



Zersiedelung in der Schweiz – Explorative statistische Untersuchung wichtiger Einflussgrößen

Masterarbeit ETH

Roger Willhauck
Eidgenössische Technische Hochschule
Zürich, Schweiz
Departement Umweltsystemwissenschaften

Betreut durch:

Prof. Dr. Felix Kienast
Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald,
Schnee und Landschaft WSL

und

Christian Schwick
Die Geographen schwick + spichtig

Birmensdorf, April 2013

Titelbild: Sicht vom Bahnhof Urdorf (ZH) in Richtung Limmattal
Fotograf: Luzian Caduff

Zusammenfassung

Die Zersiedelung ist ein Phänomen, welchem sowohl Forscher als auch Praktiker bisweilen relativ machtlos gegenüber stehen. Obwohl seit Jahrzehnten erforscht, gibt es bislang keine griffigen Massnahmen, um sie einzudämmen, geschweige denn zu verhindern. Die Zersiedelung verschanzelt nicht nur die Landschaft, sondern hat auch negative ökologische, soziale und wirtschaftliche Auswirkungen. So divers ihre Auswirkungen sein können, so unterschiedlich sind auch ihre Ursachen. Aus verschiedenen grösseren Studien, vor allem aus den USA, sind gewisse Ursachen der Zersiedelung bekannt und erforscht. Gerade für die Schweiz fehlen jedoch grossräumige Untersuchungen, welche die Zusammenhänge zwischen relevanten Faktoren und der Zersiedelung beschreiben. Daher stellt sich die Frage, welche wichtige Einflussgrössen der Zersiedelung in der Schweiz sind und inwiefern sich diese regional und kommunal unterscheiden. Um diesen Fragen nachzugehen, wurde der statistische Zusammenhang ausgewählter sozio-ökonomischer, demographischer, physisch-geographischer, landnutzungstechnischer, erschliessungstechnischer und politischer Variablen mit der Zersiedelung für den Zeitpunkt 2010 untersucht. Für diese Untersuchung konnte auf relativ neue Zersiedelungsdaten zurückgegriffen werden, welche anhand einer neuen Messgrösse, der sogenannten *AD*-gewichteten Zersiedelung erhoben wurden. Die gewichtete Zersiedelung besteht aus drei einzelnen Messgrössen: Der urbanen Durchdringung, der Dispersion und der Ausnützungsdichte. Die letzten beiden Teilgrössen werden gewichtet, was der Messgrösse den Namen gibt. Um die Zersiedelung von 2010 zu erklären, konzentriert sich diese Arbeit auf Daten zwischen 2000 und 2010. Dies macht Sinn, da zwischen Ursache (treibende Faktoren) und Wirkung (Gebäude) einige Jahre liegen können. Die Zersiedelung wurde mit generalisierten linearen Modellen (GLMs) für 2356 Schweizer Gemeinden, sechs geographische Grossregionen sowie für neun Gemeindetypen quantitativ untersucht und modelliert. In einer kleineren Teiluntersuchung wurden mit statistischen Gruppentests ausgewählte Fragen einer Gemeindeschreiberbefragung analysiert und es wurde untersucht, inwiefern die Strukturen und das Handeln der Gemeinden mit der Zersiedelung zusammenhängen.

Die Modelle erklären 50-93 Prozent (angepasstes D^2) der Varianz der *AD*-gewichteten Zersiedelung. Die regionalen und kommunalen Modelle zeigen teilweise deutliche Unterschiede bezüglich der erklärenden Variablen, was die heterogenen sozialen, politischen, wirtschaftlichen und landschaftlichen Strukturen in der Schweiz widerspiegelt. Siedlungsbezogene Variablen, wie beispielsweise die Bauzonengrösse, der Überbauungsgrad der Bauzonen, die Wohnstruktur sowie die Strassendichte zeigen eine deutlich positive Korrelation mit der Zersiedelung. Demgegenüber zeigen einige physisch-geographische Variablen und Variablen der Landnutzung, wie beispielsweise der Anteil an nicht bebaubarer Fläche, die Entwicklung der Landwirtschaftsfläche und der Anteil an BLN- und Parkflächen eine negative Korrelation mit der Zersiedelung.

Die Untersuchung der Gemeindeschreiberbefragung hat gezeigt, dass Gemeinden, in welchen die verkehrs- und umweltpolitische Auseinandersetzung härter geworden ist, in welchen Leistungsgrenzen bezüglich Arbeitsbelastung oder Fachwissen auftreten, in welchen Reform- und Reorganisationsmassnahmen erfolgreich waren sowie in Gemeinden, welche mit Nachbargemeinden zusammenarbeiten, die Zersiedelung tendenziell höher ist.

Die vorliegende Arbeit liefert in einem explorativen Ansatz neue Erkenntnisse über statistisch signifikante Einflussgrössen der Zersiedelung. In Hinsicht auf eine vertiefte Untersuchung der treibenden Kräfte der Zersiedelung in der Schweiz bietet sie wichtige Grundlageninformationen.

Abstract

Urban sprawl is a phenomenon which has left many scientists and practitioners relatively powerless. Although it has been studied for decades, there are as yet no feasible measures to reduce, let alone prevent it. Urban sprawl is not just responsible for spoiling the landscape, but it also has negative ecological, social and economic effects. The causes of urban sprawl are just as diverse as its consequences. Several major studies, conducted primarily in the US, have illustrated certain effects of urban sprawl. However, especially for the case of Switzerland, there is a lack of large-scale analyses which examine the relevant factors that foster urban sprawl. This raises the question about the important parameters of urban sprawl in Switzerland, and to what extent these parameters differ regionally and municipally. In order to examine these questions, this master thesis analyses the statistical connection between a selected group of socio-economic, demographic and physical-geographic variables, as well as factors pertaining to land use and allotment, and urban sprawl for a specific point in time (2010). This analysis is based on relatively recent data concerning urban sprawl which was surveyed by means of a new measure: the so-called weighted urban permeation. The weighted urban permeation consists of three individual sub-measures: Urban permeation, dispersion and land uptake. The last two sub-measures are weighted, thus naming the measure. In order to explain the urban sprawl of 2010 this master thesis makes use of data from 2000 to 2010. This makes sense due to the fact that there can be years between the source (driving factor) and the effects (buildings) of urban sprawl. The phenomenon of urban sprawl is quantitatively analysed and modelled by means of generalised linear models (GLMs) for 2356 Swiss municipalities, six geographic greater regions and nine different types of municipalities. In a smaller sub-study, this paper examines to what degree the structures and policies of the individual municipalities are connected with urban sprawl. For this purpose, statistical group tests were conducted in order to analyse a selected set of questions from a survey completed by municipal secretaries.

The calculation models account for 50-93 percent (adjusted D^2) of the variance in the data. The regional and municipal models partly show significant differences with regard to the explanatory variables, which reflects the heterogeneous social, political, economic and geographic structures in Switzerland. Variables pertaining to settlement such as the size of a building zone, the degree of development of the building zones, residential structure and road density clearly indicate a positive correlation with urban sprawl. On the other hand, certain physical-geographic variables and variables pertaining to land use such as the ratio of irreclaimable land, the development of agricultural land and the ratio of BLN and park areas show a negative correlation.

The analysis of the survey completed by municipal secretaries shows that urban sprawl tends to be more severe in those municipalities in which the political debate has become tougher, in which there are performance limits regarding workload or expertise, in which reformative and reorganisational measures have been successful, and in municipalities which cooperate with neighbouring communes.

By employing an explorative approach, this master thesis presents new insights into important, statistically significant parameters of urban sprawl. These insights can provide a solid foundation for more in-depth future research on the factors governing urban sprawl in Switzerland.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
2	Zersiedelung – ein weiter Begriff	2
2.1	Vielfältige Ursachen der Zersiedelung	3
2.2	Probleme und Folgen der zersiedelten Siedlungsentwicklung	5
3	Material und Methode	7
3.1	Zersiedelung – Definition nach Schwick et al. (2010)	7
3.2	Vorgehen, Untersuchungsgebiet und Datengrundlage	9
3.2.1	Sozio-ökonomische und demographische Variablen	11
3.2.2	Physisch-geographische Variablen und Variablen der Landnutzung und des Naturraums	13
3.2.3	Erschliessungs- und Strasseninfrastrukturvariablen	17
3.2.4	Politische Variablen I – Politische Gesinnung der Gemeinden	19
3.2.5	Politische Variablen II – Struktur und Organisation der Gemeindeverwal- tungen	21
3.3	Statistische Auswertung	25
3.3.1	Generalisierte lineare Modelle (GLMs)	25
3.3.2	Vorauswahl der Variablen und GLM-Modellierung	26
3.3.3	Statistische Auswertung der Gemeindeschreiberbefragung – Politik II . . .	30
4	Ergebnisse	32
4.1	Modellvorbereitung und Modellbildung	32
4.1.1	Ergebnisse der Modellvorbereitung und Variablenselektion	32
4.1.2	Verteilung der Zersiedelung und Modellwahl	34
4.2	Ergebnisse der Modellberechnungen und statistischen Auswertungen	35
4.2.1	Ausmass der Zersiedelung in der Schweiz, den biogeographischen Regionen und den Gemeindetypen	35
4.2.2	Das Schweizer Referenzmodell	36
4.2.3	Zersiedelungsanalyse in den biogeographischen Regionen und Gemeinde- typen der Schweiz	39
4.2.4	Politische Strukturen und Organisation der Gemeinden – Auswertung der Gemeindeschreiberbefragung	49
5	Diskussion	54
5.1	Methodischer Teil	54
5.1.1	Untersuchungsgebiet und Daten	54
5.1.2	Statistische Auswertung	55
5.2	Thematischer Teil	55
5.2.1	Sozio-ökonomischer und demographischer Einfluss auf die Zersiedelung . .	56
5.2.2	Physisch-geographischer Einfluss und Effekte der Landnutzung sowie der Verkehrsinfrastruktur auf die Zersiedelung	59

5.2.3	Zusammenhang der politischen Gesinnung und der kommunalen Verwaltungs- sowie Organisationsstrukturen mit der Zersiedelung	63
5.2.4	Unterschiede innerhalb zweier Gradienten: Jura–Alpensüdflanke und Zen- tren–agrarisch-gemischte Gemeinden	66
6	Schlussfolgerungen	71
7	Dank	73
8	Literaturverzeichnis	74
A	Anhang	79
A.1	Datentabelle	79
A.2	Korrelationsmatrizen und hier.part Analysen der Variablen-Vorauswahl	84
A.2.1	Korrelationsmatrizen	84
A.2.2	hier.part Analyse (erklärte Varianz)	87
A.3	Korrelationmatrix aller Modellvariablen	91
A.4	Gemeinden, für welche das Modell eine schlechte Vorhersage macht	92
A.5	Referenzmodelle der biogeographischen Regionen und der Gemeindetypen	93
A.6	Erklärte Varianz (hier.part Analyse) der für die biogeographischen Regionen und die Gemeindetypen signifikanten Modellvariablen	97
A.7	Die Zersiedelung in den untersuchten Gemeinden der Schweiz	102
A.8	Abbildungen der signifikanten Variablen des Schweizer Referenzmodells	103
A.9	Auswertung aller getesteten Teilfragen der Gemeindeschreiberbefragung	109
A.10	Wichtige verwendete R-Befehle	110
A.11	Daten	113

Abbildungsverzeichnis

1	Definition der Zersiedelung nach Schwick et al. (2010)	8
2	Untersuchungsgebiet – 2356 Schweizer Gemeinden	10
3	Drei Konfliktlinien der Weltanschauung nach Hermann (2006)	20
4	Residuenvergleich der zwei getesteten Verteilungen der Zersiedelungsdaten	34
5	Zersiedelung in den untersuchten biogeographischen Regionen und Gemeindetypen	35
6	Modelloutput des Schweizer Gesamtmodells	36
7	Erklärte Varianz (hier.part Analyse) der für das Schweizer Gesamtmodell signifi- kanten Modellvariablen	38
8	Beobachtete und vorhergesagte Zersiedelung des Schweizer Gesamtmodells	38
9	Abbildung der untersuchten biogeographischen Regionen und Gemeindetypen	40
10	Zusammenhang zwischen gesellschaftlichen Veränderungen sowie einer veränderten politischen Auseinandersetzung in den Gemeinden und der Zersiedelung	50
11	Zusammenhang zwischen allfälligen Leistungsgrenzen in den Bereichen des öffentlichen und privaten Verkehrs und der Zersiedelung	51
12	Zusammenhang zwischen der Zusammenarbeit der Gemeinden mit Nachbarge- meinden sowie privaten Firmen und der Zersiedelung	52
13	Zusammenhang zwischen der Zersiedelung und Reform- bzw. Reorganisations- massnahmen sowie der Einführung eines Leitbildes für die Gemeindepolitik	53
14	Zusammenfassende Abbildung der Zersiedelung und deren Einflussgrössen in den biogeographischen Regionen	67
15	Zusammenfassende Abbildung der Zersiedelung und deren Einflussgrössen in den Gemeindetypen	69

Tabellenverzeichnis

1	Untersuchte sozio-ökonomische und demographische Variablen	11
2	Untersuchte physisch-geographische Variablen und Variablen der Landnutzung und des Naturraums	14
3	Untersuchte Variablen in den Bereichen Erschliessung und Strasseninfrastruktur	18
4	Untersuchte politische Variablen I	20
5	Untersuchte Fragen der Gemeindeschreiberbefragung 2005	21
6	Häufig benutzte Modellfamilien und Linkfunktionen von GLMs	25
7	Variablen-Untergruppen für Selektionsmodelle	27
8	GLM Modelle der Variablenselektion	32
9	Variablenvorauswahl	33
10	GLM Modelle der untersuchten biogeographischen Regionen und Gemeindetypen: Referenzmodelle	42
11	GLM Modelle der untersuchten biogeographischen Regionen und Gemeindetypen: erweiterte Modelle I	43
12	GLM Modelle der untersuchten biogeographischen Regionen und Gemeindetypen: erweiterte Modelle II	44
13	Auswertung der Gemeindeschreiberbefragung	49

1 Einführung

Der Siedlungsraum ist ein lebendiges Gebilde, welches sich aufgrund sozio-demographischer, wirtschaftlicher und politischer Prozesse fortlaufend verändert (Schwick et al., 2010). Die in der Schweiz beginnende Industrialisierung liess Mitte des 19. Jahrhunderts die Bevölkerung, vor allem in den Städten, stark anwachsen (Ewald und Klaus, 2010). Der zunehmende Platzmangel in den Städten führte dazu, dass die Bautätigkeit immer öfter in die Stadtperipherie verdrängt wurde, wo grosse, noch unbebaute Flächen, beansprucht wurden. Nach dem Zweiten Weltkrieg führten vor allem die rasant wachsende Industrie und Bevölkerung, der steigende Wohlstand sowie die zunehmende Mobilität zu stark wachsende Siedlungsflächen (Ewald und Klaus, 2010). Laut dem Bundesamt für Statistik (2013b) hat die Siedlungsfläche in der Schweiz im Zeitraum zwischen 1979/85 und 2004/09 um rund 24 Prozent zugenommen. Im gleichen Zeitraum hat der Anteil an Siedlungsfläche, welcher ausschliesslich für Wohnzwecke verwendet wird, sogar um 32.2 Prozent zugenommen. Diese Zunahme lässt sich mit der, in den rund 25 Jahren (1979-2004) um 18 Prozent gewachsenen Bevölkerung nicht gänzlich erklären. Die Bedürfnisse nach Fläche für Siedlungsgebiete, landwirtschaftlicher Produktion und andere Nutzungen, stehen in direkter Konkurrenz zu einander (Schwick et al., 2010). Die nach wie vor hohe Rate, mit welcher die fruchtbaren Landwirtschaftsflächen knapper werden, wird noch immer unterbewertet. Seit dem 22. Juni 1979 ist das sogenannte Bundesgesetz über die Raumplanung (RPG) in Kraft, laut welchem der Bund, die Kantone und Gemeinden für eine haushälterische Nutzung des Bodens sorgen (Raumplanungsgesetz, 1979, Art.1). Trotz diesen Gesetzesbestimmungen, welche bereits über 30 Jahre in Kraft sind, haben der Flächenverbrauch sowie die Zersiedelung bis heute stark zugenommen (BFS, 2001; Schwick et al., 2010, 2013). In den letzten Jahren ist es daher zu verschiedenen politischen Vorstössen und Initiativen gekommen, welche diesem Landschaftsverschleiss Einhalt gebieten wollen. Unter anderen sind dies die Landschaftsinitiative und die Zweitwohnungsinitiative. Während Letztere 2011 lanciert und bereits im Frühling 2012 vom Schweizer Volk angenommen wurde, ist der Gegenvorschlag der Landschaftsinitiative (Teilrevision des RPG), welche bereits 2008 eingereicht wurde, erst vor kurzem, im März diesen Jahres vom Volk angenommen worden.

Der Landschaftsverbrauch und die Zersiedelung sind heute weltweite Probleme, welche vor allem in dicht besiedelten urbanen Regionen an Bedeutung zunehmen (Schwick et al., 2010). Obwohl die Zersiedelung auch in der Schweiz seit Jahrzehnten untersucht wird und zumindest einige der Ursachen bekannt sind, bestehen nach wie vor viele unbeantwortete Fragen. Es gibt unzählige flächenrelevante Faktoren, welche die Entwicklung der Siedlungsflächen und somit die Zersiedelung beeinflussen können. Viele Untersuchungen im Bereich der Zersiedelung schwächeln an einer unpräzisen Definition des Begriffes und der fehlenden Messbarkeit, was die Forschung nach den Ursachen der Zersiedelung erschwert. Zudem sind die auf unterschiedlichen Definitionen basierenden Studien nur schwer vergleichbar.

Schwick et al. (2010) haben eine neue Messgrösse entwickelt, welche die Zersiedelung genau definiert und misst. In ihrer Studie "Zersiedelung in der Schweiz – unaufhaltsam?" messen sie die Zersiedelung in der Schweiz, machen jedoch bezüglich Ursachen und Zusammenhang mit den Treibern der Besiedlung machen sie aber nur qualitative Aussagen. In der vorliegenden Arbeit wird nun versucht, wichtige Einflussgrössen der Zersiedelung zu quantifizieren, woraus sich die erste Untersuchungsfrage ergibt:

-
- Welches sind wichtige sozio-ökonomische, raumplanerisch-politische und physisch-geographische Einflussfaktoren der Zersiedelung in der Schweiz?

Die Schweiz weist eine sehr heterogene Landschaft auf. Aufgrund des ausgeprägten Föderalismus sind auch die politischen und wirtschaftlichen Strukturen in der Schweizer Gemeindelandschaft ausgesprochen heterogen (Ladner und Steiner, 2003). Um den Zusammenhang dieser Heterogenität mit der Zersiedelung zu untersuchen, wird die zweite Untersuchungsfrage formuliert, welche lautet:

- Lassen sich die Einflussfaktoren der Zersiedelung verallgemeinern oder gibt es kommunale beziehungsweise regionale Unterschiede?

Mit den neuen Zersiedelungsdaten von Schwick et al. (2010) wird es möglich, ausgewählte Einflussgrößen direkt anhand quantifizierter und einheitlicher Daten zu testen. Inwiefern die Zersiedelung modelliert werden kann, ist die dritte Untersuchungsfrage dieser Arbeit:

- Lässt sich die Zersiedelung mit Hilfe von wichtigen Einflussfaktoren mathematisch modellieren und voraussagen?

Mit dieser Untersuchung soll zum besseren Verständnis der Zersiedelung und ihrer Einflussgrößen in der Schweiz beigetragen werden. Um die Untersuchungsfragen beantworten zu können, wird einerseits ein gesamtschweizerisches Modell als Referenzmodell gerechnet, andererseits werden Modelle für unterschiedliche biogeographische Regionen sowie für verschiedene Gemeindetypen gerechnet, um den heterogenen Strukturen der Schweiz Rechnung zu tragen. Mit den Modellen der unterschiedlichen biogeographischen Regionen sowie den Gemeindetypen können allfällige Unterschiede erkannt und benannt werden. Sind durch die Analyse die wichtigen und einflussnehmenden Variablen der Zersiedelung erst einmal erkannt, so können mit vertieften raumplanerischen, ökonomischen und politologischen Analysen die treibenden Faktoren der Zersiedelung eruiert werden. Diesen Schritt macht die vorliegende Arbeit nur in Ansätzen und nicht umfassend. Ihr Hauptgewicht liegt auf der explorativen statistischen Analyse von möglichen Treibern und ihrem statistischen Einfluss auf die Zersiedelung.

Im Folgenden wird näher auf den Begriff der Zersiedelung eingegangen und eine kurze Literaturübersicht zum Thema gegeben. Im Kapitel Material und Methoden wird zuerst die für die vorliegende Arbeit verwendete Definition von Zersiedelung beschrieben und danach das Vorgehen sowie die untersuchten Variablen vorgestellt. Das Kapitel Ergebnisse befasst sich in einem ersten Teil mit den Vorarbeiten zur Modellberechnung und im zweiten Teil mit den Modellergebnissen, welche dann in der Diskussion vertieft analysiert und besprochen werden. In der Schlussfolgerung werden die gewonnenen Erkenntnisse zusammenfassend dargestellt und offen verbleibende Fragen thematisiert.

2 Zersiedelung – ein weiter Begriff

Das konturlose und unkoordinierte Wachstum der Siedlungsfläche, welches langfristig zur Zersiedelung beiträgt, verschleiert den Unterschied zwischen Stadt und Land zunehmend (Schwick et al., 2010). “Was im Zersiedelungsraum entsteht, ist weder städtisch noch ländlich, noch vorstädtisch; es besitzt all dies gleichzeitig und entzieht sich der tradierten Terminologie der So-

zialplaner“ (Hesse und Kaltenbrunner, 2005, S.19). In diesem Sinne steht der Begriff der Zersiedelung dem Ideal einer kompakten, dicht bebauten Stadt mit zentralisierter Entwicklung gegenüber. Chin (2002) sieht den Begriff der Zersiedelung als Überbegriff für eine Vielzahl an urbanen Siedlungsformen, welchem die Aussagekraft durch Übernutzung abhanden gekommen ist. Hesse und Kaltenbrunner (2005) konstatieren, dass die Zersiedelung scheinbar alle mit dem Prozess der Dekonzentration von Nutzungen einhergehenden Probleme und Defizite bündelt. Brueckner (2000), welcher vor allem sozio-ökonomische Ursachen der Zersiedelung untersucht, definiert die Zersiedelung als exzessives räumliches Wachstum von Städten. Siedentop (2005) bemerkt in einem Vergleich US-amerikanischer und europäischer Literatur, dass es kein einheitliches Verständnis der Zersiedelung gibt. Laut ihm lassen sich fünf unterschiedliche Gruppen von Definitionen unterscheiden, welche alle an einem anderen Erklärungsansatz anknüpfen. Diese knüpfen (1) an Dichteigenschaften des Siedlungssystems, (2) an das räumliche Konzentrationsniveau des Siedlungssystems, (3) an Struktur- und Formeigenschaften des Siedlungsraumes, (4) an gesellschaftlich relevante Wirkungen der Flächennutzung beziehungsweise des Flächennutzungsmusters sowie (5) an planungsrechtlich-normative Ordnungsvorstellungen an. So divers das Verständnis und die Definitionen der Zersiedelung sind, so vielfältig können ihre Ursachen und Auswirkungen sein. In den folgenden zwei Unterkapiteln wird etwas genauer auf mögliche Ursachen und Folgen der Zersiedelung eingegangen.

