

# Zersiedelung und Zerschneidung in den BLN-Gebieten



Eine Studie im Auftrag von Pro Natura und der Stiftung Landschaftsschutz Schweiz (2009)



## Impressum

Eine Studie im Auftrag von Pro Natura und der Stiftung Landschaftsschutz Schweiz (2009)



Autoren:  
Die Geographen schwick+spichtig  
Christian Schwick  
Glasmaler-Gasse 5  
CH-8004 Zürich  
E-Mail: [schwick@diegeographen.ch](mailto:schwick@diegeographen.ch)  
Tel: +41 (0)79 638 64 09

Titelbild: Greina-Hochebene (BLN-NR. 1913), © Raphael Weber

## **Einleitung**

Das Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung umfasst 162 Objekte mit einer Gesamtfläche von 7'847 km<sup>2</sup>. Dies entspricht einem Anteil von 19 % an der Gesamtfläche der Schweiz.

Flächen, die in einem BLN-Gebiet liegen, sind ungeschmälert zu erhalten oder sollen die grösstmögliche Schonung erhalten. Dieser Auftrag ist gesetzlich festgeschrieben.

Die grössten Eingriffe in die Ursprünglichkeit eines BLN-Gebietes gehen in der Regel von Siedlungs- und Verkehrsinfrastrukturanlagen aus. Um Veränderungen im Zustand dieser Infrastrukturanlagen in den BLN-Gebieten zu messen, müssen geeignete Indikatoren zur Verfügung stehen. Für lineare Strukturen – Strassen und Eisenbahnlinien – eignet sich die Auswertung mittels der Zerschneidung und der Messgrösse der effektiven Maschenweite. Sie bildet nicht nur die Länge der Strassen und Eisenbahnlinien ab, sondern auch deren räumliche Konfiguration. Für flächenhafte Infrastrukturanlagen – Siedlungen – ist eine Messung der Zersiedelung geeignet. Die Zersiedelung misst nicht nur die Siedlungsfläche, sondern auch die Streuung der Siedlungsflächen und die Ausnützung der überbauten Fläche.

Die in dieser Auswertung berücksichtigten Infrastrukturen (siehe Anhang Tabelle 3) wurden für das Jahr 2002 dem digitalen Landschaftsmodell der Swisstopo VECTOR25 entnommen. Für die Jahre 1980 und 1960 wurden die entsprechenden Infrastrukturen in einem geographischen Informationssystem anhand der Landeskarten 1:100'000 digitalisiert und ausgewertet.

## Inhaltsverzeichnis

1	Zersiedelung.....	4
1.1	Resultate .....	6
1.2	Kommentare zu den Resultaten.....	7
1.3	Bedeutung für die Landschaft und die BLN-Gebiete: .....	8
2	Zerschneidung .....	9
2.1	Resultate .....	11
2.2	Kommentare zu den Resultaten.....	13
2.3	Bedeutung für die Landschaft und die BLN-Gebiete: .....	15
3	Anhang.....	16
4	Literaturangaben .....	20

# 1 Zersiedelung

Die Zersiedelung der Landschaft durch Siedlungen und Einzelgebäude nimmt schweizweit zu. Sie verursacht eine grosse Anzahl an negativen ökologischen, ästhetischen und ökonomischen Begleiterscheinungen, wie zum Beispiel hohe Kosten für Infrastruktur, wachsende Pendlerströme, den Verlust von Lebensräumen für Tiere und Pflanzen und monotone Siedlungsstrukturen. Das Thema der Landschaftszersiedelung wird deshalb immer stärker als Bedrohung der Landschaft und der Freiheit der Bürgerinnen und Bürger wahrgenommen. Die Zersiedelung ist nicht nur von der beanspruchten Fläche der Siedlungen, sondern auch von ihrer Streuung abhängig und der Einwohner- und Arbeitsplatzdichte (Ausnutzung des beanspruchten Bodens) abhängig. Dies zu messen ist eine wichtige Voraussetzung für einen Indikator, der die Entwicklung der Zersiedelung darstellen soll. Als neue Messgrösse zur Charakterisierung der Zersiedelung wurde das Mass der Zersiedelung ( $Z$ ) entwickelt (Jaeger et al. 2008). Sie ermöglicht es zum ersten Mal, die Landschaftszersiedelung zu quantifizieren und für ein ganzes Land zu messen. Diese Messgrösse wurde im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms 54 «Nachhaltige Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung» im Projekt «Landschaftszersiedelung Schweiz – Quantitative Analyse 1935 bis 2002 und Folgerungen für die Raumplanung» (Jaeger et al. 2008) und im Rahmen des Moduls A der «Landschaftsbeobachtung Schweiz» (LABES) neu entwickelt. Die Messgrösse der Zersiedelung setzt sich aus drei Anteilen zusammen:

$$\text{Zersiedelung} = \text{Urbane Durchdringung} * \text{Gewichtung(Dispersion)} * \text{Gewichtung(Ausnutzungsdichte)}$$

oder

$$Z = UP * G_1(DIS) * G_2(AD)$$

Die drei verwendeten Messgrössen zur Ermittlung der Zersiedelung sind folgendermassen definiert:

Urbane Durchdringung ( $UP = \text{urban permeation}$ ) wird in Durchsiedlungseinheiten pro  $\text{km}^2$  Landschaft angegeben (abgekürzt:  $\text{DSE}/\text{km}^2$ ).  $UP$  misst nicht nur, wie gross die Siedlungsfläche ist, sondern auch, wie stark gestreut sie ist. Landschaften unterschiedlicher Grösse können direkt miteinander verglichen werden. Der Indikator bezieht sich auf die Siedlungsflächen (entsprechend dem Begriff der «Zersiedelung»), d.h. ausserörtliche Verkehrsflächen werden nicht einbezogen.

Dispersion: Die Streuung der Siedlungsflächen wird als *Dispersion (DIS)* bezeichnet. Die Einheit von  $DIS$  ist «Durchsiedlungseinheiten pro  $\text{m}^2$  Siedlungsfläche». Das Mass der Dispersion charakterisiert das Muster der Siedlungsflächen aus einer geometrischen Perspektive. Es geht dabei vom Grundgedanken aus, dass die Zersiedelung sowohl bei einer Zunahme der Siedlungsflächen als auch bei einer stärkeren Streuung von Siedlungsflächen ansteigt. Die Dispersion quantifiziert den zweiten Aspekt. Die Messgrösse verwendet die Distanzen zwischen je zwei Punkten, die innerhalb von Siedlungsflächen liegen. Je weiter voneinander entfernt diese Punkte sind, desto höher ist ihr Beitrag zur Dispersion. Die Gewichtung der Dispersion bezweckt, dass Gebiete, in denen die Siedlungsflächen stärker gestreut sind, durch höhere Werte der Zersiedelung besser erkennbar werden. Umgekehrt werden Gebiete, in denen die Siedlungsflächen kompakt angeordnet sind (d.h. geringe Dispersion), mit einer geringeren Gewichtung multipliziert. Wenn die Streuung der Siedlungsflächen auf dem Niveau des schweizerischen Durchschnitts aus dem Jahr 1960 liegt, dann ist der Gewichtungsfaktor 1

(d.h. gleich bleibend). Dadurch werden die Unterschiede zwischen Gebieten mit starker und geringer Streuung besser deutlich.

