Verkehrs- und Raumplanung

Kurzfassung

Autoren Dr. Jochen Jaeger
René Bertiller
Christian Schwick

Herausgeber Bundesamt für Statistik (BFS)
Bundesamt für Strassen (ASTRA)
Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Bundesamt für Raumentwicklung (ARE)

- Herausgeber:** Bundesamt für Statistik (BFS), Bundesamt für Strassen (ASTRA),
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bundesamt für Raumentwicklung (ARE)
- Auskunft:** umwelt@bfs.admin.ch oder 032 713 67 40, jjaeger@alcor.concordia.ca
- Autoren:** Dr. Jochen Jaeger, ETH Zürich, Departement Umweltwissenschaften,
René Bertiller, Forstingenieur ETH, Zürich, Christian Schwick, Geograph, Zürich
- Begleitgruppe:** Hans-Ulrich Aeberhard (Bundesamt für Strassen), Reto Camenzind (Bundesamt für Raumentwicklung), Dr. Otto Holzgang (Vogelwarte, Sempach),
Patricia Jungo (Bundesamt für Statistik), PD Dr. Felix Kienast (Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf), Andreas Lienhard (Fachstelle Naturschutz, Kanton Zürich), Ueli Roth (Sigmaplan, Bern),
Dr. Gilbert Thélin (Bundesamt für Umwelt), Laurent Zecha (Bundesamt für Statistik), Kurt Zollinger (Abteilung Staatsstrassen, Kanton Zürich)
- Zitervorschlag:** Jaeger, J., Bertiller, R., Schwick, C. (2007): Landschaftszerschneidung Schweiz: Zerschneidungsanalyse 1885–2002 und Folgerungen für die Verkehrs- und Raumplanung. Kurzfassung. Bundesamt für Statistik, Neuchâtel. 36 Seiten.
- Redaktionsschluss:** 04.04.2007
- Vertrieb:** Bundesamt für Statistik, CH-2010 Neuchâtel
Tel. 032 713 60 60 / Fax 032 713 60 61 / E-Mail: order@bfs.admin.ch
- Bestellnummer:** 866-0200
- Preis:** Fr. 10.– (exkl. MWST)
- Reihe:** Statistik der Schweiz
- Fachbereich:** 2 Raum und Umwelt
- Originaltext:** Deutsch
- Übersetzung:** Sprachdienste BFS
- Andere Sprachen:** Der Bericht ist auch in französischer und englischer Sprache erhältlich (Bestellnummer 867-0200 bzw. 868-0200)
- Titelgrafik:** Foto Kantonsarchäologie Zürich
- Grafik/Layout:** Dr. Markus Kappeler, Röschenz
- Copyright:** BFS, Neuchâtel 2007
Abdruck – ausser für kommerzielle Nutzung –
unter Angabe der Quelle gestattet
- ISBN:** 978-3-303-02105-7

Inhalt

Vorwort	5
Zusammenfassung	7
1 Einleitung	9
1.1 Landschaften in der Schweiz immer stärker zerschnitten	9
1.2 Zielsetzung und Untersuchungsfragen	12
2 Methodik	13
2.1 Effektive Maschenweite und effektive Maschendichte	13
2.2 Zerschneidungsgeometrien und Datengrundlage	15
3 Ergebnisse	17
3.1 Aktueller Zustand	17
3.2 Zeitreihen 1885 bis 2002	19
3.3 Vergleich mit anderen Ländern	24
3.4 Landschaftszerschneidung und Wildtierkorridore	25
3.5 Trendfortschreibung für die Jahre 2020 und 2050	27
4 Folgerungen	29
4.1 Verwendung der Resultate in der Raum- und Umweltbeobachtung	29
4.2 Vorschläge zur Eindämmung der Landschaftszerschneidung	31
Anhang	35

Vorwort

Urbanisierung, Zersiedelung und Zerschneidung von Landschaften sind globale Phänomene, weit über die Schweiz und Europa hinaus. Der neueste Bericht der europäischen Umweltagentur mit dem Titel «Zersiedelung – die ignorierte Herausforderung in Europa» stellt dringenden Handlungsbedarf fest und schlägt vor, europäische Vorgaben zu entwickeln, um die Zersiedelung einzudämmen. Dadurch würde auch einer fortschreitenden Zerschneidung von Landschaftsräumen entgegengewirkt.

Die Siedlungsentwicklung und die Ausgestaltung des Verkehrsnetzes stehen in enger Wechselwirkung. Verkehrswege sind wichtige Träger der wirtschaftlichen Entwicklung. Verkehrswege zerschneiden aber auch die Landschaft. Für Mensch und Tier sind besonders die Hochleistungsstrassen sowie die Hochgeschwindigkeitsstrecken der Eisenbahn kaum überwindbare Hindernisse. Für Kleintiere und Insekten, die nicht fliegen können, wirken bereits wenig befahrene Lokalstrassen als Barriere. Von Bedeutung ist zudem, wie gross die einzelnen anlagefreien Flächen sind und ob bzw. wie gut sie mit benachbarten Flächen verbunden sind. Denn jede Tierart ist auf Minimumareale angewiesen, die für ein dauerhaftes Überleben notwendig sind. Landschaftszerschneidung gilt als eine wesentliche Ursache des Rückgangs von Tierpopulationen, der Gefährdung und des Verlustes von Arten und der Verkleinerung der Erholungsräume in Mitteleuropa. Auch die Eigenart und der Charakter von Landschaften und ihre Erholungsqualität sind von der Zerschneidung betroffen.

Die vorliegende Kurzfassung richtet sich an alle Akteure in Politik, Verwaltung und Planungsbüros, die in der Raum- und Verkehrsplanung in der Schweiz tätig sind, und an die interessierte Öffentlichkeit. Darin werden die wichtigsten Daten einer umfassenden Studie zusammengefasst. Diese Studie wurde von vier Bundesämtern (ARE, ASTRA, BAFU, BFS) und fünf weiteren Institutionen begleitet.

Die neuen Masse für den Zerschneidungsgrad charakterisieren eine wichtige Komponente der Landschaftsqualität. Zeitreihen dieses Indikators zeigen auf, ob und wie schnell sich die Belastung weiter erhöht und wie stark die Landschaftsqualität demnach voraussichtlich beeinträchtigt wird. Ziel dieser Arbeit war, den Zerschneidungsgrad der Schweiz und seine Entwicklung in den letzten 120 Jahren zu erfassen. Ermittelt wurde er auch für die Kantone und weitere Teilräume der Schweiz.

Die bisherige Zusammenarbeit zwischen dem Bundesamt für Strassen (ASTRA) und dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) hat sich beim Thema der Wildtierkorridore und Wildtierpassagen bewährt. Dies gibt Hoffnung, auch die weiteren Auswirkungen der Zerschneidung von Landschaften künftig verstärkt zu thematisieren, z. B. den Zusammenhang zwischen der Siedlungsentwicklung und der Landschaftszerschneidung, und die bestehenden Probleme zu lösen.

Dr. Gilbert Thélin
Präsident der Begleitkommission

Zusammenfassung

Die Landschaftszerschneidung hat in der Schweiz in den letzten Jahrzehnten in fast allen Landesteilen stark zugenommen. Das hier vorgestellte Projekt hat methodische Grundlagen und Daten zum Zerschneidungsgrad der Schweiz erarbeitet. Das Projekt ermittelte Zeitreihen von 1885 bis 2002 auf mehreren Betrachtungsebenen: für die gesamte Schweiz, die biogeografischen Regionen, die Kantone und Bezirke sowie für die Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN) und die Moorlandschaften. Als Messgrössen des Zerschneidungsgrades dienen die *effektive Maschenweite* (m_{eff}) und die *effektive Maschendichte* ($s_{\text{eff}} = 1/m_{\text{eff}}$). Die effektive Maschenweite ist eine Messgrösse für die Grösse der verbleibenden «Maschen» im Netz der Verkehrslinien und Siedlungsflächen. Die effektive Maschendichte bezeichnet die Zahl der Maschen pro 1000 km² Landesfläche.

Die effektive Maschenweite hat in der Schweiz seit 1885 von 580 km² auf 176 km² um 70% abgenommen. Entsprechend hat die effektive Maschendichte in diesem Zeitraum von 1,7 Maschen pro 1000 km² auf 5,7 Maschen pro 1000 km² um 230% zugenommen. Die Zerschneidung im Mittelland und im Jura ist weitaus stärker als in den Alpen. Im Mittelland stieg die effektive Zahl der Maschen pro 1000 km² um 280% von 24,6 auf 92,8.

Der Zerschneidungsgrad variiert auch zwischen den Kantonen stark: zwischen 0,5 km² in Basel-Stadt und 635 km² im Kanton Glarus. Gebirgskantone haben eine deutlich grössere effektive Maschenweite als die Mittellandkantone und vor allem als die städtischen Kantone. Die acht am stärksten zerschnittenen Kantone sind Basel-Stadt, Genf, Thurgau, Aargau, Zürich, Zug, Schaffhausen und Basel-Landschaft. In ihnen liegt die effektive Maschenweite unterhalb von 10 km². Die grössten effektiven Maschenweiten weisen die Kantone Glarus, Uri, Tessin, Nidwalden, Graubünden und Obwalden auf (alle über 300 km²).

Der Zerschneidungsgrad eignet sich als Indikator für den Landschaftscharakter und für die Gefährdung der Arten und Lebensräume (Biodiversität). Da es sich um eine einfache, nachvollziehbare Messgrösse handelt, können neu auch die Wirksamkeit von Massnahmen und Zielen zur Landschaftsentwicklung konkret überprüft werden. Ähnliche Untersuchungen zum Zerschneidungsgrad wurden unter anderem in Baden-Württemberg, Hessen, Bayern und Südtirol mit derselben Methode durchgeführt.

Eine ausführliche Fassung der vorliegenden Publikation ist als Bericht beim Bundesamt für Strassen erschienen (Bertiller et al. 2007).

1 Einleitung

1.1 Landschaften in der Schweiz immer stärker zerschnitten

Das Verkehrsnetz ist in der Schweiz immer dichter geworden, die Siedlungen haben sich stark ausgedehnt. In der Folge werden die Lebensräume von wild lebenden Tieren, die Erholungsgebiete für Menschen und die Landschaften der Schweiz immer mehr zerschnitten. Die verbleibenden noch unzerschnittenen Landschaftsräume («Landschaftsmaschen») werden immer kleiner. Das Forschungsprojekt «Landschaftszerschneidung Schweiz» zeigt, wie stark die Landschaftszerschneidung in den letzten 120 Jahren zugenommen hat.

Der Wandel der Landschaft verläuft für das menschliche Zeitempfinden meist unspektakulär und schlei-

chend. Erst im Laufe mehrerer Jahrzehnte lässt sich das ganze Ausmass der Veränderungen erkennen. Abbildung A1 zeigt ein eindrückliches Beispiel aus dem Kanton Basel-Landschaft: Innerhalb von 40 Jahren hat sich die Siedlung stark ausgedehnt, eine Autobahn wurde gebaut, Obstbäume und Kleinstrukturen wurden beseitigt und kleine Ackerflächen zu grossen Parzellen zusammengelegt.

Die Siedlungsflächen in der Schweiz haben sich zwischen 1950 und 2000 etwa verdoppelt (Jaeger et al., in Vorb.). Jährlich beanspruchen Siedlung und Verkehr neue Flächen in der Grössenordnung von 2100 ha. In der Folge hat in der Schweiz die effektive Maschenweite – eine Messgrösse für die Grösse der verbleibenden «Maschen» im Netz der Verkehrslinien und Siedlungsflächen – seit



A 1 Beispiel für den Landschaftswandel in der Schweiz: Luftbilder von Arisdorf (Kanton Basel-Landschaft) aus den Jahren 1953 (links) und 1994 (rechts). Gut sichtbar sind die Zerschneidung durch die Autobahn und weitere grossflächige Landschaftsveränderungen (Fotos aus Tanner 1999; © Aufnahmen des Bundesamtes für Landestopografie swisstopo).

1885 um 70% und gegenüber 1935 um 47% abgenommen, d. h. von 580 km² im Jahr 1885 über 332 km² im Jahr 1935 auf 176 km² im Jahr 2002.

Wissenschaft und Politik benennen die Landschaftszerschneidung bereits seit 30 Jahren als ein Umweltproblem. Das Landschaftskonzept Schweiz von 1998 legt daher die folgenden Ziele fest: «Die Trennwirkung neuer und bestehender Verkehrsanlagen minimieren» und «Bauten, Infrastrukturen und andere Anlagen auf das notwendige Minimum beschränken, zusammenfassen und zusammenhängende Lebensräume schaffen.» Die «Strategie Nachhaltige Entwicklung 2002» des Bundesrats verfolgt das Ziel, «die Siedlungsfläche pro Kopf auf dem heutigen Stand von rund 400 m² zu stabilisieren», da ein ungeordnetes Wachstum der Siedlungsgebiete zur Zersiedelung der Landschaft führt und eine Ressourcen schonende Organisation des Verkehrs gefährdet.

Das «Leitbild Landschaft 2020» aus dem Jahr 2003 gibt Zielwerte zur Landschaftszerschneidung an: «Unzerschnittene Areale der Grösse 50 km² und grösser

Die vorliegende Untersuchung belegt, dass diese und weitere Massnahmen rascher und wirkungsvoller umgesetzt werden müssen, um eine Fortsetzung der Landschaftszerschneidung zu vermindern.

Zahlreiche wissenschaftliche Studien belegen weitreichende Folgen, wenn Lebensräume und Landschaften zerschnitten werden. Neben der Intensivierung der Landwirtschaft, den hohen Stickstoffeinträgen und der Nivellierung der Wasserverhältnisse zählt die Landschaftszerschneidung durch den Verkehr und die Siedlungen zu den wichtigsten Ursachen für den Rückgang und Verlust von Tierpopulationen und der Lebensraumvielfalt.

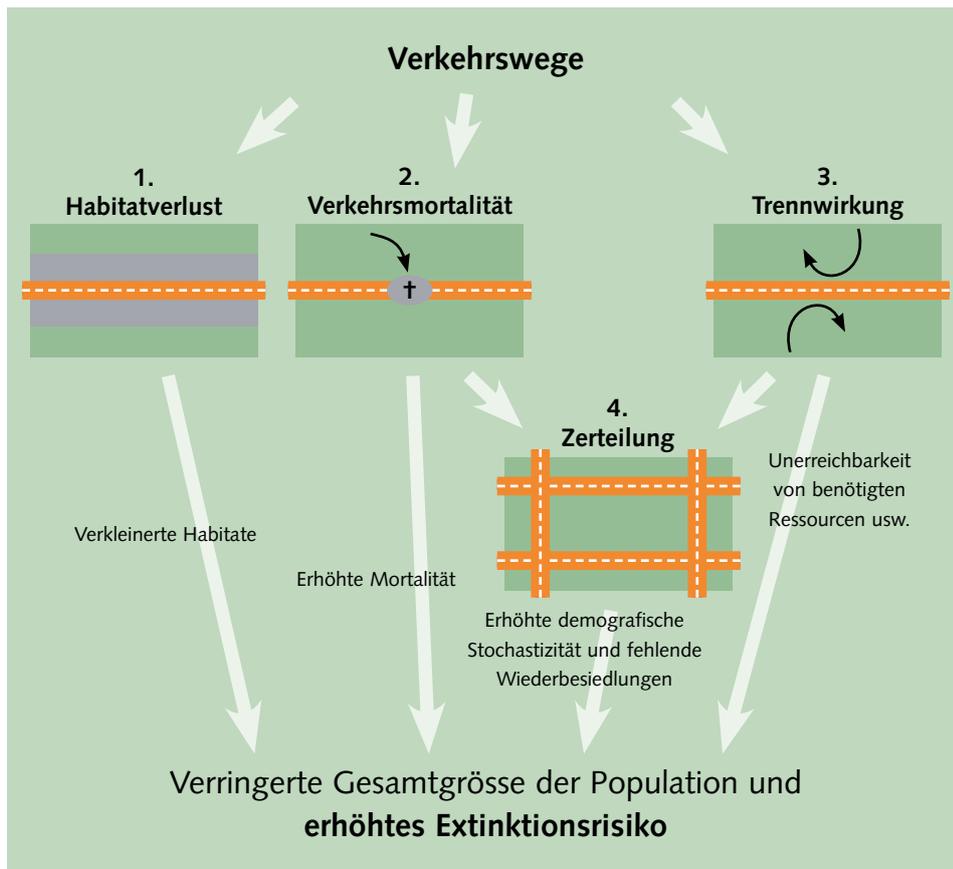
Landschaftszerschneidung bedeutet das Zerreißen von gewachsenen ökologischen Zusammenhängen zwischen räumlich verbundenen Bereichen der Landschaft, z. B. das Zerteilen von Lebensräumen (Abb. A2). Sie beeinflusst nicht nur einzelne Lebensräume sondern ganze Ökosysteme. Sie verändert auch das Landschaftsbild. Lärm und Luftbelastungen wirken sich zudem nachteilig auf die Erholungsqualität aus.



A 2 Ein Autobahndreieck zerteilt ein Gebiet in mehrere kleinere Lebensräume. Autobahnen sind in der Schweiz für viele Wildtiere unpassierbar, da sie eingezäunt sind (Foto: Kantonsarchäologie, Zürich).

sind vollumfänglich zu erhalten (keine Strassen der Kategorien 1 und 2). ... Landschaftskammern von mindestens 5 km², die frei von Bauten und Anlagen sind, bleiben erhalten.» Im Raumentwicklungsbericht von 2005 wurden verschiedene Massnahmen vorgeschlagen, wie die Siedlungsentwicklung künftig nachhaltiger gestaltet werden könnte. Der Sachplan Verkehr aus dem Jahr 2006 setzte sich das allgemeine Ziel, Landschaften vor Beeinträchtigungen durch Verkehrsinfrastrukturen zu schützen.