2.1 Vielfältige Ursachen der Zersiedelung

Tag für Tag werden in der Schweiz zehntausende Quadratmeter an Land unwiderrufflich überbaut. Dies wäre ein weniger grosses Problem, würde die Entwicklung koordiniert und kompakt erfolgen. Doch die Realität sieht anders aus. Gebaut wird auf dem Offenland, wo teilweise hochwertiges Acker- oder Weideland der Siedlungsentwicklung zum Opfer fällt. Obwohl die Streusiedlungen und die Zersiedelung seit Jahrzehnten ein Thema und als Problem erkannt sind, ist es nicht gelungen sie zu vermindern, geschweige denn zu stoppen. Die Kontrolle oder Eindämmung der Zersiedelung scheitert oft daran, die dafür verantwortlichen Faktoren und treibenden Kräfte zu erkennen und darauf basierend gezielte Massnahmen zu ergreifen. Denn Faktoren, welche die räumliche Entwicklung von Siedlungsflächen oder die Zersiedelung beeinflussen können, sind sehr vielfältig und können je nach Region unterschiedliche Charakteristiken aufweisen. Es reicht bei weitem nicht mehr die anhaltende Zersiedelung der Schweiz mit der stetig wachsenden Bevölkerung erklären zu wollen. Es liegt auf der Hand, dass mehr Menschen mehr Wohnfläche beanspruchen. Doch dies führt nicht zwangsläufig zu zerstreuter Siedlungsentwicklung. Vielmehr führen die veränderten Ansprüche und Präferenzen der Bevölkerung zur erhöhten Flächeninanspruchnahme, was sich in zerstreuter Besiedelung äussert (Schwick et al., 2010). Laut der neutralen Informationsplattform Vimentis (2011) ist im Zeitraum von 1983 bis 2007 nicht nur die Bevölkerung stark gewachsen, sondern auch das Bruttoinlandsprodukt (+ 57 Prozent) und somit der Wohlstand der Bevölkerung. Mit steigendem Wohlstand der Bevölkerung steigen die Ansprüche ans Wohnen, was zu zersiedelter Siedlungsentwicklung führen kann (Brueckner, 2001; Margo, 1992). So hegen viele Familien den Wunsch nach Wohnen im Grünen, an gering verdichteten Orten wo rund um das Eigenheim Platz für privaten Umschwung ist. Ist das Eigenheim im Grünen erstmal gebaut, kommt es oft zur Abwehrhaltung gegenüber weiterer Siedlungsentwicklung in der engeren Nachbarschaft, welche besser unter dem oft zitierten Akronym “NIMBY“

(not in my backyard) bekannt ist (Siedentop, 2005). Dass diese Einstellung die zerstreute Entwicklung fördern kann, liegt auf der Hand. Hinzu kommen wirtschaftliche Überlegungen, da sowohl Haushalte als auch Unternehmen ihre Standortwahl an die Grund- und Bodenpreise knüpfen. Urban-Ökonomen versuchen anhand des monozentrischen Stadtmodells aufzuzeigen, dass sich die Spekulationen lokaler Grundeigentümer und die Ungewissheit über die zukünftige Entwicklung in zersiedelter Siedlungsausbreitung niederschlagen können (Burchfield et al., 2006; Nechyba und Walsh, 2004). Demzufolge schreiben Personen den Freiräumen in einer Stadt grossen Wert zu und nehmen, um diese zu schützen, grosse Pendelkosten auf sich. Nehmen nun die Pendelkosten zu, so ist das Abwägen zwischen Pendelkosten und Zugang zu diesem öffentlichem Freiraum eine Frage der Dauer, wie lange dieser Freiraum noch unbebaut bleibt.

Urban-Ökonomen sprechen im Zusammenhang mit Freiräumen und Verkehr von der fehlenden Internalisierung positiver und negativer Externalitäten, was aus einer volkswirtschaftlichen Sicht zu keiner befriedigender Allokation der Ressourcen und zu sogenannten Marktversagen¹ führt (Brueckner, 2001). Brueckner (2000) beschreibt drei dieser Marktversagen, welche zu einer exzessiven räumlichen Entwicklung und Ausdehnung urbaner Regionen führen können. Das erste Marktversagen entsteht durch die fehlende Internalisierung des sozial-gesellschaftlichen und ökologischen Wertes von Freiräumen. Viele Landschaftsfunktionen wie beispielsweise die Lebensraumfunktion für die Tier- und Pflanzenwelt oder die Ästhetik- und Erholungsfunktion für die Menschen werden zu wenig berücksichtigt, wodurch zu viel und zu leicht Freiflächen überbaut werden. Das zweite Marktversagen entsteht durch die Pendeltätigkeit. Neben privaten beziehungsweise persönlichen Kosten (z. B. Fahr- und Zeitkosten), welche jeder einzelne Pendler auf sich nimmt, verursacht er durch seine Anwesenheit auf der Strasse zusätzliche Kosten, welche auch andere Pendler betreffen. Denn fährt der einzelne Pendler auf einer stark frequentierten Strasse, so hat seine Anwesenheit eine, wenn auch minimale, Senkung der Fahrgeschwindigkeit zur Folge. Die verringerte Geschwindigkeit verlängert die Reisezeit aller betroffenen Pendler und führt zu erhöhten Reisekosten für alle. Die tatsächlichen Pendelkosten setzen sich somit aus den persönlichen Kosten und den von anderen Pendlern verursachten verlängerten Reisekosten zusammen. Da diese zusätzlichen Kosten von den Pendlern – da von anderen verursacht – nicht berücksichtigt werden, pendeln sie im Durchschnitt zu weit. Das damit zusammenhängende Marktversagen kann somit indirekt zu zersiedelter Siedlungsentwicklung führen. Auch Ewing (1997) und Siedentop (2005) sehen in der autoorientierten Mobilitätsstruktur einen wichtigen Faktor der räumlichen Entwicklung. Wer sich ein Auto leisten kann, ist vom öffentlichen Verkehr (öV) unabhängig und lässt sich eher in entlegenen Regionen nieder als eine Person, die auf den öV angewiesen ist. Burchfield et al. (2006) kommt in seiner Untersuchung zudem zum Schluss, dass Städte, welche eine gute öV-Erschliessung aufweisen kompakter erscheinen als Städte, die besser per Auto erreichbar sind. Schalcher et al. (2011) haben in einer Schweizer Studie gezeigt, dass die Kosten der Bahn- und Strasseninfrastruktur nur zu einem kleinen Teil von den tatsächlichen Verursachern, den Nutzern, gedeckt werden. Der Grossteil wird von “Dritten“ beziehungsweise den Steuerzahlern gedeckt, was die Benutzung der Infrastruktur für den einzelnen Pendler zu günstig macht. Frey (2011) spricht in diesem Zusammenhang von einer faktisch subventionierten Zersiedelung. Das dritte Marktversagen, welches Brueckner (2000) beschreibt, tritt

¹Marktversagen beschreibt eine Situation, in welcher der Markt keine optimale und sozial wünschenswerte Allokation der Ressourcen schafft. (Brueckner, 2000)

auf, indem die anfallenden Erschliessungs- und Infrastrukturkosten zu wenig zu Lasten der Verursacher gehen. Denn werden beispielsweise neue Erschliessungstrassen oder öffentliche Gebäude benötigt, werden diese zu Lasten der Allgemeinheit errichtet und nicht direkt auf diejenigen, die sie benötigen, überwälzt. Dies ermöglicht es allfälligen Bauherren, mehr Geld in das Gebäude zu investieren oder mehr Land zu kaufen. Dadurch nehmen sie eine grössere Fläche in Anspruch, was wiederum zu einer übermässigen räumlichen Entwicklung einer Urbanregion führen kann. In diesem Sinne können die Unterbewertung von landwirtschaftlich genutzten und ruralen Flächen, die nicht internalisierten Infrastrukturkosten sowie die Externalisierung der sozialen Kosten des Privatverkehrs indirekt zu zersiedelter Siedlungsentwicklung führen (Byun und Esparza, 2005). Die raumplanerische und politische Einflussnahme auf die Zersiedelung wird in der wissenschaftlichen Literatur bisweilen kontrovers diskutiert. Siedentop (2005) sieht gerade spezifische Regulationsmechanismen als Ursache der Randwanderung der Bevölkerung und der Zersiedelung. Der gleichen Meinung ist jene Gruppe von Experten, welche die restriktive Siedlungspolitik in Verdichtungsräumen als Ursache für die zerstreute Entwicklung an den Siedlungsändern und in den ländlichen Räumen sieht (vergleiche bspw. Burchfield et al. (2006) oder Byun und Esparza (2005)). Gennaio et al. (2009) haben in einer Schweizer Studie aufzeigen können, dass die kommunale Zonenplanung und die darin festgelegten Bauzonen sowie die kantonale Verkehrsplanung, wesentliche, die räumliche Entwicklung von Urbanräumen bestimmende Faktoren sind. Schwick et al. (2010) nennen das konzept- und planlose Bauen in der Landschaft, das Ausweisen zu grosser Bauzonen sowie das Bauen ausserhalb der Bauzone als weitere Ursachen der Zersiedelung, welche direkt mit der Raumplanung in Verbindung stehen.

Neben diesen gesellschaftlichen und institutionellen Faktoren beeinflussen die natürlichen und landschaftlichen Gegebenheiten einer Region oder eines Landes die Entwicklung von Siedlungen wesentlich. Vimentis (2011) geht davon aus, dass aufgrund der Gebirge und Seen nur rund 44 Prozent der Schweizer Landesfläche für die Besiedelung geeignet ist. Landschaftselemente wie Gebirge, Hügelketten, Wälder, Feuchtgebiete, Gewässer und Ähnliches können Siedlungen einerseits begrenzen und verdichten, andererseits aber auch zu ihrer zerstreuten Entwicklung beitragen. In einer Studie über die Ursachen der Zersiedelung in den USA haben Burchfield et al. (2006) aufgezeigt, dass sich an Gebirge und Feuchtgebiete grenzende urbane Regionen kompakter entwickeln als urbane Regionen ohne solche "natürlichen Barrieren". Im Gegensatz dazu weisen hügelige Regionen oder anders formuliert, Regionen mit einer heterogenen Landschaft, oft eine zersiedeltere Siedlungsstruktur auf. Zudem können die geographische Lage beziehungsweise die lokalen teilweise stark unterschiedlichen Klimata eine wichtige Rolle spielen (Burchfield et al., 2006).

2.2 Probleme und Folgen der zersiedelten Siedlungsentwicklung

Wachstumsbefürworter sehen die Zersiedelung als unvermeidbare Konsequenz der florierenden Städte und als Resultat des heute bevorzugten suburbanen Lebensstils (Kienast et al., 2012). Dieser führt mit seiner gering verdichteten Bauweise und der Möglichkeit im Grünen zu Wohnen zwangsläufig zu einer zersiedelten Entwicklung. Politik und Wissenschaft sind sich einig, dass die negativen Seiten der Zersiedelung überwiegen (Schwick et al., 2010). Zersiedelung wirkt sich nicht nur negativ auf die Umwelt aus, sondern hat auch negative soziale und wirtschaftliche Auswirkungen. Eine der offensichtlichsten negativen Auswirkungen der Zersiedelung ist

der hohe Landverbrauch. Nicht selten fallen landwirtschaftlich hochwertige Flächen dem Siedlungsdruck dauerhaft zum Opfer. Laut der Arealstatistik des Bundesamtes für Statistik hat die landwirtschaftliche Nutzfläche zwischen 1979/84 und 2004/09 um rund 5.4% abgenommen, was einer Fläche von 740km² entspricht (eigene Berechnungen). Durch die zerstreute Überbauung von Freiräumen wird übermässig viel Boden irreversibel versiegelt und verliert langfristig seine natürlichen ökologischen Funktionen. Die Landschaft wird stärker zerschnitten und fragmentiert was sich einerseits negativ auf die Tier- und Pflanzenwelt auswirken kann, andererseits den Verlust grosser zusammenhängender Bewirtschaftungsflächen zur Folge hat. Mit dem hohen Landverbrauch geht zudem ein Verlust an Ästhetik einher. So büssen beispielsweise schützenswerte Kulturlandschaften oder historisch wertvolle Siedlungsstrukturen zunehmend ihren einmaligen Charakter und Charme ein (Schwick et al., 2010). Dies zeigt einen Konflikt auf, welcher an Wichtigkeit und Brisanz zunimmt. Der hohe Landverbrauch der stetig wachsenden Siedlungsflächen steht mit verschiedensten anderen flächenintensiven Nutzungen, wie beispielsweise der Nahrungsmittel- oder Energieproduktion, in direkter Konkurrenz um Land und Boden. Mit zunehmendem Verlust an produktiven Böden läuft die Schweiz Gefahr immer stärker von der Versorgung mit Nahrungsmitteln und Gütern aus dem Ausland abhängig zu werden (Schwick et al., 2010).

Die Zersiedelung ist nicht nur eine Folge des zunehmenden Verkehrs, sondern kann durch ihre zerstreute Entwicklung auch zusätzlichen (Individual-)Verkehr induzieren, welcher zu überproportional hohen Infrastruktur- und Umweltkosten führt (Brueckner, 2000). In zersiedelungs-typischen Siedlungen scheint zudem das Mass an sozialer Interaktion vermindert, was langfristig zu einer sozialen Segregation und zum Verlust von sozialem Kapital führen kann (Siedentop, 2005). Ferner kommt es zu einer immer grösser werdenden räumlichen Trennung von Wohnen und Arbeiten. Zersiedelungskritische Stimmen warnen zudem vor dem Zerfall funktionsfähiger Siedlungskerne, welcher “neben infrastrukturellen und sozialen Effekten auch negative Auswirkungen auf die Innovationsfähigkeit regionaler Ökonomien haben kann“ (Siedentop, 2005, S.30).

Nicht zuletzt steht die zersiedelte Entwicklung in krassem Gegensatz zu den Zielen einer nachhaltigen und geordneten Entwicklung sowie haushälterischen Nutzung des Bodens, wie sie in der Schweizerischen Bundesverfassung und dem Bundesgesetz über die Raumplanung von 1979 festgehalten sind. Obwohl die Zersiedelung weder in der Bundesverfassung noch im Raumplanungsgesetz als Begriff explizit genannt wird, lässt sich aus verschiedenen Artikeln ein Auftrag zur Verhinderung der Zersiedelung herauslesen (Schwick et al., 2010). Unter dem Abschnitt 4 – Umwelt und Raumplanung – regelt die Schweizerische Bundesverfassung in den Artikeln 73 und 75 die Themen der Nachhaltigkeit und Raumplanung. Laut Art. 73 sollen Bund und Kantone ein auf Dauer ausgewogenes Verhältnis zwischen der Natur und ihrer Erneuerungsfähigkeit einerseits und ihrer Beanspruchung durch den Menschen andererseits anstreben (Schweizerische Bundesverfassung, 1999). Art. 75 Abs. 1 besagt, dass der Bund die Grundsätze der Raumplanung festlegt und diese der haushälterischen Nutzung des Bodens und der geordneten Besiedlung des Landes dienen. Auch das Bundesgesetz über die Raumplanung von 1979 kennt verschiedene Bestimmungen, welche die Entwicklung steuern und die zersiedelte Entwicklung verhindern sollten. Trotz diesen seit über 30 Jahren geltenden Bestimmungen hat die Zersiedelung in der Schweiz weiterhin stark zugenommen (Schwick et al., 2010).

3 Material und Methode

In diesem Kapitel sollen die verwendeten Daten sowie das Vorgehen bei der Auswertung beschrieben werden. In einem ersten Teil wird die in dieser Arbeit verwendete Definition der Zersiedelung erläutert. Der zweite Teil beschreibt das Untersuchungsgebiet sowie die für die Auswertung der Zersiedelung verwendeten Daten. Das letzte Teilkapitel beschäftigt sich mit dem allgemeinen Vorgehen und der statistischen Auswertung.

3.1 Zersiedelung – Definition nach Schwick et al. (2010)

Eine präzise Definition und einheitliche Erhebung der Zersiedelung ist Voraussetzung für die Vergleichbarkeit verschiedener Gemeinden und Regionen in Bezug auf ihren Zersiedelungsgrad. Nur damit lassen sich regionen- oder gemeindespezifische Eigenschaften erkennen, mit Hilfe welcher man geeignete und an die Situation angepasste Massnahmen ergreifen kann. Wie in Kapitel 2 ersichtlich wurde, lassen sich in der wissenschaftlichen Literatur verschiedene Definitionen von Zersiedelung finden. Viele Forscherteams erarbeiten für ihre Fallstudien beziehungsweise Forschungsarbeiten kurzerhand selbst eine Definition der Zersiedelung (vergleiche z. B. Burchfield et al. (2006); Mann (2009) und andere). Dabei betrachten die Autoren unterschiedliche Gesichtspunkte, verwenden jedoch oft nur die Grösse an überbauter Siedlungsfläche, ohne deren Ausnützung oder Streuung zu berücksichtigen (Schwick et al., 2010). Dieses Vorgehen macht die verschiedenen Untersuchungen aufgrund der unterschiedlichen Definitionen nur schwer vergleichbar und auf andere Gebiete übertragbar.

Für die vorliegende Arbeit wird die Definition gemäss Schwick et al. (2010) benutzt. Sie haben im Rahmen des NFP Projekt 54 und dem dazu erschienenen Buch “Zersiedelung der Schweiz – unaufhaltsam? Quantitative Analyse 1935 bis 2002 und Folgerungen für die Raumplanung“ den Begriff der Zersiedelung eindeutig definiert, eine neue Messgrösse entwickelt und diese auf die ganze Schweiz angewendet. Diese ermöglicht es, für jede beliebige politische Einheit (Gemeinde, Bezirk, Kanton) einen Zersiedelungsindex zu berechnen und diese untereinander zu vergleichen. Im Gegensatz zu älteren Definitionen, welche oft ungenau und nur sehr allgemein definiert sind, quantifiziert die Messgrösse von Schwick et al. (2010) verschiedene Eigenschaften der Siedlungsstruktur, was eine sehr präzise Berechnung des Zersiedelungsgrades zulässt. Zersiedelung wird von Schwick et al. (2010, S.21) und für diese Arbeit wie folgt definiert:

“Zersiedelung ist ein Phänomen, das in der Landschaft optisch wahrnehmbar ist. Eine Landschaft ist umso stärker zersiedelt, je stärker sie von Gebäuden durchsetzt ist. Der Grad der Zersiedelung ist das Ausmass der Bebauung der Landschaft mit Gebäuden und ihrer Streuung, im Verhältnis zur Ausnützung der überbauten Flächen für Wohn- oder Arbeitszwecke. Je mehr Flächen bebaut sind, je weiter gestreut die Gebäude sind und je geringer die Ausnützung ist, desto höher ist daher die Zersiedelung.“

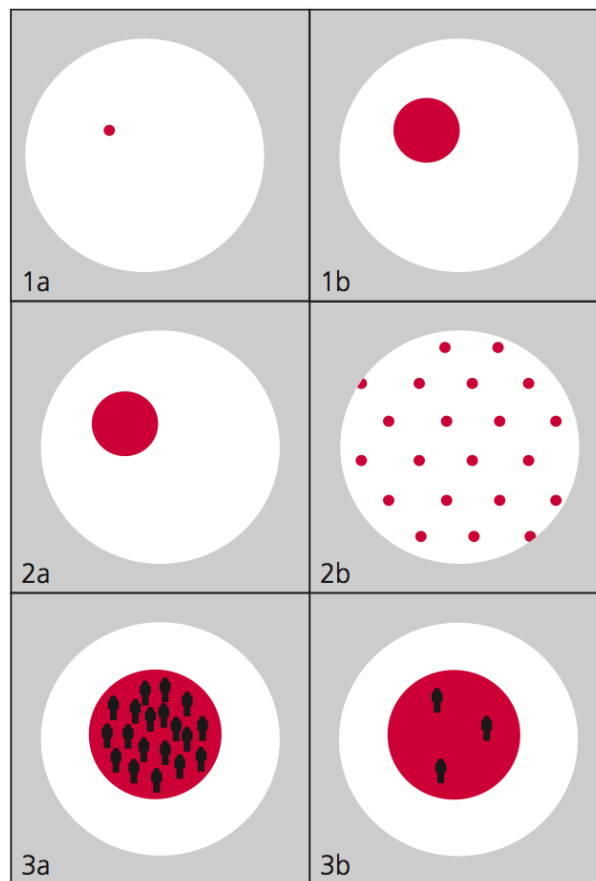


Abbildung 1: Die Zersiedelung einer Landschaft (weiss) nimmt zu, wenn die Siedlungsfläche zunimmt (erste Reihe), die Streuung der Siedlungsflächen zunimmt (zweite Reihe) oder die Ausnutzungsdichte abnimmt (dritte Reihe). Quelle: Schwick et. al (2010).

Abbildung 1 verdeutlicht die Definition graphisch. Eine Landschaft ist umso mehr zersiedelt, je grösser die Siedlungsfläche ist (1a, 1b), je zerstreuter die Siedlungsflächen sind (2a, 2b) oder je geringer die Ausnutzungsdichte ist (3a, 3b). Laut dieser Definition tragen vor allem Gebäude zur Zersiedelung bei, während beispielsweise Strassen oder Eisenbahnlinien in der Definition nicht erwähnt werden. Diese werden in einem anderen von Jaeger et al. (2008) entwickelten Index, dem Zerschneidungsindex, erfasst. Städte und Dörfer werden als geschlossene Siedlungsflächen angesehen und erhoben. Dass heisst, dass innerhalb von Siedlungsflächen die Gebäude nicht einzeln erhoben und auch Strassen, Plätze und sonstige Flächen erfasst werden. Ausserhalb geschlossener Siedlungsflächen werden nur Gebäude oder grossflächige Verkehrsinfrastrukturanlagen berücksichtigt. Ausgehend von dieser Definition haben Schwick et al. (2010) ein mathematisches Formel zur Berechnung der Zersiedelung ausgearbeitet. Die Messgrösse besteht aus drei Teilen und lässt sich folgendermassen formulieren:

$$\mathbf{Zersiedelung} = UP * \text{Gewichtung}_1(DIS) * \text{Gewichtung}_2(AD)$$

beziehungsweise in mathematischer Form:

$$\mathbf{Z} = UP * g_1(DIS) * g_2(AD) \quad (1)$$

Die drei Messgrößen *UP*, *DIS* und *AD* in Gleichung (1) sind folgendermassen definiert:

- UP* Die urbane Durchdringung (engl.: urban permeation) misst die Grösse der Siedlungsfläche sowie deren Streuung und hat die Masseinheit Durchsiedelungseinheit pro m^2 (DSE/m^2)
- DIS* Die Dispersion misst das Streuungsmass der Siedlungsfläche und hat die Einheit DSE/m^2 . Um die Streuung zu messen, verwendet diese Messgrösse die Distanz zwischen je zwei Punkten, die innerhalb einer Siedlungsfläche liegen. Die Werte aller möglichen Punktepaare werden gemittelt und ergeben den Wert für die Dispersion. Die Gewichtung mit g_1 führt dazu, dass Gebiete mit stärker gestreuten Siedlungen einen höheren und kompakte Siedlungen einen niedrigeren Zersiedelungswert erhalten und so besser erkennbar beziehungsweise unterscheidbar werden. Der Gewichtungsfaktor nimmt Werte zwischen 0,5 und 1.5 an. Er beträgt 1, wenn die Streuung der Siedlungsflächen auf dem Niveau des schweizerischen Durchschnitts von 1960 liegt.
- AD* Die Ausnützungsdichte beschreibt die Nutzung einer überbauten Fläche durch Einwohner und Arbeitsplätze. Je mehr Einwohner und Arbeitsplätze pro Flächeneinheit (ha) vorhanden sind, desto besser ist deren Ausnützung. Der Gewichtungsfaktor bewegt sich zwischen 0 und 1. Beträgt die Ausnützungsdichte mehr als 100 Einwohner und Arbeitsplätze pro Hektare bewegt sich der Gewichtungsfaktor um 0. Sinkt der Wert unter 40 Einwohner und Arbeitsplätze, so liegt der Gewichtungsfaktor bei 1.