Ausnutzungsdichte: Je mehr Einwohner und Arbeitsplätze auf einer überbauten Fläche vorhanden sind, desto besser ist die Ausnutzung der Fläche. Daher wird die Zersiedelung mit einem entsprechenden Faktor modifiziert. Dieser Faktor ist stets kleiner als 1. Je höher die Ausnutzungsdichte ist, desto kleiner wird dieser Faktor. Wenn die Ausnutzungsdichte unterhalb von 40 Einw. und Arbpl. pro ha liegt, liegt der Gewichtungsfaktor nahe bei 1. Wenn die Ausnutzungsdichte mehr als 100 Einw. und Arbpl. pro ha beträgt (z.B. in den Innenstädten von Basel, Bern und Zürich), ist der Gewichtungsfaktor nahezu 0. Zwischen 45.2 und 90.4 Einw. und Arbpl. pro ha sinkt er gleichmässig von 80% auf 20% ab, und bei 67.8 Einw. und Arbpl. pro ha beträgt er 50%. Der Wert von 45.2 Einw. und Arbpl. pro ha entspricht einem Siedlungsflächenbedarf von 400 m<sup>2</sup> Siedlungsfläche pro Einwohner, wie er vom Bundesrat im Jahr 2002 als Maximalwert vorgeschlagen worden ist, d.h. dass die Gewichtung nahe bei 1 liegt, wenn Einwohner mehr Fläche beanspruchen, und unterhalb von 80%, wenn Einwohner weniger Fläche in Anspruch nehmen.

Die Zersiedelung ist für Erholungssuchende nur bis zu einer bestimmten Distanz (z.B. Sichtweite) wahrnehmbar. Die Berechnung der Zersiedelung wird daher für jede Siedlungsfläche nur bis zu einer bestimmten Distanz – dem Beobachtungshorizont – durchgeführt. Siedlungsflächen, die weiter voneinander entfernt sind als der Beobachtungshorizont, tragen untereinander nicht mehr zur Zersiedelung bei, da sie (aufgrund der Topographie, der Erdkrümmung, der Bodenbedeckung etc.) nicht mehr visuell wahrgenommen werden. Dieser Beobachtungshorizont beschreibt den Analysemassstab, für den die Zersiedelung untersucht wird. Für die Schweiz eignet sich ein Beobachtungshorizont von 2 km am besten (Jaeger et al. 2008).

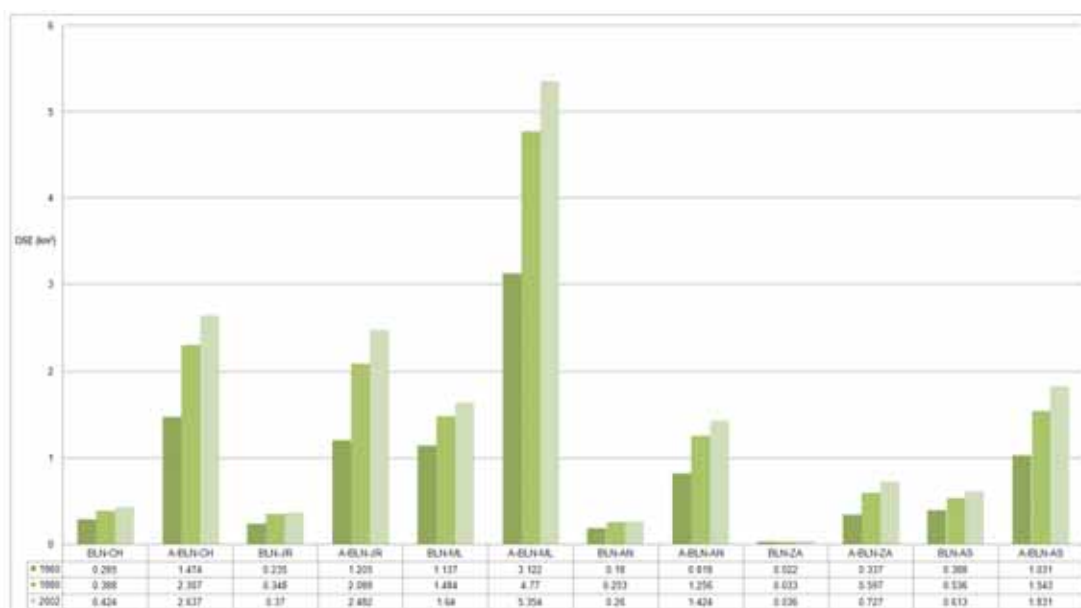
Die steigenden Bedürfnisse nach Fläche, Nahrung und erneuerbarer Energie stehen miteinander in Konkurrenz um Land und Boden; sie können durch keine Form der Anpassung umgangen werden. Die alarmierende Rate, mit der Land und fruchtbarer Boden in der Schweiz knapper werden, wird immer noch unterbewertet. Die starke räumliche Trennung von Arbeiten, Wohnen und Freizeit fördert die Zersiedelung der Landschaft und macht das Siedlungs- und Verkehrssystem umso weniger nachhaltig und umso verletzbarer, je stärker die Zersiedelung voranschreitet und je höher der Wert der urbanen Durchdringung ist.

Zersiedelung ist auch aus ästhetischer Sicht unerwünscht. Klare Abgrenzungen zwischen der unbebauten und der bebauten Landschaft fehlen. Siedlungsflächen breiten sich oftmals entlang von Verkehrsachsen oder Talböden entlang in die Landschaft aus. Insbesondere in den BLN-Gebieten, deren Landschaftsbild oftmals durch eine urtümliche Schönheit gekennzeichnet ist, ist die Zersiedelung ein starker Verlust an ästhetischer Schönheit.

Eine wirksame Eindämmung der Zersiedelung ist am ehesten geeignet, möglichst viel Freiheit für alle Bewohner der Schweiz zu erhalten. Sie verringert die Gefahr eines weiteren Anstiegs des Landschaftsverbrauchs, erhöhter Abhängigkeit von angeeigneter Tragekapazität, steigenden Energieverbrauchs und höherer Infrastrukturkosten. Je mehr Siedlungen und je verstreuter sie in Zukunft sein werden, umso teurer wird es, die Infrastruktur zu ihrer Versorgung aufrecht zu erhalten. Eine zersiedlungsarme Bauweise ist daher ökologisch und ökonomisch sinnvoll.