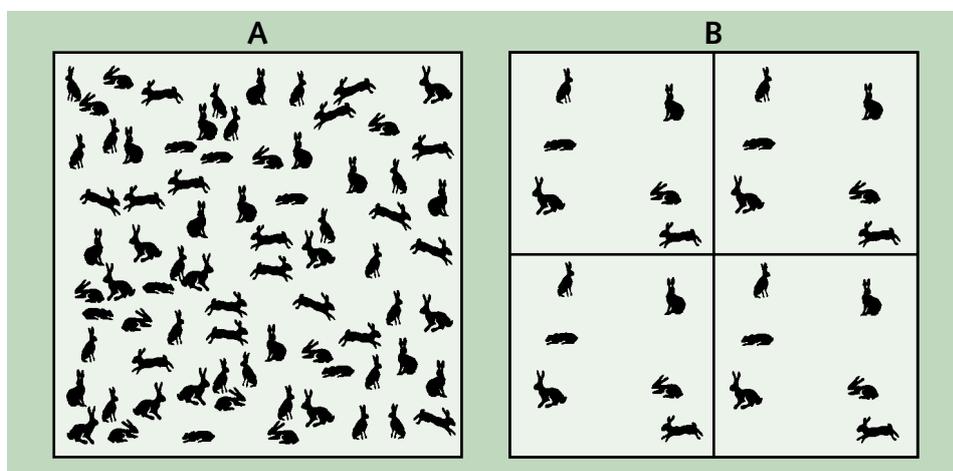
Die Zerschneidung bewirkt für am Boden lebende Tiere, dass Teile von Populationen voneinander getrennt werden (Abb. A3). Die Tiere werden nicht nur durch den Verkehr dezimiert, sondern der notwendige (genetische) Austausch zwischen den Populationen wird unterbunden. Dies erhöht das Aussterberisiko, so dass die getrennten Populationen auch empfindlicher auf natürliche Stressfaktoren wie z. B. die Witterungsverhältnisse reagieren (Abb. A4). Die Zerschneidung verringert somit die Resilienz von Tierpopulationen, d. h. ihre Fähigkeit,



A 3 Die vier Hauptwirkungen von Verkehrsweegen auf Tierpopulationen (aus Jaeger et al. 2005).

sich in Reaktion auf schädigende Ereignisse wieder zu regenerieren. Wenn in einem Habitat eine Population erloschen ist, dann verhindert die Barriere eine Wiederbesiedlung. Tierarten mit grossen Raumsprüchen oder geringer Besiedlungsdichte wie Luchs und Baumarder reagieren am stärksten auf die Zerteilung und Verkleinerung ihrer Lebensräume. Die Zerteilung von Populationen wirkt sich generell umso schädlicher aus, je weniger Lebensraum ihnen noch zur Verfügung steht.

Das Ausmass der negativen Folgen der Habitatzerstückelung für Tier- und Pflanzenpopulationen zeigt sich – wie beim Landschaftswandel – oft erst nach Jahrzehnten. Auch wenn heute keine Lebensräume und Landschaften mehr zerschnitten würden, werden in den kommenden Jahrzehnten Populationen als Folge der bereits durchgeführten Landschaftseingriffe verschwinden.



A 4 Einfluss der Landschaftszerschneidung auf Tierpopulationen. Verkehrswege unterteilen eine Population in mehrere kleinere Populationen mit grösserem Aussterberisiko: Die Individuenzahl der isolierten Populationen (B) ist geringer als in der unzerschnittenen Landschaft (A), und das Aussterberisiko ist höher (Grafik abgeändert nach Schweizerische Gesellschaft für Wildtierbiologie 1995).

1.2 Zielsetzung und Untersuchungsfragen

Naturnahe Landschaften und Lebensräume sind eine begrenzte, nicht erneuerbare Ressource. Anlass für die vorliegende Studie war die Beobachtung, dass die Zerschneidung der Landschaft trotz verschiedener politischer Zielerklärungen und Massnahmen weiter voranschreitet. Wie stark hat die Landschaftszerschneidung in den vergangenen Jahrzehnten zugenommen? Wo ist sie am stärksten, wo am geringsten? Hierüber gab es bisher keine zuverlässigen Daten. Das Projekt ermöglicht es zudem, dass nun auch genaue Zielvorgaben in Bezug auf die Lebensraum- und Landschaftszerschneidung aufgestellt und zu einem späteren Zeitpunkt die Wirksamkeit der getroffenen Massnahmen überprüft werden können.

Folgende Fragen standen im Vordergrund:

1. *Wie stark ist die Schweiz heute zerschnitten?*
 - Welche Unterschiede gibt es zwischen den biogeografischen Regionen, Kantonen und Bezirken?
 - Wie stark unterscheidet sich der Zerschneidungsgrad in der Schweiz vom angrenzenden Ausland?
2. *Wie hat sich der Zerschneidungsgrad in der Schweiz seit 1885 entwickelt? Wann fanden die grössten Schübe der Landschaftszerschneidung statt und was waren ihre Ursachen?*
3. *Welche spezifischeren Fragestellungen lassen sich mit der Methode analysieren?*
 - Wie stark zerschnitten sind die BLN-Gebiete und die Moorgebiete? Hat die Zerschneidung innerhalb der BLN-Gebiete schneller oder langsamer zugenommen als ausserhalb?
 - Wie stark wären die Landschaften in der Schweiz in den Jahren 2020 und 2050 zerschnitten, wenn sich die heutigen Trends unverändert fortsetzen würden?
4. *Wie können die Ergebnisse der Zerschneidungsanalyse bei Entscheidungen in der Verkehrs- und Raumplanung einbezogen werden?*

Die Ergebnisse der Studie dienen der Umweltbeobachtung, z. B. für das *Netzwerk Umweltdaten Schweiz* (NUD-CH) und das *Biodiversitäts-Monitoring* (BDM). Mit letzterem Programm überwacht das Bundesamt für Umwelt, wie sich die biologische Vielfalt in der Schweiz entwickelt.

Auch für das *Monitoring der Nachhaltigen Entwicklung* (MONET) sind die Daten von Interesse. Denn bisher fehlte in diesen Indikatorensystemen ein Indikator für die Landschaftszerschneidung.

Ein weiteres wichtiges Ziel des Projektes ist es, das Problembewusstsein bei den Akteuren in der Politik und der Verwaltung zu stärken. Deshalb werden in der Studie auch Hinweise für notwendige Massnahmen gegeben.

2 Methodik

2.1 Effektive Maschenweite und effektive Maschendichte

Um den Grad der Landschaftszerschneidung zu messen, entwickelte Jaeger (2000) die Messgrösse «effektive Maschenweite». Sie drückt die Wahrscheinlichkeit aus, dass zwei zufällig ausgewählte Punkte in einem Gebiet verbunden sind, d. h. nicht durch Barrieren wie Verkehrswege oder Siedlungen getrennt sind. Je mehr Trennelemente die Landschaft zerschneiden, desto geringer wird diese Verbindungswahrscheinlichkeit und damit die effektive Maschenweite. Entsprechend nimmt auch die Möglichkeit ab, dass Tiere oder Menschen sich frei in der Landschaft bewegen können, ohne solchen Barrieren zu begegnen, und ebenso sinkt die Wahr-

scheinlichkeit, dass zwei Tiere einer Art einander in einer Landschaft finden können, z. B. um sich fortpflanzen.

Damit die Werte von verschiedenen Räumen miteinander verglichen werden können, wird die Verbindungswahrscheinlichkeit mit der Gesamtgrösse des untersuchten Gebiets in eine Flächengrösse – die effektive Maschenweite – umgerechnet. Die effektive Maschenweite wird in Quadratkilometern angegeben. Wenn eine Landschaft gleichmässig in Flächen mit der Grösse der effektiven Maschenweite zerteilt wird, so ergibt sich dieselbe Verbindungswahrscheinlichkeit wie beim ursprünglichen Zerschneidungsmuster (Abb. A5). Ein solches Gitter stellt anschaulich die Zerschneidung der Landschaft dar.



A 5 Trennelemente in der Landschaft (links) und die entsprechende effektive Maschenweite dargestellt als regelmässiges Raster (rechts).

Die effektive Maschenweite ist in der Europäischen Umweltagentur auf grosses Interesse gestossen. Sie wurde bereits u. a. in Deutschland, Italien, Frankreich, aber auch in Kanada und Südamerika angewendet. Das Interesse nimmt international weiter zu.

Anstatt nach der Grösse der «Maschen» zu fragen, kann man auch nach der Zahl der Maschen in einem Gebiet fragen, z.B. innerhalb einer Fläche von 1000 km². Diese Zahl gibt die effektive Maschendichte s_{eff} an (siehe Kasten 1 und Abb. A6).

Kasten 1: Definition der effektiven Maschenweite m_{eff} und effektiven Maschendichte s_{eff}

Die Definition der *effektiven Maschenweite* m_{eff} basiert auf der Wahrscheinlichkeit dafür, dass zwei zufällig ausgewählte Punkte gemeinsam in einer Fläche liegen und nicht durch eine Barriere getrennt sind. Dies führt zu der Berechnungsformel

$$m_{\text{eff}} = \left(\left(\frac{F_1}{F_g} \right)^2 + \left(\frac{F_2}{F_g} \right)^2 + \left(\frac{F_3}{F_g} \right)^2 + \dots + \left(\frac{F_n}{F_g} \right)^2 \right) \cdot F_g = \frac{1}{F_g} \cdot \sum_{i=1}^n F_i^2$$

Dabei bezeichnen n die Zahl der Flächen, F_1 bis F_n die Flächeninhalte von Fläche 1 bis Fläche n und F_g die Gesamtgrösse der untersuchten Landschaft.

Der erste Teil der Formel gibt die Wahrscheinlichkeit an, dass zwei zufällig gewählte Punkte in derselben Fläche liegen. Der zweite Teil (Multiplikation mit der Grösse der Landschaft, F_g) rechnet diese Wahrscheinlichkeit in eine Fläche um. Diese Fläche gibt die Grösse der «Maschen» eines regelmässigen Netzes mit dem gleichen Zerschneidungsgrad an und lässt sich mit anderen Gebieten vergleichen.

Die *effektive Maschendichte* s_{eff} gibt die effektive Zahl der Maschen pro 1000 km² an, d.h. die Dichte der Maschen. Sie wird daher sehr einfach aus der effektiven Maschenweite berechnet: Die Frage ist lediglich, wie viele Male die effektive Maschenweite in eine Fläche von 1000 km² hineinpasst. Damit gilt

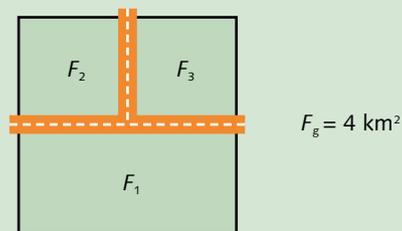
$$s_{\text{eff}} = \frac{1000 \text{ km}^2}{m_{\text{eff}}} \cdot \frac{1}{1000 \text{ km}^2} = \frac{1}{m_{\text{eff}}}$$

Der Wert der Maschendichte steigt, wenn die Zerschneidung zunimmt (Abb. A6). Die beiden Grössen enthalten also dieselbe Information über die Landschaft, aber die Maschendichte eignet sich besser für das Erkennen von Trends. Eine ausführliche Beschreibung der beiden Grössen ist bei Jaeger (2000, 2002) zu finden.

Die Stärke der beiden neuen Messgrössen liegt darin, dass sie die räumliche Struktur des komplexen Verkehrs- und Siedlungsnetzes mit einem einfachen, nachvollziehbaren Wert eindrücklich beschreiben. Sie bringen im Gegensatz zur Verkehrsliniendichte und zur Durchschnittsgrösse der Flächen Veränderungen in der räumlichen Anordnung der Verkehrsstrecken zum Ausdruck.

Kasten 2: Ein einfaches Beispiel zur Berechnung von m_{eff} und s_{eff}

Eine Landschaft wird durch Verkehrswege in drei Flächen zerteilt:



Die Wahrscheinlichkeit, dass zwei zufällig gewählte Punkte in Fläche 1 liegen (und somit verbunden sind), beträgt

$$\left(\frac{F_1}{F_g} \right)^2 = 0,5 \cdot 0,5 = 0,25$$

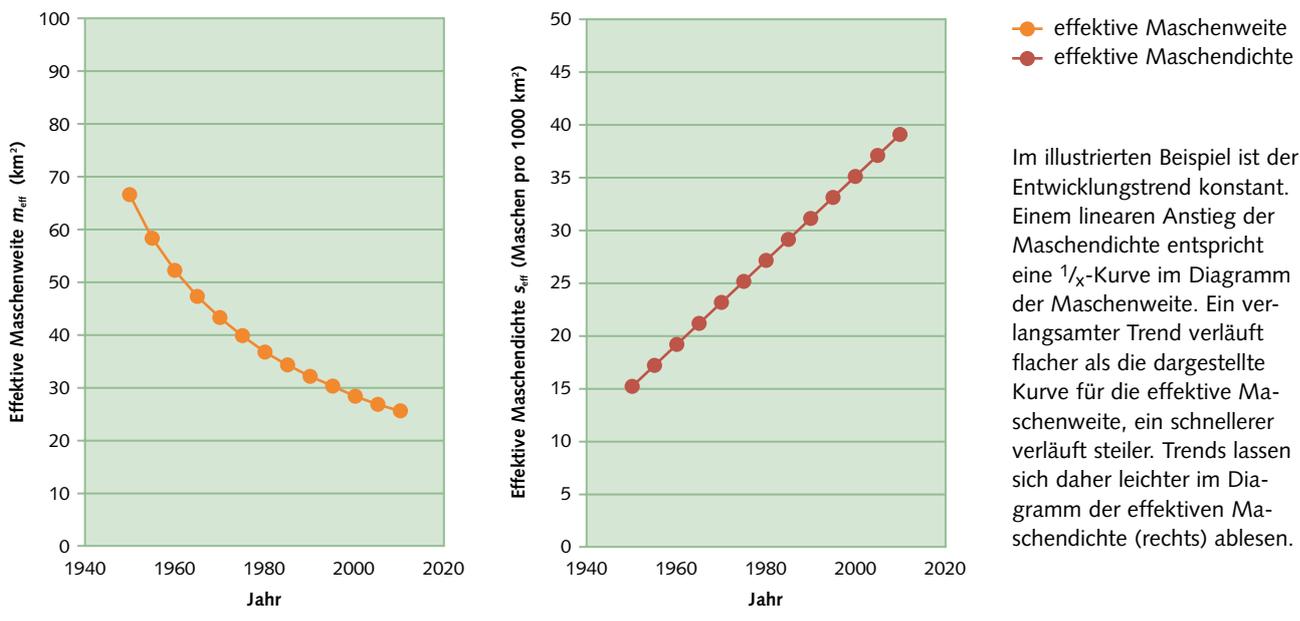
Für die Flächen 2 und 3 beträgt diese Wahrscheinlichkeit jeweils $0,25^2 = 0,0625$. Die Wahrscheinlichkeit, dass die zwei Punkte in Fläche 1 oder 2 oder 3 liegen, ist die Summe dieser drei Wahrscheinlichkeiten, d.h. 0,375.

Die Multiplikation dieser Wahrscheinlichkeit mit der Gesamtfläche ergibt den gesuchten Wert der *effektiven Maschenweite*: $m_{\text{eff}} = 0,375 \cdot 4 \text{ km}^2 = 1,5 \text{ km}^2$.

Die *effektive Maschendichte* s_{eff} beträgt somit: $s_{\text{eff}} = 666,7$ Maschen pro 1000 km².

Eine Konsequenz aus der Beziehung zwischen Maschendichte und Maschenweite ist, dass die prozentuale Zunahme der Maschendichte und die prozentuale Abnahme der Maschengrösse unterschiedlich sind. Im Beispiel von Abbildung A6 ist das gut erkennbar: Die Maschenweite hat um 61,5% abgenommen (von 66,7 auf 25,6 km²), und die Maschendichte hat um 160% zugenommen (von 15 auf 39 Maschen pro 1000 km²).

Zusammenhang zwischen effektiver Maschenweite und effektiver Maschenzahl pro 1000 km² (= effektive Maschendichte) für ein hypothetisches Beispiel A 6



2.2 Zerschneidungsgeometrien und Datengrundlage

Weil in der Schweiz Seen und Berge als natürliche Trennelemente eine wichtige Rolle spielen, mussten gegenüber bisherigen Anwendungen der effektiven Maschenweite unterschiedliche Zerschneidungsgeometrien (ZG) definiert werden. Jede ZG berücksichtigt anthropogene und natürliche Trennelemente in anderer Weise (Tab. T1).

Es stellte sich heraus, dass der Einfluss der Seen und der Gebirgsflächen oberhalb von 2100 m in vielen Gebieten so gross ist, dass ein Vergleich mit Gebieten ohne Seen und ohne Gebirge nicht sinnvoll ist. Die Zerschneidungsgeometrie 4 (ZG 4) klammert daher die Seen und Gebirgsflächen über 2100 m aus den Untersuchungsregionen aus: Die Grenzen der Untersuchungsregionen wurden somit in ZG 4 neu festgelegt und beschränken sich auf die Landflächen unterhalb von 2100 m. Es mussten aber auch weitere Detailfragen

Die Definition der vier Zerschneidungsgeometrien und ihre Bedeutung

T 1

		Berücksichtigung natürlicher Trennelemente		
		Keine	Gebirge (>2100 m), Seen und Flüsse werden als Barrieren betrachtet	Gebirge (>2100 m), Seen und Flüsse werden aus dem Bezugsraum ausgeklammert
Vom Menschen geschaffene Trennelemente (Autobahnen, Bahnlinien, Strassen und Siedlungen)	Bis 2.-Kl.-Strassen	–	ZG 2: Trennelemente bis 2. Klasse	–
	Bis 3.-Kl.-Strassen	ZG 1: Zivilisationsdruck	ZG 3: Trennelemente bis 3. Klasse	ZG 4: Landflächen unterhalb 2100 m

Zeitschnitte der Zeitreihen zur Landschaftszerschneidung in der Schweiz und die verwendete Datengrundlage

T 2

Zeitschnitt	Datengrundlage
2002	VECTOR25 (Zeitspanne der Aufnahmen: 1996 bis 2002)
1980	Landeskarte 1:100'000 (Zeitspanne 1977 bis 1982)
1960	Landeskarte 1:100'000 (Zeitspanne 1957 bis 1966)
1935	Landeskarte 1:100'000 (Nachführung der Blätter 1930 bis 1936, ausser Monte Rosa 1926)
1885	Dufourkarte (Nachführung der Blätter 1884 bis 1886, ausser Matteredal 1869)

geklärt werden. Führt ein Verkehrsweg beispielsweise durch einen Tunnel von mehr als 1 km Länge, so gilt die Landschaft in diesem Bereich als unzerschnitten. Kürzere Tunnelstrecken werden wie normale Verkehrswege behandelt.