Für eine genauere mathematische Beschreibung dieser Definition sei an dieser Stelle auf die Arbeiten von Jaeger et al. (2010a), Jaeger et al. (2010b) und Schwick et al. (2010) hingewiesen. Anhand dieser neuen Definition und Messgrösse der Zersiedelung, welche genauer auch als *AD*-gewichtete Zersiedelung bezeichnet wird, haben Schwick et al. (2010) die Zersiedelung schweizweit gemessen und für jede Gemeinde einen Zersiedelungswert bestimmt. Da die Zersiedelung gesamtschweizerisch einheitlich erhoben wurde, können mögliche Einflussfaktoren direkt einem berechneten Zersiedelungsindex gegenübergestellt und analysiert sowie einem räumlichen Vergleich unterzogen werden.

3.2 Vorgehen, Untersuchungsgebiet und Datengrundlage

Die Zersiedelung der Schweiz ist von Schwick et al. (2010) anhand oben beschriebener Definition für die Jahre 1935, 1960, 1980, 2002 sowie 2010 berechnet worden. In vorliegender Arbeit wird anhand statistischer Methoden versucht, den Einfluss ausgewählter sozio-ökonomischer und demographischer, politischer und physisch-geographischer Variablen sowie Variablen der Landnutzung auf die Zersiedelung zu quantifizieren. Da die Zersiedelungsdaten auf Gemeindeebene verfügbar sind, dient die Gemeinde als kleinste räumliche Einheit als Untersuchungsgebiet. Aktuell (Stand 2012) umfasst die Schweiz 2495 politische Gemeinden, für die der Zersiedelungsindex vorhanden ist. Aufgrund der Datenstruktur und -verfügbarkeit der unabhängigen (erklärenden) Variablen, können jedoch nicht ganz alle Gemeinden untersucht werden. So basieren beispielsweise die sozio-ökonomischen Daten (Kap. 3.2.1) auf den Gemeindegrenzen von 2007. Da es zwischen 2007 und 2012 zu Fusionen und anderen Gemeindegrenzmutationen gekommen ist, können die unterschiedlichen Datensätze nicht so einfach auf den aktuellen Gemeindebestand umgeformt

werden. Daher werden jene Gemeinden, welche zwischen 2007 und 2012 eine Mutation erfahren haben aus der Untersuchung ausgeschlossen und nur diejenigen verwendet, welche keine Änderungen erfahren haben. Das Untersuchungsgebiet umfasst 2356 der aktuell 2495 Schweizer Gemeinden und ist in Abbildung 2 dargestellt. Es fällt auf, dass aufgrund der jüngsten Fusionen der ganze Kanton Glarus wegfällt. Neben Glarus fallen in den Kantonen Graubünden und Tessin, Waadt, Freiburg und Wallis sowie in den Regionen des westlichen Juras und Mittellandes am meisten Gemeinden weg. Insgesamt fallen 138 Gemeinden weg und sind somit nicht Teil der Untersuchung. Es sind jedoch nach wie vor genügend Gemeinden vorhanden, um repräsentative Aussagen machen zu können.

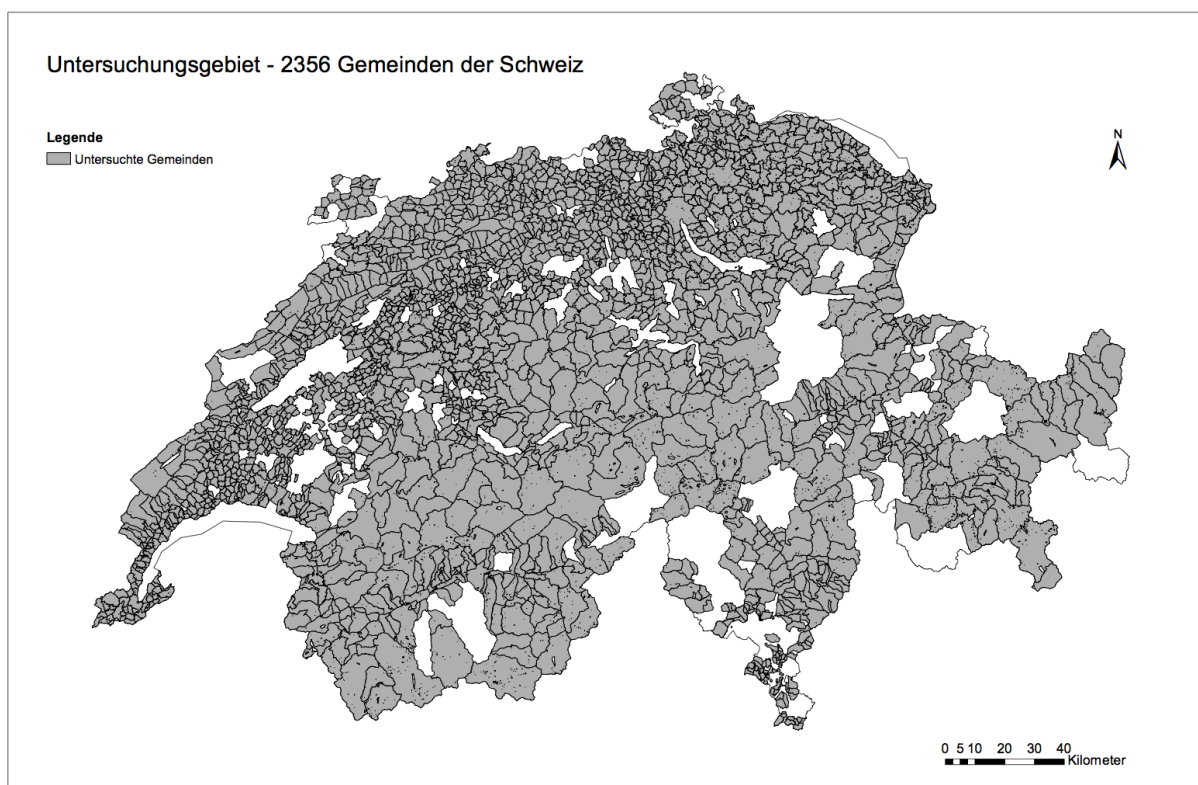


Abbildung 2: Untersuchungsgebiet – 2356 Schweizer Gemeinden. Gemeindegrenzen auf dem Stand von 2011. Quelle: swissBOUNDARIES3D ©2013 swisstopo (5704000000) (Schweizer Landes- und Gemeindegrenzen).

Viele Ursachen von Zersiedelung sind heute bekannt. Verschiedene Studien haben den Einfluss von unterschiedlichsten Variablen auf die räumliche Entwicklung von Siedlungsräumen aufgezeigt. Somit finden sich in der Literatur viele Hinweise auf relevante Untersuchungsvariablen. Ein grosser Teil der Untersuchungen zum Thema der Zersiedelung stammt aus den USA und fundieren auf anderen (geographischen, politischen, sozialen, etc.) Voraussetzungen als in der Schweiz. Zudem basieren viele Untersuchungen auf einer eigens erstellten Definition von Zersiedelung und sind somit nicht per se mit anderen, wenn auch ähnlichen, Untersuchungen zu vergleichen. Gerade die grosse Auswahl an Herangehensweisen führt zu einer Vielfalt an untersuchten Variablen, welche sich durchaus auch für die Schweiz zu untersuchen lohnen. Die aus der Literatur gewonnenen Erkenntnisse und Variablen wurden mit Experten aus den Bereichen der Politik, Ökonomie, Geographie und Landschaftsdynamik besprochen und verfeinert. In den Gesprächen mit den Experten sind zudem eigene Variablen diskutiert und weiterentwickelt worden. Die gefundenen Variablen werden mit dem Geoinformationssystem ArcGIS bearbeitet. Jede potenziell

als “Treiber“ identifizierte Variable wird so bearbeitet oder berechnet, dass sie letztendlich auf Gemeindeebene verfügbar ist. Diese unabhängigen Variablen werden dem Zersiedelungsindex von 2010 (abhängige Variable) von Schwick et al. (2010) statistisch gegenübergestellt und analysiert. Mit dem Grossteil der Variablen werden quantitative statistische Modelle für die Schweiz, für biogeographische Regionen sowie für unterschiedliche Gemeindetypen gerechnet. Auf die im Unterkapitel 3.2.5 beschriebenen Variablen werden statistische Gruppentests angewendet, um deren Zusammenhang mit der Zersiedelung zu untersuchen (siehe Kapitel 3.3). Die für die Untersuchung ausgewählten Variablen lassen sich in fünf Themengruppen zusammenfassen und werden in den folgenden Abschnitten vorgestellt. Eine detaillierte Zusammenstellung der verwendeten Daten befindet sich im Anhang A.1.

3.2.1 Sozio-ökonomische und demographische Variablen

Die sozialen, demographischen und wirtschaftlichen Strukturen von Gemeinden können sehr unterschiedliche Ausprägungen annehmen. Wie in den vorhergehenden Kapiteln besprochen, können diese Strukturen einen grossen Einfluss auf die räumliche Entwicklung und damit die Zersiedelung einer Gemeinde haben. Für die vorliegende Untersuchung wurde grösstenteils mit einem GIS-Datensatz gearbeitet, welcher verschiedene sozio-ökonomische und demographische Gemeindedaten von 1950 bis 2000 enthält. Dieser Datensatz ist sehr umfangreich und deckt einen grossen Themenbereich ab. Um die Zersiedelung von 2010 statistisch zu erklären, konzentriert sich die Arbeit auf Daten zwischen 2000 und 2010. Dies macht Sinn, da zwischen den treibenden Faktoren der Zersiedelung (Ursache) und den physisch lokalisierbaren Gebäuden (Wirkung) einige Jahre liegen können (Einzonungen, Baubewilligungen, Bau, Übernahme in Landeskarte 1:25'000). Tabelle 1 beinhaltet alle verwendeten sozio-ökonomischen und demographischen Variablen und deren Beschreibung.

Tabelle 1: Tabelle mit den verwendeten sozio-ökonomischen und demographischen Variablen.

Sozio-Ökonomie und Demographie		
Variablenname	Beschreibung	Datenbezug
Steuerer08 Ertrag_aen	Steuerertrag pro Steuerpflichtiger (direkte Bundessteuer der Erwerbstätigen) der Gemeinden im Jahre 2008 und die Ertragsänderung zwischen 2001 und 2008.	Statistischer Atlas der Schweiz 2012, Bundesamt für Statistik (BFS).
ANT_S1_08 ANT_S2_08 ANT_S3_08 E_S1_00_08 E_S2_00_08 E_S3_00_08	Wirtschaftsstruktur der Gemeinden beziehungsweise %-Anteil (ANT) an Beschäftigten pro Wirtschaftssektor (S1, S2, S3) im Jahre 2008 und deren Entwicklung (E) zwischen 2000 und 2008.	Statistischer Atlas der Schweiz 2012, Bundesamt für Statistik (BFS).
Fortsetzung nächste Seite		

Tabelle 1 – Tabellenfortsetzung

LOGIERN_00	Anzahl Hotelübernachtungen pro Gemeinde im Jahre 2000	WSL Birmensdorf, GIS-Datenserver.
BG1_1_2_3J95	Anzahl Landwirtschaftsbetriebe (kleiner-gleich 10ha) im Jahre 1995	WSL Birmensdorf, GIS-Datenserver.
ANT_ERWA_0	%-Anteil an Pendlern einer Gemeinde im Jahre 2000	WSL Birmensdorf, GIS-Datenserver.
Ant.eco.00 Ant.pm.00	Fortbewegungsmittel der Beschäftigten pro Gemeinde im Jahre 2000. Ant.eco.00 beschreibt den %-Anteil an Beschäftigten, welche nicht pendeln, zu Fuss, mit dem Zug, mit dem Tram oder Bus, mit Firmen- oder Schulbussen, mit dem Fahrrad oder anderen Transportmitteln zur Arbeit gehen. Ant.pm.00 beschreibt den Anteil, welcher mit dem privaten Auto oder Motorrad zur Arbeit fährt.	WSL Birmensdorf, GIS-Datenserver.
BEV_07 BEV_10 delta.00_10	Einwohnerzahl der Gemeinden in den Jahren 2007 und 2010 sowie der Bevölkerungsentwicklung (in Prozent) von 2000 bis 2010.	WSL Birmensdorf, GIS-Datenserver und Bundesamt für Statistik
ANT_ALT_00	%-Anteil der über 60 jährigen Gemeindebevölkerung im Jahre 2000	WSL Birmensdorf, GIS-Datenserver.
ANT_BIB_00 ANT_BIO_00 ANT_BIH_00	Bildungsniveau der 25 - 64 Jährigen im Jahre 2000. BIB umfasst den %-Anteil an der Bevölkerung mit einer Berufslehre, BIO den Anteil mit einem Grundschulabschluss und BIH jenen Anteil der Bevölkerung, welcher einen Hochschul- bzw. Universitätsabschluss hat.	WSL Birmensdorf, GIS-Datenserver.
ant_einf_0	Anteil an Einfamilienhäusern am Gesamtwohnungsbestand (Verhältnis Einfamilienhäuser / Anzahl Wohnungen) einer Gemeinde im Jahre 2000	WSL Birmensdorf, GIS-Datenserver.
Fortsetzung nächste Seite		

Tabelle 1 – Tabellenfortsetzung

Ant_H.b3 Ant_H.m4	%-Anzahl Personen in einem Haushalt pro Gemeinde im Jahre 2000. Ant_H.b3 beschreibt den Anteil an Haushalten mit einer bis drei Personen, Ant_H.m4 jenen Anteil an Haushalten mit vier, fünf, sechs oder mehr Personen.	WSL Birmensdorf, GIS-Datenserver.
----------------------	---	-----------------------------------

Die Variablen in Tabelle 1 decken einen grossen Bereich der erhobenen sozio-ökonomischen Gemeindedaten ab. Im ersten Teil wird mit dem Steuerertrag und der Wirtschaftsstruktur auf die finanzielle und ökonomische Lage der Gemeinden eingegangen. Beim Steuerertrag wird ein positiver Zusammenhang mit der Zersiedelung vermutet. Je wohlhabender die Gemeindebevölkerung und somit je höher die Steuereinnahmen einer Gemeinde, desto höher der Zersiedelungsgrad. Bei der Wirtschaftsstruktur wird angenommen, dass ein grosser Anteil an den flächenintensiveren produzierenden und verarbeitenden Sektoren eine höhere Zersiedelung hervorruft als der Dienstleistungssektor.

Die hohe Mobilität beziehungsweise die zunehmende Pendeldistanz der Arbeitnehmer wird als eine der wichtigsten Ursachen der Zersiedelung angesehen. Daher werden die Variablen "Pendler pro Gemeinde" und "Hauptfortbewegungsmittel der Beschäftigten" auf ihre Aussagekraft überprüft. Es wird vermutet, dass eine Gemeinde mit einem hohen Pendler- und Privatverkehranteil einen höheren Zersiedelungsindex aufweist als jene, mit geringem Pendleranteil.

Im letzten Teil werden einige demographische und soziale Variablen untersucht. Oft wird die stetig steigende Bevölkerung als treibende Kraft der Zersiedelung gesehen. Die Bevölkerungsstände von 2000 und 2010 und deren Entwicklung sowie der Anteil an über 60 Jährigen sollen Aufschluss darüber geben, inwiefern der demographische Wandel die Zersiedelung beeinflusst. Da unter anderem die Platzansprüche mit zunehmendem Alter wachsen, wird vermutet, dass ein hoher Anteil an älteren Personen einen höheren Zersiedelungsindex zur Folge hat. Mit dem Bildungsniveau wird der Einfluss der schulischen Ausbildung auf den Zersiedelungsgrad einer Gemeinde gemessen. Bei dieser Variable besteht eine gewisse Korrelation mit dem Steuerertrag einer Gemeinde. Denn es kann im Normalfall davon ausgegangen werden, dass ein höherer Ausbildungsabschluss einer Personen zu einem höheren Einkommen führt. Somit wird hier ein positiver Zusammenhang vermutet.

Die Anzahl Einfamilienhäuser und die Anzahl an Personen pro Haushalt geben Aufschluss darüber, wie die in der Schweiz lebende Bevölkerung wohnt. Allgemein wird vermutet, dass ein hoher Anteil an Einfamilienhäusern beziehungsweise ein hoher Anteil an kleineren Haushalten mehr Platz beansprucht und daher die Zersiedelung fördert.

3.2.2 Physisch-geographische Variablen und Variablen der Landnutzung und des Naturraums

In dieser Gruppe werden physisch-geographische, siedlungsbezogene und raumplanerische Variablen sowie Landschafts- und Naturschutzvariablen zusammengefasst. Sie beschreiben Charakteristiken der Landnutzung und Landbedeckung, zeigen Strukturen der Siedlungen auf und machen Aussagen über das Vorkommen von geschützten Flächen. Wie die Ergebnisse der Arealstatistik

zeigen, haben sich die Verhältnisse der Landnutzungsanteile in den vergangenen Jahrzehnten stark verändert (BFS, 2013b). Inwiefern diese Veränderungen zur Zersiedelung beitragen, soll mit bestimmten Variablen getestet werden.

Verschiedene Studien haben gezeigt, dass Landschaftselemente wie beispielsweise Wälder, Gebirge, Feuchtgebieten und dergleichen die räumliche Entwicklung von Siedlungen beeinflussen können (Burchfield et al., 2006; Mann, 2009). Nicht immer sind es jedoch die natürlichen Gegebenheiten, welche direkt die räumliche Entwicklung der Siedlungen beeinflussen. Wie im Falle von Waldflächen oder Feuchtgebieten (Moorlandschaften, Auen, u. dg. m.), sind es die institutionellen Rahmenbedingungen, durch welche diese Flächen unter Schutz stehen und welche eine Überbauung erschweren oder gar verunmöglichen. Tabelle 2 zeigt die erhobenen Variablen in dieser Themengruppe.

Tabelle 2: Tabelle mit den verwendeten physisch-geographischen Variablen der Landnutzung und des Naturraums.

Variablen der Landnutzung und des Naturraums (physisch-geographische Variablen)		
Variablenname	Beschreibung	Datenbezug
GEM_FL_HA	Gemeindefläche in Hektaren	WSL Birmensdorf, GIS-Datenserver.
ant_sied_3 E_Siedl_23 E_Siedl_13	%-Anteil Siedlungsfläche an der Gemeindefläche im Beobachtungszeitraum von 2004/09 und deren Entwicklung zwischen 1992/97 und 2004/09 (E_Siedl_23) sowie 1979/85 und 2004/09 (E_Siedl_13)	Arealstatistik 2012, Bundesamt für Statistik (BFS).
E_Geb_23 E_Geb_13	Entwicklung des Gebäudeflächenanteils (in Prozent) der Gemeinde in den Zeiträumen zwischen 1992/97 und 2004/09 (E_Geb_23) sowie 1979/85 und 2004/09 (E_Geb_13)	Arealstatistik 2012, Bundesamt für Statistik (BFS).
ant_unb_3 entw_unb23 entw_unb13	%-Anteil an unbebaubaren oder nur schwer bebaubaren Flächen der Gemeindefläche im Beobachtungszeitraum von 2004/09 und deren Entwicklung in den Zeiträumen zwischen 1992/97 und 2004/09 (entw_unb23) sowie 1979/85 und 2004/09 (entw_unb13)	Arealstatistik 2012, Bundesamt für Statistik (BFS).
Fortsetzung nächste Seite		

Tabelle 2 – Tabellenfortsetzung

ant_landw3 E_landw_23 E_landw_13	%-Anteil an Landwirtschaftsland der Gemeinde im Beobachtungszeitraum von 2004/09 und dessen Entwicklung in den Zeiträumen zwischen 1992/97 und 2004/09 (E_landw_23) sowie 1979/85 und 2004/09 (E_landw_13)	Arealstatistik 2012, Bundesamt für Statistik (BFS).
Bauz_gemfl	%-Anteil Bauzonen an der Gemeindefläche	WSL Birmensdorf, GIS-Datenserver
gebfl_an_b	%-Anteil Gebäudefläche an den Bauzonenflächen der Gemeinde	WSL Birmensdorf, GIS-Datenserver
ant_siedl_	%-Anteil Siedlungsfläche an den Bauzonenflächen der Gemeinde	WSL Birmensdorf, GIS-Datenserver
Ant_Inv_ge Ant_Par_ge Anteil_ges	%-Anteil an Inventar- bzw. Parkflächen sowie deren Summe (Anteil_ges) der Gemeinde	WSL Birmensdorf, GIS-Datenserver
ant_gemfl Huegel_fl_	%-Anteil an hügeliger Fläche beziehungsweise absolute Hügelfläche der Gemeinde	WSL Birmensdorf, GIS-Datenserver
SUM_B10BTO fl_ha_mU	Anzahl Bewohner mit Gewässerzugang (Distanz <750m) bzw. Grösse an bewohnter (>zehn Bewohner/ha) Gemeindefläche mit Gewässerzugang (bis 750m)	WSL Birmensdorf, GIS-Datenserver
bauz_rmarch	Attraktivität der Bauzonen bezüglich der Märzstrahlung	WSL Birmensdorf, GIS-Datenserver

Der erste Teil der Variablen beruht auf der vom Bundesamt für Statistik erhobenen Arealstatistik (Stand Frühjahr 2012). In diesem Datensatz fehlen 138 Gemeinden des Kantons Graubünden. Von der Arealstatistik werden die Siedlungsflächen (ant_siedl_3, E_Siedl_23 und E_Siedl_13) anhand der Kategorien Industrie- und Gewerbeareal, Gebäudeareal, besondere Siedlungsflächen sowie Erholungs- und Grünanlagen berechnet. Die Verkehrswege als physische Grösse sowie die Erreichbarkeit der Gemeinden werden im Kapitel 3.2.3 beschrieben. Dies weil bei der Erhebung der Zersiedelung Wege und Strassen ausserhalb geschlossener Siedlungsflächen nicht als "Siedlungsfläche" betrachtet wurden². Als nicht oder nur schwer bebaubare Flächen (ant_unb_3, entw_unb23 und entw_unb13) wurden die Kategorien Wald, Gebüschwald, Gehölze,

²Mit dem Weglassen des Strassenareals entsteht ein kleiner Fehler, da dadurch Strassen innerhalb der Siedlungsflächen ebenfalls wegfallen. Die Siedlungsfläche fällt daher tendenziell zu gering aus.