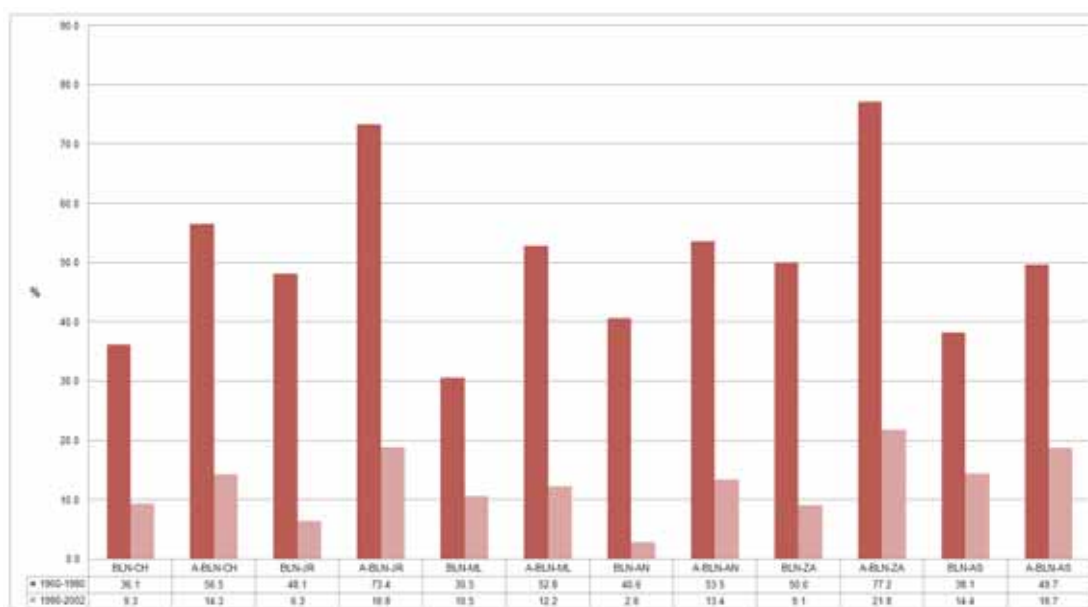
Die Messung der Zersiedelung und die Darstellung des Verlaufs der Zersiedelung eröffnet somit die Möglichkeit, die beschriebenen Probleme zu verdeutlichen und geeignete Massnahmen zu ergreifen, um die weitere Zersiedelung einzudämmen oder zu stoppen.

## 1.1 Resultate



**Abb. 1: Die Zersiedelung innerhalb und ausserhalb der Gebiete des Bundesinventars der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN) 1960, 1980 und 2002 bei einem Beobachtungshorizont von 2 km**

Angaben in Durchsiedlungseinheiten pro km<sup>2</sup> Landschaft: CH = Schweiz, JR = Jura, ML = Mittelland, VA = Alpennordflanke, ZA = Zentralalpen, SA = Alpensüdflanke, BLN = innerhalb der BLN-Objekte (Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung), A = Ausserhalb der BLN-Gebiete (Quelle: Die Geographen schwick+spichtig, VECTOR25, Landeskarten 1:100'000, Volkszählung, Betriebszählung, Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung)



**Abb. 2: Prozentuale Veränderung der Zersiedelung innerhalb und ausserhalb der Gebiete des Bundesinventars der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN) 1960 - 1980 und 1980 bis 2002 bei einem Beobachtungshorizont von 2 km**

Angaben in Prozent, CH = Schweiz, JR = Jura, ML = Mittelland, VA = Alpennordflanke, ZA = Zentralalpen, SA = Alpensüdflanke, BLN = innerhalb BLN-Objekte (Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung), A = Ausserhalb der BLN-Gebiete (Quelle: Die Geographen schwick+spichtig, VECTOR25, Landeskarten 1:100'000, Volkszählung, Betriebszählung, Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung)

## 1.2 Kommentare zu den Resultaten

- Mit Abstand am stärksten zersiedelt sind die Flächen ausserhalb der BLN-Gebiete im Mittelland, gefolgt von den Flächen ausserhalb der BLN-Gebiete des Juras und der Alpensüdflanke.
- Mittlere Werte der Zersiedelung finden sich in den BLN-Gebieten des Mittellandes, den Flächen ausserhalb der BLN-Gebieten auf der Alpennordflanke, den Zentralalpen und in den BLN-Gebieten der Alpensüdflanke.
- Die kleinsten Werte der Zersiedelung finden sich in den BLN-Gebieten des Juras, der Alpennordflanke und insbesondere der Zentralalpen.
- Die grossen Unterschiede im Zersiedelungsgrad zwischen den Grossregionen der Schweiz sind überwiegend durch die topographischen Verhältnisse in der Schweiz und daraus folgend der Siedlungsverteilung begründet: Die Gunsträume für Siedlungen befinden sich im Mittelland, teilweise im Jura, den Talböden der Alpennordflanke und im südlichsten Teil der Alpensüdflanke.
- Sowohl in der gesamten Schweiz als auch in den fünf biogeographischen Regionen ist der Wert der Zersiedelung innerhalb der BLN-Gebiete jeweils deutlich geringer als ausserhalb der BLN-Gebiete.
- In allen untersuchten Teilräumen hat die Zersiedelung zwischen 1960 und 2002 zugenommen.
- In der Untersuchungsperiode 1960-1980 hat die Zersiedelung klar stärker zugenommen als in der zweiten Untersuchungsperiode 1980-2002. Dies gilt für alle untersuchten Teilräume. In diesem ersten Zeitabschnitt erfolgte die flächenhafte Suburbanisierung der Schweiz.
- Innerhalb der BLN-Gebiete sind die Zunahmen der Zersiedelung in beiden Untersuchungsperioden und allen biogeographischen Regionen jeweils geringer als in den Flächen ausserhalb der BLN-Gebiete.
- Die Unterschiede in den BLN-Gebieten gegenüber der Gesamtschweiz waren im Jahr 1960 (vor der Einführung des BLN-Inventars) etwas weniger stark ausgeprägt als heute. Der Wert der Zersiedelung liegt heute innerhalb der BLN-Gebiete bei 19.1 Prozent des Wertes der Gesamtschweiz (Stand 2002). 1960 lag dieser Wert noch bei 22.8 Prozent. Bei den BLN-Gebieten handelt es sich somit um Gebiete, die im Durchschnitt heute weniger zersiedelt sind als die übrigen Gebiete der Schweiz und auch schon 1960 weniger zersiedelt waren (und ebenso 1977, als die ersten unter Schutz gestellt wurden). Im Zeitraum zwischen 1980 und 2002 war der Anstieg der Zersiedelung in den BLN-Gebieten mit 9.2 Prozent nur ein Viertel so stark wie in den 20 Jahren davor (mit 36.2 Prozent). Eine ähnliche Entwicklung besteht jedoch auch für die Flächen ausserhalb der BLN-Gebiete in der Schweiz (Reduktion des Anstiegs von 56.5 Prozent auf 14.3 Prozent). Diese Ergebnisse deuten eine mögliche bremsende Wirkung des BLN-Inventars an. Der Anstieg erfolgte in den BLN-Gebieten zwar langsamer als ausserhalb, doch galt dies in gleicher Weise auch schon vor ihrer Unterschutzstellung. Wahrscheinlich haben daher auch andere Faktoren die Verlangsamung verursacht.
- Diese Entwicklung ist für alle biogeographischen Regionen gleich. Der Anteil der Zersiedelung der BLN-Gebiete im Jahr 1960 ist verglichen mit den Flächen ausserhalb der BLN-Gebiete höher als im Jahr 2002. In der gesamten Schweiz sank dieser Anteil von 19.3 auf 16.1 Prozent, im Jura von 19.5 auf 14.9 Prozent, im Mittelland von 36.4 auf 30.6 Prozent, in den Zentralalpen von 6.5 auf 4.9 Prozent und auf der Alpensüdflanke von 37.6 auf 33.5 Prozent.



