



Flächennutzungsmonitoring V Methodik – Analyseergebnisse – Flächenmanagement

IÖR Schriften Band 61 · 2013

ISBN: 978-3-944101-18-7

Zerschneidung und Zersiedelung im Rahmen der Landschaftsbeobachtung Schweiz

Christian Schwick, Felix Kienast, Jochen Jaeger

Schwick, C.; Kienast, F.; Jaeger, J. (2013): Zerschneidung und Zersiedelung im Rahmen der Landschaftsbeobachtung Schweiz. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring V. Methodik – Analyseergebnisse – Flächenmanagement. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 61, S. 63-70.

Zerschneidung und Zersiedelung im Rahmen der Landschaftsbeobachtung Schweiz

Christian Schwick, Felix Kienast, Jochen Jaeger

Zusammenfassung

Mit dem Programm „Landschaftsbeobachtung Schweiz“ (LABES) existiert ein umfassendes Monitoring der Landschaftsqualität der Schweiz. Im Rahmen von LABES werden der Zustand und die Entwicklung der Landschaft in der Schweiz anhand von 34 Indikatoren ermittelt. Diese LABES-Indikatoren sind auf die Umweltberichterstattung des Bundes sowie auf die Berichterstattung der europäischen Umweltagentur (EUA) abgestimmt. Zusammenfassungen der LABES-Ergebnisse werden laufend aktualisiert und sind auf der Website des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) einsehbar (www.bafu.admin.ch). Stellvertretend für diese Indikatoren werden die Landschaftszerschneidung und die Landschaftszersiedelung vorgestellt.

Die Zerschneidung eignet sich als Indikator für den Landschaftscharakter und für die Gefährdung der Arten und Lebensräume. Um den Grad der Landschaftszerschneidung zu messen wurde die Messgröße der „effektiven Maschenweite“ (m_{eff}) verwendet (Jaeger 2000). Für die Gesamtschweiz lag der Wert der effektiven Maschenweite im Jahr 1980 bei 140 km². Bis zum Jahr 2007 war er auf 104 km² gesunken. Dies entspricht in den 21 Jahren von 1980-2001 einer Abnahme von 26 km².

Die Zersiedelung ist nicht nur von der beanspruchten Fläche der Siedlungen, sondern auch von ihrer Streuung und der Einwohner- und Arbeitsplatzdichte (Ausnützung des beanspruchten Bodens) abhängig. Als neue Messgröße zur Charakterisierung der Zersiedelung wurde das Maß der „gewichteten Zersiedelung“ (Z) entwickelt (Schwick et al. 2010). Die Zersiedelung in der Schweiz hat zwischen 1935 und 2010 um 184 % zugenommen. Zwischen 1980 und 2002 stieg die Zersiedelung langsamer an, seitdem jedoch wieder schneller.

1 Landschaftsbeobachtung Schweiz

Für eine Steuerung und eine nachhaltige Entwicklung der Landschaft ist es notwendig, die Landschaftsqualitäten regelmäßig zu beobachten und zu vergleichen. Dieses Ziel verfolgt das schweizerische Bundesamt für Umwelt (BAFU) mit dem Programm „Landschaftsbeobachtung Schweiz“ (LABES).

Mit dem Programm LABES wird ein umfassendes Monitoring der Landschaftsqualität Schweiz aufgebaut und der Zustand sowie die Entwicklung der Landschaft in der Schweiz anhand von 34 Indikatoren ermittelt. Aus Gründen der Datenverfügbarkeit

erfolgt die Publikation der Ergebnisse in zwei Serien. Die erste Serie von LABES schloss mit dem Zustandsbericht 2010 ab (Roth et al. 2010). Sie umfasste 18 Indikatoren, die auf bereits vorhandenen Daten basieren. Die Resultate zu den restlichen 16 Indikatoren werden in einem zweiten Zustandsbericht im September 2013 publiziert (Kienast, Frick 2013). Die im Rahmen des LABES erfassten Indikatoren sollen dabei insbesondere die folgenden Punkte erfüllen (Roth et al. 2010):

- Repräsentatives Bild der Landschaft
- Aufteilung der Indikatoren auf möglichst viele landschaftsrelevante Themen
- Veränderungen der Umwelt und der menschlichen Aktivitäten wirken sich auf den Indikator aus
- Keine ähnlichen oder redundanten Indikator
- Wissenschaftlich fundiert
- Eindeutige Interpretation möglich

Die LABES-Indikatoren sind abgestimmt auf die Umweltberichterstattung des Bundes sowie auf die Berichterstattung der europäischen Umweltagentur (EUA). Kurzfassungen der LABES-Ergebnisse werden laufend aktualisiert und sind auf der Website des BAFU einsehbar (www.bafu.admin.ch). Stellvertretend für alle diese Indikatoren werden in den zwei folgenden Kapiteln die Landschaftszerschneidung und die Landschaftszersiedelung vorgestellt.