Alpwirtschaftsflächen, stehende Gewässer, Fließgewässer, unproduktive Vegetation, vegetationslose Flächen sowie Gletscher und Firne zusammengefasst. Die Variablen der Landwirtschaftsflächen (`ant_landw3`, `E_landw_23` und `E_landw_13`) setzen sich aus den Kategorien Obst-, Reb- und Gartenbauflächen, Ackerland, Naturwiesen und Heimweiden zusammen.

Mit grösser werdendem Anteil an Siedlungsfläche pro Gemeindefläche steigt die Wahrscheinlichkeit der Zersiedelung. Daher wird hier ein positiver Zusammenhang zwischen Siedlungsfläche und Zersiedelung vermutet. Gerade umgekehrt wirken vermutlich die unbebaubaren beziehungsweise nur schwer bebaubaren und landwirtschaftlich genutzten Flächen. Je grösser ihr Anteil an der Gemeindefläche, desto kompakter vermutlich die Siedlungsentwicklung. Diesen negativen Zusammenhang haben Burchfield et al. (2006) für die USA gefunden.

Die Variablen Bauzonenfläche pro Gemeindefläche (`Bauz_gemfl`), Gebäudefläche pro Bauzonenfläche (`gebfl_an_b`) und die Siedlungsfläche pro Bauzonenfläche (`gebfl_an_b`) decken das Thema Bauzonen ab. Viele Schweizer Gemeinden haben verhältnismässig grosse, wenn nicht überdimensionierte Bauzonen eingezont. Ob zwischen der Bauzonengrösse und dem Zersiedelungsgrad einer Gemeinde ein Zusammenhang besteht, soll mit der Variable `Bauz_gemfl` untersucht werden. Inwiefern der Grad der Ausschöpfung einer Bauzonen einen Zusammenhang mit dem Zersiedelungsgrad aufweist, wird mit den Variablen (`gebfl_an_b`) und (`gebfl_an_b`) geprüft. Zwischen der Bauzonengrösse und der Zersiedelung wird ein positiver Zusammenhang erwartet. Ein negativer Zusammenhang mit der Siedlungsfläche pro Bauzone, welche indirekt auf die Bauzonenreserven hinweist, würde diese Vermutung bekräftigen.

In der Schweiz kennen wir eine Vielzahl an Natur- und Landschaftsinventaren, welche wertvolle und bedrohte Ökosysteme unter Schutz stellen und sie so weitgehend vor negativen menschlichen Eingriffen schützen. Im letzten Jahrzehnt hat es zudem einen grossen Zuwachs an Natur- und Landschaftsparks gegeben. Immer mehr Regionen schliessen sich zusammen, um das Label eines Parkes zu bekommen und setzen so ein Zeichen für die Natur und eine nachhaltige Entwicklung. Um den Einfluss von Inventar- und Parkflächen auf die Siedlungsentwicklung einer Gemeinde zu untersuchen, wurden die Variablen `Ant_Inv_ge`, `Ant_Par_ge` und `Anteil_ges` ausgearbeitet. Sie beschreiben den Prozent-Anteil an Inventar- und Parkfläche der Gemeinden. Folgende Inventare wurden für die Berechnung verwendet: Das Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmälern von nationaler Bedeutung (BLN), Smaragd- und Ramsargebiete, das Inventar von Trockenwiesen und -weiden (TWW), die Wasser- und Zugvogelreservate sowie die Auen- und Moorgebiete. Bei den Pärken wurden jene berücksichtigt, welche bis 2012 offiziell das Label erhalten haben. Dies sind folgende regionalen Natur- und Nationalpärke: Binntal (2011), Chasseral (2012), Diemtigtal (2011), Ela (2012), Entlebuch (UBR 2001, regionaler Naturpark 2008), Ganttrisch (2012), Pays-d'Enhaut (2012), Jurapark Aargau (2012), Thal (2000), Val Müstair (Biosfera UNESCO 2010, regionaler Naturpark 2011), und der Nationalpark (1914) (Netzwerk Schweizer Pärke, 2012). Die Inventare und Pärke können grob in zwei Gruppen eingeteilt werden. Die TWW, Wasser- und Zugvogelreservate sowie die Ramsar-, Smaragd, Auen- und Moorgebiete zielen primär auf den Naturschutz, während die BLN-Flächen und Pärke dem Landschaftsschutz zuzuordnen sind. Daher bilden die Inventare (BLN ausgenommen) eine Variable für den Naturschutz und die BLN-Flächen sowie die Pärke eine Variable für den Landschaftsschutz. Rechtlich gesehen haben Biotopinventare wie die TWW, Auen- oder Moorgebiete eine höhere

Verbindlichkeit als beispielsweise BLN-Flächen oder regionale Naturpärke³. Die Wirkung der Biotopinventare beziehungsweise der Naturschutz-Variable auf die Siedlungsentwicklung könnte aufgrund der umfassenderen Verbindlichkeit daher etwas stärker ausfallen als bei den BLN- und Parkflächen. Grundsätzlich wird jedoch für beide Variablen ein negativer Zusammenhang mit der Zersiedelung erwartet. Je höher der Anteil an Natur- oder Landschaftsschutzflächen, desto kleiner die Zersiedelung einer Gemeinde.

Direkten Einfluss auf die räumliche Entwicklung von Siedlungen können Landschaftselemente wie Gebirgs- und Hügelketten oder Gewässer haben (Burchfield et al., 2006). Um die Wirkung solcher Landschaftselemente zu untersuchen, wurden zwei weitere Variablen, `ant_gemfl` und `Huegel.fl.`, definiert. Die Variable `ant_gemfl` beschreibt die "Hügeligkeit" einer Gemeinde, indem sie den Prozentanteil an hügeliger Gemeindefläche ausdrückt. Die Variable `Huegel.fl.` beschreibt die absolute Hügelfläche der Gemeinden. In der Literatur wird eine heterogene beziehungsweise hügelige Landschaft als zersiedelungsfördernd angeschaut. Burchfield et al. (2006) haben diesen Zusammenhang für die USA nachweisen können. Inwiefern dies auf die Schweiz zutrifft wird anhand dieser Variable zu eruieren versucht. Da die Schweiz eine sehr heterogene Landschaft aufweist, könnte es durchaus sein, dass je nach Region unterschiedliche Zusammenhänge zu Stande kommen.

Die Variablen `SUM_B10BTO` und `fl_ha_mU` beschreiben die Anzahl Gemeindebewohner, welche näher als 750 Meter an einem Gewässer wohnen beziehungsweise die Grösse der Gemeindefläche, welche über einen Uferzugang verfügt. Gewässer können unterschiedliche Effekte auf die räumliche Siedlungsentwicklung haben. Einerseits begrenzen sie Siedlungen einseitig, andererseits können sie aufgrund ihrer ästhetischen Anreize zu erhöhter und zerstreuter Bautätigkeit führen. Ob und inwiefern die Nähe zu einem Gewässerufer die Zersiedelung in den Schweizer Gemeinden beeinflusst, soll anhand dieser Variable herausgefunden werden.

Die letzte Variable dieser Gruppe beschreibt die "Attraktivität" der Bauzonen hinsichtlich der Sonneneinstrahlung im März. Burchfield et al. (2006) haben zeigen können, dass das Klima einen bedeutenden Einfluss auf die Siedlungsform und -entwicklung haben kann und Siedlungen in Regionen mit einem extremen Klima tendenziell dichter sind. Inwiefern die Märzstrahlung in den Bauzonen hinsichtlich ihrer Überbauung beziehungsweise Zersiedelung relevant ist, soll mit der Variable `bauz_rmarch` untersucht werden. Da die Strahlung von der Topographie abhängig ist, kann für die Schweiz wahrscheinlich kein allgemein gültiger Zusammenhang erwartet werden.

3.2.3 Erschliessungs- und Strasseninfrastrukturvariablen

Der Ausbaugrad der Strassen- und Transportinfrastruktur beeinflusst die Siedlungsentwicklung massgeblich. Eine gut ausgebaute Strasseninfrastruktur führt zu verstärktem Abwandern der Bevölkerung aus den Städten ins Grüne, wodurch die Distanz zwischen Wohnen und Arbeiten stetig grösser wird (Frey, 2012). Die grösser werdende Distanz verursacht wiederum mehr Verkehr, welcher seinerseits als Begründung für den Ausbau des Strassennetzes dient – ein Teufelskreis. Wo Gebiete durch neue, leistungsfähige Strassen erschlossen werden, findet typischerweise "eine beschleunigte bauliche Entwicklung von Wohn-, Industrie- und Gewerbearealen statt" (Bertiller et al., 2007, S.11). In der Schweiz gilt die, zu einem grossen Teil vom Bund finanzierte

³Rechtlich verankert sind sowohl die Biotopinventare, BLN-Flächen als auch die Pärke im Natur- und Heimatschutz Gesetz (NHG). Jedoch sind die BLN-Flächen im Gegensatz zu den Biotopinventaren für die Kantone und Gemeinden nicht verbindlich (BAFU, 2013)

und subventionierte, Strassen- und Bahninfrastruktur als ein wichtiger Treiber der Zersiedelung (Frey, 2011). Burchfield et al. (2006) ist in seinen US-Studien zum Schluss gekommen, dass sich Urbanregionen mit gutem öV-Anschluss kompakter entwickeln als Regionen, welche besser per Auto erreichbar sind. Tabelle 3 enthält die Variablen mit denen diese Zusammenhänge untersucht werden sollen.

Tabelle 3: Tabelle mit den verwendeten Erschliessungs- und Strasseninfrastrukturvariablen.

Erschliessungs- und Strasseninfrastrukturvariablen		
Variablenname	Beschreibung	Datenbezug
mean_oev mean_indiv	Durchschnittliche (Warte- und) Reisezeit zu verschiedenen öffentlichen Institutionen und Dienstleistungen mit dem motorisierten Individualverkehr (miV) sowie mit dem öffentlichen Verkehr [min].	WSL Birmensdorf, GIS-Datenserver
Anteil_a_b	%-Flächenanteil am Gemeindegebiet mit öV-Güteklassen A oder B.	WSL Birmensdorf, GIS-Datenserver
Str_dichte Str_sie02	Strassendichte der Gemeinden beziehungsweise Strassendichte der Siedlungsflächen der Gemeinden [m/ha].	WSL Birmensdorf, GIS-Datenserver

Mean_oev und mean_indiv beschreiben die durchschnittliche Reisezeit in Minuten zu unterschiedlichen öffentlichen Institutionen, Einrichtungen und Dienstleistungen. Die Reisezeit des öffentlichen Verkehrs setzt sich zusammen aus der durchschnittlichen Wartezeit an der nächstgelegenen Haltestelle, der tatsächlichen Fahrzeit sowie der Zeit, welche man zu Fuss benötigt, um von der Haltestelle zur Dienstleistung zu gelangen (BAFU, undatiert). Die Daten entstammen aus dem Landschaftsmonitoring Programm des Bundes (LABES), in welchem für jede bewohnte Rasterzelle (0.25km^2) die Reisezeit zu ausgewählten Dienstleistungen erhoben wurde. Für die Variablen mean_oev und mean_indiv wurden die Dienstleistungen “Geschäfte“ (z. B. Supermärkte, Verbrauchermärkte, etc.), “Detailhandel“, “öffentliche Dienste“ (Postdienste, Verwaltung), “Freizeit und Kultur“ (Kinos, Bibliotheken, Museen, Sportanlagen, etc.) und “Bildung“ ausgewählt und miteinander verrechnet. Lange Reisezeiten weisen darauf hin, dass die Gemeinden eher peripher beziehungsweise ländlich liegen und über ein geringes Angebot an Dienstleistungen verfügen. Es wird angenommen, dass dies die Gemeinden für Wirtschaft und Wohnen eher unattraktiv macht, weshalb für diese Variablen ein negativer Zusammenhang mit der Zersiedelung vermutet wird. Die Variable Anteil_a_b gibt den %-Flächenanteil an öV-Güteklassen A und B der Gemeinden wieder. Die Berechnungen dieser Güteklassen stammen von einem Verkehrsmodell des Bundes aus dem Jahre 2005, in dem jeder bewohnten Rasterzelle (0.25km^2) eine Wartezeit zugeordnet wurde. Dabei werden die Güteklassen aus der Bedienungsqualität der am nächsten gelegenen Haltestelle und deren Erreichbarkeit abgeleitet. Für die

Güteklasse A sind dies zwei, für Güteklasse B sechs Minuten. Dass heisst, in einem Bereich der öV-Güteklasse A vergehen durchschnittlich zwei Minuten bis man zu einer zufälligen Zeit an eine Haltestelle gelangt und dort ein Transportmittel des öV fährt. Diese Variablen können somit einerseits Aussagen darüber machen, wie ‐attraktiv‐ beziehungsweise wie gut erschlossen eine Gemeinde hinsichtlich dieser Dienstleistungen und dem öffentlichen Verkehr ist. Andererseits können sie indirekt Aufschluss darüber geben, inwiefern diese Erschliessung mit der Zersiedelung zusammenhängt.

Die letzten beiden Variablen dieses Themenblocks (Str_dichte und Str_sie02) beschreiben die Strassendichte in Meter pro Hektare Gemeindefläche beziehungsweise Siedlungsfläche der Gemeinden. Heute fällt rund ein Drittel der Siedlungsfläche auf Verkehrsflächen (Bertiller et al., 2007). In zwölf Jahren sind in der Schweiz rund 78km² neue Verkehrswege entstanden. Inwiefern die Strassendichte in den Schweizer Gemeinden mit der Zersiedelung gekoppelt ist, soll mit diesen zwei Variablen untersucht werden.

3.2.4 Politische Variablen I – Politische Gesinnung der Gemeinden

Die Politik kennt ein grosses Instrumentarium an Massnahmen und Planungsinstrumenten, welche die Siedlungsentwicklung steuern sollen. Verschiedene sektorale Politikbereiche wie beispielsweise die Verkehrs-, Siedlungs-, Agrar-, Agglomerations- oder Raumplanungspolitik üben Einfluss auf die räumliche Entwicklung von urbanen Regionen aus. Nebst den zahlreichen Politikbereichen kann die politische Ausrichtung und Mentalität einer Gemeinde eine wichtige Rolle hinsichtlich ihrer räumlichen Entwicklung spielen. Hermann und Leuthold (2003) haben die verschiedenen Weltanschauungen der Schweizer Bevölkerung in ihrem Buchprojekt ‐Atlas der politischen Landschaften – ein weltanschauliches Porträt der Schweiz‐ untersucht und dargestellt. Mit Hilfe einer Faktor- und Inhaltsanalyse von eidgenössischen Volksabstimmungen konnten sie die Dimensionen der politischen Weltanschauung extrahieren und drei Hauptkonfliktlinien benennen. Diese umfassen die Konfliktlinien links gegen rechts, technokratisch gegen ökologisch und liberal gegen konservativ (Hermann, 2006). Wie in Abbildung 3a zu sehen ist, zeigt die Konfliktlinie ‐links – rechts‐ den Konflikt um zwei verschiedene Staatsauffassungen beziehungsweise Gesellschaftsideale auf: ‐Das linke Gesellschaftsideal stellt den sozialen Ausgleich, persönliche Freiheit und Pazifismus ins Zentrum, das rechte dagegen Recht und Ordnung, militärische Stärke und unternehmerische Freiheiten‐ (Hermann, 2006, S.205). Die Konfliktlinie ‐liberal – konservativ‐ veranschaulicht die Grundkonflikte zwischen Weltoffenheit und Abgrenzung sowie der Modernisierung und der Bewahrung. Sie beinhaltet Themen wie die ‐Fremdenintegration‐, ‐politische Öffnung nach aussen‐ sowie ‐Reformen im Innern‐ (Hermann, 2006). Im Unterschied zum links – rechts Konflikt, liegt dem Gegensatz liberal – konservativ kein unterschiedliches Staatsideal zugrunde sondern die unterschiedliche Auffassung darüber, wie und auf welchem Weg dieses Ideal erreicht werden kann (Abbildung 3b). Die dritte Konfliktlinie beschreibt die unterschiedlichen Ansichtsweisen betreffend der Beziehung des Menschen zur Natur (Abbildung 3c).

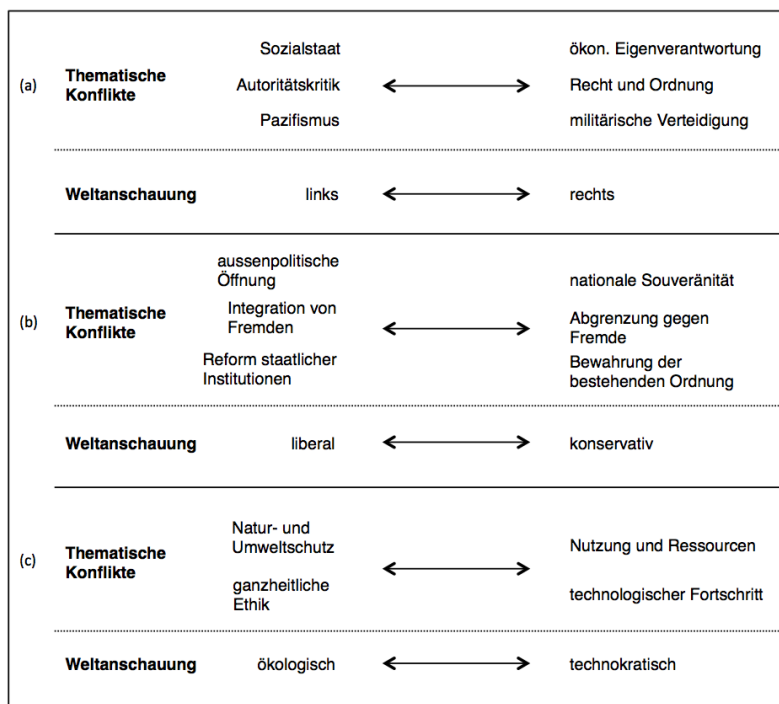


Abbildung 3: Darstellung der thematischen Konflikte der drei untersuchten Konfliktlinien “links–rechts“, “liberal–konservativ“ und “ökologisch–technokratisch“. Quelle: Hermann (2006). Darstellung angepasst.

“Dabei stehen sich das Anliegen eines schonenden und ganzheitlichen Umgangs mit der Natur und dasjenige ihrer technischen Beherrschung und weitgehenden Nutzung gegenüber“ (Hermann und Leuthold, 2003, S.19). Die Daten sind auf dem Stand von 2010, berücksichtigen somit Abstimmungsresultate über 28 Jahre. Die Variablen `r_l10`, `kon_lib10` und `tech_oek10` enthalten die Daten zu den drei Konfliktlinien und werden zur Untersuchung ihres Einflusses dem Zersiedelungsgrad der Gemeinden gegenübergestellt. Bezüglich der Zersiedelung wird für konservative sowie rechts gerichtete Gemeinden eine tendenziell höhere Zersiedelung erwartet. Für die Konfliktlinie “ökologisch – technokratisch“ wird ein negativer Zusammenhang erwartet, was bedeuten würde, dass ökologisch ausgerichtete Gemeinden eine tendenziell tiefere Zersiedelung aufweisen.

Tabelle 4: Tabelle mit den drei verwendeten Konfliktlinien rechts–links, konservativ–liberal und technokratisch–ökologisch nach Hermann und Leuthold (2003).

Variablen der politischen Einstellung		
Variablenname	Beschreibung	Datenbezug
<code>r_l10</code> <code>kon_lib10</code> <code>tech_oek10</code>	Politische Ausrichtung der Gemeinden bezüglich der Konfliktlinien: rechts (-) – links (+), konservativ (-) – liberal (+) und technokratisch (-) – ökologisch(+). (Stand 2010)	Forschungsstelle Sotomo

3.2.5 Politische Variablen II – Struktur und Organisation der Gemeindeverwaltungen

Die Gemeindelandschaft in der Schweiz ist ausgesprochen heterogen und die Gemeinden unterscheiden sich teilweise stark betreffend ihrer Grösse, Bevölkerungs- und Beschäftigungsstruktur sowie ihrer politischen Organisation (Ladner und Steiner, 2003). In der Schweiz gibt es aktuell 2495 Gemeinden (Stand 2012). Durch Gemeindefusionen hat der Bestand in den vergangenen Jahrzehnten immer wieder etwas abgenommen. In kleinen Gemeinden, gemessen an ihrer ständigen Einwohnerzahl, sind die Ämter in der Gemeindeverwaltung oft nur nebenamtlich besetzt, obwohl der Verwaltungsaufwand verhältnismässig gross ist. Die geringere Professionalität in Kleingemeinden (Ladner et al., 2000) kann dazu führen, dass anfallende Aufgaben und politische Geschäfte ineffizienter abgehandelt werden als in Grossgemeinden mit einer professionelleren Verwaltung.

Seit 1988 werden periodisch Befragungen der Gemeindeglieder durchgeführt, in welchen sie zu Themen wie “kommunale Aufgaben“, “Leistungsgrenzen“, “Finanzen“, “Reform- und Reorganisationsmassnahmen“, “Zusammenarbeit mit anderen Gemeinden“, “Politik in der Gemeinde“ und einigen mehr befragt werden (Ladner, 2012). Anhand dieser Befragungen kann untersucht werden, inwiefern die Gemeinden den politischen und sozialen Herausforderungen gerecht werden und wie sie auf Veränderungen reagieren können.

Für die Untersuchung, inwiefern die Gemeindestruktur und -organisation Einfluss auf den Zersiedelungsgrad der Gemeinde hat, werden bestimmte Fragen ausgewählt und statistisch ausgewertet. Tabelle 5 enthält die originalen Variablennamen mit den dazugehörigen Fragen von 2005.

Tabelle 5: Tabelle mit den untersuchten Fragen der Gemeindegliederbefragung 2005.