### **1.3 Bedeutung für die Landschaft und die BLN-Gebiete:**

Die Zersiedelung der Schweiz ist weit fortgeschritten. Unter den einzelnen biogeographischen Regionen ist insbesondere das Mittelland sehr stark zersiedelt, der Jura knapp halb so stark wie das Mittelland und die drei Alpenregionen deutlich weniger. Insbesondere die Zersiedelung des Mittellandes erreicht hohe Werte. Dieser Zustand kann nicht als nachhaltig bezeichnet werden. Die guten Werte der Zersiedelung in den drei Alpenregionen sind insofern trügerisch, als grosse Gebiete der Alpen grundsätzlich nicht besiedelt werden können (Hochgebirge, Felswände, Gletscher, Wälder etc.). Die Zersiedelung greift vom Mittelland her auch in die Alpen hinein. Die Ebenen der grossen Alpenflüsse sind heute stark zersiedelte Gebiete, die von ihren Werten der Zersiedelung her mit dem Mittelland vergleichbar sind. Die unzersiedelten Gebiete der Schweiz decken sich grösstenteils mit den Waldflächen und dem Hochgebirge. Alle anderen Flächen sind in unterschiedlich starkem Ausmass von Zersiedelung betroffen. Der aktuelle Zustand muss deshalb als schlecht bewertet werden und gibt Anlass zur Sorge.

Die Zersiedelung der Schweiz hat seit 1960 stark zugenommen. Die Zunahmeraten der Zersiedelung haben sich im Zeitraum von 1980 bis 2002 gegenüber der Phase 1960-1980 zwar abgeschwächt, doch besteht kein Anlass zur Entwarnung. Dieser massive Anstieg der Zersiedelung steht im Widerspruch zu den Prinzipien der Nachhaltigkeit, und ist bedrohlich für die weitere Entwicklung der Kulturlandschaft der Schweiz.

Auch in den fünf biogeographischen Regionen des Jura, Mittelland, Alpennordflanke, Zentralalpen und Alpensüdflanke hat die Zersiedelung seit 1960 stark zugenommen. Am meisten Aufmerksamkeit muss den hohen Werten der Zersiedelung im Mittelland gegeben werden. In Anbetracht des Umstandes, dass die meisten Gebiete der drei Alpenregionen nicht zur Besiedelung geeignet sind und der grösste Teil der Siedlungsentwicklung in den Talebenen stattfindet, ist die Zunahme der Zersiedelung in diesen Gebieten ebenfalls besorgniserregend.

Auch innerhalb der Gebiete des Bundesinventars der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung BLN nimmt die Zersiedelung weiterhin zu, wenn auch mit geringeren Werten als in den Flächen ausserhalb der BLN-Gebiete. Innerhalb dieser sensiblen Gebiete ist jedoch auch ein vergleichsweise geringer Anstieg der Zersiedelung als bedenklich zu bewerten.

Mit der zunehmenden Zersiedelung der Landschaft sind zahlreiche Folgen für die Landschaftsqualität verbunden. Es hat eine klare Homogenisierung der Kulturlandschaft stattgefunden, und monotone Siedlungsstrukturen haben sich ausgebreitet. Die noch verbliebenen historischen Siedlungsstrukturen werden heute von flächenmässig ausgedehnten und gering ausgenützten Siedlungszonen dominiert. Dies gilt flächendeckend für die besiedelbaren Regionen der Schweiz. Entsprechend ist die Landschaft in der Schweiz heute stärker vereinheitlicht und weniger klar lesbar. Zersiedelung stellt eine klare Bedrohung der Landschaft in der Schweiz und der sensiblen BLN-Gebiete dar.

## 2 Zerschneidung

Verkehrsinfrastruktur wie Autobahnen, überörtliche Verbindungsstrassen und Eisenbahnen sowie Siedlungsflächen unterteilen eine Landschaft in einzelne, voneinander getrennte Flächen. Um den Grad der Landschaftszerschneidung zu messen, wurde die Messgrösse der «effektiven Maschenweite» ( $m_{\text{eff}}$ ) verwendet (Jaeger 2000). Sie drückt die Wahrscheinlichkeit aus, dass zwei zufällig gewählte 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 ist diese Verbindungswahrscheinlichkeit, und umso kleiner ist die effektive Maschenweite. Damit die Werte von verschiedenen Räumen miteinander verglichen werden können, wird diese Verbindungswahrscheinlichkeit mit der Gesamtgrösse des untersuchten Gebiets in eine Flächengrösse – die effektive Maschenweite – umgerechnet. Die effektive Maschenweite wird in Quadratkilometern angegeben. Diese Fläche gibt die Grösse der «Maschen» eines regelmässigen Netzes mit dem gleichen Zerschneidungsgrad an.

Als zerschneidungswirksame Elemente werden bei den Strassen Autobahnen und Autostrassen sowie Strassen 1., 2., 3. und 4. Klasse berücksichtigt. Weitere Trennelemente sind alle Eisenbahnlinien und Siedlungen.

Die Berechnung der effektiven Maschenweite  $m_{\text{eff}}$  erfolgt nach folgender Formel:

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

Wobei:

$n$  = Zahl der verbleibenden Freiflächen

$F_i$  = Flächeninhalt von Freifläche  $i$

$F_g$  = Gesamtfläche des Teilraumes  $g$

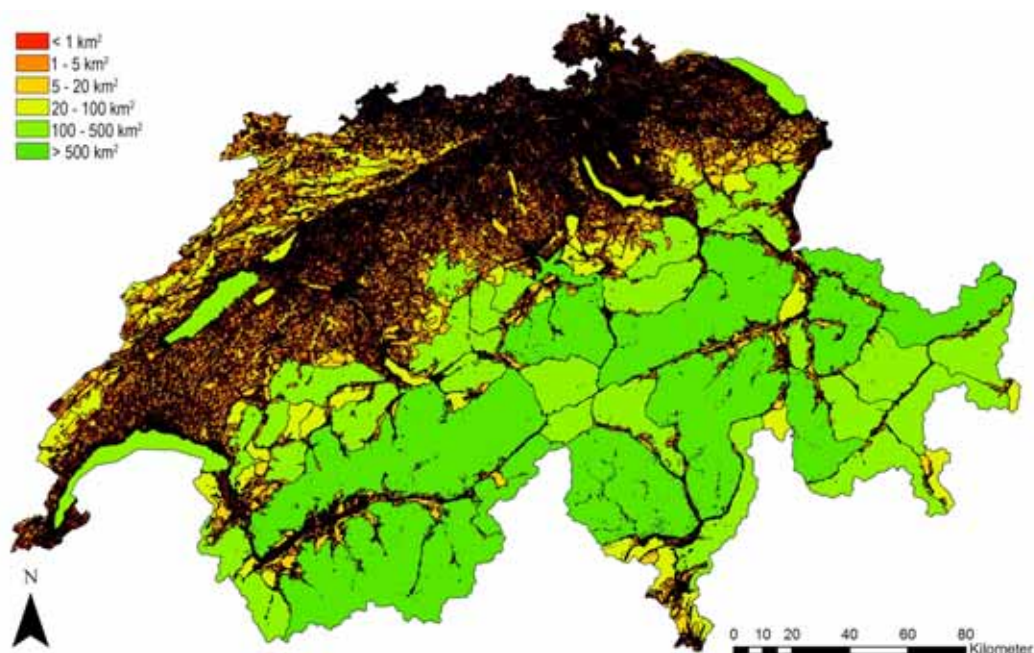
Der erste Teil der Formel (in Klammern) gibt die Wahrscheinlichkeit an, dass zwei zufällig gewählte Punkte in derselben Fläche liegen. Der zweite Teil (Multiplikation mit der Grösse des Gebietes,  $F_g$ ) rechnet diese Wahrscheinlichkeit in eine Fläche um. Diese Fläche gibt dann die Grösse der «Maschen» eines regelmässigen Netzes mit dem gleichen Zerschneidungsgrad an und lässt sich mit anderen Gebieten vergleichen. Freiflächen, die sowohl innerhalb als ausserhalb des Teilraumes liegen werden nach dem Grenzverbindungsverfahren entsprechend ihrem Anteil am Teilraum berücksichtigt.