2 Landschaftszerschneidung

Der Zerschneidungsgrad eignet sich als Indikator für den Landschaftscharakter und für die Gefährdung der Arten und Lebensräume (LABES-Indikator 9a). Hochklassige Straßen 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 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 deren 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. 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. Die Erholungsqualität der Landschaft wird zudem durch Lärm und Luftbelastungen vermindert.

2.1 Effektive Maschenweite

Um den Grad der Landschaftszerschneidung zu messen wurde die Messgröße der „effektiven Maschenweite“ (m_{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 (siehe Abb. 2).

Im Indikator 9a werden als Trennelemente bei den Straßen Autobahnen und Autostraßen sowie Straßen 1. bis 4. Klasse berücksichtigt. Weitere Trennelemente sind alle Eisenbahnlinien, Siedlungen, das Hochgebirge oberhalb von 2 100 Metern sowie Seen und Flüsse. Zur Berechnung der effektiven Maschenweite werden nur diese Flächen im jeweiligen Auswertungsraum berücksichtigt, die auch tatsächlich zerschnitten werden können. Flächen oberhalb von 2 100 Metern, Flüsse und Seen werden somit aus dem Bezugsraum ausgeschieden (Zerschneidungsgeometrie „Landflächen unterhalb 2 100 m“ nach Bertiller et al. 2007). Dies ermöglicht eine bessere Vergleichbarkeit der Auswertungsräume untereinander, da hier die großen unzerschnittenen Flächen in den Hochalpen und die Seen im Mittelland die Werte der effektiven Maschenweite in diesen Teilregionen nicht beeinflussen.

2.2 Resultate Schweiz nach biogeographischen Regionen

Für die Gesamtschweiz lag der Wert der effektiven Maschenweite im Jahr 1980 bei 140,33 km² und 2001 bei 113,05 km² (Roth et al. 2010). Bis zum Jahr 2007 war er auf 103,85 km² gesunken (Zerschneidungsgeometrie in Abb. 1). Dies entspricht in den 21 Jahren von 1980-2001 einer Abnahme von 27,28 km² (19,44 % oder 0,93 % pro Jahr), in den sechs Jahren von 2001-2007 einer Abnahme von 9,2 km² (-8,14 % oder 1,36 % pro Jahr). Insgesamt hat die effektive Maschenweite zwischen 1980 und 2007 um 36,48 km² oder 26 % abgenommen.