Jede Zerschneidungsgeometrie hat ihre Stärken und Schwächen. Daher hängt es vom Kontext und Zweck einer Untersuchung ab, welche ZG am besten geeignet ist. In dieser Kurzfassung werden nur die Ergebnisse für ZG 4 dargestellt, weil sie am besten zwischen verschiedenen Gebieten vergleichbar sind. Für eine detaillierte Analyse der Zerschneidung im Rahmen einer Umweltverträglichkeitsstudie oder strategischen Umweltprüfung ist allerdings die Kombination aus allen vier ZGs besser geeignet als eine einzelne ZG für sich allein.

Als Datengrundlage dienten Landeskarten im Massstab 1:25'000 und 1:100'000 (Tab. T2). Da sie von grosser Genauigkeit sind und über die gesamte Schweiz einheitlich erhoben wurden, sind die Ergebnisse entsprechend exakt.

Um die Landschaftszerschneidung früherer Zeitpunkte zu analysieren, war die Digitalisierung historischer Karten notwendig (Abb. A7). Das Projekt ermittelte eine Zeitreihe von 1885 bis 2002 in fünf Zeitschnitten (1885, 1935, 1960, 1980, 2002). Dies ist derzeit die längste erhobene Zeitreihe zur Landschaftszerschneidung, die es gibt.



A 7 Verschiedene Zeitschnitte des gleichen Kartenausschnittes (links = 1885, Mitte = 1960, rechts = 2002). Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BA071297).

3 Ergebnisse

3.1 Aktueller Zustand

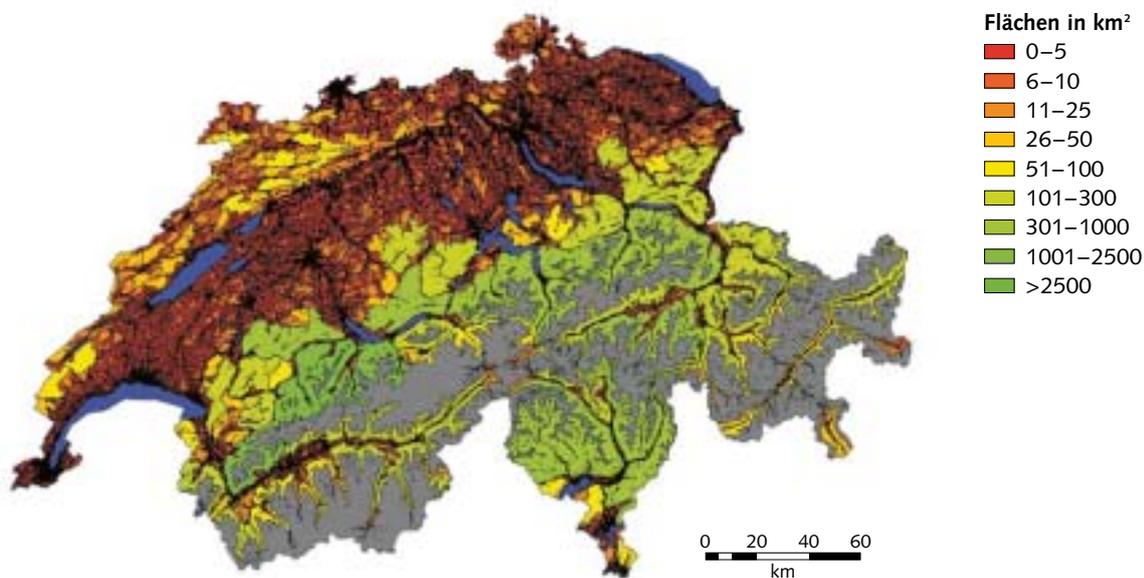
Das Mittelland und der Jura zählen zu den am stärksten zerschnittenen Regionen Mitteleuropas (Abb. A8 und A9). Die effektive Maschenweite beträgt im Mittelland im Jahr 2002 knapp 11 km² (Abb. A9 und A10). Dies entspricht 93 Maschen pro 1000 km². Im Jura beträgt sie 19 km², entsprechend 53 Maschen pro 1000 km². Diese Werte und alle weiteren angegebenen Werte gelten für die Landflächen unterhalb von 2100 m (Zerschneidungsgeometrie 4, siehe Abschnitt 2.2).

Voralpen. Die Talböden der alpinen Regionen sind hingegen sehr stark zerschnitten, mit effektiven Maschenweiten, die teilweise kleiner sind als im Mittelland. Insgesamt ergibt sich daraus für die Schweiz eine effektive Maschenweite von 176 km² (Abb. A9).

Wie viele grosse unzerschnittene Räume (UZR) ab einer bestimmten Grösse es noch gibt, kann man aus der Zerschneidungskarte ablesen (Abb. A11). Oft interessiert man sich für Mindestgrössen von 50 km² und 100 km². Ein Mensch, der Erholung sucht, kann in einem Gebiet von 100 km² eine ungestörte Tageswan-

Zerschneidungskarte der Schweiz für das Jahr 2002 für «Landflächen unterhalb 2100 m» (ZG 4)

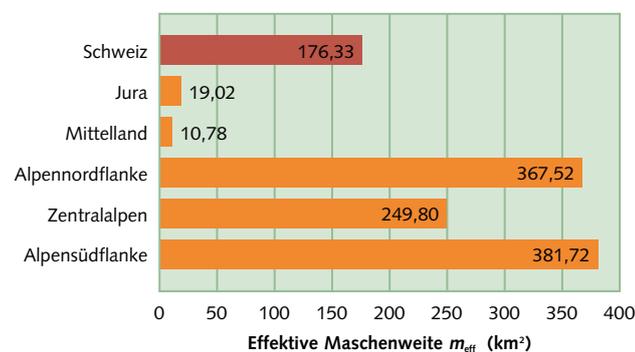
A 8



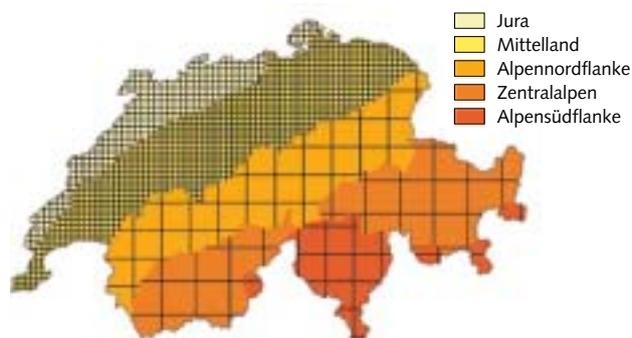
Der Vergleich der Naturräume in Abbildung A10 illustriert, wie stark sich der Zerschneidungsgrad innerhalb der Schweiz von Region zu Region unterscheidet. Die effektive Maschenweite ist in den Alpenregionen 20- bis 35-mal höher als im Mittelland: sie beträgt 250 bis 380 km². Die effektive Maschenweite ist in den Zentralalpen kleiner als in den nördlichen und südlichen

derung machen, ohne einen Verkehrsweg überqueren zu müssen. Die reine Anzahl dieser grossen Räume ist jedoch oft nicht aussagekräftig: Diese Zahl kann sowohl dadurch steigen, dass sehr grosse Flächen so zerteilt werden, dass zwei grosse Flächen daraus entstehen (also die Zerschneidung zunimmt) als auch dadurch, dass ein Trennelement rückgebaut wird, so dass zwei kleinere

Effektive Maschenweite in der Schweiz und in den fünf Grossräumen im Jahr 2002 für «Landflächen unterhalb 2100 m» (ZG 4) A 9



Schematische Darstellung der effektiven Maschenweite in den fünf Grossräumen im Jahr 2002 für «Landflächen unterhalb 2100 m» (ZG 4) A 10

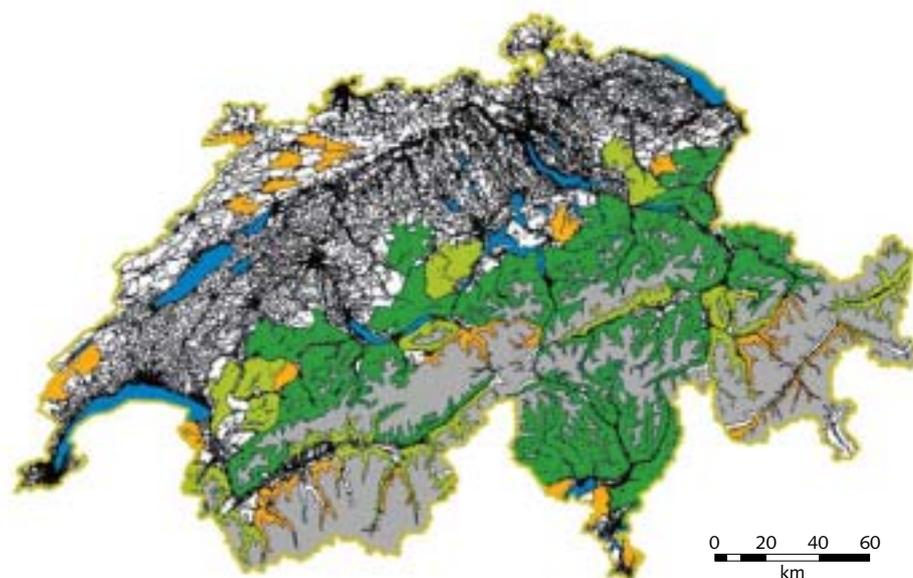


Flächen zu einer grossen Fläche kombiniert werden (also die Zerschneidung der Landschaft abnimmt). Aussagekräftiger ist daher der Anteil der grossen Flächen an der gesamten Landesfläche. Die UZR grösser als 100 km² (ohne Seen und ohne Gebirgsflächen oberhalb 2100 m) haben mit 26 % insgesamt noch einen recht grossen Anteil an der Landesfläche. Dies liegt allerdings fast ausschliesslich an den grossen unzerschnittenen Räumen in den Voralpen und Alpen. Wenn auch die Fläche der Seen und Gebirgsflächen oberhalb von 2100 m einbezogen wird, beträgt der Wert 53 %. Im Jura gibt es heute keine UZR grösser als 100 km² mehr (gegenüber

27 % im Jahr 1885), und im Mittelland beträgt ihr Anteil an der gesamten Region 3 % (Abb. A11).

Der Zerschneidungsgrad variiert auch zwischen den Kantonen stark: zwischen 0,5 km² in Basel-Stadt und 635 km² im Kanton Glarus (Abb. A12). Gebirgskantone haben eine deutlich grössere effektive Maschenweite als die Mittellandkantone und vor allem als die städtischen Kantone. Die acht am stärksten zerschnittenen Kantone sind Basel-Stadt, Genf, Thurgau, Aargau, Zürich, Zug, Schaffhausen und Basel-Landschaft. In ihnen liegt die effektive Maschenweite unter 10 km². Die grössten effektiven Maschenweiten weisen die Kantone Glarus,

Karte der grossen unzerschnittenen Räume (UZR) ab 50, 100 und 200 km² im Jahr 2002 A 11

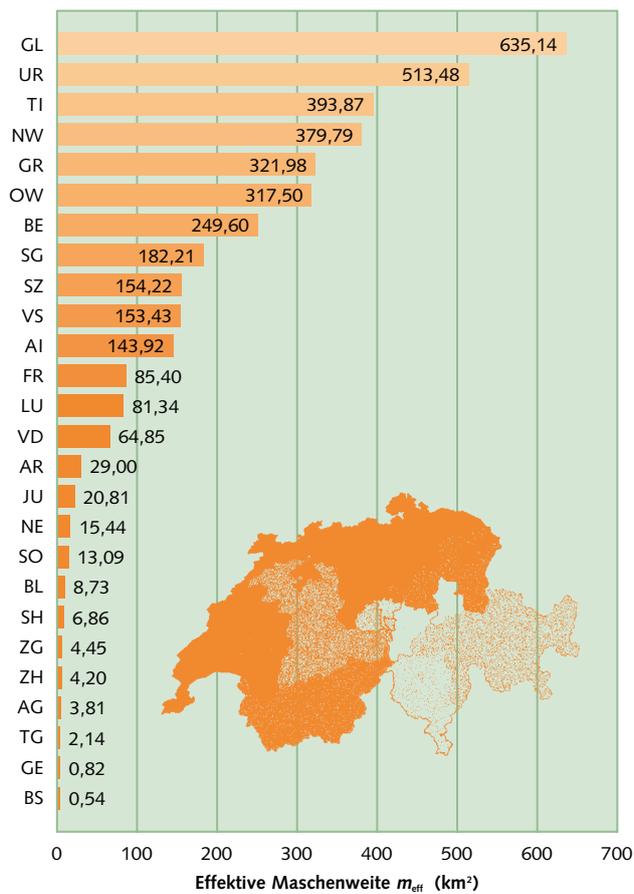


- Schweizer Grenze
- Seen
- Fläche >2100 m ü.M.
- Verkehrs- und Siedlungsflächen
- <50 km²
- UZR: ≥50, <100 km²
- UZR: ≥100, <200 km²
- UZR: ≥200 km²

Deutlich erkennbar ist, dass im Jura keine und im Mittelland nur noch sehr wenige (3 %) Flächen grösser als 100 km² vorhanden sind.

Rangfolge der Kantone nach ihrem aktuellen Zerschneidungsgrad (2002)

A 12



Uri, Tessin, Nidwalden, Graubünden und Obwalden auf (alle über 300 km²). Der Kanton Bern hat Anteil an verschiedenen Naturräumen. Seine effektive Maschenweite ist dementsprechend von verschiedenen naturräumlichen Ausgangsbedingungen beeinflusst und liegt mit 250 km² zwischen den Extremen der Gebirgskantone und der städtischen Kantone.

Ausser den Werten für die fünf Grossräume und die 26 Kantone wurden auch die Werte für die 32 biogeografischen Regionen, die 181 Bezirke, die 163 BLN-Gebiete (Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung) und die 89 Moorlandschaften von nationaler Bedeutung berechnet (siehe den ausführlichen Bericht, Bertiller et al. 2007).

3.2 Zeitreihen 1885 bis 2002

Die Zeitreihen zur Entwicklung der Zerschneidung zeigen, dass die effektive Maschenweite in der Schweiz seit 1885 stark abgenommen hat: Die Abnahme beträgt 70 %. Ihr Wert sank von 580 km² im Jahr 1885 über 332 km² im Jahr 1935 auf 176 km² im Jahr 2002 (Abb. A13). Die Zahl der «Maschen» pro 1000 km² (die effektive Maschendichte) hat entsprechend um 230% seit 1885 zugenommen, d.h. von 1,7 «Maschen» pro 1000 km² im Jahr 1885 über 3,0 «Maschen» pro 1000 km² im Jahr 1935 auf 5,7 «Maschen» pro 1000 km² im Jahr 2002.

Für eine leichtere Interpretation des Trends stellen die Abbildungen stets die effektive Maschenweite und die effektive Maschendichte nebeneinander dar. Die effektive Maschendichte eignet sich besser dazu, um Trends abzulesen, da sich Trends hier als aufsteigende Linien zeigen (vgl. auch Abb. A6).

Die fünf Grossräume

Die Werte der effektiven Maschendichte für das Mittelland und den Jura liegen zu allen Zeitpunkten mit grossem Abstand oberhalb derer der drei Grossräume der Alpenregion (Abb. A14). Bereits zwischen 1885 und 1935 hat die effektive Maschendichte in allen Grossräumen zugenommen. Allerdings war die Zunahme auf der Alpensüdflanke und in den Zentralalpen geringer als in den anderen drei Grossräumen.

Die stärkste Zunahme der effektiven Maschendichte ist überall, ausser im Jura, zwischen 1960 und 1980 erfolgt (Abb. A14). Zwischen 1960 und 1980 hat unter anderem der Autobahnbau die Zunahme der effektiven Maschendichte beschleunigt. Nach dieser intensiven Bauphase waren generell die wichtigsten Verkehrswege in der Schweiz erstellt. Deshalb flachen die meisten Kurven danach etwas ab, sowohl für die effektive Maschendichte als auch für die effektive Maschenweite (Abb. A14). In den Zentralalpen ist der Trend allerdings seit 1960 unverändert stark.

Am auffälligsten ist die Entwicklung im Jura: Dort hat die effektive Maschendichte seit 1935 bis heute mit konstanter Rate zugenommen. Es sind keine Anzeichen für eine Abschwächung erkennbar.