Der Zerschneidungsgrad bis einschliesslich Strassen 4. Klasse eignet sich als Parameter für den Landschaftscharakter und für die Gefährdung der Arten und Lebensräume. Hochklassige Strasse sind starke Trennelemente in der Landschaft. Zu grossen Teilen sind sie für Mensch und Tier absolute Barrieren (z.B. eingezäunte Autobahnen und Hochgeschwindigkeitslinien der Eisenbahn) oder aber schwer überwindbare Hindernisse mit einer beträchtlichen Verkehrsfrequenz. Strassen 3. und 4. Klasse sind von ihrer Trennwirkung her nicht mit den hochklassigen Strassen vergleichbar. Bei ihnen fehlt die Einzäunung, und auch die typische Frequenz des motorisierten Verkehrs ist bedeutend geringer. Trotzdem zerschneiden auch niedrigklassige Strassen die Landschaft, erhöhen die Belastung mit Lärm und Abgasen, erhöhen die Mortalität für Tiere (z.B. für Amphibien) und verringern die Habitatfläche und Habitatqualität. Die meisten Strassenkilometer entfallen in der Schweiz auf Strassen 3. und 4. Klasse. Damit sind sie hauptverantwortlich für die Feinerschliessung des Raumes. Von grosser Bedeutung ist, dass mit der heutigen, stark mechanisierten Land- und Forstwirtschaft nur noch Flächen bewirtschaftet werden, die durch Strassen erschlossen sind. Dies fördert den Bau neuer niedrigklassiger Strassen

und führt zu einer weiteren Fragmentierung der Landschaft. Auch Siedlungsflächen fragmentieren die Landschaft. Sie erhöhen den Zerschneidungsgrad primär durch ihren Flächenbedarf, d.h. durch die Verkleinerung der verbleibenden Fläche an offener Landschaft, während Verkehrswege durch ihren linearen Charakter hauptsächlich eine Trennwirkung ausüben. Landschaftszerschneidung bedeutet auch das Zerreißen von gewachsenen landschaftstypologischen und ökologischen Zusammenhängen zwischen räumlich verbundenen Bereichen der Landschaft, z.B. das Zerteilen von Erholungsgebieten und Lebensräumen. Sie verändert nachhaltig das Landschaftsbild. Siedlungen, Strassen mit hohem Verkehrsaufkommen und Eisenbahnlinien zählen zu den prägendsten Merkmalen der Umwandlung der Naturlandschaft in eine technisierte Kulturlandschaft. Niedrigklassige Strassen üben zwar einen geringeren Einfluss auf die optische Wahrnehmung der Zerschneidung der Landschaft aus, aber auch sie verändern das Landschaftsbild deutlich. Da gewisse Gebiete nicht mehr zusammenhängend erlebt werden können, führt die Zerschneidung zu einer anderen Wahrnehmung der Landschaft. Die Erholungsqualität der Landschaft wird zudem durch Lärm und Luftbelastungen vermindert.

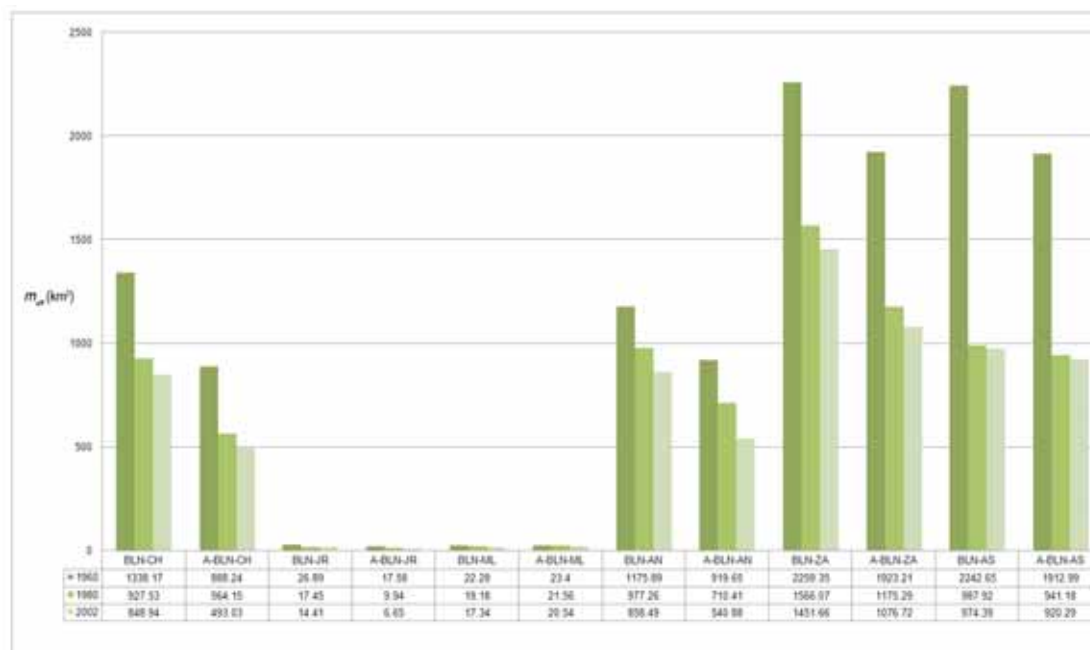
Die Landschaftszerschneidung zählt neben der Intensivierung der Landwirtschaft, den hohen Stickstoffeinträgen und der Nivellierung der Wasserverhältnisse zu den wichtigsten Ursachen für den Rückgang und Verlust von Tierpopulationen und der Lebensraumvielfalt.

## 2.1 Resultate



**Abb. 3: Zerschneidungsgeometrie für das Jahr 2002 unter Berücksichtigung von Strassen bis 4. Klasse. Die unzerschnittenen Flächen sind ihrer Grösse entsprechend farblich kodiert dargestellt.**

(Quelle: Die Geographen schwick+spichtig, VECTOR25)



**Abb. 4: Werte der effektiven Maschenweite innerhalb und ausserhalb der Gebiete des Bundesinventars der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN) 1960, 1980 und 2002 unter Berücksichtigung von Strassen bis 4. Klasse.**

Angaben in  $\text{km}^2$ , CH = Schweiz, JR = Jura, ML = Mittelland, VA = Alpennordflanke, ZA = Zentralalpen, SA = Alpensüdflanke, BLN = innerhalb der BLN-Objekte (Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung), A = Ausserhalb der BLN-Gebiete (Quelle: Die Geographen schwick+spichtig, VECTOR25, Landeskarten 1:100'000, Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung)



**Abb. 5: Prozentuale Veränderung der effektiven Maschenweite innerhalb und ausserhalb der Gebiete des Bundesinventars der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN) zwischen 1960-1980 und 1980-2002 unter Berücksichtigung von Strassen bis 4. Klasse.**

Angaben in Prozent, CH = Schweiz, JR = Jura, ML = Mittelland, VA = Alpenbordflanke, ZA = Zentralalpen, SA = Alpensüdflanke, BLN = innerhalb der BLN-Objekte (Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung), A = Ausserhalb der BLN-Gebiete (Quelle: Die Geographen schwick+spichtig, VECTOR25, Landeskarten 1:100'000, Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung)