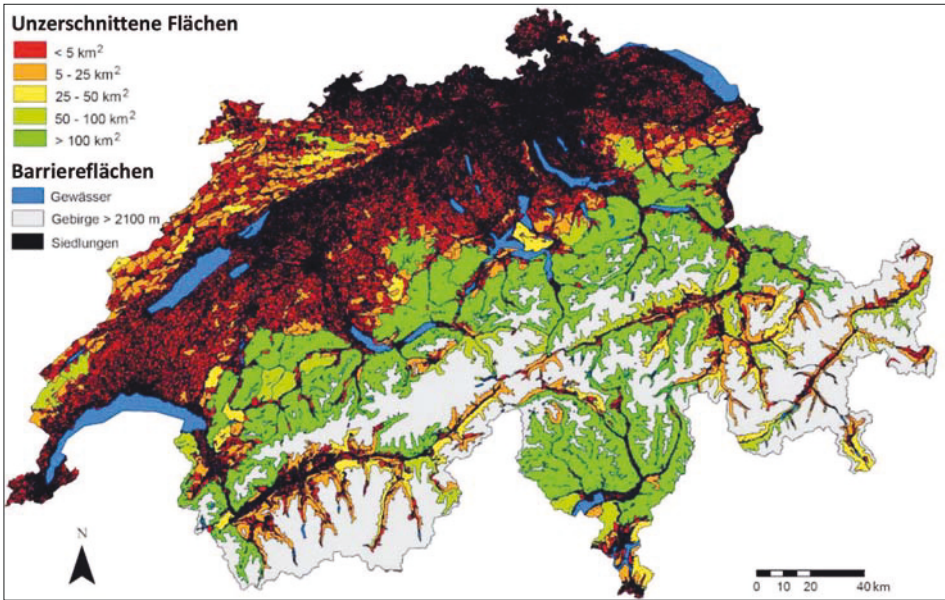


Abb. 1: Zerschneidungsgeometrie der Schweiz für das Jahr 2007 unter Berücksichtigung von Straßen bis 4. Klasse (Barriereflächen: Hochgebirge > 2 100 Meter, Seen, Flüsse und Siedlungen (Quelle: Roth et al. 2010)

Innerhalb der fünf biogeographischen Regionen der Schweiz lassen sich sehr deutliche Unterschiede feststellen (Abb. 2). Die höchsten Werte der effektiven Maschenweite finden sich in den drei biogeographischen Regionen der Alpensüdflanke, der Alpennordflanke und der Zentralalpen. Ihre Werte liegen jeweils um etwa 100 km^2 auseinander. Ein etwa zehnmals geringerer Wert der effektiven Maschenweite lässt

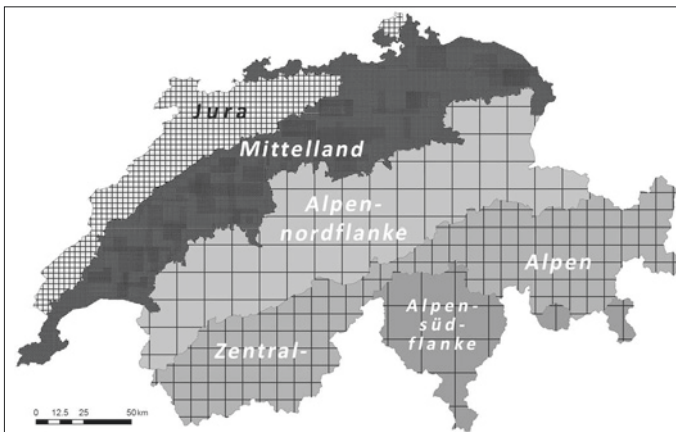


Abb. 2: Schematische Darstellung der effektiven Maschenweite in den fünf biogeographischen Regionen der Schweiz für das Jahr 2007 unter Berücksichtigung von Straßen bis 4. Klasse (Quelle: Roth et al 2010)

sich in der biogeographischen Region des Jura feststellen. Der Jura seinerseits hat einen Wert der effektiven Maschenweite, der zehn Mal höher liegt als derjenige im Mittelland. Die effektive Maschenweite im Mittelland ist mit 0,8 km² so gering, dass die Darstellung als Gitternetz fast nur noch als schwarze Fläche erscheint (Abb. 2). Die Rangfolge der Regionen bezüglich ihres Wertes der Zerschneidung haben sich im Untersuchungszeitraum 1980-2007 nicht verändert.

3 Landschaftszersiedelung

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 Verknappung von Land und fruchtbarem Boden in der Schweiz 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. Eine wirksame Eindämmung der Zersiedelung 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.

3.1 Gewichtete Zersiedelung

Die Zersiedelung ist nicht nur von der beanspruchten Fläche der Siedlungen, sondern auch von ihrer Streuung sowie der Einwohner- und Arbeitsplatzdichte (Ausnützung 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 „gewichteten Zersiedelung“ (Z) entwickelt (Schwick et al. 2010). Die Messgröße der Zersiedelung setzt sich aus drei Anteilen zusammen:

*Zersiedelung = Urbane Durchdringung * Gewichtung (Dispersion) * Gewichtung (Flächeninanspruchnahme)*

oder

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

Die drei verwendeten Messgrößen zur Ermittlung der Zersiedelung sind folgendermaßen definiert (Jaeger et al. 2008; Schwick et al. 2010):

Urbane Durchdringung (UP = urban permeation) wird in Durchsiedlungseinheiten pro m^2 Landschaft angegeben (abgekürzt: DSE/m^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.

Dispersion: Die Streuung der Siedlungsflächen wird als Dispersion (DIS) bezeichnet und in Durchsiedlungseinheiten pro m^2 Siedlungsfläche gemessen. 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.