Struktur und Organisation der Gemeindeverwaltungen		
Variablenname	Beschreibung	Datenbezug
gs1h gs1i	Ausmass der Betroffenheit einer Gemeinde bezüglich gesellschaftlicher Entwicklungen in den Bereichen “Verknappung des Wohnraums“ (gs1h) und “zunehmende Verkehrsbelastung“ (gs1i). (Antwortmöglichkeiten: stark betroffen, z. T. betroffen, nicht betroffen)	www.andreasladner.ch
Fortsetzung nächste Seite		

Tabelle 5 – Tabellenfortsetzung

<p>gs2m gs2n gs2p gs2q</p>	<p>In Gemeinden können Leistungsgrenzen (LG) aufgrund zu hoher Arbeitsbelastung oder mangelnder Fachkompetenz auftreten. Sind solche Grenzen in den Bereichen “Raum- und Zonenplanung“ (gs2m), “Landschafts- und Ortsbildschutz“(gs2n), “öffentlicher Verkehr“ (gs2p) oder “privater Verkehr“ (Strassenbau, Verkehrsberuhigung) (gs2q) sichtbar? (Antwortmöglichkeiten: keine LG sichtbar, LG in Sicht, LG erreicht, LG überschritten, weiss nicht)</p>	
<p>gs8e gs8f gs8j</p>	<p>Sind die Gemeindeausgaben der letzte 10 Jahre in den Bereichen “Hochbau“ (gs8e), “Tiefbau“ (gs8f) und “öffentlicher Verkehr“ (gs8j) überdurchschnittlich gestiegen? (Antwortmöglichkeiten: ja, nein)</p>	
<p>gs9e gs9f gs9g gs9h gs9m gs9n</p>	<p>Reformen und Reorganisationsmassnahmen der letzten 10 Jahre: “Einführung / Abschaffung eines vollamtlichen (bzw. halbamtlichen) Gemeindepräsidiums“ (gs9e / gs9f), “mehr / weniger vollamtliche (bzw. halbamtliche) Exekutivmitglieder“ (gs9g / gs9h), “zusätzliche / weniger Kommissionen und Spezialbehörden“ (gs9m / gs9n) (Antwortmöglichkeiten: erfolgreich durchgeführt, Versuch ohne Erfolg, nicht unternommen)</p>	
<p>gs10m</p>	<p>Wurde in den vergangenen 10 Jahren ein gemeindepolitisches Leitbild eingeführt? (Antwortmöglichkeiten: erfolgreich eingeführt, Versuch abgebrochen, nicht unternommen)</p>	
Fortsetzung nächste Seite		

Tabelle 5 – Tabellenfortsetzung

gs13m1 gs13n1 gs13p1 gs13q1	Zusammenarbeit mit anderen Gemeinden in den Themenbereichen “Raum- und Zonenplanung“ (gs13m1), “Landschafts- und Ortsbildschutz“ (gs13n1), “öffentlicher Verkehr“ (gs13p1) und “privater Verkehr (Strassenbau, Verkehrsberuhigung) (gs13q1) (Antwortmöglichkeiten: keine Zusammenarbeit, länger als 5 Jahre, kürzer als 5 Jahre)
gs19d1 gs19f1 gs19g1	Nimmt die Gemeinde in den Bereichen “Bau“ (gs19d1), “Zonenplanung“ (gs19f1) und “Verkehrsplanung“ (gs19g1) regelmässig Leistungen von privaten Büros und Experten in Anspruch? (Antwortmöglichkeiten: ja, nein)
gs29f gs29g gs29i	Haben sich die politischen Auseinandersetzungen in den letzten 10 Jahren in den Bereichen “Baupolitik“ (gs29f), “Verkehrspolitik“ (gs29g) oder “Umweltpolitik“ (gs29i) verändert? (Antwortmöglichkeiten: härter geworden, gleichgeblieben, weniger hart geworden, keine politische Auseinandersetzung)

Bei der Auswahl der Fragen liegt der Fokus vor allem auf raumplanerischen Themen. Es soll herausgefunden werden, wie sich die Erfüllung der Gemeindeaufgaben, aber auch die Kapazitäten und Reformen in diesen Bereichen auf die Zersiedelung auswirken. Sind in einer Gemeinde in gewissen Bereichen Leistungsgrenzen bezüglich Arbeitsleistung oder Fachkompetenz erreicht, können die Aufgaben vermutlich nicht zufriedenstellend erfüllt werden. Eine Zusammenarbeit mit Nachbargemeinden oder privaten Firmen drängt sich somit auf. Gerade in der Raumplanung macht es Sinn, überkommunal beziehungsweise regional zu planen und zu Arbeiten, da dadurch viele Aufgaben geteilt oder besser koordiniert werden können. Fachlich ist es zudem häufig von Vorteil, wenn für gewisse spezifische Aufgaben die Zusammenarbeit mit privaten Firmen und Büros gesucht wird. Periodische Reformen und Reorganisationen führen idealerweise zu effizienteren Arbeitsabläufen, indem Verwaltungs- und Ablaufstrukturen den neuen Anforderungen und Aufgaben angepasst werden und die Handlungsfähigkeit erhöht wird (Ladner et al., 2000). Inwiefern die Struktur, Organisation und Arbeit von Gemeindebehörden die räumliche Entwicklung von Siedlungsgebieten und die Zersiedelung beeinflussen kann, soll anhand der in Tabelle 5 beschriebenen Variablen beziehungsweise untersuchten Fragen abgeschätzt werden. Es wird

vermutet, dass Gemeinden, welche in den untersuchten Bereichen Leistungsgrenzen erreicht haben oder einer der oben genannten gesellschaftlichen Entwicklungen unterliegen eine tendenziell höhere Zersiedelung aufweisen. Zudem wird angenommen, dass Gemeinden, in welchen die politische Auseinandersetzungen schwieriger geworden ist, einen positiven Zusammenhang mit der Zersiedelung zeigen. Durchgeführte Reform- und Reorganisationsmassnahmen sowie das pflegen einer Zusammenarbeit können darauf hinweisen, dass die Verwaltungsstrukturen verbessert werden mussten und die Aufgaben nicht mehr alleine gelöst werden konnten, weshalb hier ebenfalls ein positiver Zusammenhang mit der Zersiedelung erwartet wird.

3.3 Statistische Auswertung

Der Zusammenhang zwischen den in Kapitel 3.2.1 bis 3.2.5 beschriebenen unabhängigen Variablen und der Zersiedelung, wird mit unterschiedlichen statistischen Methoden ausgewertet. In einem ersten Teil (Kapitel 3.3.2) werden die Variablen der Sozio-Ökonomie, Landnutzung, Erschließung und Strasseninfrastruktur sowie der Politik I mit Hilfe sogenannter generalisierter linearer Modelle (engl. generalized linear model – GLM) einer quantitativen Analyse unterzogen. Aufgrund der Datenstruktur und -verfügbarkeit werden die Variablen der Gruppe Politik II beziehungsweise die ausgewählten Fragen der Gemeindegliederbefragung, im Kapitel 3.3.3, separat mit statistischen Gruppentests analysiert.

3.3.1 Generalisierte lineare Modelle (GLMs)

Bei der klassischen linearen Regression müssen die Daten einigen Voraussetzungen genügen, damit die Regressionsschätzung möglich ist. Sie setzt voraus, dass die Zielvariable (auch abhängige Variable genannt) Y_i normalverteilt und ihre Varianz $\text{Var}(Y_i) = \sigma^2$ konstant ist (Thaler, 2009). Sie eignet sich daher besonders für Analysen von stetigen, approximativ normalverteilten Zielvariablen (Fahrmeir et al., 2007). Diese relativ restriktiven Annahmen können in der Praxis häufig nicht erfüllt werden, da die Zielvariable oft nicht stetig ist, sondern eine binäre oder kategoriale Form aufweist beziehungsweise eine Zählvariable ist. Sogenannte GLMs können als Erweiterung beziehungsweise als Verallgemeinerung der klassischen linearen Modelle angesehen werden und ermöglichen es, einige dieser Einschränkungen zu umgehen (Thiemichen, 2011). Sie ermöglichen es, Regressionsmodelle mit Zielvariablen zu rechnen, welche nicht normalverteilt sind, jedoch einer allgemeinen Exponentialfamilie folgen (Myers et al., 2010). Diese Exponentialfamilie umfasst die Normal-, Binomial-, Poisson-, geometrische- und Gammaverteilung sowie einige mehr. Oftmals werden die Daten der abhängigen Variablen transformiert, damit sie eine annähernd normalverteilte Form erhalten und die Anforderungen für die Untersuchung in einem linearen Modell erfüllen. Während diese Transformation bei den klassischen linearen Modellen ein Trick ist, ist sie Hauptbestandteil eines GLM (Zimmermann et al., 2010).

Tabelle 6: Häufig benutzte Modellfamilien mit ihren Linkfunktionen und deren Inversen (übernommen aus Zimmermann et al. (2010)).

Modellfamilie	Linkname	Linkfunktion	Inverse-Linkfunktion
Gauss	Identity	$f(x) = \mu$	$\mu = f(x)$
Binomial	Logit	$f(x) = \log(\mu / (1-\mu))$	$\mu = \exp(f(x)) / \exp(f(x))$
Poisson	Log	$f(x) = \log(\mu)$	$\mu = \exp(f(x))$

Ein GLM besteht aus drei Komponenten: Der Verteilung der Zielvariable, einem linearen Prädiktor gebildet durch die unabhängigen Variablen und einer Linkfunktion (Tabelle 6), welche die Zielvariable transformiert und ihren Erwartungswert mit dem linearen Prädiktor verbindet (Myers et al., 2010). Das Regressionsmodell wird danach aufgrund der transformierten Daten gerechnet und gefittet. Die Regressionsparameter beziehen sich somit auf die transformierte Zielvariable, welche bei Bedarf mit Hilfe der inversen Linkfunktion zurück in den Ursprungsmodus transformiert werden kann (Zimmermann et al., 2010). Die Link- und die inverse Linkfunktion beziehungsweise die Modellfamilie wird anhand der statistischen Eigenschaften der Zielvariable bestimmt und ausgewählt. Tabelle 6 zeigt die gängigsten Link- und inversen Linkfunktionen. Für die Modellbildung und Modellanpassung beziehungsweise die Parameterschätzung wird in einem GLM standardmässig die “maximum likelihood-Methode“ verwendet, welche auf einem iterativen “reweighted least squares“ Algorithmus basiert (Myers et al., 2010). Dabei werden die zu schätzenden Parameter variiert und jene ausgewählt, welche die grösste Wahrscheinlichkeit für das Auftreten der gegebenen Daten mit sich bringen (Korner, 2006). Das Resultat ist eine Formel wie in klassischen linearen Modellen: $y = a + b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + b_3 * x_3 + \dots + e$, wobei a , b_1 , b_2 und b_3 die Regressionsparameter, y die abhängige Variable und x_1 , x_2 und x_3 die unabhängigen Variablen bilden (Zimmermann et al., 2010).

Die Anwendung des GLM auf die hiesige Fragestellung wird im nächsten Abschnitt (3.3.2) genauer beschrieben. Eine detailliertere mathematische und theoretische Beschreibung von GLMs findet man beispielsweise in Nelder und Wedderburn (1972), Myers et al. (2010) oder Fahrmeir et al. (2007).

3.3.2 Vorauswahl der Variablen und GLM-Modellierung

Vorauswahl – Selektion der Variablen

In den Kapiteln 3.2.1 bis 3.2.4 wurden 54 sozio-ökonomische, demographische, erschliessungstechnische und politische Variablen sowie Variablen der Landnutzung und des Naturraums beschrieben. Dabei bilden die Variablen der Sozio-Ökonomie und Demographie sowie der Landnutzung und des Naturraums mit je 23 Variablen die zwei grössten Gruppen. In den Variablengruppen Sozio-Ökonomie und Demographie, Landnutzung und Naturraum sowie Erschliessung und Strasseninfrastruktur sind die Variablen teilweise hoch miteinander korreliert (siehe Korrelationsmatrizen Anhang A.3). Aufgrund dieser Korrelationen und der grossen Anzahl an Variablen in den ersten beiden Gruppen, wird in diesen eine Vorauswahl der Variablen getroffen. Dafür werden die Variablen in den Themengruppen nochmals unterteilt und gruppiert. Mit diesen Untergruppen sowie den drei Konfliktlinien aus der Gruppe Politik I werden anschliessend GLM Modelle aller Variablenkombinationen gerechnet (Tabelle 7). Wo möglich werden korrelierte Variablen getrennt und nicht in denselben Modellen gerechnet.

Tabelle 7: Einteilung der Variablen in Untergruppen für die Selektionsmodelle. (a) Sozio-Ökonomie und Demographie, (b) Landnutzung und Naturraum, (c) Erschliessung und Strasseninfrastruktur sowie (d) Politik I (nicht unterteilt).

Einteilung der Variablen in Untergruppen			
(a)	Steuerer08	Bev_07	BG1_2_3J95
	Ertrag_aen	Bev_10	ANT_ERWA_0
	LOGIERN_00	delta_00_10	ANT_S1_08
	Ant_H_b3	ANT_ALT_00	ANT_S2_08
	Ant_H_m4	ant_einf_0	ANT_S3_08
	Ant_eco_00	ANT_BIO_00	E_S1_00_08
	Ant_pm_00	ANT_BIB_00	E_S2_00_08
		ANT_BIH_00	E_S3_00_08
(b)	ant_sied_3	ant_unb_3	Bauz_gemfl
	E_Siedl_23	entw_unb23	gebfl_an_b
	E_Siedl_13	entw_unb13	ant_sied_
	E_Geb_23	ant_landw3	
	E_Geb_13	E_landw_23	
	GEM_FL_HA	E_landw_13	
(c) / (d)	mean_oev	r_l10	
	mean_indiv	tech_oe10	
	Str_dichte	kon_lib10	
	Str_sie02		
	Anteil_a_b		

Für die Variablenauswahl werden die Variablen der besten Modelle bevorzugt. Die Güte der gerechneten GLM Modelle wird anhand des sogenannten Akaike Informationskriteriums bewertet (siehe Box auf der nächsten Seite). Laut Burnham und Anderson (2004) besitzen Modelle mit einem $\Delta AIC(c)$ -Wert von < 2 zum besten Modell noch eine genügend hohe Erklärungskraft, womit ihre Variablen ebenfalls weiter verwendet werden können. Da die Vorauswahl eine Selektion der Variablen bezweckt, werden neben der Modellgüte andere Selektionskriterien angewendet. Dazu liefert der R-Befehl “modavg“ für jede einzelne Variable x_i den gemittelten estimate-Parameter (mod-avg est.) der Modelle, in denen sie vorkommt. Zusätzlich werden der Standardfehler (SE) und das 95 Prozent Konfidenzintervall (CI) berechnet. Aus diesen Parametern lassen sich folgende (Auswahl-) Kriterien formulieren:

- $| \text{mod-avg est.} | > SE$
- CI schneidet 0 nicht

Das Akaike Informationskriterium AIC(c)

Das Akaike Informationskriterium basiert auf der sogenannten “Kullback-Leibler Information I “ und kombiniert diese mit der Likelihood-Theorie (Burnham und Anderson, 2004). I ist folgendermassen definiert:

$$I(f, g) = \int f(x) \log \left(\frac{f(x)}{g(x|\theta)} \right) dx. \quad (2)$$

Die Kullback-Leibler Information $I(f, g)$ ist gemäss Burnham und Anderson (2004) jene Information, welche verloren geht, wenn ein Modell g benutzt wird, um die Realität beziehungsweise Wahrheit f zu approximieren und kann als Distanz zwischen Realität und Modell gesehen werden. θ beschreibt den Variationsspielraum der Modelle g . Das Akaike Informationskriterium AIC beziehungsweise AICc lässt sich dann folgendermassen berechnen:

$$AIC = -2 * \log(Likelihood) + 2 * k. \quad (3)$$

$$AIC_c = -2 * \log(Likelihood) + 2 * k + \frac{2K(K + 1)}{n - K - 1}. \quad (4)$$

Aus den Gleichungen (3) und (4) folgt, dass ein Modell umso besser fittet, je kleiner der AIC beziehungsweise der AICc Wert ist. K beschreibt die Anzahl an unabhängigen Variablen und n die Anzahl Beobachtungen, welche in das Modell gegeben werden. Für Modelle mit einer relativ kleinen Probengrösse ($n / K > 40$), sollte der AICc-Wert verwendet werden (Burnham und Anderson, 2004). Ein Modell wird umso präziser, je mehr Daten ihm gespeist werden können. Ein gutes Modell beschreibt jedoch die Daten mit möglichst wenig Parametern, weshalb der AIC(c)-Wert mit jedem zusätzlichen Parameter um einen gewissen Betrag zunimmt (Korner, 2006).

Der AIC(c) Wert alleine lässt sich nur schlecht interpretieren, da er von der Probengrösse abhängig ist. Burnham und Anderson (2004) weisen darauf hin, dass zur Interpretation der Modellgüte die Δ_i verschiedener Modelle gebraucht werden sollen (Gleichung 5).

$$\Delta_i = AIC_i - AIC_{min} \quad (5)$$

Gleichung (5) zeigt auf, dass das beste Modell $\Delta_i = 0$ aufweist. Mit zunehmendem Δ_i wird es unwahrscheinlicher, dass das dazugehörige Modell i als bestes gilt, da zunehmend Information verloren geht. Nach einer Daumenregel von Burnham und Anderson (2004) besitzen Modelle mit einem $\Delta_i \leq 2$ noch eine relativ hohe Güte und Evidenz, Modelle mit $4 \leq \Delta_i \leq 7$ bereits beträchtlich weniger und Modelle mit einem $\Delta_i > 10$ keine Evidenz mehr.

Damit eine Variable weiterverwendet wird, muss demnach ihr berechneter gemittelter Modell-estimate Wert grösser sein als ihr Standardfehler. Zudem sollte das Konfidenzintervall 0 nicht schneiden. Diese bisherigen Auswahlkriterien beziehen sich vor allem auf die Modellgüte und die statistischen Parameter der Variablen. Sie sagen jedoch nichts über die Erklärungskraft einer Variable aus. Als letztes Auswahlkriterium dient daher das sogenannte “hierarchical partitioning“ (R-code: hier.part). Damit kann die unabhängig erklärte Varianz jeder Variable sowie der gemein-

same Erklärungsanteil aller Variablen mittels “goodness of fit“ Massen ermittelt und dargestellt werden (Algorithmus von Chevan und Sutherland (1991)). Insgesamt werden hierarchisch folgende Auswahlkriterien für die Variablenselektion angewendet:

- $| \text{mod-avg est.} | > \text{SE}$
- CI schneidet 0 nicht
- erklärte Varianz gemäss hier.part möglichst gross
- Variable ist in “besten“ Modellen ($\Delta_i = 0$ bzw. $\Delta_i \leq 2$)
- Korrelation mit anderen Variablen im Modell möglichst klein (<0.5)

Modellierung der Zersiedelung mittels Generalisierten Linearen Modellen

Die Zersiedelungsdaten der Schweizer Gemeinden weisen eine exponentielle, nicht normalverteilte Form auf. Zudem ist die Zersiedelung keine typisch metrische Grösse, da sie eine untere und eine obere Grenze hat und keine Werte im Minusbereich annimmt. Daher werden für die quantitative statistische Auswertung GLMs angewendet. Die statistische Analyse wird mittels der Statistik Software R ausgeführt. Der R-Befehl:

```
>glm(formula, family, data, weights, subset, na.action, start = NULL, etastart, mustart, offset, control = list(...), model = TRUE, method = "glm.fit", x = FALSE, y = TRUE, contrasts = NULL, ...)
```

spezifiziert die Modellgrössen und führt die Modellierung durch. Für vorliegende Untersuchung genügen die Angaben zur eigentlichen Berechnungsformel (formula), der Verteilungsfamilie (family) und dem Datensatz (data). Dem Argument “formula“ werden die abhängige Variable (Zersiedelung Z) sowie die unabhängigen Variablen x_i übergeben (Bsp.: $Z \sim x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_i$). Mit dem Argument “family“ wird die Exponentialfamilie (Tabelle 6) und somit die Linkfunktion für die Transformation der abhängigen Variable bestimmt (hier family = gaussian). Mit dem Argument “data“ wird dem Modell die zu modellierenden Daten übergeben (hier all). Die hier verwendeten GLM Modelle weisen somit folgende Struktur auf:

$$glm(Z \sim x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_i, family = gaussian, data = all) \quad (6)$$

Für die Modellverifizierung und -validierung wird der Variablendatensatz vor dem Modellieren zufällig halbiert (je 1178 Gemeinden). Mit dem Kalibrationsdatensatz wird das Modell gebildet und die vorhergesagte Zersiedelung verifiziert. Für die Modellvalidierung wird das Modell mit dem Validierungsdatensatz berechnet, um die Eignung des Modells für die Modellierung der Zersiedelung festzustellen.

Mit diesem Modellansatz werden zwei verschiedene gesamtschweizerische Modelle gerechnet. Beide werden mit einer schrittweisen Regression berechnet und anhand des AICc Wertes bewertet. Im ersten Modell werden die Zersiedelungsdaten unverändert gelassen und mittels dem GLM gerechnet. Im zweiten Modell werden die Zersiedelungsdaten transformiert ($Z^{1/5}$), damit sie eine

Normalverteilung erhalten (womit das Modell einem klassischen linearen Modell entspricht). Mit diesem Vorgehen soll der Einfluss der Verteilung auf die Modellbildung beziehungsweise auf die Modellgüte eruiert werden. Anhand eines Vergleiches der Residuenverteilung der beiden Modelle kann abgeschätzt werden, welches der Modelle die Zersiedelung genauer zu beschreiben vermag. Ist die Residuenverteilung annähernd normalverteilt, so kann davon ausgegangen werden, dass keine krassen Trends bezüglich Über- oder Unterschätzen der Zersiedelung im Modell vorliegen. Das ausgewählte gesamtschweizerische Modell wird dann auf die unterschiedlichen Regionen und Gemeindetypen angewendet. Zudem werden erweiterte Modelle mit einer erhöhten Variablenzahl gerechnet. Die hinzugefügten Variablen erfüllen, bis auf die Korrelation, alle Auswahlkriterien. Sie schneiden bei der hier.part Analyse jedoch schlechter ab als die für das Referenzmodell verwendeten Variablen. Diese Variablen könnten jedoch trotzdem interessante Resultate liefern, weshalb sie in den erweiterten Modellen eingebunden und untersucht werden.

Der Modellfit wird mittels der angepassten Devianz D^2 nach Weisberg (1980) ermittelt und die Vorhersage-Qualität der Modelle anhand der 10-fach Kreuzvalidierung und den Parametern MAE "mean absolute error", RMSE "root mean square error" (Voltz und Webster, 1990) sowie dem Bestimmtheitsmass R^2 berechnet.

3.3.3 Statistische Auswertung der Gemeindeschreiberbefragung – Politik II

Dank den Gemeindeschreiberbefragungen bekommt man interessante Einblicke in die Struktur und Organisation der Gemeindeverwaltungen und deren politisches Umfeld. Anhand der relativ langen Zeitreihe, welche durch die periodischen Befragung seit 1988 entstanden ist, lassen sich allgemeine Trends und Veränderungen erkennen. Zu beachten ist jedoch, dass es sich bei diesen Daten um die Einschätzungen von Einzelpersonen handelt. Selbstverständlich kann ein Gemeindeschreiber als Experte angesehen werden und kann die Lage seiner Gemeinde gut einschätzen. Trotzdem gilt es zu beachten, dass gegebene Umstände und Verhältnisse von Person zu Person unterschiedlich aufgenommen und eingeschätzt werden und somit höchstwahrscheinlich auch die Fragebogen unterschiedlich beantwortet werden. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, werden die Daten separat ausgewertet und nicht in die Modelle integriert.

Bei den Daten der Gemeindeschreiberbefragung (Tabelle 5) handelt es sich um binäre beziehungsweise ordinale Daten. Das heisst es liegen einerseits ja / nein Antworten und andererseits abgestufte Antworten wie beispielsweise "nicht betroffen", "leicht betroffen" oder "stark betroffen" vor. Die Daten der Gemeindeschreiberbefragung von 2005 werden mit zwei verschiedenen statistischen Tests, dem Mann-Whitney-Wilcoxon- und dem Kruskal-Wallis-Test (siehe Box unten) auf ihre Signifikanz gegenüber der Zersiedelung getestet. Dabei wird geprüft, ob sich die unterschiedlichen Antworten in Bezug auf die Zersiedelung signifikant unterscheiden oder nicht. Für diese Analyse können 1039 (binäre Antworten) beziehungsweise 1128 Gemeinden (ordinale Antworten), für welche die ausgewählten Fragen komplett sind, untersucht werden. Die Test-Ergebnisse werden im zweiten Teil der Resultate vorgestellt.