## 2.2 Kommentare zu den Resultaten

- Die grössten effektiven Maschenweiten finden sich in den BLN-Gebieten der Zentralalpen, gefolgt von den Flächen in den Zentralalpen ausserhalb der BLN-Gebiete, den BLN-Gebieten der Alpensüdflanke und den Flächen der Alpensüdflanke ausserhalb der BLN-Gebiete.
- Mittlere Werte der effektiven Maschenweite finden sich in den BLN-Gebieten der Schweiz und den Flächen ausserhalb der BLN-Gebiete der Schweiz, gefolgt von den BLN-Gebieten der Alpennordflanke und den Flächen ausserhalb der BLN-Gebiete der Alpennordflanke.
- Die kleinsten Werte der effektiven Maschenweite finden sich in den BLN-Gebieten und ausserhalb der BLN-Gebiete in den Grossräumen Jura und Mittelland.
- Die grossen Unterschiede im Zerschneidungsgrad zwischen den Grossregionen der Schweiz sind überwiegend durch die topographischen Verhältnisse in der Schweiz begründet: Die grossen unzerschnittenen Flächen (grösser als 50 km<sup>2</sup>) liegen fast alle in den Alpen, insbesondere in den Zentralalpen und der Alpensüdflanke, nur einige wenige finden sich noch im Grossraum Jura; im Mittelland sind sie ganz verschwunden (Abb. 3).
- Die Werte der effektiven Maschenweite im Jura und im Mittelland sind fast identisch. Die grossen Seen des Mittellandes zählen ebenfalls als unzerschnittene Flächen und bewirken somit einen höheren Mittelwert der effektiven Maschenweite. Ausserhalb der Seen ist das Mittelland erheblich stärker zerschnitten als der Jura (Abb. 1).
- In der Schweiz als gesamtes, dem Jura, der Alpennordflanke, den Zentralalpen und der Alpensüdflanke ist der Wert der effektiven Maschenweite innerhalb der BLN-Gebiete jeweils grösser als in den Flächen ausserhalb.
- Im Mittelland ist der Wert der effektiven Maschenweite in den BLN-Gebieten kleiner als ausserhalb. Dies wegen den grossen Seeflächen, die sich ausserhalb der BLN-Gebiete befinden.
- In allen untersuchten Teilräumen hat die effektive Maschenweite zwischen 1960 und 2002 abgenommen.
- Die grössten Abnahmen der effektiven Maschenweite finden sich in den Zentralalpen und der Alpensüdflanke zwischen 1960 und 1980. In dieser Zeit wurde die Nufenenpassstrasse eröffnet und zerschnitt das grösste noch zusammenhängende Gebiet in der Schweiz. Dies hatte einen sehr grossen Einfluss auf die effektive Maschenweite
- In der Gesamtschweiz, dem Jura, der Alpennordflanke und den Zentralalpen sind die Raten der Abnahme der effektiven Maschenweite in beiden untersuchten Zeitschnitten innerhalb der BLN-Gebiete geringer ausgefallen als in den Flächen ausserhalb der BLN-Gebiete.
- Auf der Alpensüdflanke war die Abnahme innerhalb der BLN-Gebiete zwischen 1960 und 1980 grösser als ausserhalb der BLN-Gebiete. Ursache dafür ist der Bau der Nufenenpassstrasse. In der Periode 1980 bis 2002 ist die Rate der Abnahme der effektiven Maschenweite innerhalb der BLN-Gebiete wieder kleiner als ausserhalb.
- Die geringere relative Abnahme von  $m_{\text{eff}}$  in den Zentralalpen und auf der Alpensüdflanke zwischen 1980 und 2002 lässt sich darauf zurückführen, dass neue Verkehrsinfrastruktur und Siedlungen fast nur in den Talböden und somit in den bereits stark zerschnittenen Bereichen erstellt wurden. Die grossen unzerschnittenen Flächen, deren Zerschneidung den stärksten Einfluss auf den Wert der effektiven Maschenweite besitzt, sind ab 1980 unberührt geblieben. Insbesondere wurden seit 1980 keine neuen Passstrassen mehr gebaut. Neue Verbindungen im Alpenraum, die grosse unzerschnittene Flächen durchqueren, wurden in Tunneln erstellt; Beispiele dafür sind der Bau des neuen NEAT-Basistunnels am Lötschberg und des Vereinatunnels.

- Das Mittelland ist die einzige Grossregion in der die Abnahme der effektiven Maschenweite innerhalb der BLN-Gebiete stärker ausgefallen ist als in den Flächen ausserhalb. Die genauen Ursachen für diesen Umstand sind in einer solchen summarischen Auswertung nicht ersichtlich und müssten in detaillierten Untersuchungen eruiert werden.
- Die Unterschiede in den BLN-Gebieten gegenüber der Gesamtschweiz waren im Jahr 1960 (vor der Einführung des BLN-Inventars) etwas weniger stark ausgeprägt als heute. Der Wert der effektiven Maschenweite beträgt heute innerhalb der BLN-Gebiete 172.2 Prozent des Wertes der Flächen ausserhalb der BLN-Gebiete (Stand 2002). 1960 lag dieser Wert noch bei 150.7 Prozent. Bei den BLN-Gebieten handelt es sich somit um Gebiete, die im Durchschnitt heute weniger zerschnitten sind als die übrigen Gebiete der Schweiz und auch schon 1960 weniger zerschnitten waren (und ebenso 1977, als die ersten unter Schutz gestellt wurden). Im Zeitraum zwischen 1980 und 2002 war die Abnahme der effektiven Maschenweite in den BLN-Gebieten mit 8.5 Prozent nur ein Drittel so stark wie in den 20 Jahren davor (mit 30.7 Prozent). Eine ähnliche Entwicklung besteht jedoch auch für die Schweiz als gesamtes (Reduktion der effektiven Maschenweite von 36.5 Prozent auf 12.6 Prozent). Diese Ergebnisse deuten eine mögliche bremsende Wirkung des BLN-Inventars an. Die Reduktion erfolgte in den BLN-Gebieten zwar langsamer als ausserhalb, doch galt dies in gleicher Weise auch schon vor ihrer Unterschützstellung. Wahrscheinlich haben daher auch andere Faktoren die Verlangsamung verursacht.
- Diese Entwicklung ist für die biogeographischen Regionen unterschiedlich. In drei biogeographischen Regionen sind die BLN-Gebiete im Vergleich zu den Flächen ausserhalb der BLN-Gebiete heute weniger stark zerschnitten: Im Jura stieg dieses Verhältnis von 152.9 auf 216.7 Prozent, auf der Alpennordflanke von 127.9 auf 158.7 Prozent und in den Zentralalpen von 117.4 auf 134.8 Prozent. Eine gegenteilige Entwicklung lässt sich im Mittelland (Abnahme von 95.2 Prozent im Jahr 1960 auf 84.4 Prozent im Jahr 2002) und auf der Alpensüdflanke feststellen (Abnahme von 117.2 Prozent im Jahr 1960 auf 105.9 Prozent im Jahr 2002).