Die erste Eisenbahn in der Schweiz wurde 1856 gebaut. Bis ins Jahr 1935 wuchsen die Schienenwege noch stark: Die Länge des Schienennetzes wurde zwischen 1885 und 1935 um etwa 50 % erweitert. Danach veränderte sich das Schienennetz nur noch gering. Das

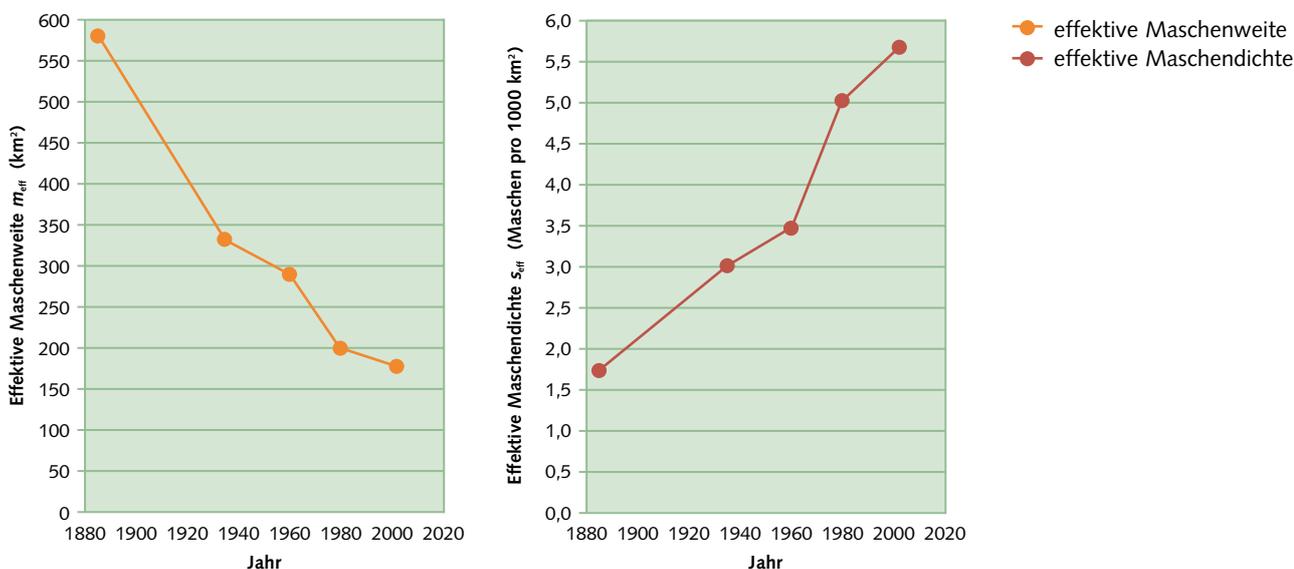
Strassennetz hat daher ab 1935 einen weitaus stärkeren Einfluss auf die Zunahme der Landschaftszerschneidung als das Schienennetz. Bei einem Vergleich mit der Zeit vor 1900, z. B. mit dem Jahr 1850, wäre der Einfluss des Schienennetzes deutlicher sichtbar.

Bei der Interpretation der Daten ist zu beachten, dass die Strassenkategorien von 1885 und 1935 von ihrer Zerschneidungswirkung her nicht den heutigen Kategorien entsprachen, sondern deutlich schwächer waren.

Das Verkehrsaufkommen war tiefer, und die Breite und die Befestigung der Strassen waren geringer. Die Zunahme des Zerschneidungsgrades ist in Wahrheit also noch grösser, als es die Unterschiede zwischen den Werten über die Jahrzehnte zum Ausdruck bringen. Es ist zwar grundsätzlich denkbar, hierfür eine genauere Methode anzuwenden. Dazu würden allerdings Daten über die Verkehrsstärken zu früheren Zeitpunkten benötigt. Solche Daten sind meistens nicht vorhanden.

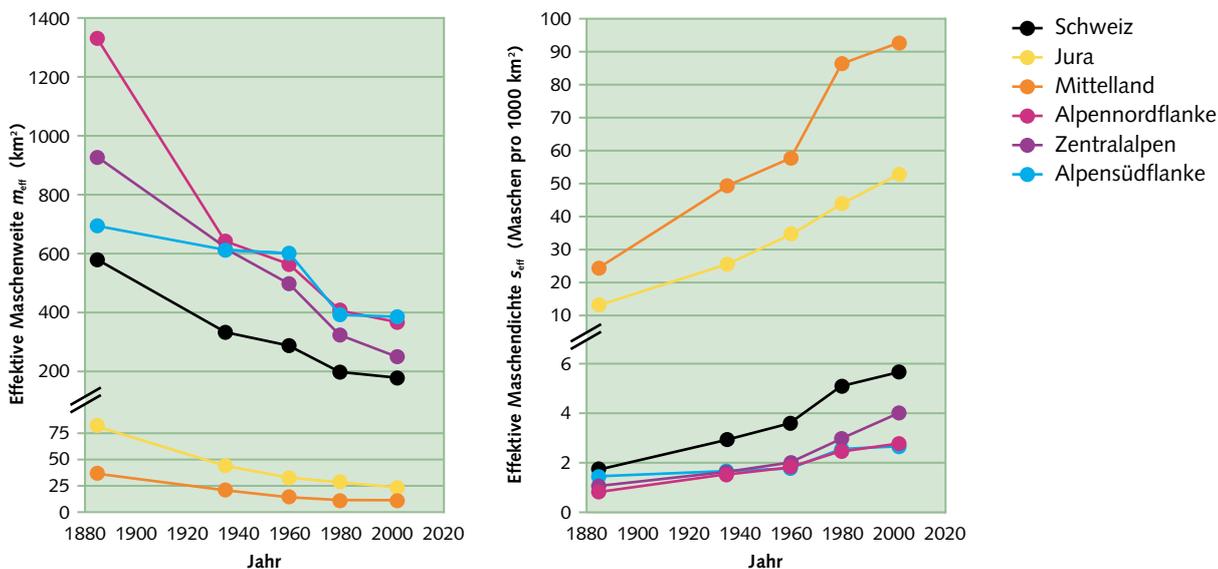
Entwicklung der effektiven Maschenweite und der effektiven Maschendichte in der Schweiz

A 13



Entwicklung der effektiven Maschenweite und der effektiven Maschendichte in den fünf Grossräumen

A 14



Kantone und Bezirke

Die Zunahme der Landschaftszerschneidung seit 1885 zeigt grosse Unterschiede zwischen den Kantonen. Abbildung A15 stellt die Entwicklung in farblicher Abstufung dar. Besonders starke Abnahmen der effektiven Maschenweite (über 50 %) erfolgten fast im gesamten Mittelland, im Jura, in den Nordalpen und in den Westlichen Zentralalpen.

Generell sind in nahezu allen Kantonen zahlreiche neue Verkehrswege gebaut worden. Die Siedlungsflächen haben sich fast überall sehr stark ausgedehnt und tragen ebenfalls zu einer höheren Landschaftszerschneidung bei. Es gibt aber auch wichtige Unterschiede zwischen den Regionen.

Die Kurven der effektiven Maschendichte im Zeitablauf gehen in allen Kantonen stets aufwärts oder bleiben kurzfristig konstant. Entsprechend gehen die Kurven der effektiven Maschenweite zu allen Zeiten abwärts. Dies zeigt, dass der Neubau von Verkehrswegen (einschliesslich der Höherklassierung von Strassen) gegenüber dem Rückbau von Verkehrswegen stets überwogen hat.

Um die Entwicklung in den Kantonen aufzuzeigen, eignen sich als Beispiele die zwei Kantone Aargau und Uri.

Im Aargau sind die verbliebenen Flächen markant kleiner als vor 120 Jahren (Abb. A17). Die Siedlungsfläche ist in grossen Teilen des Kantons sehr stark angewachsen. Die effektive Maschendichte hat sich seit 1885 mehr als verdreifacht. Nur noch sechs grössere Flächen

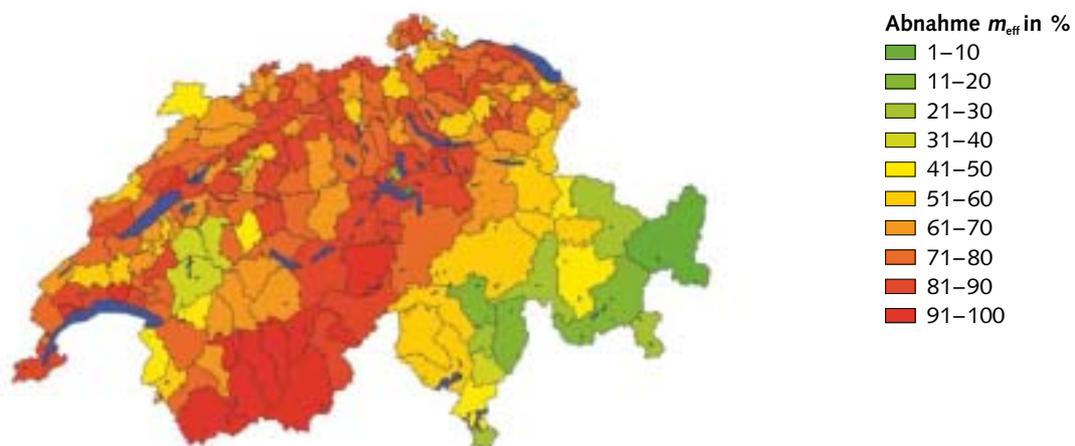
Relative Abnahme der effektiven Maschenweite in den 26 Kantonen zwischen 1885 und 2002

A 15



Relative Abnahme der effektiven Maschenweite in den Bezirken zwischen 1885 und 2002

A 16

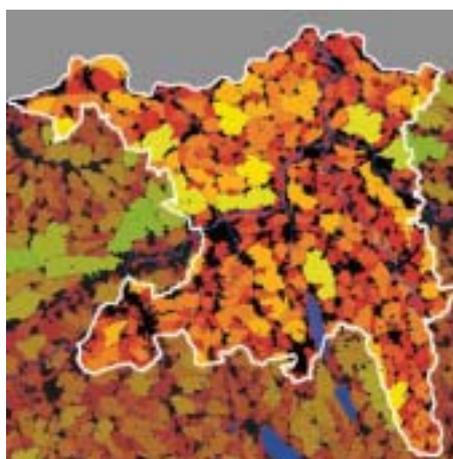
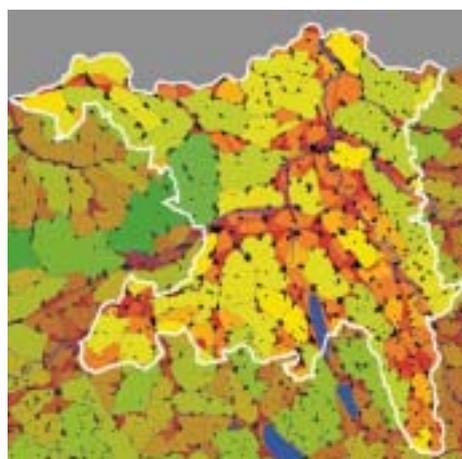


sind übrig geblieben. Der Kanton ist heute eines der am stärksten zerschnittenen Gebiete der Schweiz. Die Kurve der effektiven Maschendichte hat relativ gleichmässig zugenommen, mit einer etwas stärkeren Zunahme zwischen 1960 und 1980 (Abb. A18). In dieser Phase wurden besonders viele neue Verkehrswege im Aargau gebaut.

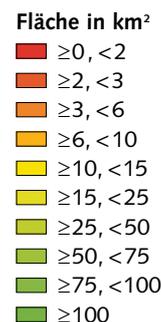
Hauptursachen für die Entwicklung waren neben dem Autobahnbau (z. B. Bau von A1 und A2 nach Basel, Bern, Zürich und Luzern), der nicht gebündelt zu vorhandenen Verkehrswegen erfolgte, auch der Bau von 2.-Klass- und 3.-Klass-Strassen und der Ausbau von 3.- zu 2.-Klass-Strassen. Es ist zwar eine leichte Abschwächung des Trends erkennbar, aber der Trend muss sich noch erheblich mehr verringern, bevor eine stabile Situation erreicht wird und der Wert konstant bleibt.

Der Kanton Uri weist hohe Werte für die effektive Maschenweite auf (Abb. A20). Im Kanton steht nur relativ wenig Talboden zur Verfügung. Der Anteil an steilem Gelände und Gebirge ist gross; 42 % der Kantonsfläche liegen über 2100 m. Im Kanton Uri konzentrierte sich die Siedlungsentwicklung auf das Gebiet um Altdorf. Die beiden grössten Flächen westlich und östlich des Haupttales sind seit 1885 jeweils zweigeteilt worden (Abb. A19). Es gibt relativ wenige 3.-Klass-Strassen, und da sie kleinere Flächen betreffen, haben sie einen relativ geringen Einfluss auf den Zerschneidungsgrad.

Im Unterschied zu den meisten anderen Kantonen ist in Uri zwischen 1960 und 1980 keine Phase mit stärkerer Zunahme der Zerschneidung aufgetreten (Abb. A20). Der Trend der effektiven Maschendichte ist ungebrochen. Es ist aber zu erwarten, dass sich die Werte

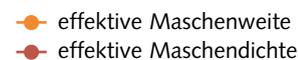
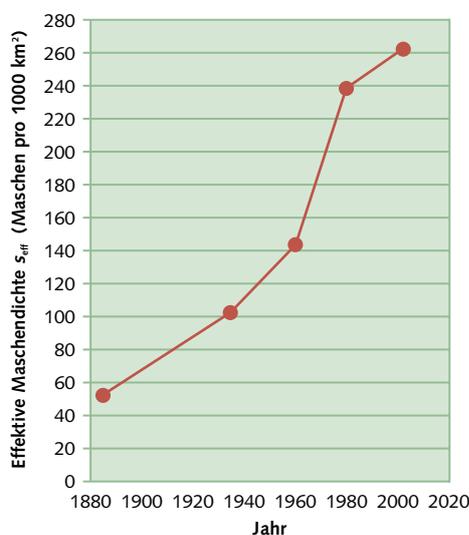
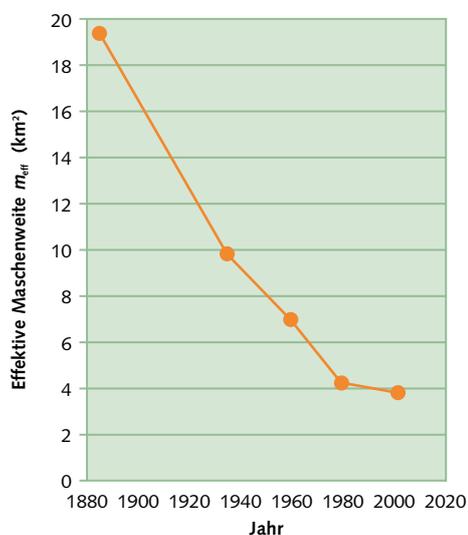


A 17 Kanton Aargau – Situation der Zerschneidung in den Jahren 1885 (links) und 2002 (rechts).



Entwicklung der effektiven Maschenweite und der effektiven Maschendichte im Kanton Aargau

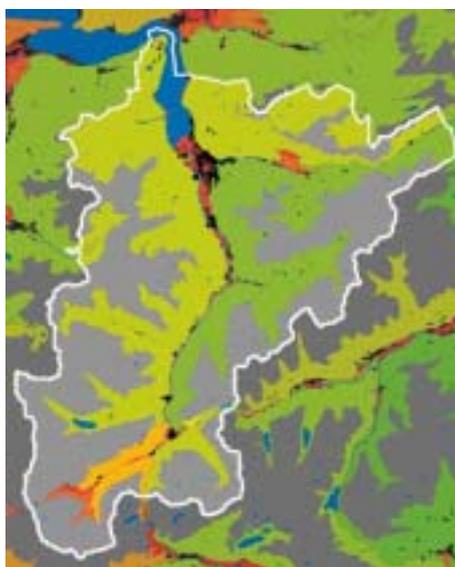
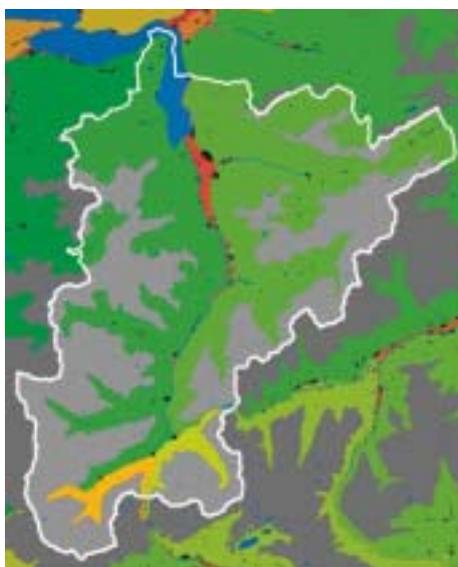
A 18



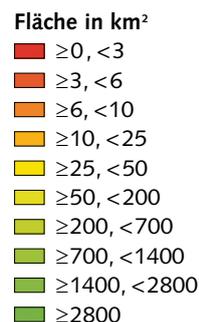
in Zukunft durch grössere Verkehrswege (2.-Klass-Strassen und grösser) nur noch gering verändern werden, da alle wichtigen Verkehrsachsen zur Verbindung mit Nachbarkantonen bereits vorhanden sind und nur noch relativ wenige Flächen für neues Siedlungswachstum geeignet sind. Allerdings ist bei den 3.-Klass-Strassen eine weitere Zunahme möglich.

Die Veränderungen der effektiven Maschenweite zwischen 1885 und 2002 in den Bezirken ist in Abbildung A16 dargestellt. Die stärksten relativen Abnahmen fanden in den Bezirken Höfe, Hérens, Sierre, Solothurn, Sion, Leuk und Neuchâtel statt (mit einer Abnahme von über 80 %).

Oftmals wird zur Landschaftszerschneidung auch der Flächenanteil der unzerschnittenen Räume >100 km² (UZR) angegeben. Dieser Wert ist jedoch beschönigend für die Entwicklung der Landschaftszerschneidung, da er die Zerschneidung von sehr grossen Flächen in kleinere Flächen, die gerade noch ein wenig oberhalb von 100 km² liegen, nicht berücksichtigt. Der Flächenanteil der UZR erfasst ausserdem die Zerschneidungen von Flächen kleiner als 100 km² nicht, die ökologisch und landschaftsästhetisch ebenfalls relevant sind. Daher wird hier auf Zeitreihen für die Entwicklung der UZR verzichtet.

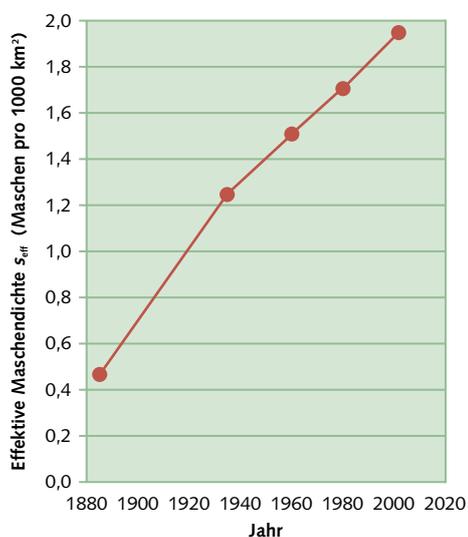
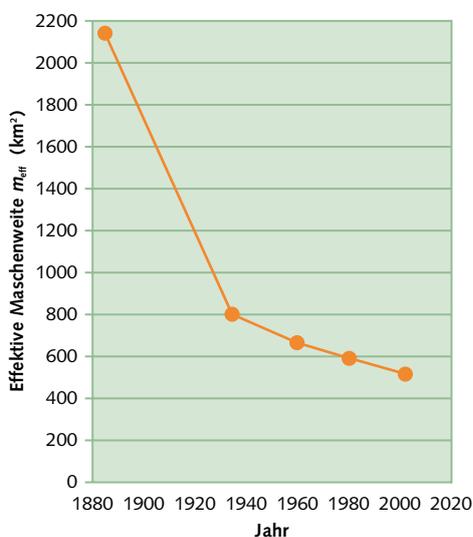


A 19 Kanton Uri – Situation der Zerschneidung in den Jahren 1885 (links) und 2002 (rechts).