Flächeninanspruchnahme: Je mehr Einwohner und Arbeitsplätze auf einer überbauten Fläche vorhanden sind, desto besser ist die Ausnützung der Fläche. Daher wird die Zersiedelung mit einem entsprechenden Faktor modifiziert. Dieser Faktor ist stets kleiner als Eins. Je kleiner die Flächeninanspruchnahme ist, desto kleiner wird dieser Faktor, in dicht besiedelten Gebieten (z. B. in den Innenstädten von Basel, Genf, Bern und Zürich) beträgt er nahezu Null. Dies entspricht dem intuitiven Verständnis, dass Innenstädte besiedelt, aber nicht zersiedelt sind.

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. Für die Schweiz eignet sich ein Beobachtungshorizont von 2 km am besten (Jaeger et al. 2008; Schwick et al. 2010).

3.2 Resultate Schweiz nach Kantonen

Die Zersiedelung in der Schweiz hat zwischen 1935 und 2010 um 184 % zugenommen (Schwick et al. 2013). Der stärkste Anstieg der Zersiedelung erfolgte in der Periode der großflächigen Suburbanisierung zwischen 1960 und 1980 (+0,035 $DSE/m^2/Jahr$). Zwischen 1980 und 2002 stieg die Zersiedelung langsamer an, mit einem jährlichen Zuwachs von 0,012 DSE/m^2 . Seit dem Jahr 2002 steigt die Zersiedelung jedoch wieder stärker – jährlich um 0,032 DSE/m^2 . Die Phase der Abschwächung ist vorbei. In allen Kantonen hat die Zersiedelung seit 1935 stark zugenommen (Abb. 3). Da sich die Werte der gewichteten Zersiedelung auf die gesamte Kantonsfläche beziehen, finden sich die geringsten Werte der Zersiedelung in Bergkantonen, die höchsten Werte in den Kantonen des Mittellandes. Die relativ niedrigen Werte der Zersiedelung in den drei Alpenregionen sind somit insofern trügerisch, als große Gebiete in den Alpen, insbesondere das Hochgebirge, Felswände, Gletscher, und Wälder, grundsätzlich nicht besiedelt werden können.

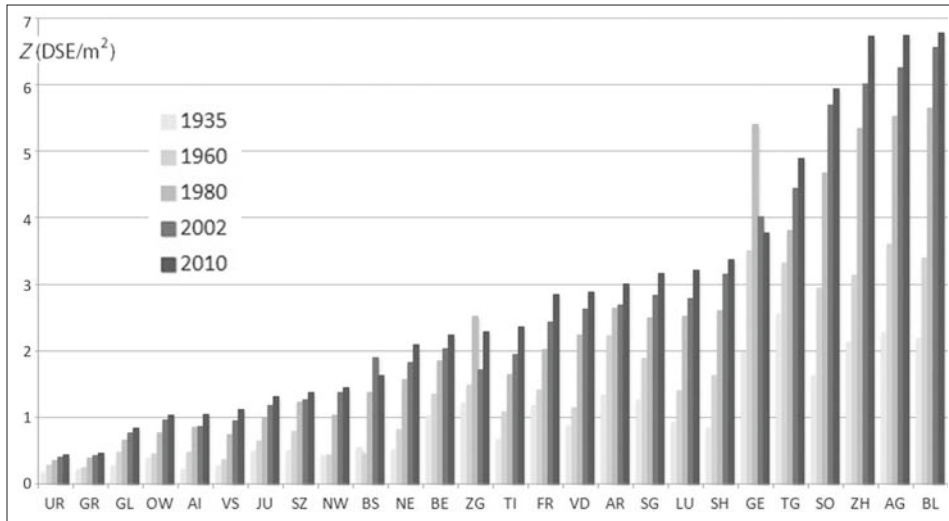


Abb. 3: Entwicklung der Zersiedelung in den Kantonen der Schweiz 1935 bis 2010 (angeordnet nach den Werten von 2010) (Quelle: Schwick et al. 2013)

Generell ist die Zersiedelung in jenen Kantonen absolut am stärksten gestiegen, die schon 1935 einen hohen Zersiedelungsgrad aufwiesen (Schwick et al. 2013). Die stärksten relativen Zunahmen mit mehr als 300 % gegenüber 1935 kennzeichnen die Kantone Neuenburg (NE), Wallis (VS) und Appenzell Innerrhoden (AI). Wie in der Schweiz insgesamt so ist folglich in den meisten Kantonen seit 2002 wieder eine besonders starke Zunahme der Zersiedelung zu beobachten. In zehn Kantonen ist die Zeitperiode von 2002 bis 2010 sogar diejenige mit der höchsten jährlichen Zunahme der Zersiedelung. Besonders stark ausgeprägt ist dies in den Kantonen Tessin (TI), Luzern (LU) und Freiburg (FR).