Der Mann-Whitney-Wilcoxon-Test (auch Mann-Whitney-U-Test)

Der Mann-Whitney-Wilcoxon-Test ist ein nichtparametrischer Test für unabhängige Stichproben und untersucht, ob sich zentrale Tendenzen in zwei Stichproben voneinander unterscheiden (Bortz, 2005). Bei diesem Test handelt es sich um einen Rangsummentest (auch Rangtest genannt). Dabei untersucht und vergleicht der Test jeweils die Beobachtungen (x_i bzw. y_i) einer ersten Stichprobe (n_x) mit jenen einer zweiten (n_y). Haben die Stichproben denselben Mittelwert beziehungsweise Median, so ist die Chance, dass x_i grösser oder kleiner ist als y_i gleich gross (Shier, 2004). Somit können folgende Hypothesen formuliert werden:

$$H_0: P(x_i > y_i) = 1/2$$

$$H_1: P(x_i > y_i) \neq 1/2$$

Der Mann-Whitney-Wilcoxon-Test zählt nun die Anzahl Fälle, in welchen die x_i einer ersten Stichprobe (U_x) grösser beziehungsweise kleiner sind als die y_i einer zweiten Stichprobe (U_y) (Shier, 2004). Unter der Nullhypothese H_0 würden wir (U_x) und (U_y) als annähernd gleich vermuten.

Der Kruskal-Wallis-Test

Mit Hilfe des Kruskal-Wallis-Test, ebenfalls einem nichtparametrischen Test, lässt sich überprüfen, ob sich zentrale Tendenzen von mehr als zwei Stichproben signifikant unterscheiden (Hirsig, 2001). Der Kruskal-Wallis-Test ähnelt dem oben beschriebenen Mann-Whitney-Wilcoxon-Test, ist jedoch auf mehr als zwei Stichproben anwendbar.

4 Ergebnisse

Dieses Kapitel ist in zwei Hauptteile aufgeteilt. Im ersten Teil werden die Ergebnisse der Modell-Vorarbeiten präsentiert und erläutert. Dies umfasst vor allem die Vorauswahl der Variablen sowie die Wahl der Modellserie (siehe Kapitel 3.3.2). Im zweiten Teil werden die Modellberechnungen und die Endresultate vorgestellt.

4.1 Modellvorbereitung und Modellbildung

4.1.1 Ergebnisse der Modellvorbereitung und Variablenselektion

Aufgrund der hohen Anzahl an unabhängigen Variablen und deren Korrelation wurde eine Selektion durchgeführt, welche die Variablen nach verschiedenen Kriterien aussortieren sollte (siehe Kapitel 3.3.2). Tabelle 8 zeigt die aufgrund der $\Delta AICc$ -Werte besten Selektionsmodelle, welche mit den untransformierten Zersiedelungsdaten und den Variablen-Untergruppen aus Tabelle 7 gerechnet wurden. Es zeigt sich, dass jeweils jene Modelle den kleinsten $\Delta AICc$ -Wert aufweisen und somit die besten sind, welche alle getesteten Variablen enthalten (Tabelle 8).

Tabelle 8: Modelle der sozio-ökonomischen und demographischen Variablen (a), der Variablen der Landnutzung und des Naturraums (b), der Erschliessungs- und Strasseninfrastrukturvariablen (c) sowie der politischen Variablen (d). Die Modelle sind mit den entsprechenden Variablen angegeben und entsprechen den Untergruppen aus der Tabelle 7. Zusätzlich sind der AICc sowie der $\Delta AICc$ Werte angegeben.

Modelle	AICc	$\Delta AICc$	Gruppe
(a) mod 64 x.Steuerer08 + x.Ertrag_aen + x.LOGIERN_00 + x.Ant_H_m4 + x.Ant_pm_00	14594.83	0	soz_ök
mod 5 x.Steuerer08 + x.Ertrag_aen + x.LOGIERN_00 + x.Ant_H_b3 + x.Ant_pm_00	14594.83	0.0004	
mod 100 x.Bev_10 + x.delta_00_10 + x.ANT_ALT_00 + x.ant_einf_0 + x.ANT_BIB_00 + x.ANT_BIO_00	14646.53	0	
mod 64 x.Bev_07 + x.delta_00_10 + x.ANT_ALT_00 + x.ant_einf_0 + x.ANT_BIB_00 + x.ANT_BIO_00	14646.64	0.1108	
mod 80 x.delta_00_10 + x.ANT_ALT_00 + x.ant_einf_0 + x.ANT_BIB_00 + x.ANT_BIO_00	14647.86	1.322	
mod 34 x.BG1_2_3J95 + x.ANT_ERWA_0 + x.ANT_S3_08 + x.E_S2_00_08 + x.E_S3_00_08	14481.46	0	Landnutzung
(b) mod 17 x.GEM_FL_HA + x.ant_sied_3 + x.E_Siedl_13 + x.E_Geb_13	12055.53	0	
mod 29 x.GEM_FL_HA + x.ant_sied_3 + x.E_Siedl_23 + x.E_Geb_13	12056.95	1.4143	
mod 18 x.ant_landw3 + x.E_landw_13 + x.entw_unb23 + x.entw_unb13	14154.03	0	
mod 3 x.Bauz_gemfl + x.ant_siedl_	12106.75	0	
(c) mod 4 x.mean_oev + x.Str_dichte + x.Anteil_a_b + x.Str_sie02	12619.92	0	Erschliessung
(d) mod 6 x.tech_oeK10 + x.kon_lib10	14746.96	0	polit. Haltung
mod 3 x.r_l10 + x.tech_oeK10 + x.kon_lib10	14748.57	1.6053	

Anhand dieser Modellberechnungen und der $\Delta AICc$ Werte wäre eine Selektion der Variablen somit kaum sinnvoll möglich. Daher wurden zusätzlich die in Kapitel 3.3.2 vorgestellten Kriterien für die Auswahl angewendet. Tabelle 9 zeigt die Variablen mit dem Modelldurchschnitt des estimate Wertes, dem Standardfehler, dem 95 Prozent Konfidenzintervall und der Angabe, ob die Variable in einem der besten Modelle vorkommt. Rote Zahlen in der zweiten Spalte bedeuten, dass der durchschnittliche Modell-estimate Wert negativ mit der Zersiedelung korreliert ist. Einige Variablen der Landnutzungs- und Naturraumgruppe weisen keine Modellparameter auf (grau hinterlegt), da sie Einzelvariablen sind, welche nicht durch Modellberechnungen sondern mittels den Ergebnissen der hier.part Analyse selektioniert wurden. Rot hinterlegte Zeilen bedeuten, dass eines der Kriterien nicht erfüllt ist und die Variable somit direkt wegfällt. Aufgrund der drei Modellparameter fallen somit fünf Variablen aus der weiteren Auswertung (Tabelle 9).

Tabelle 9: Die Abbildung zeigt die Variablen mit den Modellparametern model average estimate (mod-avg est.), dem Standardfehler (SE) und dem 95 Prozent Konfidenzintervall. Die Spalte “in Modell“ gibt an, ob die Variable in einem der besten Modelle vorkommt oder nicht. Negative Zahlen sind aus graphischen Gründen rot dargestellt. Die dunkelgrün hinterlegten Variablen sind diejenigen, welche für das Referenzmodell verwendet werden. Die hellgrün hinterlegten Variablen werden für die erweiterten Modelle dazugenommen. Rot hinterlegt sind Variablen, die aufgrund eines Kriteriums rausfallen.

Variable	mod-avg est.	SE	95% CI	in Modell	Gruppe
x.Steuerer08	1.90	0.11	[1.68;2.12]	x	Sozio-Ökonomie und Demographie
x.Ertrag_aen	0.57	0.11	[-0.79;-0.35]	x	
x.LOGIERN_00	0.38	0.12	[-0.61;-0.15]	x	
x.Ant_H_b3	1.38	0.11	[1.16;1.6]	x	
x.Ant_pm_00	0.36	0.12	[0.13;0.59]	x	
x.Ant_H_m4	1.38	0.11	[-1.6;-1.16]	x	
x.Ant_eco_00	0.05	0.12	[-0.28;0.17]		
x.Bev_07	0.21	0.11	[-0.02;0.43]	x	
x.Bev_10	0.21	0.11	[-0.01;0.44]	x	
x.delta_00_10	0.28	0.12	[0.05;0.51]	x	
x.ANT_ALT_00	0.30	0.12	[0.07;0.54]	x	
x.ant_einf_0	0.33	0.11	[-0.55;-0.11]	x	
x.ANT_BIB_00	1.86	0.12	[-2.09;-1.62]	x	
x.ANT_BIH_00	1.76	0.13	[1.50;2.02]		
x.ANT_BIO_00	1.92	0.13	[-2.17;-1.67]	x	
x.BG1_2_3J95	0.76	0.11	[-0.97;-0.55]	x	Landnutzung und Naturraum
x.ANT_ERWA_0	0.32	0.11	[0.11;0.53]	x	
x.ANT_S1_08	2.69	0.14	[-2.95;-2.42]		
x.ANT_S2_08	0.64	0.12	[-0.87 ; -0.4]		
x.ANT_S3_08	2.92	0.12	[2.68;3.17]	x	
x.E_S1_00_08	0.32	0.12	[-0.55;-0.08]		
x.E_S2_00_08	1.72	0.13	[1.47;1.97]	x	
x.E_S3_00_08	1.24	0.13	[-1.5;-0.97]	x	
x.GEM_FL_HA	0.37	0.07	[-0.5;-0.24]	x	
x.ant_siedl_3	4.91	0.07	[4.78;5.04]	x	
x.E_Siedl_23	0.19	0.07	[-0.32;-0.06]		
x.E_Siedl_13	0.23	0.07	[-0.37;-0.08]	x	
x.E_Geb_23	0.19	0.07	[0.05;0.32]		
x.E_Geb_13	0.27	0.08	[0.11;0.42]	x	
x.ant_landw3	1.12	0.11	[0.91;1.33]	x	
x.E_landw_23	2.19	0.11	[-2.39;-1.98]		
x.E_landw_13	3.42	0.11	[-3.62;-3.21]	x	
x.ant_unb_3	1.79	0.11	[-1.99;-1.58]		
x.entw_unb23	0.70	0.1	[-0.9;-0.5]	x	
x.entw_unb13	0.87	0.1	[-1.06;-0.67]	x	
x.Bauz_gemfl	4.84	0.07	[4.71;4.97]	x	Erschliessung und Strassen- infrastruktur
x.gemfl_an_b	0.05	0.07	[-0.08;0.17]		
x.ant_siedl_	0.51	0.07	[0.38;0.64]	x	
x.Anteil_ges					
x.Ant_Inv_ge					
x.Ant_Par_ge					
x.Huegel_fl_					
x.ant_gemfl					
x.fl_ha_mU					
x.SUM_B10BTO					
x.bauz_rmarch					
x.Str_dichte	4.55	0.08	[4.39;4.7]	x	
x.mean_oev	2.74	0.11	[-2.96;-2.51]	x	
x.mean_indiv	2.02	0.11	[-2.22;-1.81]		
x.Anteil_a_b	0.74	0.11	[0.53;0.95]	x	
x.Str_sie02	1.20	0.1	[-1.4;-1]	x	
x.r_l10	0.09	0.14	[-0.35;0.18]	x	
x.tech_oeK10	1.78	0.12	[1.54;2.03]	x	
x.kon_lib10	1.76	0.12	[1.52;2]	x	

Die dunkelgrün hinterlegten Variablen sind jene, welche als geeignetste aus der Selektion hervorgehen und für die Referenzmodelle verwendet werden. Dies sind insgesamt sieben Variablen aus der Gruppe Sozio-Ökonomie und Demographie, sieben aus der Gruppe Landnutzung und Naturraum, eine aus der Gruppe Erschliessung und Strasseninfrastruktur sowie zwei Variablen aus der Gruppe Politik I. Somit wird das Modell mit 17 Variablen gebildet. Wie aus Tabelle 9 ersichtlich wird, kommen nicht alle Variablen, die weiterverwendet werden auch in den besten Selektionsmodellen vor. Dies hängt damit zusammen, dass neben dem AICc-Kriterium und den Modellparametern (mod-avg est., SE und 95% CI) die hier.part Analyse gemacht wurde, in welcher einige Variablen, die nicht in den besten Modellen vorkommen, sehr gut abgeschnitten haben. Dies ist ein relativ starkes Instrument, da es die individuell erklärte Varianz und somit die Erklärungskraft der Variablen aufzeigt. Die Abbildungen mit den entsprechenden Analysen sind im Anhang A.2.2 zu finden. Mit den hellgrün hinterlegten Variablen in Tabelle 9 wird der Variablensatz des Referenzmodells erweitert, um anschliessend die erweiterten Modelle zu rechnen (siehe Resultate Tabellen 11 und 12).

4.1.2 Verteilung der Zersiedelung und Modellwahl

Die Daten der Zersiedelung wurden mit zwei verschiedenen Verteilungen modelliert. Die Zersiedelungsdaten, welche eine exponentielle Verteilungsform aufweisen, wurden in einem Modell so belassen und in einem zweiten Modell zu einer Normalverteilung umgeformt und modelliert. Mit beiden Verteilungen wurde sowohl die Vorauswahl der Variablen gemacht als auch Referenzmodelle berechnet. Es hat sich gezeigt, dass die Variablenauswahl beinahe identisch ausfällt. Mit den transformierten Zersiedelungsdaten fließen 18 Variablen und somit lediglich eine, die Bevölkerungsentwicklung zwischen 2000 und 2010 (delta_00_10), mehr in das Modell ein. Des Weiteren unterscheiden sie sich durch den “Tausch“ von verwandten Variablen (ant_gemfl im untransformierten beziehungsweise Huegel_fl_ im transformierten Modell) sowie dadurch, dass im Modell mit den transformierten Daten mehr signifikante Variablen auftreten.

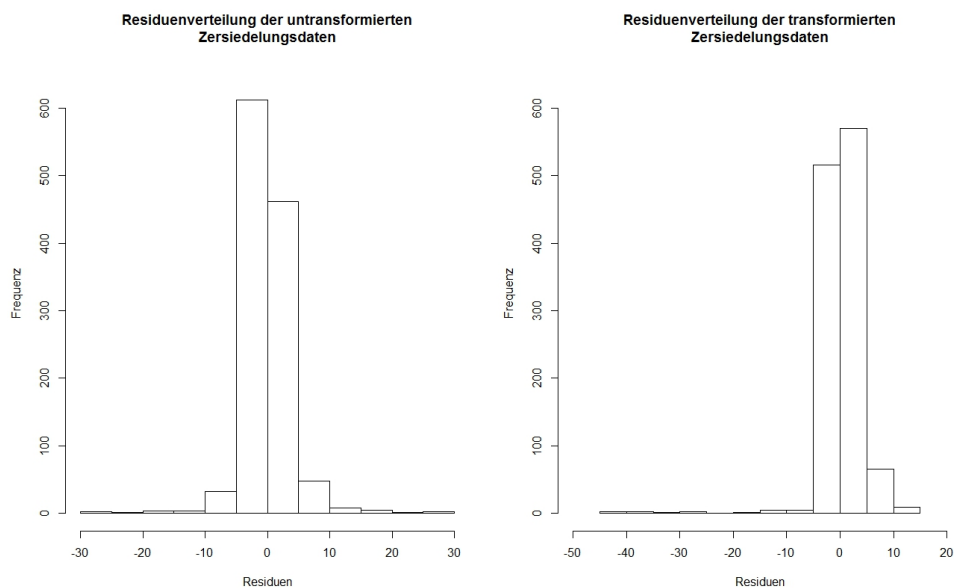


Abbildung 4: Residuenverteilungen der Modelle. Links: nicht transformierte Zersiedelungsdaten; rechts: transformierte Daten ($Z^{1/5}$).

In der Modellgüte, welche sich aus der erklärten Varianz der Daten (angepasstes D^2) ergibt, unterscheiden sich die Modelle mit den unterschiedlichen Datenverteilungen nur geringfügig. Das Modell der untransformierten Zersiedelungsdaten erklärt rund 65%, das Modell der transformierten Daten 76% der vorhandenen Varianz. Abbildung 4 zeigt die Residuenverteilungen der beiden gerechneten Modelle. Auf den ersten Blick sehen sich die Residuenverteilungen der Modelle relativ ähnlich. Beide sind annähernd normalverteilt und weisen daher keinen krassen “Trend“ auf. Es fällt jedoch auf, dass die Residuen der transformierten Daten mehr streuen und etwas schiefer verteilt sind als jene der nicht transformierten Daten. Aufgrund der besseren Verteilung der Residuen im Modell mit den untransformierten Daten wird dieses für die weiteren Berechnungen und regionalen sowie kommunalen Analysen angewendet.

4.2 Ergebnisse der Modellberechnungen und statistischen Auswertungen

4.2.1 Ausmass der Zersiedelung in der Schweiz, den biogeographischen Regionen und den Gemeindetypen

Die untersuchten 2356 Schweizer Gemeinden weisen eine Zersiedelung von 2.68 DSE/m² auf. Wie die Abbildung 5 zeigt, sind die Zersiedelungswerte für die unterschiedlichen Regionen und Gemeindetypen (siehe Abbildung 9) sehr unterschiedlich (vergleiche Anhang A.7). Das Mittelland weist im Vergleich der biogeographischen Regionen den mit Abstand höchsten Zersiedelungswert auf. Dies ist nachvollziehbar, befindet sich doch der grösste Anteil der Schweizer Siedlungsfläche, der Bevölkerung und der Arbeitsplätze in dieser Region (Schwick et al., 2010). Es fällt auf, dass die Zersiedelung vor allem in den gebirgigen Gebieten der Schweiz eher tief ist. Die Alpensüdflanke, welche vor allem das Tessin und die Bündner Südtäler umfasst, weist demgegenüber einen erstaunlich hohen Zersiedelungswert auf. Das Tessin ist geprägt vom gebirgigen Norden und dem städtisch anmutenden Süden, mit einigen grösseren Städten, was zu einer unterschiedlichen Verteilung der Siedlungsflächen führt (Schwick et al., 2010).

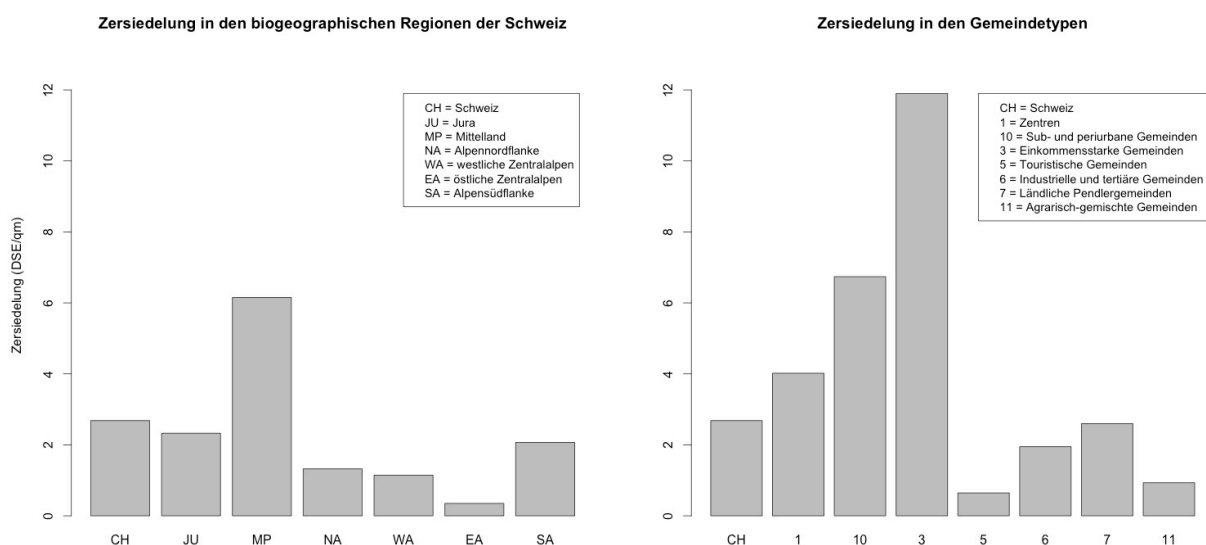


Abbildung 5: Die Abbildung zeigt die Zersiedelung der untersuchten biogeographischen Regionen (links) und Gemeindetypen (rechts).

Die Zersiedelung in der Schweiz unterscheidet sich nicht nur in den geographischen Regionen stark, sondern wie Abbildung 5 rechts zeigt, auch innerhalb der verschiedenen Gemeindetypen. Mit Abstand am stärksten zersiedelt sind die einkommensstarken, sub- und periurbanen Gemeinden sowie die Zentren. Heute leben und arbeiten rund 73 Prozent der Schweizer Bevölkerung in urbanen Regionen (BFS, 2013a). Der höhere Zersiedelungswert dieser Regionen ist daher leicht nachvollziehbar. Neben den eben genannten Gemeinden weisen die ländlichen Pendlergemeinden denn höchsten Zersiedelungswert auf, welcher knapp unter dem Schweizer Wert liegt (Abbildung 5, rechts).

Der Unterschied im Ausmass der Zersiedelung in den verschiedenen geographischen Regionen und Gemeindetypen zeigt, wie unterschiedlich die sozialen, politischen und landschaftlichen Strukturen in der Schweiz sind. Aufgrund der unterschiedlichen Zersiedelungswerte in den Regionen und Gemeindetypen kann erwartet werden, dass die Zersiedelung unterschiedlich erklärt werden kann und je nach Region und Gemeindetyp andere Einflussgrößen von Bedeutung sind. Mit den Modellen der biogeographischen Regionen und der Gemeindetypen wurde versucht, diese ausfindig zu machen. In den folgenden Unterkapiteln wird zuerst das gesamtschweizerische Referenzmodell präsentiert und im Anschluss die Modelle der biogeographischen Regionen und der Gemeindetypen vorgestellt.

4.2.2 Das Schweizer Referenzmodell

Das Referenzmodell wurde mit 17 Eingangsvariablen berechnet. Abbildung 6 zeigt den Modelloutput dieses Modells. Es enthält 13 Variablen, wovon elf mindestens auf dem 5 Prozent Niveau signifikant sind. Das Modell beschreibt die Zersiedelung der Schweiz mathematisch wie folgt:

$$\text{Zersiedelung} = 5.22 + 1.07 * \text{Steuerer}2008 + 0.26 * \text{Ant}_H.b3 + 0.22 * \text{Ant}_pm.00 + 0.22 * \text{ANT}_BIO.00 - 0.52 * \text{ANT}_S1.08 - 0.4 * \text{Ant}_Par.ge + 0.4 * \text{ant}_siedl_ - 0.36 * \text{fl}_ha_mU - 0.49 * \text{ant}_unv.3 - 1.07 * \text{E}_landw.13 + 3.26 * \text{Str}_dichte + 0.46 * \text{tech}_oek10 - 0.37 * \text{kon}_lib10.$$

```

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-27.3990  -1.4795  -0.2268   1.1949  27.4534

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  5.2170    0.1056  49.400 < 2e-16 ***
x.Steuerer08  1.0675    0.1283   8.320 2.44e-16 ***
x.Ant_H_b3    0.2601    0.1239   2.100 0.035930 *
x.Ant_pm_00   0.2221    0.1261   1.761 0.078525 .
x.ANT_BIO_00  0.2168    0.1517   1.430 0.153119
x.ANT_S1_08  -0.5185    0.1301  -3.986 7.15e-05 ***
x.Ant_Par_ge -0.4047    0.1105  -3.662 0.000261 ***
x.ant_siedl_  0.4002    0.1196   3.346 0.000847 ***
x.fl_ha_mU   -0.3594    0.1175  -3.060 0.002262 **
x.ant_unb_3  -0.4913    0.1400  -3.508 0.000469 ***
x.E_landw_13 -1.0718    0.1310  -8.182 7.23e-16 ***
x.Str_dichte  3.2552    0.1569  20.748 < 2e-16 ***
x.tech_oek10  0.4597    0.1598   2.878 0.004079 **
x.kon_lib10  -0.3742    0.1519  -2.464 0.013875 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Null deviance: 44020  on 1177  degrees of freedom
Residual deviance: 15293  on 1164  degrees of freedom
AIC: 6392.9

```

Abbildung 6: Modelloutput des Schweizer Gesamtmodells. Elf Variablen sowie auch der Intercept-Wert zeigen, mindestens auf dem 5 Prozent Niveau, einen signifikanten Zusammenhang mit den Zersiedelung.