Entwicklung der effektiven Maschenweite und der effektiven Maschendichte im Kanton Uri

A 20



3.3 Vergleich mit anderen Ländern

Gemessen daran, dass ein grosser Teil des Landes zur Alpenregion zählt, ist die Schweiz im internationalen Vergleich sehr stark zerschnitten. Die Schweiz erscheint im internationalen Vergleich auf der Basis der Hauptverkehrswege auf den ersten Blick zwar überraschend wenig stark zerschnitten, weniger als Deutschland, Tschechien und Österreich (Abb. A22). Der Grund dafür sind aber die grossen Flächen im Alpenraum, die den Gesamtwert der effektiven Maschenweite für die Schweiz positiv beeinflussen. Die Nord-, Zentral- und Südalpen machen zusammen gut 60 % der Landesfläche aus, und knapp 23 % der Landesfläche liegen sogar über 2100 m. Im Mittelland und im Jura ist die Landschaft allerdings viel stärker zerschnitten als in den Alpengebieten. Die effektive Maschenweite ist im Mittelland und im Jura kleiner als in den meisten anderen Ländern.

Die effektive Maschenweite für die Schweiz ist insgesamt mit 176,3 km² etwa zwölfmal grösser als jene für Baden-Württemberg (13,0 km²) und Hessen (15,6 km²). Dies liegt an den alpinen Regionen in der Schweiz. Entsprechende Regionen gibt es in Baden-Württemberg

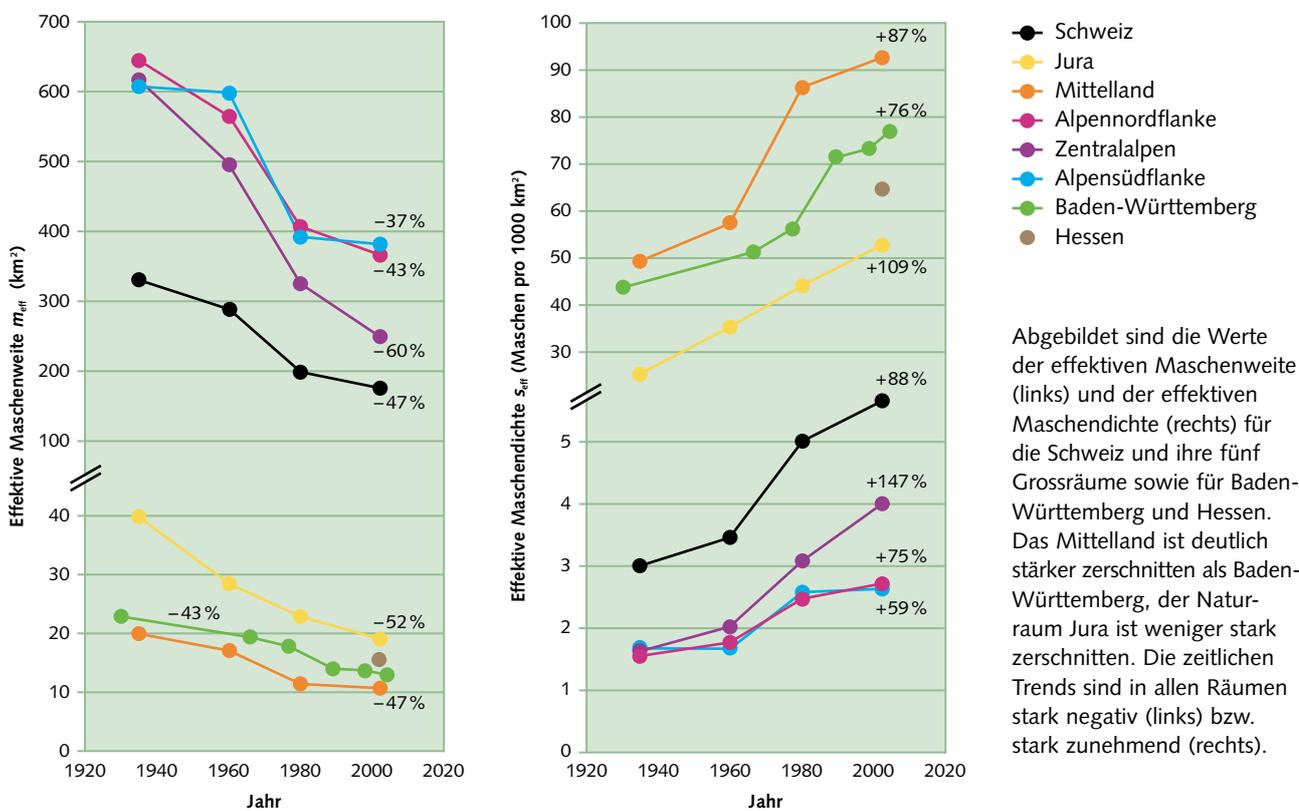
und Hessen nicht. Deshalb ist nur ein Vergleich mit dem Mittelland und dem Jura sinnvoll, da Baden-Württemberg und Hessen vergleichbare Naturräume haben.

Baden-Württemberg steht mit 13,0 km² und Hessen mit 15,6 km² besser da als das Mittelland mit nur noch 10,8 km² (Abb. A21). Das Schweizer Mittelland ist vor allem von den kleineren 3.-Klass-Strassen stärker zerschnitten als Baden-Württemberg und Hessen. Im Jura ist die effektive Maschenweite mit 19,0 km² um 45 % bzw. 20 % grösser als in Baden-Württemberg und Hessen (Abb. A21). Sie liegt damit im Jura auf einem ähnlichen Niveau wie im deutschen Bundesland Sachsen, wo sie 18,2 km² beträgt.

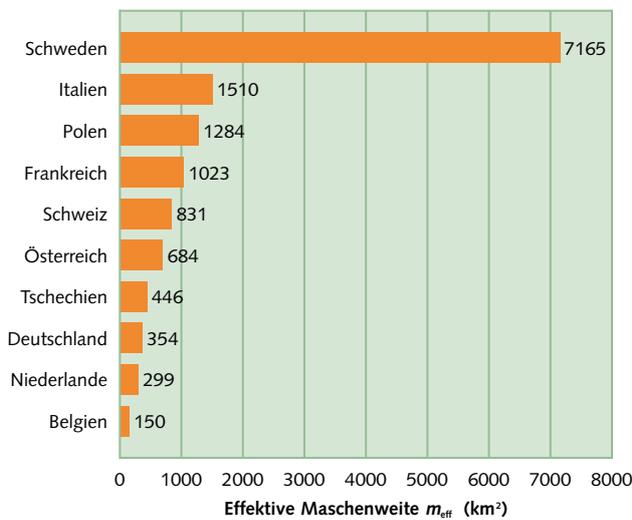
Die zeitlichen Trends sind für die Räume Jura, Mittelland und Baden-Württemberg ähnlich stark negativ (Abb. A21). Die Abnahme der effektiven Maschenweite beträgt in der Schweiz je nach Grossraum zwischen 37 % und 60 % gegenüber 1935. In Baden-Württemberg liegt die Abnahme bei 43 % seit 1930, im Mittelland bei 47 % seit 1935. Die Entwicklung verlief also im Mittelland stärker negativ als in Baden-Württemberg.

Vergleich der Entwicklung der Landschaftszerschneidung in der Schweiz mit derjenigen in Baden-Württemberg und Hessen

A 21



Landschaftszerschneidung durch Hauptverkehrswege und grosse Agglomerationen (>1000 ha) in einigen europäischen Ländern A 22



Die obigen Werte sind noch vorläufig, da die verwendeten Daten (GISCO-Strassen/Eisenbahn-Daten, Ausgabe von 1998) in manchen Ländern nicht vollständig bzw. nicht repräsentativ sind. Daher ist für europaweite Aussagen eine zuverlässigere Datengrundlage nötig, um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen den Ländern zu verbessern. Da die dargestellten Werte auf einer anderen Basis berechnet wurden, stimmen sie nicht mit den Werten überein, die im vorliegenden Bericht ermittelt wurden (Quelle: Europäische Umweltagentur, Projekt in Vorbereitung).

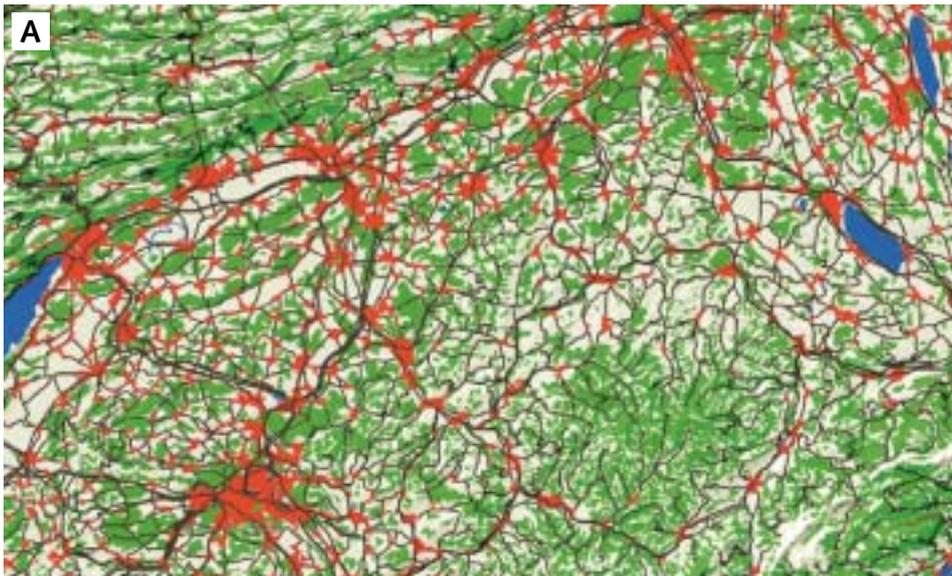
3.4 Landschaftszerschneidung und Wildtierkorridore

Das ökologische Netzwerk und die Wildtierkorridore sind von der Zerschneidung besonders stark betroffen. Die Zerschneidungskarte kann mit dem grossräumigen Vernetzungssystem überlagert werden, um die Konfliktpunkte aufzuzeigen. Die Überlagerung liefert Informationen darüber, wo Wildtierpassagen oder Rückbau von Verkehrswegen wünschenswert sind.

Das grossräumige Vernetzungssystem für Wildtiere besteht aus den Wildtierkorridoren und den überregionalen Bewegungsachsen (Abb. A23). Wildtierkorridore sind die Abschnitte im Vernetzungssystem, die seitlich dauerhaft begrenzt sind, z. B. durch Siedlungsflächen. Sie dienen der grossräumigen Vernetzung der Lebensräume von Populationen. Sie ermöglichen den genetischen Austausch zwischen und innerhalb von Populationen, die für die Art typische Fortbewegung der Populationen in der Landschaft, z. B. saisonale Wanderungen, und die aktive Ausbreitung, um neue Lebensräume zu erschliessen oder ehemalige Lebensräume wieder zu besiedeln. In der Erfassung der Wildtierkorridore und der Planung ihrer Sanierung hat die Schweiz eine führende Rolle in Europa. Von den 303 erfassten Wildtierkorridoren mit überregionaler Bedeutung wurden 28 % als intakt, 56 % als beeinträchtigt und 16 % als weitgehend unterbrochen eingestuft (Holzgang et al. 2001). Die Sanierungsplanung für die Wildtierkorridore sieht unter anderem vor, dass zu den 23 bestehenden Wildtierpassagen bis 2013 15 neue Wildtierpassagen gebaut werden.

Die Autobahnen wirken als undurchlässige Barrieren. Aus Gründen der Verkehrssicherheit sind sie in der Schweiz abgezaunt. In der Überlagerung der Bewegungsachsen von Wildtieren mit der Zerschneidungskarte werden nicht nur Autobahnen, sondern zahlreiche weitere relevante Trennelemente berücksichtigt (Abb. A23). Von Interesse ist, welche zusätzlichen Konflikte durch die Zerschneidungswirkung der kleineren Verkehrswege hinzukommen. Deutlich erkennbar wird in der Abbildung A23, dass die Tiere sehr viele Barrieren überqueren müssen, um z. B. vom Jura aus den Alpenraum zu erreichen. Die Überlagerung kann für jeden der fünf Zeitschnitte seit 1885 erfolgen, um zu erkennen, wo und wie rasch sich der Zustand der Wildtierkorridore im Lauf der Jahrzehnte verändert hat.

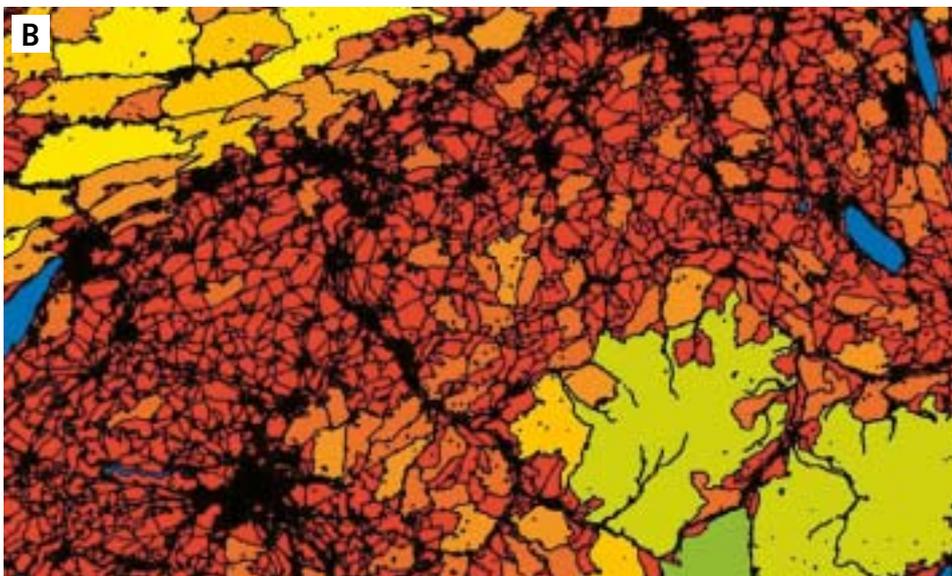
Im Bereich der Wildtierkorridore von überregionaler Bedeutung sollte die effektive Maschenweite in Zukunft nicht weiter abnehmen. Vor allem bei den als



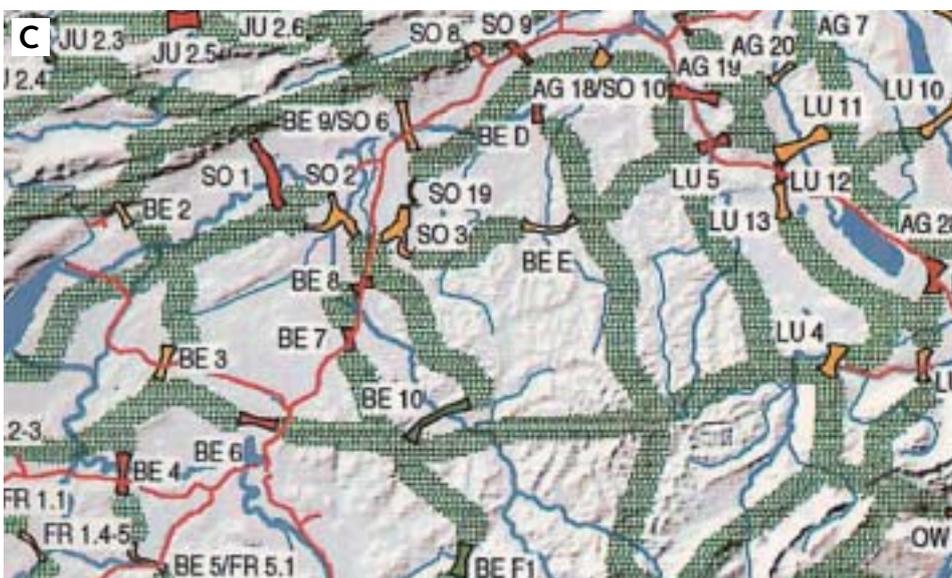
A 23 Kartenausschnitte für die Überlagerung des grossräumigen Vernetzungssystems der Schweiz (nach Holzgang et al. 2001) mit der Zerschneidungskarte. Gezeigt ist ein Ausschnitt aus dem Mittelland.

- A. Karte der Siedlungen und Verkehrswege,
- B. Zerschneidungskarte,
- C. das grossräumige Vernetzungssystem für Wildtiere.

- Siedlungen
- Wald
- Seen
- Verkehrswege



- Flächen in km²**
- 0–5
 - 6–10
 - 11–25
 - 26–50
 - 51–100
 - 101–300
 - 301–1000
 - 1001–2500
 - >2500



- Zustand überregionaler Wildtierkorridore**
- Intakt
 - Beeinträchtigt
 - Weitgehend unterbrochen
 - Überregionales Vernetzungssystem
 - Autobahn
 - See, Fliessgewässer

beeinträchtigt oder unterbrochen beurteilten Wildtierkorridoren ist es wichtig, nicht mehr benötigte Verkehrswege rückzubauen oder diese Wildtierkorridore zu untertunneln. Dadurch nimmt die effektive Maschenweite in diesen Bereichen wieder zu. Die Siedlungsfläche sollte in diesen Bereichen von einer Ausweitung abgehalten werden, z.B. durch die Festlegung von Siedlungstrenngürteln.