### **2.3 Bedeutung für die Landschaft und die BLN-Gebiete:**

Das Ausmass des Zerschneidungsgrades in der Schweiz erscheint im europäischen Vergleich als relativ gut. Dies ist jedoch im Wesentlichen dadurch begründet, dass die grossen unzerschnittenen Flächen innerhalb der Alpen sich stark positiv auf den Wert der effektiven Maschenweite für die Gesamtschweiz auswirken.

Die Werte der effektiven Maschenweite sind in den drei Grossregionen der Alpen – Alpennordflanke, Zentralalpen, Alpensüdflanke – hoch. Für die Interpretation dieser hohen Werte ist zu berücksichtigen, dass es sich um ein Gebirgsgebiet handelt, in dem Strassen an vielen Orten nicht möglich sind, nicht benötigt werden, oder in Tunneln gebaut werden. Es sind grosse unzerschnittene Flächen vorhanden, doch die Talböden sind in vielen Teilen stark zerschnitten, wie eine detailliertere Betrachtung zeigt.

Im Grossraum Jura ist der Zerschneidungsgrad relativ stark und grosse unzerschnittene Flächen sind mit wenigen Ausnahmen nicht mehr vorhanden. Im Mittelland ist der Zerschneidungsgrad der Landschaft sehr weit fortgeschritten, und es existieren hier keine grossen unzerschnittenen Flächen mehr. Auch mittelgrosse unzerschnittene Flächen (20 - 40 km<sup>2</sup>) sind – mit Ausnahme der grossen Seen – nur noch wenige vorhanden.

Die Entwicklung des Zerschneidungsgrades in der Schweiz insgesamt in den letzten 42 Jahren ist als besorgniserregend zu bezeichnen. Die Raten der Abnahme der effektiven Maschenweite sind in der Periode 1980 – 2002 zwar gegenüber 1960 – 1980 in fast allen untersuchten Teilräumen deutlich zurückgegangen. Jedoch lässt sich in keinem Teilraum eine Stabilisierung des Wertes der effektiven Maschenweite oder sogar eine Zunahme erkennen.

Bedenklich ist die Entwicklung auch in den BLN-Gebieten des Mittellandes. Hier ist die Rate der Abnahme der effektiven Maschenweite höher als in den Flächen ausserhalb der BLN-Gebiete. Die BLN-Gebiete des Mittellandes sind die am stärksten zerschnittenen der gesamten Schweiz, und jede weitere Zerschneidung wirkt sich stark auf die bereits stark fragmentierte Landschaft aus. Der Schutz der BLN-Gebiete in dieser biogeographischen Region ist somit nicht gegeben.

Ebenfalls bedenklich sind die hohen Raten der Abnahme der effektiven Maschenweite innerhalb der BLN-Gebiete im Jura und auf der Alpennordflanke. Zwar hat sich die Rate der Abnahme in der letzten Untersuchungsperiode gegenüber der ersten verlangsamt, aber sie beträgt in beiden Fällen immer noch deutlich mehr als 10%.

Erfreulich ist die geringe Abnahme der effektiven Maschenweite innerhalb der BLN-Gebiete in den Zentralalpen und insbesondere der Alpensüdflanke. Der Schutz der grossen unzerschnittenen Flächen vor weiteren alpenquerenden Verkehrsachsen bewirkte eine massiv kleinere Abnahme der effektiven Maschenweite in der zweiten Untersuchungsperiode gegenüber der ersten. Besonders die Situation auf der Alpensüdflanke mit einer Abnahme von nur noch 1.4% innerhalb von 22 Jahren ist bemerkenswert.

Es ist festzuhalten, dass sich in keinem Teilraum eine Verringerung des Zerschneidungsgrades, also eine Zunahme der effektiven Maschenweite feststellen lässt. Das bedeutet, dass in keinem Untersuchungsraum eine Verbesserung des Zustandes des Zerschneidungsgrades erreicht wurde.