Aus der Gruppe der Sozio-Ökonomie und Demographie zeigen die drei Variablen direkte Bundessteuer pro Steuerpflichtiger im Jahre 2008 (Steuerer08), Anteil an Haushalten mit drei oder weniger Personen (Ant_H_b3) sowie der Anteil an Beschäftigten im ersten Sektor (ANT_S1.08) einen signifikanten Zusammenhang mit der Zersiedelung. Der Steuerertrag sowie der Anteil an Beschäftigten im ersten Sektor sind mit p-Werten von $< 2^{-16}$ und $7,15^{-5}$ hoch signifikant. Der Anteil an Haushalten mit drei und weniger Personen ist mit einem Wert von 0.035 noch auf dem 5 Prozent Niveau signifikant. Die beiden sozio-ökonomischen Variablen Steuerer08 und Ant_H_b3 sind, wie anhand des Vorzeichens des Estimate-Wertes beziehungsweise des Regressionskoeffizienten zu sehen ist, positiv mit der Zersiedelung korreliert (Abbildung 6). Dies bedeutet, dass steigende Steuereinnahmen und grösser werdende Anteile an Haushalten mit drei oder weniger Personen die Zersiedelung fördern. Ein hoher Anteil an kleinen Haushalten, kann die Zersiedelung in zwei Hinsichten erhöhen. Einerseits ist der Flächenverbrauch pro Kopf in kleinen Haushalten tendenziell grösser als in Haushalten mit mehr Personen und andererseits entsteht durch kleinere Haushalte eine grössere Nachfrage nach Wohnraum. Der Anteil des Landwirtschaftssektors (ANT_S1.08) hat im Schweizer Modell einen negativen Einfluss auf die Zersiedelung. Je höher sein Anteil, desto geringer die Zersiedelung. Aus der Gruppe der Landnutzung und Naturraum sind im Modell fünf Variablen signifikant: Der Anteil an Park- und BLN-Flächen (Ant_Par_ge), der Anteil an bereits überbaubarer Bauzone (ant_siedl_), der Grösse an bewohnter Gemeindefläche mit Uferzugang (fl_ha_mU), der Anteil an nicht bebaubarer oder nur bedingt bebaubarer Gemeindefläche (ant_unb_3) sowie die Entwicklung der Landwirtschaftsfläche zwischen den Beobachtungszeiträumen der Arealstatistik 1979/85 und 2004/09 (E_land_13). Aus dieser Gruppe weist einzig der Anteil an überbaubarer Bauzonen eine positive Korrelation mit der Zersiedelung auf. Dies weist darauf hin, dass nicht nur zu gross eingezonte Bauzonen die Zersiedelung begünstigen, sondern, dass auch bereits zu einem grossen Teil überbaute Bauzonen die Zersiedelung fördern können. Der Anteil an Park- und BLN-Flächen, der Anteil an Gemeindefläche mit Uferzugang, der Anteil an nicht überbaubarer Fläche sowie die Entwicklung der Landwirtschaftsfläche stehen allesamt in negativem Zusammenhang mit der Zersiedelung. In Gemeinden mit einem grossen Anteil an diesen Flächen beziehungsweise mit einem geringen Rückgang an Landwirtschaftsland ist die Landschaftszersiedelung somit geringer. Diese Ergebnisse decken sich weitgehend mit den Resultaten der Studien von Brueckner (2000) und Burchfield et al. (2006), in welchen ähnliche Zusammenhänge gefunden werden konnten.

Die Strassendichte (Str_dichte) aus der Gruppe der Erschliessung und Strasseninfrastruktur ist im Schweizer Modell ebenfalls hoch signifikant. Sie hat mit einem Modell-estimate Wert von 3.26 den grössten Einfluss auf die Zersiedelung (Abbildung 6). Wie erwartet und in anderen Studien ebenfalls gefunden (vergleiche Bertiller et al. (2007); Frey (2012)), besteht zwischen Strassendichte und der Zersiedelung ein positiver Zusammenhang. Die letzten zwei Variablen im Modelloutput gehören zur politischen Gruppe. Es sind die Variablen der beiden politischen Gradienten einer technokratisch – ökologischen (tech_oek10) sowie konservativ – liberalen (kon_lib10) Einstellung (Abbildung 6). Die Regressionskoeffizienten dieser Variablen haben unterschiedliche Vorzeichen, was bedeutet, dass sie entgegengesetzte Effekte bezüglich der Zersiedelung aufweisen. Während die Konfliktlinie technokratisch-ökologisch ein positives Vorzeichen hat und das Modell somit für eine vermeintlich ökologische Einstellung eine erhöhte Zersiedelung vorhersagt, führt bei der Konfliktlinie konservativ-liberal eine liberale Haltung zu verminderter Zersiedelung.

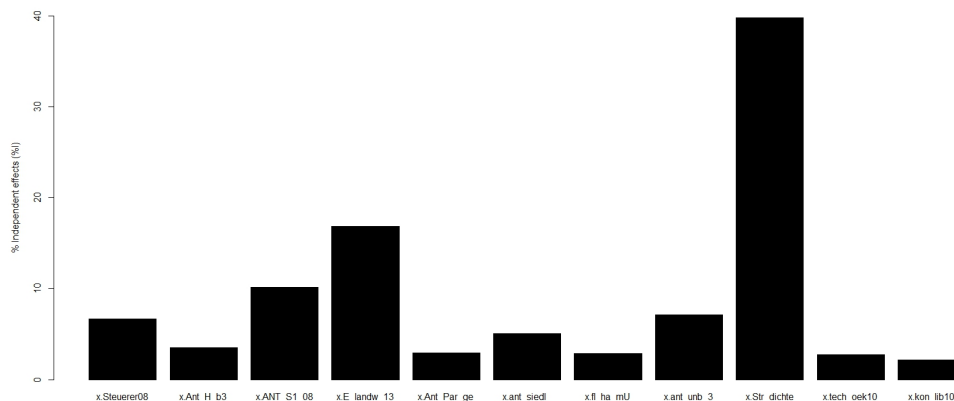


Abbildung 7: Erklärte Varianz (hier.part Analyse) der für das Schweizer Gesamtmodell signifikanten Modellvariablen. Abgebildet sind die unabhängigen Erklärungsanteile der elf im Modell signifikanten Variablen.

Abbildung 7 zeigt die unabhängigen Erklärungsanteile der signifikanten Variablen aus dem Schweizer Gesamtmodell (hier.part Analyse). Es fällt auf, dass zwei Variablen, die Strassendichte (Str_dichte) und die Entwicklung des Landwirtschaftslandes (E_landw_13) den weitaus grössten erklärenden Anteil an der vorhandenen Varianz aufweisen und somit wichtige Modellvariablen darstellen. Die beiden Variablen sind mit einem Pearson r von -0.51 miteinander korreliert (Anhang A.3). Nebst diesen zwei Variablen haben der Anteil des 1. Wirtschaftssektors (ANT_S1_08), die Steuereinnahmen (Steuerer08) sowie der Anteil an nicht bebaubarer Fläche (ant_unb_3) die grösste Erklärungskraft.

Prädikative Kraft des Modells

Für die Modellbildung beziehungsweise für die Modellvalidierung wurde der Datensatz halbiert. Abbildung 8 zeigt die Grafiken der Modellverifikation und -validierung anhand des Kalibrations- und Validierungsdatensatzes.

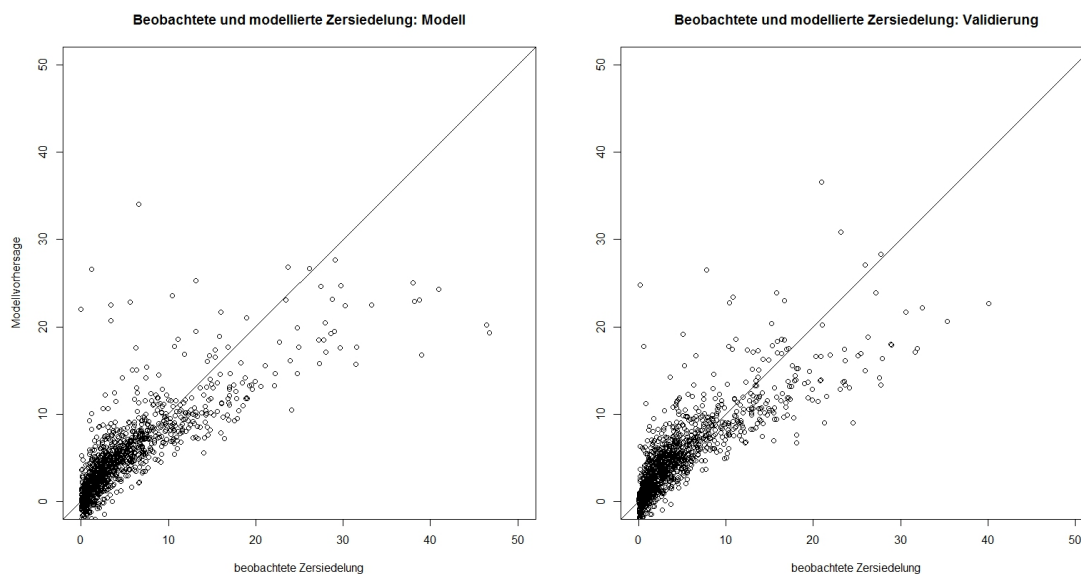


Abbildung 8: Verifikation und Validierung des Schweizer Gesamtmodells der Zersiedelung. Links: Verifikation der vorhergesagten Zersiedelung mit dem Kalibrationsdatensatz (1178 Gemeinden); rechts: Validierung der vorhergesagten Zersiedelung mit dem Validierungsdatensatz (1178 Gemeinden).

Das Modell weist einen angepassten D^2 -Wert von 0.65 und ein Bestimmtheitsmass R^2 von 63.9 Prozent auf. Die Validierung des Modells anhand des Validierungsdatensatzes zeigt mit Werten von 0.65 für D^2 und 64.76 Prozent für R^2 sehr gute Übereinstimmung mit dem Modell. Das Ergebnis der Modellvalidierung zeigt, dass das gewählte Modell für die Modellierung der Zersiedelung gut geeignet ist.

Für den Grossteil der Daten passt das Modell relativ gut und es erklärt rund 65 Prozent der vorhandenen Varianz. Wie in Abbildung 8 (links) jedoch ersichtlich wird, streut das Modell mit zunehmender beobachteter Zersiedelung. Das Modell weist zudem bei tiefen beobachteten Zersiedelungswerten einige Ausreisser auf, für welche das Modell die Zersiedelung deutlich überschätzt. Dies betrifft die Gemeinden Opfikon (suburbane Gemeinde), Rorschach (Zentrum), Schönenbuch (periurbane Gemeinde), Vevey (Zentrum), Saint-Sephorin (Lavaux) (ländliche Pendlergemeinde), Lancy (suburbane Gemeinde), Genf (Zentrum), Chêne-Bourg (suburbane Gemeinde), Paradiso (touristische Gemeinde) und Massagno (suburbane Gemeinde). Acht dieser zehn Gemeinden liegen im Mittelland und zwei, Paradiso und Massagno auf der Alpensüdseite. Ab einer beobachteten Zersiedelung von etwa 25-30 DSE/m² unterschätzt das Modell die Zersiedelung. Deutlich unterschätzt wird die Zersiedelung der Gemeinden Saint-Sulpice (einkommensstarke Gemeinde), Corseaux (einkommensstarke Gemeinde), Paudex (einkommensstarke Gemeinde), Beinwil am See (ländliche Pendlergemeinde), Gerlafingen (suburbane Gemeinde), Münchenstein (suburbane Gemeinde), Bottmingen (einkommensstarke Gemeinde), Magliaso (periurbane Gemeinde), Cologny (einkommensstarke Gemeinde) und Chêne-Bougeries (einkommensstarke Gemeinde). Neun der zehn unterschätzten Gemeinden sind Mittellandgemeinden, eine liegt im Tessin. Die Zersiedelung dieser Gemeinden (siehe Abbildung Anhang A.4) kann mit dem vorgestellten Modell nur ungenügend modelliert und vorhergesagt werden, was darauf hinweist, dass andere wichtige erklärende Faktoren fehlen. Für die restlichen 99 Prozent der Daten beziehungsweise Gemeinden vermag das Modell die Zersiedelung vernünftig vorherzusagen.

4.2.3 Zersiedelungsanalyse in den biogeographischen Regionen und Gemeindetypen der Schweiz

Neben dem oben vorgestellten Referenzmodell wurden weitere Modelle für die biogeographischen Regionen sowie für verschiedene Gemeindetypen gerechnet. Für die biogeographischen Regionen wurde die Grundeinteilung gemäss Gonseth et al. (2001) verwendet. Sie teilt die Schweiz in folgende sieben Regionen: Jura, Mittelland, Alpennordflanke, westliche Zentralalpen, östliche Zentralalpen und Alpensüdflanke (Abbildung 9, oben). Für die Gemeindetypologie wurde eine abgeänderte Variante der Gemeindetypologie nach Schuler et al. (2005) gewählt. Es wurden sieben Gemeindetypen benutzt, welche aus neun offiziellen Gemeindetypen aggregiert wurden. Folgende Gemeindetypen wurden für die Modelle verwendet: Zentren, sub- und periurbane Gemeinden (aggregiert), einkommensstarke Gemeinden, touristische Gemeinden, industrielle und tertiäre Gemeinden, ländliche Pendlergemeinden, agrar-gemischte sowie agrarische Gemeinden (aggregiert) (Abbildung 9, unten). Zudem wurden zwei Spezialfälle gewählt: Gemeinden mit einem BLN-Flächenanteil von über 50 Prozent beziehungsweise einem Moorflächenanteil von über 10 Prozent. Mit Hilfe dieser zwei Gemeindetypen soll untersucht werden, welche Einflussgrössen in Gemeinden mit einem relativ hohen Anteil an Natur- und Landschaftsschutzflächen wirken. Die Tabellen 10 bis 12 zeigen eine Übersicht der gerechneten Modelle. Die Modelle unterscheiden

sich bezüglich der getesteten Variablen. Tabelle 10 zeigt die GLM Modelle mit denselben 17 Variablen, welche für das gesamtschweizerische Referenzmodell verwendet wurden. In den Modellen der Tabelle 11 wurde der Variablensatz des Referenzmodells um sieben Variablen erweitert. Tabelle 12 zeigt Modelle mit teilweise hochkorrelierten Variablen (Bauz_gemfl, ant_sied_3, mean_oev und Ant_ges). Welche Variablen dazugekommen sind, kann Tabelle 9 entnommen werden. In den Spalten der Tabellen 10 bis 12 sind die jeweiligen Regionen beziehungsweise Gemeindetypen, in den Zeilen die getesteten Variablen aufgeführt. Die Variablen sind der besseren Übersicht halber thematisch geordnet.

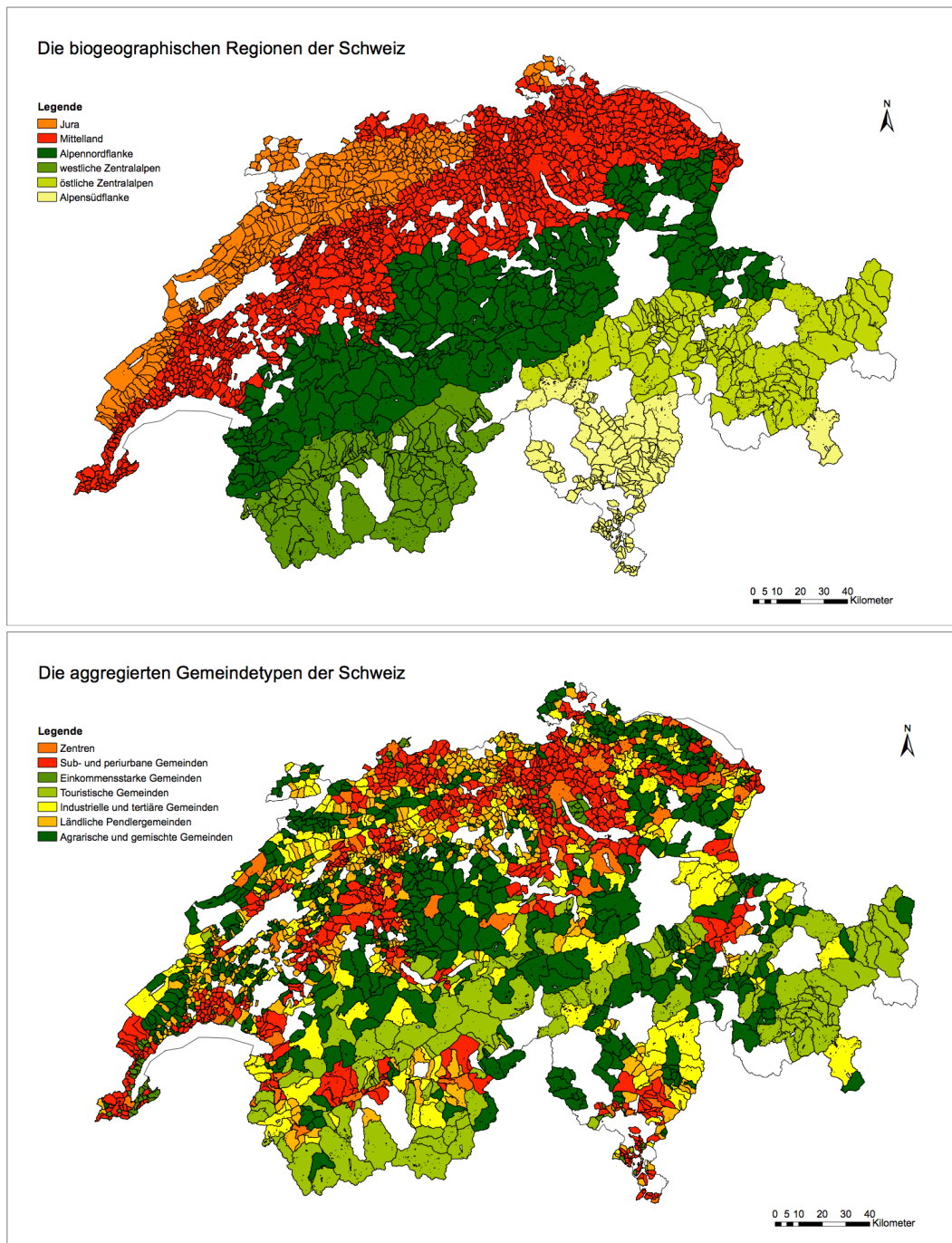


Abbildung 9: Oben: Die biogeographischen Regionen der Schweiz in ihrer Grundeinteilung. Unten: Angepasste Gemeindetypen nach der Gemeindetypologie des Bundesamtes für Statistik. Quellen: swissBOUNDARIES3D ©2013 swisstopo (5704000000) (Schweizer Landes- und Gemeindegrenzen), oben: Bundesamt für Umwelt (Die biogeographischen Regionen der Schweiz), unten: Bundesamt für Statistik (Gemeindetypologie (9)).

Anwendung des Variablensatzes des Schweizer Referenzmodells auf die biogeographischen Regionen und Gemeindetypen

Die GLM Modelle für die unterschiedlichen Regionen und Gemeindetypen zeigen ein relativ heterogenes Bild (Tabelle 10). Je nach Region beziehungsweise Gemeindetyp variiert der Modellfit D^2 zwischen 0.5 und 0.84. Das Bestimmtheitsmass R^2 liegt zwischen 39.7 – 80.2 Prozent, was zeigt, dass die Modelle die Zersiedelung nicht für alle Regionen und Gemeindetypen gleich gut zu erklären vermögen. Bei den biogeographischen Regionen schneidet der Jura mit einem R^2 von 59.5 Prozent am schlechtesten ab. Bei den Gemeindetypen weisen vier Gemeindetypen R^2 Werte von unter 50 Prozent auf (Tabelle 10). Die Zersiedelung wird hinsichtlich des Bestimmtheitsmasses R^2 in der Alpennordflanke und den westlichen Zentralalpen sowie in einkommensstarken Gemeinden und Gemeinden mit einem Moorflächenanteil von mehr als 10 Prozent am besten modelliert. Die RSME und MAE Werte aus der zehnfach Kreuzvalidierung liegen für alle Modelle relativ nahe beieinander, was darauf hinweist, dass keine grösseren Fehler in der Modellbildung aufgetreten sind. Alle Qualitätsmassen zusammen deuten an, dass bis auf einige Ausnahmen die Modelle die Zersiedelung hinreichend zu modellieren und vorhersagen vermögen. Die Modelle in Tabelle 10 zeigen, dass für die biogeographischen Regionen physisch-geographische Variablen aus der Gruppe der Landnutzung und Naturraum tendenziell häufiger signifikant sind als sozio-ökonomische Variablen. Aus der Gruppe der sozio-ökonomischen Variablen sind die Steuern (Steuerer08) sowie der Anteil an kleinen Haushalten (Ant_H_b3) positiv mit der Zersiedelung korreliert, jedoch nur in zwei biogeographischen Regionen signifikant. Das Bildungsniveau (ANT_BIB_00 und ANT_BIO_00) ist ebenfalls nur in zwei Regionen signifikant und zeigt dort einen negativen Zusammenhang mit der Zersiedelung. Die Wirtschaftsstruktur (ANT_S1_08 und ANT_S2_08) hat im Modell des Jura und Mittellandes einen negativen (erster Sektor) und im Modell der westlichen Zentralalpen einen positiven (zweiter Sektor) Effekt auf die Zersiedelung. Aus der Gruppe Landnutzung und Naturraum sind die Entwicklung der Landwirtschaft (E_landw_13) und der Anteil an nicht bebaubarer Fläche (ant_unb_3) in vier von sechs Regionen signifikant und negativ mit der Zersiedelung korreliert. Die Entwicklung des Landwirtschaftslandes sowie auch der Anteil an Beschäftigten im ersten Sektor zeigen einmal mehr die Wichtigkeit der Landwirtschaft als Erhalterin von offenem Kulturland auf. Alle Modelle, in welchen die Entwicklung des Landwirtschaftslandes signifikant ist, zeigen mit abnehmendem Landwirtschaftsland eine Erhöhung der Zersiedelung an. Burchfield et al. (2006) konnten in ihrer US-Studie zeigen, dass eine hügelige, heterogene Landschaft die zersiedelte Besiedelung fördern kann. Wie die Ergebnisse zeigen, hat die heterogene Topographie einer Gemeinde, ausgedrückt durch den Anteil an hügeliger Fläche (ant_gemfl), je nach biogeographischer Region unterschiedliche Effekte auf die Zersiedelung (Tabelle 10). Im Mittelland sowie in den westlichen Zentralalpen scheint eine hügelige Landschaft eher zersiedelt zu werden als beispielsweise in den östlichen Zentralalpen, wo eine hügelige Landschaft zu tieferer Zersiedelung führt. Ähnlich verhält es sich mit dem Anteil an Ufer (fl_ha_mU) und der Märzstrahlung im Gebiet der Bauzonen (bauz_rmarch), für welche kein allgemeiner Trend festgestellt werden kann. In drei von sechs biogeographischen Regionen weist die Bauzonenattraktivität bezüglich Sonneneinstrahlung einen Effekt auf die Zersiedelung auf. Während sie im Mittelland einen negativen Zusammenhang aufweist, ist sie für die westlichen und südlichen Alpen positiv, was mit der Topologie der Regionen zusammenhängen könnte.