3.5 Trendfortschreibung für die Jahre 2020 und 2050

Wie stark zerschnitten wird die Schweiz in den Jahren 2020 und 2050 sein? Dieser Frage geht dieser Abschnitt anhand einfacher Trendfortschreibungen nach. Die Fortschreibungen der Entwicklungstrends der effektiven Maschendichte zwischen 1960 und 2002 liefern die Werte für die effektive Maschendichte und die effektive Maschenweite in den Jahren 2020 und 2050 (Abb. A24). Es wurden ein minimaler und ein maximaler Wert errechnet, die die Spannweite des Trends seit 1960 aufzeigen. Die beiden Werte liegen umso weiter auseinander, je stärker sich der Entwicklungstrend zwischen 1960 und 2002 verändert hat. Man erhält für die Schweiz im Jahr 2020 einen Wert von 151 km² bis 159 km². Die erwartete Abnahme gegenüber heute liegt somit zwischen 10 % und 14 % für das Jahr

2020 und zwischen 21 % und 30 % für das Jahr 2050 (heute: 176 km²).

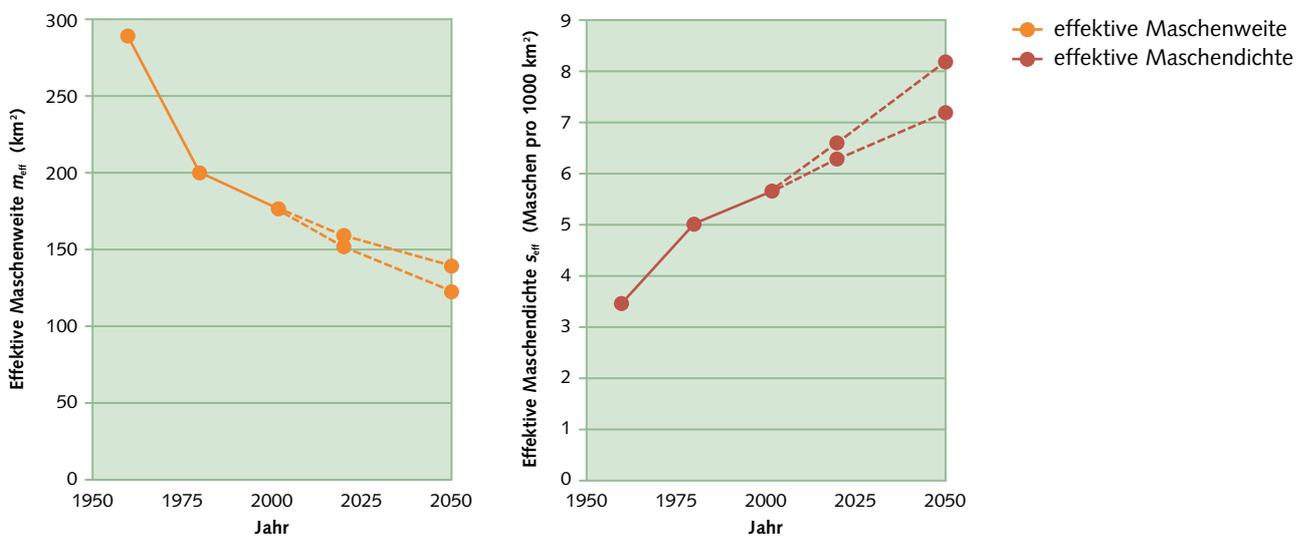
Eine Interpretation dieser Werte sollte berücksichtigen, dass viele wichtige ökologische Prozesse (z.B. Anpassung an veränderte Lebensbedingungen) auf langen Zeitskalen ablaufen. Besonders im Vergleich mit solchen langsam verlaufenden Prozessen zeigen die extrapolierten Werte einen weiteren bedrohlich raschen Wandel der Landschaft an.

Grundannahme für die Extrapolation der bisherigen Entwicklung ist der erwartete weitere Verkehrsanstieg in der Schweiz: «Alle Verkehrsprognosen gehen von einem weiteren massiven Wachstum aller Verkehrsleistungen aus. Im Personenverkehr wird bis 2015 mit Zunahmen von 20 bis 40 Prozent gerechnet. Im Güterverkehr wird von einer Verdoppelung der Tonnenkilometer bis ins Jahr 2020 ausgegangen» (Stremlow et al. 2003: 134). Zudem wird die Zersiedelung voraussichtlich weiter stark zunehmen, hier sind ohne grundlegende Änderungen in der Siedlungspolitik kaum Trendabschwächungen zu erwarten.

Eine Trendfortschreibung kann zwar keine Aussagen dazu machen, ob eine Fortsetzung des Trends auch tatsächlich stattfinden wird. Bei den Nationalstrassen ist ein Verkehrswegebau kaum mehr im gleichen Ausmass wie bisher zu erwarten. Daher scheint eine Trendfortschreibung auf den ersten Blick eine unrealistische Überlegung zu sein. Beim zweiten Hinsehen wird jedoch klar, dass durchaus eine weitere deutliche Zunahme der

Erwartete Werte der effektiven Maschenweite und der effektiven Maschendichte in der Schweiz für die Jahre 2020 und 2050 bei anhaltendem Trend der Landschaftszerschneidung

A 24



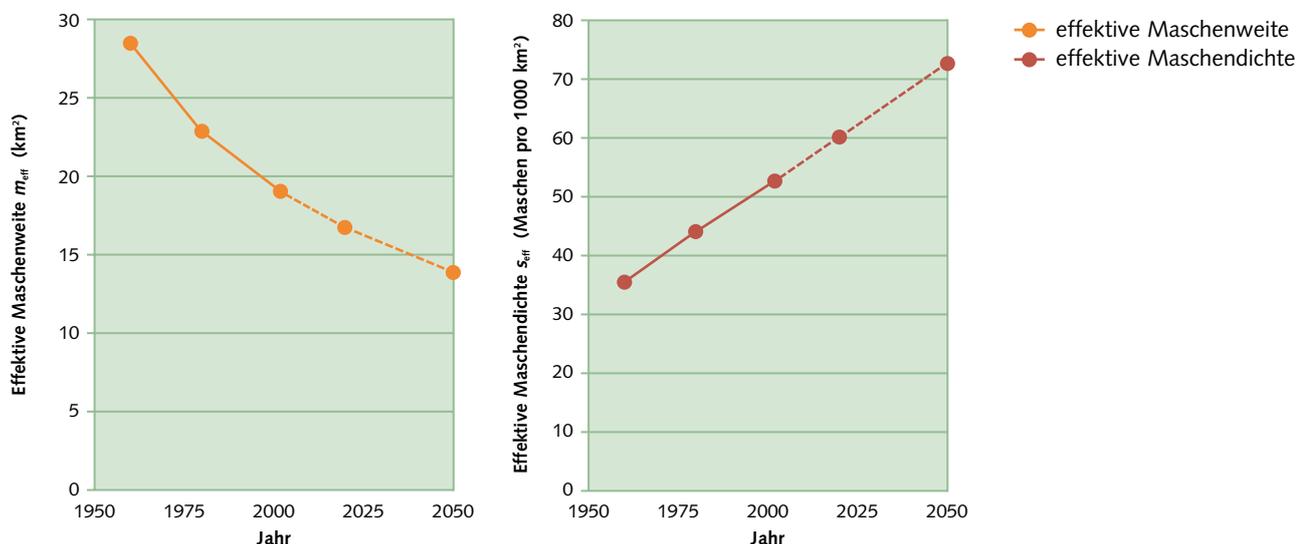
Landschaftszerschneidung zu erwarten ist (z. B. durch Bau von 3.-Klass-Strassen, Umfahrungsstrassen, 2. Etappe von Bahn 2000). Hierzu lassen sich anhand einer Trendfortschreibung interessante Vergleiche anstellen. Von grossem Interesse ist es daher, die effektive Maschenweite auf Grundlage aller heute geplanten Verkehrswege zu ermitteln. So könnte man viel genauere Aussagen zur erwarteten Entwicklung der Landschaftszerschneidung machen und durch den Vergleich mit der Trendfortschreibung beurteilen, ob sich der Trend voraussichtlich verlangsamten wird (und wie stark) oder nicht. Die Berechnung des Zerschneidungsgrades auf Basis der bereits geplanten Umfahrungsstrassen und Grossprojekte sollte in einem Nachfolgeprojekt erfolgen.

Unter den fünf Grossräumen ist der Trend im Jura am stärksten negativ. Wenn sich der Trend im Jura weiter fortsetzt, so werden bis 2020 Werte um 16,7 km² und bis 2050 Werte um 13,9 km² erreicht. Der Trend ist im Jura seit 1960 sehr eindeutig, daher liegen die hohen und tiefen Werte nahe beieinander (Abb. A25). Im Mittelland wird der Wert von 10 km² wahrscheinlich schon vor 2020 oder kurz danach unterschritten werden.

Wenn sich die beobachteten Trends weiter fortsetzen, so wird die effektive Maschenweite in allen Kantonen über die nächsten 45 Jahre weiter abnehmen. Einige Beispiele: Der Kanton Wallis wird demnach bis 2020 auf Werte zwischen 113 und 132 km² und bis 2050 auf Werte zwischen 83 km² und 107 km² absinken. Im Mittelfeld liegt der Kanton St. Gallen, dessen Maschenweite nahe am Gesamtwert der Schweiz liegt (176 km²). Für St. Gallen ist eine Abnahme von heute 182 km² auf 138 km² bis 2050 zu erwarten, also stärker als für die Schweiz insgesamt (155 km²). Kantone wie Freiburg, Luzern und Waadt mit Werten zwischen 65 km² und 85 km² werden bis 2050 etwa auf ein Niveau von 45 km² bis 65 km² sinken. Bei den Kantonen, für die sich die Spannweiten überlappen, kann sich die Rangfolge im Zerschneidungsgrad ändern, z. B. bei Zug und Zürich (Zug wird Zürich möglicherweise in der Zerschneidung ab 2030 überholen). Bei den übrigen Kantonen ist eine Änderung der Reihenfolge eher unwahrscheinlich.

Erwartete Werte der effektiven Maschenweite und der effektiven Maschendichte im Naturraum Jura für die Jahre 2020 und 2050 bei anhaltendem Trend der Landschaftszerschneidung

A 25



4 Folgerungen

4.1 Verwendung der Resultate in der Raum- und Umweltbeobachtung

Die vorliegende Studie liefert eine Vergleichsgrundlage für weitere Untersuchungen. Mit ihr liegt eine sehr lange Datenreihe (seit 1885) zur effektiven Maschenweite und -dichte vor, die nach einheitlichen Kriterien erhoben wurde. Dies ermöglicht einen Vergleich heutiger – und zukünftig berechneter – Werte mit einer über einhundert Jahre langen Entwicklung und die Erkennung von Trendänderungen.

Die Umweltbeobachtung bezweckt, Veränderungen in der Umwelt zu erfassen, zu verstehen und zu dokumentieren. Die Ergebnisse sind nicht nur in Bezug auf Tierpopulationen relevant, sondern auch für die Bereiche «Landschaftscharakter», «Landschaftsbild», «Verlärmung» und «Erholungseignung». Auf Bundesebene sollen die ermittelten Zeitreihen in die bestehenden Beobachtungssysteme aufgenommen werden. Hierzu zählen das Monitoring der nachhaltigen Entwicklung (MONET), das Biodiversitäts-Monitoring (BDM, als Indikator für den Einflussfaktor «Erschliessungsdichte»), das Landschaftsmonitoring, das Netzwerk Umweltdaten (NUD) und das NISTRA (Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte). Für die Aufnahme von neuen Indikatoren verwendet das MONET-System 17 Auswahlkriterien. Die Methode der effektiven Maschenweite erfüllt alle diese Kriterien. Die vorhandenen Daten zur Landschaftszerschneidung sind bereits in den neuen Bericht «Umwelt Schweiz 2007» des BAFU und des BFS sowie in die Taschenstatistik des BFS («Umweltstatistik Schweiz in der Tasche 2006 und 2007») integriert worden.

Auf kantonaler Ebene können bestehende Monitoring-Systeme (z.B. im Kanton Aargau) oder Berichte über den Vollzug der kantonalen Raumentwicklung ebenfalls mit dem Indikator der effektiven Maschenweite bzw. Maschendichte ergänzt werden. Die Daten sollten daher in die kantonale Umweltberichterstattung aufgenommen werden. Die vorliegende Zerschneidungsanalyse bietet eine Grundlage für kantonale Konzepte

Kasten 3: Verwendung der Methode

Die Methode der effektiven Maschenweite und effektiven Maschendichte kann auf jeder Ebene, z.B. von den Kantonen, als Analyseinstrument vor Ort für die folgenden Zwecke genutzt werden:

1. Quantitative Angaben zur weiteren geplanten Entwicklung sagen aus, um wie viel die bereits geplanten Verkehrswege den Zerschneidungsgrad erhöhen werden, z.B. im Vergleich zur bisherigen Entwicklung. Dies schliesst Netzbetrachtungen ein, d.h. die kumulativen Wirkungen mehrerer Bauvorhaben (einschliesslich des Wachstums der Siedlungsflächen) auf die effektive Maschendichte.
2. Verschiedene Planungsvarianten für Verkehrswege und Siedlungsgebiete können hinsichtlich ihrer Auswirkung auf die effektive Maschendichte miteinander verglichen werden. Dabei sollten nicht nur einzelne Planungsvorhaben betrachtet werden, sondern die Summenwirkung aller für die Zukunft geplanten Eingriffe und ihr Zusammenspiel sollte betrachtet werden. Für den Themenbereich Landschaftsqualität kann die Methode zu diesem Zweck auch weiterentwickelt werden. Der Einbezug von Wertstufen hinsichtlich der Eigenart oder Erholungsqualität, der Einbezug von Lärmbändern, der Einbezug von Wertstufen zur ökologischen Qualität der betroffenen Flächen und die Berücksichtigung der Überquerungswahrscheinlichkeiten von Verkehrswegen und von Querungsbauwerken sind Möglichkeiten hierzu.
3. Es lässt sich ermitteln, wie viel jede Kategorie von Verkehrswegen zur Gesamtzerschneidung beiträgt. Diese Werte können z.B. als ein Gefährdungsfaktor für derzeit noch bestehende Vernetzungen dienen, denn die bestehenden kleineren Verkehrswege sind Anzeichen dafür, wo bei steigendem Verkehrsaufkommen künftig ein Ausbau geplant werden könnte.
4. Mit der Methode können konkrete Vorschläge für den Rückbau von Verkehrswegen erarbeitet werden, der sich besonders positiv für die effektive Maschenweite auswirken würde.
5. Interessant wäre ein Vergleich, wie stark die Regionen in Relation zu ihrer Einwohnerdichte und wirtschaftlichen Produktivität (und anderen relevanten Faktoren) zerschnitten sind, und in welchen Regionen das Wirtschaftswachstum parallel zum Anstieg der Landschaftszerschneidung verläuft und in welchen es vom Grad der Landschaftszerschneidung entkoppelt werden konnte.

zur Erhaltung und Vernetzung von Lebensräumen sowie für die Aufwertung der Landschaftsqualität. Ausser den Wildtierkorridoren und den Lebensräumen für Wildtiere sollten in den Landschaftsentwicklungskonzepten und Richtplänen der Kantone auch die Einflüsse der Zerschneidung auf die Landschaftsqualität und den Landschaftscharakter berücksichtigt werden. Diese Einflüsse werden durch den Bau von Wildtierpassagen nicht ausgeglichen oder rückgängig gemacht.

Anhand der vorliegenden Daten zur Landschaftszerschneidung können nationale und kantonale Massnahmen auf ihre Wirksamkeit hinsichtlich der Landschaftszerschneidung überprüft werden. Damit kann analysiert werden, ob die aufgestellten Postulate Beachtung finden und die gesetzten Ziele erreicht werden. Eine Auswertung zur Wirksamkeit des BLN-Inventars bezüglich Landschaftszerschneidung ist ein Beispiel, wie eine Evaluation eines bestehenden Instrumentes vorgenommen werden kann: Es zeigt sich, dass das BLN hinsichtlich der Landschaftszerschneidung wirksamer war als hinsichtlich der Siedlungszunahme (siehe hierzu den ausführlichen Bericht, Bertiller et al. 2007).

Da Indikatoren zum Zustand der Landschaft, zu ihrer Vielfalt und ihrem Charakter generell noch immer kaum verfügbar sind, bietet es sich an, die Werte zum Grad der Landschaftszerschneidung auch für verschiedene landschaftsbezogene Analysen und Evaluationen auf Bundesebene und kantonaler Ebene zu verwenden. Die Ergebnisse sind planerisch umso besser verwendbar, je stärker die Resultate mit Untersuchungen zu den betroffenen Landschaftsfunktionen und ihrer Empfindlichkeit verknüpft werden. Als ein nächster Schritt wäre daher eine detaillierte Interpretation der Daten für die einzelnen biogeografischen Regionen, Kantone und Bezirke mit Bezug auf ihre Landschaftsfunktionen und ihre Empfindlichkeit zu wünschen.

Die nun vorliegenden Zeitreihen zur Landschaftszerschneidung in der Schweiz sollten in regelmässigen Abständen fortgesetzt werden (z. B. alle 4 bis 6 Jahre). Dies ist auf Grundlage der periodisch aktualisierten digitalen Datenbasis (VECTOR25) mit relativ geringem Aufwand möglich.

Bei verschiedenen Fragen besteht noch Forschungsbedarf für die Zukunft, z. B. zur Zerschneidung des Landschaftsbildes durch Hochspannungsleitungen. Ein weiteres Beispiel von grossem Interesse ist die Ermittlung von Korrelationen zwischen dem Zerschneidungsgrad und dem Vorkommen und Bestand von Tierarten.