Nur in den zwei Kantonen Basel-Stadt (BS) und Genf (GE) erfolgte zwischen 2002 und 2010 eine Abnahme der Zersiedelung. Im Kanton Basel-Stadt ist aus topographischen Gründen praktisch keine Ausdehnung der Siedlungsflächen mehr möglich. Jede Zunahme der Einwohner und Arbeitsplätze führt hier somit zu einer höheren Ausnutzung der Fläche und damit auch zu einer Verringerung der Zersiedelung. Seit 1980 ist in Genf durch eine strikte Raumplanung eine Entkoppelung der Zersiedelung vom allgemeinen Trend in der Schweiz erreicht worden. Obwohl in Genf die Siedlungsflächen weiter angewachsen sind und somit die urbane Durchdringung weiter zugenommen hat, hat ein strenges Raumplanungsgesetz durch effektive Minimierung von Neueinzonungen eine Verringerung der Flächeninanspruchnahme pro Person bewirkt (um 14 % zwischen 1980 und 2010). Diese Verbesserung der Flächeninanspruchnahme wirkt sich deutlich auf den Wert der Zersiedelung aus, die wie sonst in keinem Kanton der Schweiz nun um 30 % unter ihrem Höchststand von 1980 liegt.

4 Literatur

- Bertiller, R.; Schwick, C.; Jaeger, J. (2007): Landschaftszerschneidung Schweiz – Zerschneidungsanalyse 1885-2002 und Folgerungen für die Verkehrs- und Raumplanung. ASTRA-Bericht Nr. 1175, Bundesamt für Strassen, Bern.
- Jaeger, J. (2000): Landscape division, splitting index, and effective mesh size: New measures of landscape fragmentation. In: *Landscape ecology* 15(2)/2000, 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.
- Jaeger, J.; Bertiller, R.; Schwick, C.; Kienast, F. (2010a): Suitability criteria for measures of urban sprawl. In: *Ecological Indicators* 10/2010, 397-406.
- Jaeger, J.; Bertiller, R.; Schwick, C.; Cavens, D.; Kienast, F. (2010b): Urban permeation of landscapes and sprawl per capita: New measures of urban sprawl. In: *Ecological Indicators* 10/2010, 427-441.
- Jaeger, J.; Schwick, C.; Bertiller, R.; Kienast, F. (2008): Landschaftszersiedelung Schweiz: Quantitative Analyse 1935 bis 2002 und Folgerungen für die Raumplanung. Wissenschaftlicher Abschlussbericht. Schweizerischer Nationalfonds. Nationales Forschungsprogramm NFP 54 „Nachhaltige Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung“. Zürich.
- Kienast, F.; Frick, J. (2013, im Druck): Neue Ansätze zur Erfassung der Landschaftsqualität. Zwischenbericht Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES), Reihe Umwelt-Wissen, Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Roth, U.; Schwick, C.; Spichtig, F. (2010): Zustand der Landschaft in der Schweiz. Zwischenbericht Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES). Umwelt-Zustand Nr. 1010, Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Schwick, C.; Jaeger, J.; Bertiller, R.; Kienast, F. (2010): Zersiedelung der Schweiz – unaufhaltsam? Quantitative Analyse 1935-2002 und Folgerungen für die Raumplanung. Zürich, Bristol-Stiftung; Bern, Stuttgart, Wien.
- Schwick, C.; Jaeger, J.; Hersperger, A.; Kienast, F. (2013): Stark beschleunigte Zunahme der Zersiedelung in der Schweiz. In: *Geomatik Schweiz* 2/2013, 8-14.
- Schwick, C.; Jaeger, J.; Kienast, F. (2011): Zersiedelung messen und vermeiden. Merkblatt für die Praxis 47/2011. WSL, Birmensdorf.