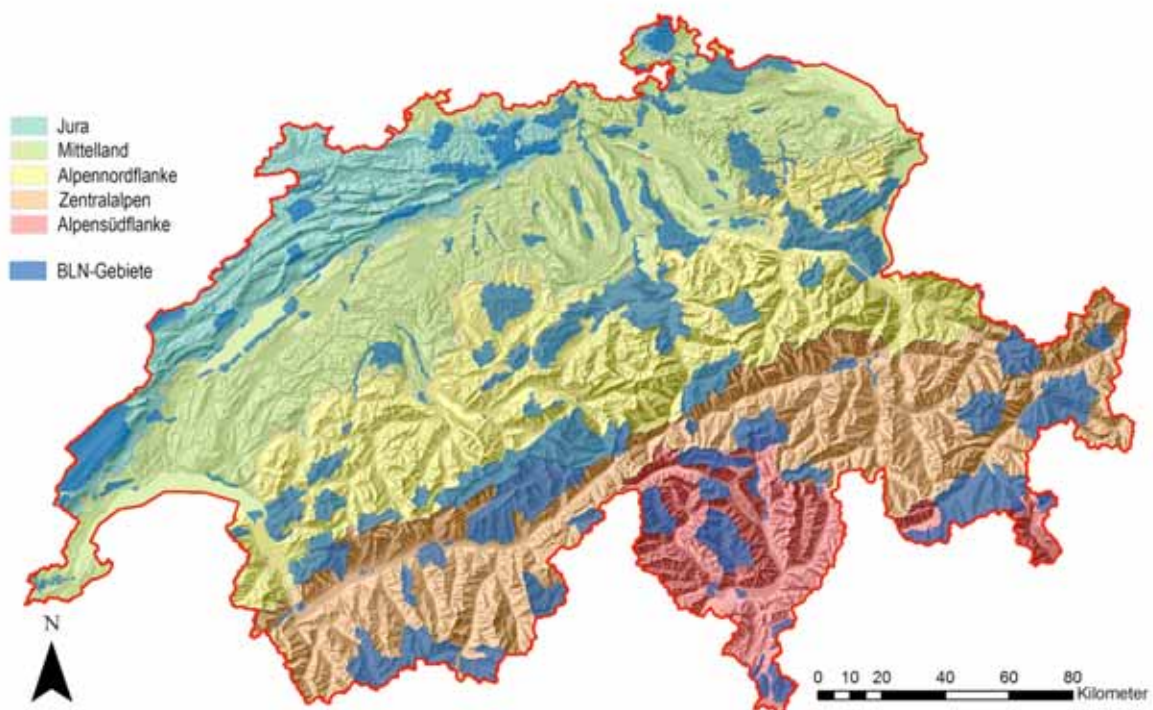
### 3 Anhang

Teilraum	1960	1980	2002
<b>BLN-Gebiete Schweiz</b>	<b>0.285 DSE/km<sup>2</sup></b>	<b>0.388 DSE/km<sup>2</sup></b>	<b>0.424 DSE/km<sup>2</sup></b>
Schweiz ausserhalb der BLN-Gebiete	1.474 DSE/km <sup>2</sup>	2.307 DSE/km <sup>2</sup>	2.637 DSE/km <sup>2</sup>
<b>BLN-Gebiete Jura</b>	<b>0.235 DSE/km<sup>2</sup></b>	<b>0.348 DSE/km<sup>2</sup></b>	<b>0.370 DSE/km<sup>2</sup></b>
Jura ausserhalb der BLN-Gebiete	1.205 DSE/km <sup>2</sup>	2.089 DSE/km <sup>2</sup>	2.482 DSE/km <sup>2</sup>
<b>BLN-Gebiete Mittelland</b>	<b>1.137 DSE/km<sup>2</sup></b>	<b>1.484 DSE/km<sup>2</sup></b>	<b>1.64 DSE/km<sup>2</sup></b>
Mittelland ausserhalb der BLN-Gebiete	3.122 DSE/km <sup>2</sup>	4.77 DSE/km <sup>2</sup>	5.354 DSE/km <sup>2</sup>
<b>BLN-Gebiete Alpennordflanke</b>	<b>0.18 DSE/km<sup>2</sup></b>	<b>0.253 DSE/km<sup>2</sup></b>	<b>0.26 DSE/km<sup>2</sup></b>
Alpennordflanke ausserhalb der BLN-Gebiete	0.818 DSE/km <sup>2</sup>	1.256 DSE/km <sup>2</sup>	1.424 DSE/km <sup>2</sup>
<b>BLN-Gebiete Zentralalpen</b>	<b>0.022 DSE/km<sup>2</sup></b>	<b>0.033 DSE/km<sup>2</sup></b>	<b>0.036 DSE/km<sup>2</sup></b>
Zentralalpen ausserhalb der BLN-Gebiete	0.337 DSE/km <sup>2</sup>	0.597 DSE/km <sup>2</sup>	0.727 DSE/km <sup>2</sup>
<b>BLN-Gebiete Alpensüdflanke</b>	<b>0.388 DSE/km<sup>2</sup></b>	<b>0.536 DSE/km<sup>2</sup></b>	<b>0.613 DSE/km<sup>2</sup></b>
Alpensüdflanke ausserhalb der BLN-Gebiete	1.031 DSE/km <sup>2</sup>	1.543 DSE/km <sup>2</sup>	1.831 DSE/km <sup>2</sup>

**Tab 1: Die Zersiedelung innerhalb und ausserhalb der Gebiete des Bundesinventars der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN) 1960, 1980 und 2002 bei einem Beobachtungshorizont von 2 km, Angaben in Durchsiedlungseinheiten pro km<sup>2</sup> Landschaft:**

Teilraum	1960	1980	2002
<b>BLN-Gebiete Schweiz</b>	<b>1338.17 km<sup>2</sup></b>	<b>927.53 km<sup>2</sup></b>	<b>848.94 km<sup>2</sup></b>
Schweiz ausserhalb der BLN-Gebiete	888.24 km <sup>2</sup>	564.15 km <sup>2</sup>	493.03 km <sup>2</sup>
<b>BLN-Gebiete Jura</b>	<b>26.89 km<sup>2</sup></b>	<b>17.45 km<sup>2</sup></b>	<b>14.41 km<sup>2</sup></b>
Jura ausserhalb der BLN-Gebiete	17.58 km <sup>2</sup>	9.94 km <sup>2</sup>	6.65 km <sup>2</sup>
<b>BLN-Gebiete Mittelland</b>	<b>22.28 km<sup>2</sup></b>	<b>19.18 km<sup>2</sup></b>	<b>17.34 km<sup>2</sup></b>
Mittelland ausserhalb der BLN-Gebiete	23.40 km <sup>2</sup>	21.56 km <sup>2</sup>	20.54 km <sup>2</sup>
<b>BLN-Gebiete Alpennordflanke</b>	<b>1175.89 km<sup>2</sup></b>	<b>977.26 km<sup>2</sup></b>	<b>858.49 km<sup>2</sup></b>
Alpennordflanke ausserhalb der BLN-Gebiete	919.65 km <sup>2</sup>	710.41 km <sup>2</sup>	540.88 km <sup>2</sup>
<b>BLN-Gebiete Zentralalpen</b>	<b>2259.35 km<sup>2</sup></b>	<b>1566.07 km<sup>2</sup></b>	<b>1451.66 km<sup>2</sup></b>
Zentralalpen ausserhalb der BLN-Gebiete	1923.21 km <sup>2</sup>	1175.29 km <sup>2</sup>	1076.72 km <sup>2</sup>
<b>BLN-Gebiete Alpensüdflanke</b>	<b>2242.65 km<sup>2</sup></b>	<b>987.92 km<sup>2</sup></b>	<b>974.39 km<sup>2</sup></b>
Alpensüdflanke ausserhalb der BLN-Gebiete	1912.99 km <sup>2</sup>	941.18 km <sup>2</sup>	920.29 km <sup>2</sup>

**Tab 2: Werte der effektiven Maschenweite innerhalb und ausserhalb der Gebiete des Bundesinventars der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN) 1960, 1980 und 2002 unter Berücksichtigung von Strassen bis 4. Klasse.**



**Abb. 6:** Lage der biogeographischen Regionen der Schweiz in der Abgrenzung des Biodiversitätsmonitoring des Bundesamtes für Umwelt und der 162 Objekte des Bundesinventars der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung.

Objekt	Zerschneidung	Zersiedelung
Autobahn	X	–
Autobahn richtungsgetreunt	X	–
Autostrasse	X	–
Autobahn Ein-/Ausfahrt	X	–
Strasse 1. Klasse	X	–
Strasse 2. Klasse	X	–
Strasse 3. Klasse	X	–
Strasse 4. Klasse	X	–
Quartierstrasse	X	–
Güterbahn	X	–
Industriegeleise	X	–
Museumsbahn	X	–
Normalspurbahn eingleisig	X	–
Normalspurbahn mehrgleisig	X	–
Schmalspurbahn eingleisig	X	–
Schmalspurbahn mehrgleisig	X	–
Strassenbahn	X	–
Streckenverknüpfung innerhalb Bahnhofareal	X	–
Piste mit Hartbelag	X	–
Siedlung	X	X
Einzelgebäude	–	X
Staudamm	X	X
Staumauer	X	X
Bahnhofareal	X	X
Flughafenareal	X	X
Flughafenbahnhofareal	X	X
Abwasserreinigungsanlage	–	X
Elektrizitätswerk	–	X

Tab 3: Berücksichtigte Infrastrukturanlagen in der Auswertung der Zerschneidung und Zersiedelung in der Nomenklatur der Swisstopo.

## 4 Literaturangaben

- Jaeger, J.A.G. (2000): Landscape division, splitting index, and effective mesh size: New measures of landscape fragmentation. – *Landscape ecology* 15(2), S. 115–130.
- 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
- Bertiller, R., Schwick, C., Jaeger, J. (2007): Landschaftszerschneidung Schweiz. Zerschneidungsanalyse 1885-2002 und Folgerungen für die Verkehrs- und Raumplanung. Langversion. ASTRA-Bericht, Bern. 230 Seiten
- Jaeger, J., Schwick, C., Bertiller, R., Kienast, F. (2008): Landschaftszersiedelung Schweiz – Quantitative Analyse 1935-2002 und Folgerungen für die Raumplanung. Wissenschaftlicher Abschlussbericht. Schweizerischer Nationalfonds, Nationales Forschungsprogramm NFP 54 «Nachhaltige Siedlungs- und Verkehrsinfrastruktur». Zürich, 344 S.
- Jaeger, J.A.G., Bertiller, R., Schwick, C., Cavens, D., Kienast, F. (under review): Urban permeation of landscapes and sprawl per capita: new measures of urban sprawl.
- Elektronische Version des Schlussberichtes «Landschaftszersiedelung Schweiz» als PDF: [http://www.diegeographen.ch/Links/works\\_de.htm](http://www.diegeographen.ch/Links/works_de.htm)