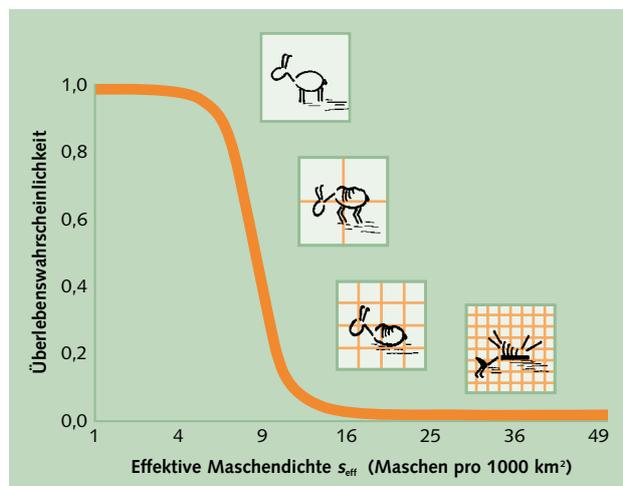
Da sich die negativen Folgen der Habitatzerschneidung und -zerstückelung für eine Population meist erst nach Jahrzehnten zeigen, sind in den kommenden Jahrzehnten weitere Bestandverluste als Folge der bereits durchgeführten Landschaftseingriffe wahrscheinlich. Wenn ein Rückgang der Populationen dokumentiert wird, kann es für stabilisierende Massnahmen schon zu spät sein. Die Konsequenzen der bisherigen Zerschneidung, die sich im Laufe der nächsten Jahrzehnte zeigen werden, sollten daher gut untersucht werden, um die Verzögerungszeiten zu ermitteln.

4.2 Vorschläge zur Eindämmung der Landschaftszerschneidung

Angaben zum Zerschneidungsgrad ermöglichen überprüfbare Umweltziele

Massnahmen zur Eindämmung und Verringerung der Landschaftszerschneidung lassen sich nur dann wirksam umsetzen, wenn ein Problembewusstsein und die entsprechenden Fachkenntnisse vorhanden sind. Die Behörden, Fachleute und die Öffentlichkeit müssen deshalb für das Problem der Zerschneidung sensibilisiert und über geeignete Massnahmen informiert werden. Schwellenwerte können dabei eine wichtige Aufgabe übernehmen. Grundsätzlich lassen sich die Themenbereiche «Verbesserung der Lebensräume für Tierpopulationen» und «Aufwertung der Landschaftsqualität» (z. B. Charakter und Eigenart der Landschaft) unterscheiden. Wichtig ist nicht nur der Schutz der verbliebenen unzerschnittenen Räume, sondern auch dort, wo die Landschaft schon stark fragmentiert ist, sollten weitere Belastungen vermieden werden.

Die bisherigen Forschungsergebnisse zeigen, dass es Schwellenwerte der Zerschneidung gibt (Abb. A26). Die Überlebenswahrscheinlichkeit einer Population wurde in Abhängigkeit von der Zahl der Strassen mit einem Simulationsmodell berechnet. Gemäss diesen Ergebnissen hängt der Schwellenwert von der Tierart und vom Verkehrsaufkommen ab. Zusätzlich reduziert eine steigende Zahl und Stärke der Barrieren den genetischen Austausch (nicht im Modell von Abb. A26 berücksichtigt). Die Wahrscheinlichkeit nimmt zu, dass verwandte



A26 Schwellenwerte in der Landschaftszerschneidung für die Überlebenswahrscheinlichkeit von Tierpopulationen (verändert nach Jaeger und Holderegger 2005).

Individuen miteinander Nachkommen haben (Inzucht). Damit sinken die Fähigkeit der Art, sich an veränderte Umweltbedingungen anzupassen, und die Überlebenswahrscheinlichkeit der Population.

Was bedeuten solche Schwellenwerte für die Verkehrsplanung und den Naturschutz? Wenn die vorhandenen Tierpopulationen alle Strassenneubauten in einer Landschaft bisher überlebt haben, so lässt sich daraus nicht schliessen, dass die Populationen auch noch weitere

Kasten 4: Begrenzungsvorschlag

Das Umweltbundesamt in Deutschland hat einen Vorschlag für eine Begrenzung der Landschaftszerschneidung mit Hilfe der effektiven Maschenweite in die Diskussion gebracht (Penn-Bressel 2005; Tab. T3). Aufgrund von Trendschätzungen zur Landschaftszerschneidung hat das Umweltbundesamt Handlungsziele zur Begrenzung der Fragmentierung bzw. der Zunahmegeschwindigkeit in Deutschland formuliert. Grosse unzerschnittene Räume sollen erhalten und vergrössert werden. In bereits stark fragmentierten Räumen soll eine Verlangsamung des Trends erreicht werden.

Die effektive Maschenweite soll in stark zerschnittenen Räumen je nach Ausgangssituation bis ins Jahr 2015 maximal halb so stark abnehmen, wie dies bei einer ungesteuerten Entwicklung zu erwarten wäre. Konkret wurden folgende Ziele gesetzt:

- «a) Die Anzahl und die Gesamtfläche (Summe) der jeweils noch vorhandenen unzerschnittenen verkehrsarmen Räume über 140, 120, 100, 80 und 60 Quadratkilometer soll nicht mehr abnehmen, sondern durch Entscheidungsmassnahmen von heute 20,6 % bis zum Jahr 2015 auf 23 Prozent der Fläche des deutschen Bundesgebietes erhöht werden.
- b) Die kleinteilige Landschaftszerschneidung soll durch zusätzliche Kriterien [von Tab. T3] begrenzt werden» (Penn-Bressel 2005: 132).

Die Autoren der vorliegenden Publikation unterstützen diesen Vorschlag.

Werte zur Begrenzung der kleinteiligen Landschaftszerschneidung in Deutschland, die das deutsche Umweltbundesamt zur Diskussion gestellt hat T 3

Ausgangssituation Ende 2002: effektive Maschenweite m_{eff}	Ziel bis 2015: Abnahme der effektiven Maschenweite m_{eff} um weniger als
<10 km ²	1,9 %
10–20 km ²	2,4 %
20–35 km ²	2,8 %
>35 km ²	3,8 %

Verkehrswege verkräften können. Wenn der Schwellenwert erreicht ist, führt der nächste neue Verkehrsweg mit hoher Wahrscheinlichkeit zum Erlöschen der Populationen.

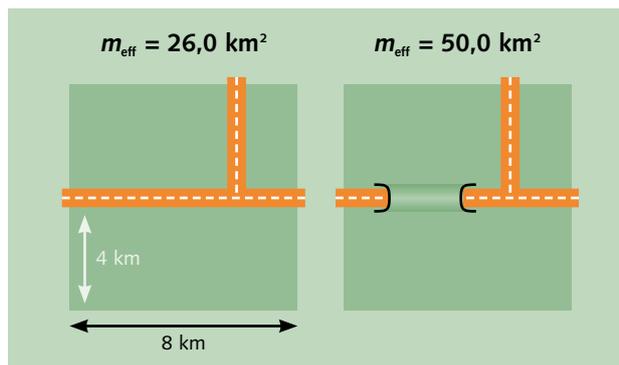
Zur weiteren wichtigen Frage, ab welcher Verkehrsstärke ein Verkehrsweg für welche Tierarten nicht mehr überquerbar ist, gibt es bisher kaum zuverlässige Daten. Auch ökologische Faktoren wie die räumliche Verteilung der Habitate oder die Sterbe- und Geburtenrate in der Population beeinflussen die Schwellenwerte. Es ist schwierig, die Wirkung aller dieser Faktoren zu berücksichtigen, denn dazu sind Daten für unterschiedliche Lebensräume über lange Zeiträume notwendig, die nur in seltenen Fällen erhoben werden können.

Daher ist weitgehend unbekannt, wo die genauen Schwellenwerte einer Population bzw. einer Art liegen. Umso wichtiger ist ein vorsorgeorientierter Ansatz, der die Landschaftszerschneidung in eine wünschenswerte Entwicklungsrichtung lenkt. Künftige Forschungsprojekte sollten die noch verbleibenden Wissensdefizite aufarbeiten.

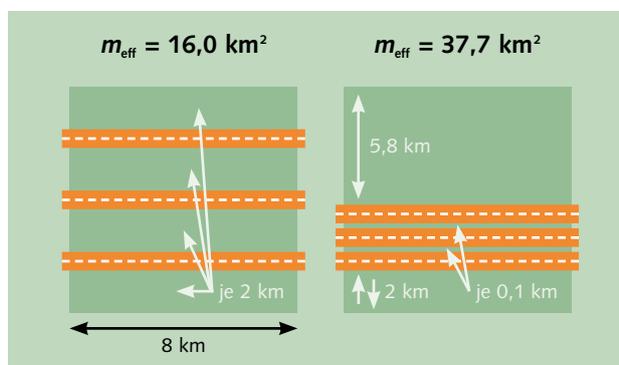
Massnahmen im Bereich der Verkehrs- und Siedlungsplanung

- *Wildtierkorridore erhalten und wiederherstellen*

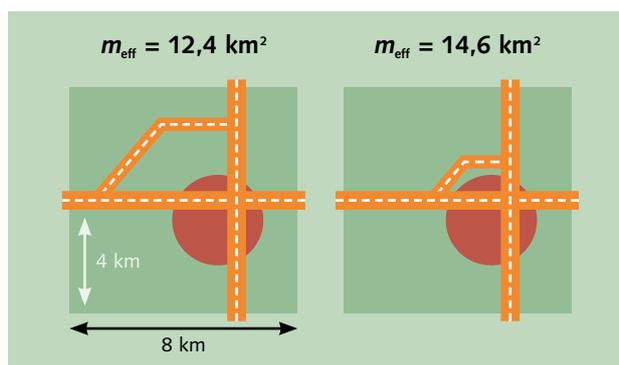
Bestehende Verkehrswege können mit verschiedenen Massnahmen für Wildtiere durchlässiger gemacht werden: Tunnel (Abb. A27), Querungshilfen wie Grünbrücken, Unterführungen oder Hochlegen des Verkehrsweges auf Ständern, so dass Wildtiere darunter queren können. Je grösser die Flächen sind, die miteinander verbunden werden, umso wirksamer sind die Massnahmen. Dabei sind die angrenzenden Räume und das Zusammenspiel mit weiteren Massnahmen einzuplanen. Die Sanierung der beeinträchtigten oder unterbrochenen Wildtierkorridore ist eine wichtige Massnahme, um die Wandermöglichkeiten von Grosssäugern und anderen Tierarten zu erhalten bzw. wiederherzustellen. Dazu haben das Bundesamt für Strassen (ASTRA) und das Bundesamt für Umwelt (BAFU) gemeinsam ein Programm erarbeitet. Dieses Programm sieht unter anderem die Erstellung von 15 neuen Wildtierpassagen entlang von Autobahnen und Hauptstrassen bis ins Jahr 2013 vor. Massnahmen zur Reduktion von Verbreitungshindernissen sollten immer auch mit Massnahmen zu ökologischen und landschaftlichen Aufwertungen verknüpft werden. Hier können auch die Kantone und Gemeinden eine wichtige Rolle bei der Umsetzung spielen.



A 27 Einfluss einer Untertunnelung auf die effektive Maschenweite. Dank der Führung des Verkehrsweges in einem Tunnel (rechts) nimmt die effektive Maschenweite in diesem Beispiel von 26 km² (links, ohne Tunnel) auf 50 km² zu.



A 28 Einfluss einer Bündelung von Verkehrsweegen auf die effektive Maschenweite. Die Bündelung der Verkehrswege (rechts) bewirkt eine Vergrösserung der effektiven Maschenweite gegenüber einer regelmässigen Verteilung der Verkehrswege über die Landschaft (links).



A 29 Einfluss der Lage einer Umfahrungsstrasse auf die effektive Maschenweite. Eine Linienführung nahe der Siedlung (rechts) hat eine grössere effektive Maschenweite zur Folge als der Bau der Strasse in grösserer Entfernung zur Siedlung (links).

- *Verkehrswege bündeln*

Je stärker Verkehrswege gebündelt werden, desto grösser sind die übrig bleibenden Flächen. Besteht beispielsweise bereits eine Bahnlinie, so sollte die Linienführung einer neuen Strasse möglichst nahe und parallel zum bestehenden Verkehrsweg geplant werden (Abb. A28). Wildtierpassagen können dann zudem so angelegt werden, dass sie das ganze Trassenbündel auf einmal überspannen bzw. unterqueren.

Ein Ausbau von bestehenden Verkehrswegen ist aber dem Neubau von neuen Verkehrswegen an anderem Ort generell vorzuziehen. Dies gilt selbst dann, wenn der Neubau gebündelt zu bestehenden Strecken verlaufen würde. Zwar verstärkt der Ausbau die Barrierewirkung von Verkehrswegen, besonders wenn zugleich das Verkehrsaufkommen zunimmt. Dieser Effekt ist aber in aller Regel weniger schädlich als ein Zerteilen der grossen Flächen neben dem Trassenbündel. Bei einer Abnahme des Verkehrsaufkommens, z. B. wegen neuen Verkehrswegen an anderen Orten, sollte der Ausbaustandard des Verkehrsweges angepasst werden, z. B. durch eine bauliche Verschmälerung.

Eine Linienwahl von Umfahrungsstrassen und anderen Verkehrswegen in der Nähe von bereits überbauten Flächen verringert den Zerschneidungseffekt gegenüber dem Bau von Umfahrungsstrassen abseits der Siedlungen (Abb. A29). Der Zweck dieser Massnahme ist es, möglichst grosse Flächen zu erhalten bzw. durch neue Verkehrswege möglichst wenig anzuschneiden.

- *Oasenkonzept*

Eine neue, innovative Gestaltungsidee für Verkehrswege besteht in dem so genannten Oasenkonzept. Dabei werden die für Erholung geeigneten Gebiete («Oasen») und die Ortschaften vom überörtlichen Verkehr freigehalten. Der Strassenverkehr wird auf wenige Strassen in deutlicher Entfernung von den Ortschaften zusammengeführt, und die Orte werden durch Stichstrassen angebunden. Die heutigen Strassen, welche den Verkehr direkt von Ort zu Ort führen, werden rückgebaut.

Wesentliche Vorteile dieses Konzeptes bestehen darin, dass die Orte völlig vom Durchgangsverkehr entlastet werden und dass der Trend zu immer neuen Umgehungsstrassen in der Umgebung der Orte gebrochen wird. Dieses Konzept kann zu neuen Ideen bei der Planung neuer Verkehrswege anregen. Ausserdem lässt es sich in der Landwirtschaft im Zuge der voranschreitenden Restrukturierungen anwenden.

- *Rückbau von Verkehrswegen*

Verkehrswege, die durch den Neubau anderer Verkehrswege oder veränderte Bedürfnisse nicht mehr die gleiche Bedeutung haben wie früher, sollten rückgebaut werden. Der Rückbau sollte insbesondere dort gefördert werden, wo bestehende Verkehrswege im Bereich wichtiger Tierwanderungsrouten liegen (z. B. Amphibienwanderungen). Grundsätzlich ist der Rückbau umso wirksamer, je grösser die Flächen sind, die dadurch wieder verbunden werden. Dabei sollten nicht nur die unmittelbar an den Verkehrsweg angrenzenden Flächen betrachtet werden, sondern es sollte auch die Summenwirkung mehrerer Massnahmen im Verbund gesehen werden.

Besonders im Bereich der Wildtierkorridore von überregionaler Bedeutung sollte die effektive Maschendichte in Zukunft nicht weiter zunehmen. Wichtig ist vor allem bei den als beeinträchtigt oder unterbrochen beurteilten Wildtierkorridoren der Rückbau nicht mehr benötigter Verkehrswege oder die Untertunnelung bzw. die Überbrückung der Verkehrswege für die Wildtierkorridore. Die Siedlungsfläche sollte in diesen Bereichen ebenfalls nicht mehr zunehmen.

- *Siedlungsbegrenzung und Siedlungsentwicklung nach innen*

Um freie Flächen in der Landschaft zu erhalten, ist auch eine konsequente Begrenzung der Siedlung notwendig. Die Raumplanungsgesetzgebung verlangt von den Kantonen und Gemeinden, dass sie im Rahmen der Richt- und Nutzungsplanung mit dem Boden haushälterisch umgehen, wertvolle und für die Erholung wichtige Gebiete sowie Landwirtschaftsflächen erhalten. Diesen Auftrag können Kantone und Gemeinden erfüllen, indem sie das Wachstum der Siedlungen begrenzen, Massnahmen zur Siedlungsentwicklung nach innen vorbringen (wie die Nutzung von Industriebrachen und bauliche Verdichtungen) und eine kompakte Bauweise in der bestehenden Bauzone sowie qualitative Aufwertungen von Quartieren fördern. Mit Begrenzungslinien und siedlungsgliedernden Zäsuren können gut lesbare freie Räume zwischen den Siedlungen erhalten werden. Neben der landschaftsgestalterischen Funktion, der Gliederung der Siedlung, sind freie Räume als Vernetzungskorridore für Tiere und Pflanzen sowie als Naherholungsräume von grosser Bedeutung.

Auch mit regionalen Planungsinstrumenten kann der Zersiedelung und Zerschneidung der Landschaft vorgebeugt werden. Mittels interkommunaler Gewerbeflächen

können beispielsweise mehrere Gemeinden gemeinsam einen Beitrag an eine Flächen sparende und somit auch zerschneidungsärmere Raumentwicklung leisten. In Siedlungs- und Industriegebieten ist eine koordinierte Umnutzung von bestehenden Bauzonen (Flächenrecycling) ein wichtiger Beitrag, um den Flächenbedarf zu reduzieren. Massnahmen wie die ökologische Vernetzung in der Landwirtschaft, die Verbesserung und Aufwertung von Gewässern, die Erhöhung der Strukturvielfalt entlang und in den Wäldern, tragen wesentlich zu einer qualitativen Verbesserung der ökologischen Vernetzung in der Region bei und erhöhen auch die Landschafts- und Erholungsqualität.

Massnahmen auf strategischer Ebene

- *Nationale Strategie zur Defragmentierung*

Auf Bundesebene gibt es bereits zahlreiche Grundlagen und Instrumente, die direkt oder indirekt zu Gunsten einer «Entschneidung» bzw. «Defragmentierung» eingesetzt werden können, z. B. das BLN-Inventar oder das Landschaftskonzept Schweiz. Da nun eine Methode vorliegt, mit der die Zerschneidung räumlich konkret aufgezeigt werden kann, sollte die Aufgabe der «Defragmentierung» in den bestehenden Instrumenten auf Bundesebene Eingang finden. Je nach Zuständigkeit sind entsprechende Ziele und Massnahmen zu ergänzen.

Eine wünschenswerte Möglichkeit ist, dass die Defragmentierung in die Überarbeitung des Landschaftskonzepts Schweiz (LKS) einfließt und den Bundesstellen verbindlich aufzeigt, welche Massnahmen wo und mit welchen Mitteln umzusetzen sind. Um einen Überblick über die Massnahmen auf nationalem Massstab zu haben und regionale Stärken und Defizite besser zu erkennen, ist eine landesweite Dokumentation und Koordination sinnvoll. Auch auf kantonaler Ebene sollte die Defragmentierung in die Planungsgrundlagen und Instrumente verstärkt Eingang finden, z. B. in kantonale Richtpläne und Landschaftsentwicklungskonzepte. Hierfür gibt es bereits gute Beispiele in den Kantonen Bern und Thurgau.

- *Langfristige Raumordnungs- und Verkehrspolitik*

Auf der Ebene der Raumordnungs- und Verkehrspolitik werden wichtige Weichen gestellt, die sich auf die weitere Entwicklung der Landschaftszerschneidung auswirken können. Eine starke Zersiedelung erzeugt mehr Verkehr als eine verdichtete Bauweise. Sie widerspricht dem Ziel einer sparsamen, geordneten Bodennutzung.

Im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms 54 zum Thema «Nachhaltige Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung» bearbeitet das gleiche Forscherteam ein Projekt, das den Grad der Zersiedelung in der Schweiz untersucht. Grundsätzlich gilt es, neue, zerschneidungsärmere Raumordnungs- und Verkehrskonzepte zu entwickeln, die der Erhaltung von Freiräumen und der Biodiversität mehr Rechnung tragen als bisher. Bestehende Bauzonen müssen künftig besser genutzt werden. Im Raumplanungsbericht des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE) von 2005 werden auch neue marktwirtschaftliche und finanzielle Instrumente vorgeschlagen, z. B. Flächenzertifikate.

Langfristig sollten Zielvorstellungen entwickelt werden, wie künftige nachhaltige, zerschneidungsarme Verkehrssysteme ausgestaltet sein sollen und welche Anforderungen sich für den dazu voraussichtlich erforderlichen Umbau der Siedlungs- und Verkehrssysteme ableiten lassen. Die Verkehrsplanung sollte von der Nachfrageorientierung mehr und mehr auf eine Zielorientierung umgestellt werden. Solche Überlegungen sollten in den derzeit laufenden Prozess des Raumkonzepts Schweiz, bei der Weiterbearbeitung des Sachplans Verkehrs oder in die Nachhaltigkeitsstrategie des Bundesrates aufgenommen werden.

Dazu sollten Landschaftsleitbilder formuliert werden, einschliesslich der Ausweisung von regional und landesweit bedeutsamen unzerschnittenen Räumen und von Vorranggebieten für Defragmentierungsmassnahmen. Zur Konkretisierung der Leitbilder eignet sich die Aufnahme von Orientierungswerten oder Zielwerten für die Landschaftszerschneidung.

Um die Auswirkungen von Neuzerschneidungen abschätzen zu können, sind vermehrt Netzbetrachtungen nötig, die über das Betrachten des einzelnen Bauwerkes hinausgehen, d. h. es ist eine Strategische Umweltprüfung (SUP) für die Summenwirkungen sinnvoll. Hierfür wäre der Einsatz der Methode der effektiven Maschenweite und -dichte nützlich. Die langfristige Entwicklung von neuen Konzepten für ein umgestaltetes Verkehrssystem, das nicht auf fossilen Energieressourcen basiert, sollte die Zerschneidungswirkungen mit berücksichtigen.

Gemäss Bevölkerungsprognosen ist künftig nur noch mit einem leichten Bevölkerungswachstum in der Schweiz zu rechnen. Dies ist ein wichtiges Argument dafür, dass der Bedarf nach Siedlungs- und Verkehrsflächen in absehbarer Zeit stagnieren oder sogar sinken wird. Je mehr und je weiter verstreut die Siedlungen dann sein werden, umso kostspieliger wird es sein, die Infrastrukturen zu ihrer Versorgung aufrecht zu erhalten.

Anhang

Angaben zum Projekt

Das Projekt «Landschaftszerschneidung Schweiz: Zerschneidungsanalyse 1885 bis 2002 und Folgerungen für die Raumplanung» wurde von den Autoren in den Jahren 2005 und 2006 ausgeführt. Es wurde durch die Forschungsstelle SBT des Bundesamtes für Strassen (ASTRA) und durch das Bundesamt für Umwelt (BAFU) finanziell unterstützt (Forschungsnummer: ASTRA 2004/012). In der Begleitkommission waren neben dem ASTRA und BAFU auch das Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), das Bundesamt für Statistik (BFS), die Vogelwarte Sempach, das Amt für Landschaft und Natur des Kantons Zürich, das Tiefbauamt des Kantons Zürich, die Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) und ein Planungsbüro vertreten.

Zitierte und weiterführende Literatur

Bertiller, R., Schwick, C., Jaeger, J. (2007): *Landschaftszerschneidung Schweiz: Zerschneidungsanalyse 1885 bis 2002 und Folgerungen für die Verkehrs- und Raumplanung*. ASTRA-Bericht Nr. 1175, Bern, 229 S. Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) (Hrsg., 2005): *Raumentwicklungsbericht 2005*. Bern, 116 S. Bundesamt für Statistik (BFS) & Bundesamt für Umwelt (BAFU) (Hrsg., 2006 u. 2007): *Umweltstatistik Schweiz in der Tasche 2006 und 2007*. Schweizerische Eidgenossenschaft, Bern. Bundesamt für Umwelt (BAFU) & Bundesamt für Statistik (BFS) (Hrsg., 2007): *Umwelt Schweiz 2007*. Bern und Neuchâtel, 148 S. Holzgang, O., Pfister, H.P., Heynen, D., Blant, M., Righetti, A., Berthoud, G., Marchesi, P., Maddalena, T., Müri, H., Wendelspiess, M., Dändliker, G., Mollet, P., Bornhauser-Sieber, U. (2001): *Korridore für Wildtiere in der Schweiz – Grundlagen zur überregionalen Vernetzung von Lebensräumen*. Hrsg. vom Bundes-

amt für Umwelt, Wald und Landschaft (BU WAL) in Zusammenarbeit mit der Schweizerischen Gesellschaft für Wildtierbiologie (SGW) und der Schweizerischen Vogelwarte Sempach. Schriftenreihe Umwelt Nr. 326 – Wildtiere. Bern, 116 S.

Jaeger, J.A.G. (2000): *Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation*. – *Landscape Ecology* 15(2): 115–130. Jaeger, J. (2002): *Landschaftszerschneidung. Eine transdisziplinäre Studie gemäss dem Konzept der Umweltgefährdung*. Eugen Ulmer, Stuttgart, 447 S. Jaeger, J. & Holderegger, R. (2005): *Schwellenwerte der Landschaftszerschneidung*. – *GAIA* 14(2): 113–118. 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: 329–348. Jaeger, J., Bertiller, R., Schwick, C., Kienast, F. (in Vorb.): *Landschaftszersiedelung Schweiz – Quantitative Analyse 1935 bis 2002 und Folgerungen für die Raumplanung*. (laufendes Projekt im Rahmen des NFP 54, Publikationen in Vorbereitung). Penn-Bressel, G. (2005): *Begrenzung der Landschaftszerschneidung bei der Planung von Verkehrswegen*. – *GAIA* 14(2): 130–134. Schupp, D. (2005): *Umweltindikator Landschaftszerschneidung. Ein zentrales Element zur Verknüpfung von Wissenschaft und Politik*. – *GAIA* 14(2): 101–106. Schweizerische Gesellschaft für Wildtierbiologie (Hrsg., 1995): *Wildtiere, Strassenbau und Verkehr. Wildtierbiologische Informationen für die Praxis*. Chur, 54 S. Stremlow, M., Iselin, G., Kienast, F., Kläy, P. & Maibach, M. (2003): *Landschaft 2020 – Analysen und Trends. Grundlage zum Leitbild des BU WAL für Natur und Landschaft*. Schriftenreihe Umwelt Nr. 352, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 152 S. Tanner, K.M. (1999): *Augen-Blicke. Bilder zum Landschaftswandel im Baselbiet*. Reihe Q+F, Band 68, Verlag des Kantons Basel-Landschaft, Liestal, 264 S.

Wertetabelle zu Kantonen und Grossräumen der Schweiz

Werte der effektiven Maschenweite und effektiven Maschendichte in der Schweiz, den 26 Kantonen und den 5 bzw. 10 Grossräumen von 1885 bis 2002 (für ZG 4 «Landflächen unterhalb 2100 m»)

T 4

	Effektive Maschenweite (km ²)					Effektive Maschendichte (Zahl der Maschen pro 1000 km ²)				
	2002	1980	1960	1935	1885	2002	1980	1960	1935	1885
Schweiz insgesamt	176,33	199,69	289,15	331,79	579,72	5,67	5,01	3,46	3,01	1,72
Kanton										
Zürich	4,20	4,37	5,13	5,78	13,31	238,10	228,83	194,93	173,01	75,13
Bern	249,60	264,46	388,59	430,95	894,30	4,01	3,78	2,57	2,32	1,12
Luzern	81,34	82,94	148,98	226,27	296,73	12,29	12,06	6,71	4,42	3,37
Uri	513,48	587,06	663,98	802,87	2143,66	1,95	1,70	1,51	1,25	0,47
Schwyz	154,22	166,71	326,84	396,61	1051,40	6,48	6,00	3,06	2,52	0,95
Obwalden	317,50	324,91	448,25	735,26	1792,70	3,15	3,08	2,23	1,36	0,56
Nidwalden	379,79	390,79	424,54	638,62	2262,19	2,63	2,56	2,36	1,57	0,44
Glarus	635,14	760,46	886,00	908,30	1783,35	1,57	1,31	1,13	1,10	0,56
Zug	4,45	4,57	7,14	22,02	36,25	224,72	218,82	140,06	45,41	27,59
Freiburg	85,40	98,38	124,53	128,52	149,81	11,71	10,16	8,03	7,78	6,68
Solothurn	13,09	15,07	23,98	34,66	78,12	76,39	66,36	41,70	28,85	12,80
Basel-Stadt	0,54	0,55	0,70	1,63	3,40	1851,85	1818,18	1428,57	613,50	294,12
Basel-Landschaft	8,73	9,96	16,98	19,53	40,50	114,55	100,40	58,89	51,20	24,69
Schaffhausen	6,86	9,07	20,02	24,49	33,08	145,77	110,25	49,95	40,83	30,23
Appenzell-Ausserrhoden	29,00	29,70	31,61	36,20	129,05	34,48	33,67	31,64	27,62	7,75
Appenzell-Innerrhoden	143,92	145,18	161,62	164,76	294,16	6,95	6,89	6,19	6,07	3,40
St. Gallen	182,21	214,29	256,95	261,59	434,91	5,49	4,67	3,89	3,82	2,30
Graubünden	321,98	403,68	448,29	460,50	562,01	3,11	2,48	2,23	2,17	1,78
Aargau	3,81	4,20	6,99	9,81	19,41	262,47	238,10	143,06	101,94	51,52
Thurgau	2,14	2,32	2,86	3,36	10,72	467,29	431,03	349,65	297,62	93,28
Tessin	393,87	401,22	661,82	672,78	750,26	2,54	2,49	1,51	1,49	1,33
Waadt	64,85	75,88	142,44	149,85	279,78	15,42	13,18	7,02	6,67	3,57
Wallis	153,43	192,57	492,40	731,60	1266,79	6,52	5,19	2,03	1,37	0,79
Neuenburg	15,44	18,97	30,94	37,69	67,93	64,77	52,71	32,32	26,53	14,72
Genf	0,82	0,96	1,47	1,79	6,02	1219,51	1041,67	680,27	558,66	166,11
Jura	20,81	25,97	25,90	29,11	54,02	48,05	38,51	38,61	34,35	18,51
Enklaven Büsingen und Campione	9,41	9,97	10,24	10,76	14,56	106,27	100,30	97,66	92,94	68,68
Grossraum (Grobeinteilung)										
Jura	19,02	22,81	28,40	39,78	77,94	52,58	43,84	35,21	25,14	12,83
Mittelland	10,78	11,57	17,32	20,17	40,71	92,76	86,43	57,74	49,58	24,56
Alpennordflanke	367,52	406,46	565,11	643,56	1328,80	2,72	2,46	1,77	1,55	0,75
Zentralalpen	249,80	325,33	496,58	616,62	925,38	4,00	3,07	2,01	1,62	1,08
Alpensüdflanke	381,72	390,68	596,25	608,37	690,22	2,62	2,56	1,68	1,64	1,45
Grossraum (Feineinteilung)										
Hochrhein- und Genferseegebiet	2,82	2,92	4,77	6,46	15,23	354,61	342,47	209,64	154,80	65,66
Jura und Randen	19,67	23,55	29,06	40,79	82,22	50,84	42,46	34,41	24,52	12,16
Nordalpen	396,68	439,53	602,73	681,46	1424,99	2,52	2,28	1,66	1,47	0,70
Östliche Zentralalpen	309,29	414,60	461,58	476,30	610,75	3,23	2,41	2,17	2,10	1,64
Östliches Mittelland	3,13	3,48	4,75	6,86	20,74	319,49	287,36	210,53	145,77	48,22
Südalpen	450,27	463,73	689,20	700,03	732,05	2,22	2,16	1,45	1,43	1,37
Südlicher Tessin	349,05	354,50	559,19	570,43	664,40	2,86	2,82	1,79	1,75	1,51
Voralpen	171,62	184,28	272,73	309,22	513,61	5,83	5,43	3,67	3,23	1,95
Westliche Zentralalpen	162,00	204,71	545,60	819,89	1431,31	6,17	4,88	1,83	1,22	0,70
Westliches Mittelland	3,67	4,40	7,17	8,26	17,52	272,48	227,27	139,47	121,07	57,08

Publikationsprogramm BFS

Das Bundesamt für Statistik (BFS) hat – als zentrale Statistikstelle des Bundes – die Aufgabe, statistische Informationen breiten Benutzerkreisen zur Verfügung zu stellen.

Die Verbreitung der statistischen Information geschieht gegliedert nach Fachbereichen (vgl. Umschlagseite 2) und mit verschiedenen Mitteln:

Diffusionsmittel

Individuelle Auskünfte

Das BFS im Internet

Medienmitteilungen zur raschen Information der Öffentlichkeit über die neusten Ergebnisse
Publikationen zur vertieften Information (zum Teil auch als Diskette/CD-Rom)

Online-Datenbank

Kontakt

032 713 60 11

info@bfs.admin.ch

www.statistik.admin.ch

www.news-stat.admin.ch

032 713 60 60

order@bfs.admin.ch

032 713 60 86

www.statweb.admin.ch

Nähere Angaben zu den verschiedenen Diffusionsmitteln im Internet unter der Adresse www.statistik.admin.ch → Dienstleistungen → Publikationen Statistik Schweiz.

Raum und Umwelt

Wichtige Publikationen im Fachbereich Raum und Umwelt:

Umweltstatistik Schweiz in der Tasche 2007

BFS, Bundesamt für Umwelt

Neuchâtel 2007, 32 Seiten, gratis – Bestellnummer: 521-0700

Umwelt Schweiz 2007

Bundesamt für Umwelt, BFS

Bern und Neuchâtel 2007, 148 Seiten, Fr. 15.– (exkl. MWST)

Bestellnummer: 319.407.d

Materialflüsse in der Schweiz – Ressourcenverbrauch der Schweizer Wirtschaft zwischen 1990 und 2005

Neuchâtel 2007, 26 Seiten, Fr. 6.– (exkl. MWST) – Bestellnummer: 860-0500

Arealstatistik Schweiz: Zahlen – Fakten – Analysen

Neuchâtel 2005, 99 Seiten, Fr. 23.– (exkl. MWST) – Bestellnummer: 002-0500

Nationale Schutzgebiete und ihre Nutzung, Umweltstatistik Schweiz Nr. 13

Neuchâtel 2004, 31 Seiten, Fr. 9.– (exkl. MWST) – Bestellnummer: 141-9413

Allgemeine Auskünfte zur Umweltstatistik:

BFS, Sektion Umwelt, Nachhaltigkeit und Landwirtschaft

Tel. 032 713 67 40 – E-Mail: umwelt@bfs.admin.ch – www.environment-stat.admin.ch

Landschaften in der Schweiz zunehmend zerschnitten

Die Lebensräume für Tiere und die Erholungsräume für Menschen wurden in der Schweiz im Lauf der letzten Jahrzehnte immer stärker zerstückelt. Ursachen dafür sind die Verdichtung des Verkehrsnetzes und die Ausdehnung der Wohn- und Industriegebiete. In der Folge werden die verbleibenden Maschen in der Landschaft immer enger. Dies hat zahlreiche negative Folgen für die Landschaft, für die Erholungsqualität und für Wildtiere. Viele Tiere wie Amphibien können Verkehrswege nicht oder nur mit grossen Verlusten überqueren.

- Wie kann man die Zerschneidung der Landschaften in der Schweiz in Zahlen ausdrücken?
- Welche Unterschiede gibt es zwischen den Kantonen? Wo ist die Zerschneidung am stärksten, wo am geringsten?
- Wie stark hat die Zerschneidung in den vergangenen Jahrzehnten zugenommen?
- Wann waren die Phasen der stärksten Zunahme?
- Was sind die heutigen Trends?

Diese und weitere Fragen beantwortet die hier vorgestellte Untersuchung. Um den Grad der Zerschneidung zu messen, verwendet das Projekt die Messgrössen «effektive Maschenweite» und «effektive Maschendichte». Diese Messgrössen geben an, wie wahrscheinlich es ist, dass zwei beliebig gewählte Punkte in einem Gebiet miteinander verbunden sind.

Die Ergebnisse zeigen auf, wie stark die Zerschneidung in der Schweiz in den letzten 120 Jahren zugenommen hat. Eine weitere Zunahme ist wahrscheinlich, sofern keine Massnahmen zur Eindämmung der Landschaftszerschneidung getroffen werden.

Bestellnummer

866-0200

Bestellungen

Tel.: 032 713 60 60

Fax: 032 713 60 61

E-Mail: order@bfs.admin.ch

Preis

Fr. 10.– (exkl. MWST)

ISBN 978-3-303-02105-7