Tabelle 10: GLM Modelle der untersuchten biogeographischen Regionen und Gemeindetypen der Schweiz. Die Tabelle zeigt signifikante Variablen und die Richtung des Regressionskoeffizienten (Vorzeichen +/-) für die jeweiligen Region bzw. für den jeweiligen Gemeindetyp. nM bedeutet, dass die betroffene Variable nicht im Modell vorkommt und ns, dass sie nicht (mindestens auf dem 5 Prozent Niveau) signifikant ist. Unter der Tabelle sind einige Qualitätsparameter der Modelle (RMSE, MAE, R^2 , angepasstes (adj.) D^2) angegeben.

	Schweiz N = 1178	Biogeographische Regionen										Gemeindetypen										BLN Anteil an Gemeinde- fläche > 50% N=222	Moore Anteil an Gemeinde- fläche > 10% N=76
		Jura N=392	Mittelland N=1276	Alpennordflanke N=294	westliche Zentralalpen N=115	östliche Zentralalpen N=125	Alpenostflanke N=155	Zentren N=61	sub- und peripher N=709	einkommens- stark N=84	touristisch N=126	industriell und tertiär N=277	ländliche Pendl- gemeinden N=492	agrarisch-gemisch N=608	Anteil an Gemeinde- fläche > 50% N=222	Anteil an Gemeinde- fläche > 10% N=76							
Steuerer08	+	nM	+	ns	ns	nM	nM	+	ns	nM	nM	nM	nM	ns	ns	nM	ns						
Ant_H_b3	+	ns	+	+	nM	nM	nM	nM	+	nM	nM	nM	+	nM	+	nM	nM						
Ant_pmi_00	ns	-	+	nM	nM	ns	+	+	ns	nM	+	+	+	+	+	nM	nM						
Ant_BIB_00	nM	nM	+	nM	nM	ns	+	nM	+	nM	+	+	+	+	+	nM	nM						
Ant_BIO_00	ns	nM	+	nM	nM	ns	+	+	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM						
ANT_S1_08	-	-	-	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM						
ANT_S2_08	nM	nM	nM	+	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM						
E_ländw_13	-	-	-	nM	-	ns	nM	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	nM						
ant_umb_3	-	-	ns	-	nM	-	nM	-	nM	-	nM	-	nM	-	nM	-	nM						
ant_stedl_	+	ns	ns	+	nM	nM	nM	+	ns	ns	ns	+	+	+	+	+	nM						
Ant_Pur_gg	-	-	-	nM	ns	nM	nM	-	ns	nM	-	-	-	-	nM	-	nM						
ant_gemfl	nM	+	+	+	nM	ns	+	+	ns	ns	ns	nM	nM	nM	nM	nM	nM						
fl_ba_mU	-	-	+	nM	nM	ns	nM	ns	ns	ns	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM						
bauz_rmaeh	nM	ns	+	+	nM	+	+	+	ns	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM						
Str_dichte	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						
tech_ock10	+	+	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM						
kon_lib10	-	-	nM	ns	+	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM						
Qualitätsmasse der Modelle																							
RMSE	3.67	2.27	3.92	1.37	0.66	4.89	1.72	0.66	0.66	4.35	4.91	3.2	1.4	2.3	1.11	2.26	1.35						
MAE	2.2	1.5	2.5	0.89	0.45	2.98	1.08	0.45	0.45	3	3.84	1.35	1.01	1.52	0.76	1.48	0.94						
R^2	63.92	59.51	60.05	73.92	66.7	70.98	77.37	66.7	66.7	57.26	79.02	39.69	58.88	46.3	51.38	48.54	80.2						
adj. D^2	0.65	0.63	0.61	0.77	0.73	0.76	0.82	0.73	0.73	0.59	0.82	0.66	0.63	0.5	0.55	0.55	0.84						

+/- Richtung der Beeinflussung
ns: nicht signifikant
nM: Variable nicht im Modell

Tabelle 11: GLM Modelle der untersuchten biogeographischen Regionen und Gemeindetypen der Schweiz. Die Tabelle zeigt signifikante Variablen und die Richtung des Regressionskoeffizienten (Vorzeichen +/-) für die jeweiligen Region bzw. für den jeweiligen Gemeindetyp. nM bedeutet, dass die betroffene Variable nicht im Modell vorkommt und ns, dass sie nicht (mindestens auf dem 5 Prozent Niveau) signifikant ist. Unter der Tabelle sind einige Qualitätsparameter der Modelle (RMSE, MAE, R^2 , angepasstes (adj.) D^2) angegeben. Gegenüber der Tabelle 10 wurden sieben weitere Variablen in die Modellberechnungen aufgenommen (blau hinterlegt).

	Biogeographische Regionen										Gemeindetypen							BLN	Moore
	Schweiz	Jura	Mittelland	Alpenordfranke	westliche Zentralalpen	östliche Zentralalpen	Alpensüdfranke	Zentren	sub- und perurban	einkommensstark	touristisch	industriell und ländlich	ländliche Pendlergemeinden	agrarsisch-gemischt	Anteil an Gemeindefläche > 50%	Anteil an Gemeindefläche > 10%			
neu	N=1178	N=392	N=1276	N=294	N=115	N=125	N=155	N=61	N=709	N=84	N=126	N=277	N=492	N=608	N=222	N=76			
Steuer08	+	ns	+	ns	ns	nM	ns	-	nM	nM	nM	ns	nM	ns	nM	nM			
Ant_H_b3	nM	nM	nM	ns	nM	nM	nM	-	nM	ns	nM	ns	nM	nM	nM	ns			
LOGIERN_00	-	-	-	ns	nM	nM	-	nM	ns	nM	nM	ns	nM	nM	nM	nM			
ant_einf_0	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM			
delta_00_10	-	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM			
ANT_ALT_00	+	ns	+	+	nM	+	nM	+	+	+	+	nM	nM	nM	ns	ns			
ANT_ERWA_0	nM	nM	nM	+	nM	nM	nM	+	nM	+	ns	ns	nM	nM	nM	nM			
Ant_fm_00	+	nM	+	nM	nM	+	+	+	+	+	+	ns	nM	ns	nM	nM			
ANT_BB_00	+	nM	nM	nM	-	nM	nM	nM	ns	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM			
ANT_BIO_00	nM	-	nM	nM	-	nM	nM	-	nM	nM	-	ns	nM	nM	nM	nM			
ANT_SL_08	ns	nM	nM	nM	nM	nM	nM	-	-	+	nM	nM	nM	+	nM	nM			
ANT_S2_08	nM	ns	ns	nM	nM	nM	nM	-	nM	nM	nM	ns	nM	nM	nM	nM			
E_Siedl_13	nM	nM	nM	nM	nM	ns	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	-	nM	nM			
E_Landw_13	-	+	nM	nM	nM	-	nM	+	+	ns	-	ns	nM	nM	nM	nM			
ant_umb_3	-	nM	-	nM	nM	nM	-	nM	nM	nM	nM	-	nM	-	nM	nM			
Bauz_gemfl	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
ant_siedl_	+	+	+	+	+	+	nM	nM	ns	+	nM	+	+	+	nM	nM			
Ant_par_ge	-	nM	-	-	nM	-	ns	nM	ns	nM	nM	-	-	-	nM	nM			
ant_gemfl	nM	nM	nM	nM	nM	ns	ns	nM	ns	nM	nM	ns	nM	-	nM	nM			
fl_ha_mU	nM	-	+	nM	ns	-	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	ns	ns			
bauz_rmarch	nM	-	-	nM	+	-	ns	nM	nM	nM	nM	nM	ns	-	nM	nM			
Str_dichte	+	ns	+	+	nM	+	nM	nM	+	+	-	nM	nM	+	-	+			
tech_ock10	+	ns	+	nM	nM	nM	nM	nM	+	nM	+	+	+	+	ns	+			
kon_fib10	-	nM	-	nM	ns	ns	nM	nM	ns	nM	nM	nM	-	+	nM	nM			

Qualitätsmasse der Modelle	RMSE	MAE	R^2	adj. D^2
	3.22	1.73	72.22	0.76
	1.35	0.88	85.75	0.88
	3.43	2.02	69.47	0.71
	0.93	0.61	88.01	0.89
	0.93	0.61	88.01	0.89
	4.45	2.48	76.01	0.81
	3.92	3.05	58.3	0.72
	0.51	0.36	79.69	0.84
	0.51	0.36	79.69	0.84
	4.45	2.48	76.01	0.81
	3.85	2.42	66.42	0.68
	3.27	2.57	90.65	0.92
	2.19	1.19	71.6	0.85
	1.56	1.11	74.21	0.78
	1.52	1.07	76.21	0.78
	0.97	0.68	62.97	0.65
	1.34	0.98	82.03	0.85
	1.07	0.77	87.41	0.91

+/- Richtung der Beeinflussung
 ns: nicht signifikant
 nM: Variable nicht im Modell

Tabelle 12: GLM Modelle der untersuchten biogeographischen Regionen und Gemeindetypen der Schweiz. Die Tabelle zeigt signifikante Variablen und die Richtung des Regressionskoeffizienten (Vorzeichen +/-) für die jeweiligen Region bzw. für den jeweiligen Gemeindetyp. nM bedeutet, dass die betroffene Variable nicht im Modell vorkommt und ns, dass sie nicht (mindestens auf dem 5 Prozent Niveau) signifikant ist. Unter der Tabelle sind einige Qualitätsparameter der Modelle (RMSE, MAE, R^2 , angepasstes (adj.) D^2) angegeben. Die Tabelle ist gegenüber der Tabelle 10 um vier Variablen erweitert (blau hinterlegt).

neu	Biogeographische Regionen										Gemeindetypen					BLN		Moore
	Schweiz N=1178	Jura N=392	Mittelland N=1276	Alpennordflanke N=294	westliche Zentralalpen N=115	östliche Zentralalpen N=125	Alpensüdflanke Zentren N=61	sub- und peripher N=709	einkommens- stark N=84	touristisch N=126	industriell und tertiär N=277	ländliche Pendler- gemeinden N=492	agrarisch-gemischt N=608	Anteil an Gemeinde- fläche > 50% N=222	Anteil an Gemeinde- fläche > 10% N=76			
Steuer08	+	nM	+	-	nM	nM	-	nM	nM	nM	nM	nM	nM	ns	ns			
Ant_H_b3	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	ns	nM	nM	+	nM	ns	ns			
Ant_pm_00	+	ns	+	+	+	+	+	+	+	nM	ns	ns	nM	ns	ns			
Ant_BIB_00	+	nM	+	nM	ns	nM	+	+	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM			
ANT_BIO_00	nM	+	nM	nM	+	-	-	nM	-	nM	nM	nM	nM	nM	nM			
ANT_S1_08	nM	nM	nM	nM	nM	nM	-	+	nM	nM	nM	+	ns	ns	ns			
ANT_S2_08	nM	ns	ns	-	nM	nM	-	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM	nM			
ant_sied_3	+	+	+	+	+	nM	ns	+	+	+	+	+	ns	+	+			
E_landw_13	nM	+	+	nM	ns	nM	ns	nM	-	nM	nM	nM	nM	nM	nM			
ant_umb_3	nM	+	nM	-	ns	nM	-	+	-	-	-	-	nM	nM	nM			
Bauz_gemfl	+	+	+	+	+	+	ns	+	+	+	+	+	+	+	ns			
ant_sied_1	+	+	+	+	ns	+	nM	+	nM	+	+	+	+	nM	ns			
Anteil_ges	nM	+	-	nM	ns	nM	nM	ns	nM	+	ns	-	nM	nM	nM			
Ant_Par_ge	-	nM	nM	ns	ns	nM	ns	nM	nM	-	-	-	nM	nM	nM			
ant_gemfl	nM	ns	nM	nM	nM	ns	nM	nM	nM	ns	nM	-	-	nM	nM			
fl_ba_mLU	-	-	-	nM	-	-	nM	nM	nM	ns	nM	nM	-	nM	nM			
bauz_rmarch	nM	-	-	nM	+	-	+	nM	nM	nM	+	-	nM	nM	nM			
Str_dichte	nM	-	nM	nM	-	+	nM	+	-	-	nM	+	ns	+	+			
mean_oev	nM	ns	-	ns	nM	ns	nM	nM	nM	nM	-	nM	-	-	-			
tech_cek10	+	+	nM	nM	nM	nM	+	nM	ns	+	+	+	nM	+	+			
kon_lib10	-	nM	-	ns	-	ns	nM	nM	nM	ns	-	-	nM	nM	nM			
Qualitätsmasse der Modelle																		
RMSE	3.11	1.28	3.52	0.81	0.93	0.53	4.24	3.08	1.89	1.4	1.53	0.94	1.29	1.06	1.06			
MAE	1.72	0.9	2.08	0.55	0.63	0.37	2.42	2.45	1.04	1.01	1.06	0.66	0.9	0.78	0.78			
R ²	74.1	87.11	67.69	91.02	93.29	78.67	78.16	91.71	79.03	79.33	76.12	64.74	83.38	87.97	87.97			
adj. D ²	0.75	0.88	0.69	0.92	0.95	0.83	0.81	0.93	0.88	0.82	0.78	0.67	0.85	0.91	0.91			

+/- Richtung der Beeinflussung
 ns: nicht signifikant
 nM: Variable nicht im Modell

BLN- und Parkflächen zeigen in drei Regionen einen negativen Zusammenhang mit der Zersiedelung. Obwohl die politische Verbindlichkeit von Landschaftsinventaren wie den BLN-Flächen und den Parks kleiner ist als beispielsweise jene von Biotopinventaren, scheinen Gemeinden mit einem grossen Anteil an BLN- und Parkflächen eine niedrigere Zersiedelung aufzuweisen. Die siedlungsbezogenen Variablen `ant_siedl_` (Siedlungsanteil an Bauzonen) und `Str_dichte` (Strassendichte) zeigen beide eine positive Korrelation mit der Zersiedelung. Die Strassendichte ist in allen Regionen signifikant, was ihren grossen Einfluss auf die Siedlungsentwicklung und Zersiedelung unterstreicht. Die zwei Variablen der politischen Gruppe I vermögen auf der Ebene der biogeographischen Regionen nur vereinzelt zur Erklärung der Zersiedelung beizutragen. Im Mittelland zeigen beide politischen Konfliktlinien einen signifikanten Effekt, in den östlichen Zentralalpen die konservativ-liberale Konfliktlinie. Die politische Landschaft scheint in den biogeographischen Regionen zu heterogen zu sein, als dass die politische Einstellung die Zersiedelung zu erklären vermag.

Die Modelle der Gemeindetypen in Tabelle 10 zeigen bezüglich signifikanter Variablen einen relativ deutlichen Trend entlang des folgenden Zentralitätsgradienten: So kommen die signifikant korrelierenden Einflussgrössen der Zersiedelung in Zentren sowie sub- und periurbanen Gemeinden vor allem aus der sozio-ökonomischen und demographischen Gruppe, während sie in ländlichen Pendlergemeinden und agrarisch-gemischten Gemeinden grösstenteils aus der Gruppe Landnutzung und Naturraum kommen. Die einkommensstarken und touristischen Gemeinden fallen dabei etwas aus der Reihe. Eine Erklärung dafür könnte sein, dass einkommensstarke Gemeinden oft in der Nähe von Zentren liegen und von diesen beeinflusst werden können. Im Modell der touristischen Gemeinden, welches mit einem R^2 von knapp 39.7 Prozent am schlechtesten abschneidet, zeigen sich nur gerade drei Variablen als signifikant: Der Anteil an Beschäftigten, welche das Auto oder Motorrad benutzen (`Ant_pm_00`), die Entwicklung der Landwirtschaftsflächen (`E_landw_13`) sowie die Strassendichte (`Str_dichte`). Der tiefe R^2 -Wert weist darauf hin, dass ein grosser Teil der Varianz unerklärt bleibt, die Vorhersagekraft des Modells eher gering ist und daher noch andere, in diesem Modell nicht untersuchte, Gründe der Zersiedelung vorhanden sein müssen.

Aus der sozio-ökonomischen und demographischen Gruppe kommt die Variable des Anteils an Auto- und Motorradbenutzern (`Ant_pm_00`) mit Ausnahme der einkommensstarken Gemeinden und den ländlichen Pendlergemeinden in allen Gemeindetypen vor und ist positiv mit der Zersiedelung korreliert (Tabelle 10). Gemeinden mit einem hohen Anteil an Autofahrern sind somit tendenziell stärker zersiedelt als Gemeinden mit kleineren Anteilen. In den Zentren sowie den sub- und periurbanen Gemeinden zeigen sich das Bildungsniveau (`ANT_BIB_00` und `ANT_BIO_00`) und die Wirtschaftsstruktur als signifikant erklärende Variablen der Zersiedelung. In ländlicheren Gemeinden hat der Anteil des ersten Sektors (`ANT_S1_08`) eine negative Korrelation mit der Zersiedelung. Dies zeigt, dass Gemeinden mit einem zunehmenden Anteil an Beschäftigten im ersten Sektor eine geringere Zersiedelung aufweisen. Ansonsten wird die Zersiedelung der peripheren Gemeinden vor allem von physisch-geographischen Variablen aus der Gruppe Landnutzung und Naturraum erklärt. Ähnlich wie bereits bei den biogeographischen Regionen gesehen, zeigen die Landnutzungsvariablen (Entwicklung der Landwirtschaftsfläche und nicht bebaubare Fläche) einen negativen Zusammenhang mit der Zersiedelung. Die BLN- und Parkflächen, welche bereits in den biogeographischen Regionen einen negativen Zusammenhang

mit der Zersiedelung aufwiesen, zeigen diesen auch in einigen der Gemeindetypen. Mit Ausnahme der Zentren und der touristischen Gemeinden scheint der Anteil an Landschaftsschutzflächen einen verminderten Einfluss auf die Zersiedelung zu haben (Tabelle 10). Anders als bei den Modellen der biogeographischen Regionen, erweisen sich die politischen Variablen auf der Ebene der Gemeinden etwas häufiger signifikant. Wo sie signifikant sind, zeigt der technokratisch – ökologische Gradient einen interessanterweise positiven, der konservativ – liberale Gradient einen negativen Zusammenhang mit der Zersiedelung der Gemeinden.

Im Modell der Gemeinden mit einem Anteil BLN- und Parkflächen von über 50 Prozent an der Gemeindefläche kommt die Variable des Anteils an BLN- und Parkflächen (*Ant_Par_ge*) interessanterweise nicht vor. Die BLN- und Parkflächen in diesen Gemeinden können somit keinen Beitrag zur Erklärung des vorhandenen Ausmasses der Zersiedelung leisten. Die Zersiedelung kann hier gleichermassen durch sozio-ökonomische wie auch naturräumliche Faktoren erklärt werden. Die Zersiedelung in den Gemeinden mit einem Moorflächenanteil von mehr als 10 Prozent wird im Modell durch lediglich drei Variablen erklärt (Tabelle 10). Wie bereits bei den Gemeinden mit hohem BLN- und Parkflächenanteil beeinflusst in diesen Gemeinden ein zunehmender Anteil an Ufer (*fl_ha_mU*) die Zersiedelung positiv. Zudem weisen in beiden Gemeindetypen die Strassendichte (*Str_dichte*) sowie die politische Konfliktlinie technokratisch – ökologisch (*tech_oek10*) einen positiven Zusammenhang mit der Zersiedelung auf.

Erweiterte Modelle und Modellvergleich

Die Tabellen 11 und 12 zeigen Modellberechnungen mit – gegenüber dem Referenzmodell – erweiterten Variablenansätzen. Einige Variablen wurden im Referenzmodell aufgrund der Vorauswahl weggelassen, da sie beispielsweise mit anderen verwendeten Variablen korrelieren oder ihre Erklärungskraft aufgrund der hier.part Analyse geringer ist. Unter ihnen sind aber einige interessante Variablen, vor allem sozio-ökonomische und demographische, welche je nach Gemeindetyp aussagekräftige Ergebnisse liefern könnten. Die Modelle in Tabelle 11 wurden daher mit folgenden Variablen (gegenüber den 17 Variablen des Referenzmodells) erweitert: der Anzahl Logiernächte (*LOGIERN_00*), dem Anteil an Einfamilienhäusern (*ant_einf_0*), der Bevölkerungsentwicklung zwischen 2000 und 2010 (*delta_00_10*), dem Anteil an über 60 Jährigen der Bevölkerung (*ANT_ALT_00*), dem Anteil an pendelnden Beschäftigten (*ANT_ERWA_0*), der Siedlungsentwicklung zwischen 1979/85 und 2004/09 (*E_Siedl_13*) und dem Bauzonenanteil an der Gemeindefläche (*Bauz_gemfl*). Die Modelle in Tabelle 12 sind erweitert durch die Variablen: Anteil Siedlungsfläche der Gemeindefläche (*ant_sied_3*), Bauzonenanteil an der Gemeindefläche (*Bauz_gemfl*), Anteil an BLN-, Park- und Inventarflächen (*Ant_ges*) und durchschnittliche Reisezeit zu verschiedenen wichtigen Dienstleistungen mit dem öV (*mean_oev*). Die in Tabelle 12 hinzugefügten Variablen sind teilweise hoch mit einander korreliert (siehe Anhang A.3). So weisen beispielsweise die Anteile an Bauzonen und Siedlungsfläche pro Gemeinde eine hohe Korrelation untereinander auf. Zudem sind beide mit der Strassendichte, der öV Reisezeit sowie mit der Entwicklung der Landwirtschaftsfläche korreliert (Pearson $r < -0.5$ bzw. > 0.5). Von den vorwiegend sozio-ökonomischen und demographischen Variablen, welche in den Modellen in Tabelle 11 dazugekommen sind, weisen zwei Variablen, die Anzahl Logiernächte und der Anteil an über 60 Jährigen, hohe Korrelationen mit der Uferfläche beziehungsweise mit dem Anteil an

kleinen Haushalten auf. Die Erweiterung des Variablensatzes führt zu teilweise deutlich verbesserten Modellen. Die Modelle in Tabelle 11 und 12 verbessern sich gegenüber den Modellen des Referenzvariablensatzes, bezüglich der erklärten Varianz D^2 für die biogeographischen Regionen im Durchschnitt um 16.9 Prozent und 17.6 Prozent beziehungsweise um 24.4 Prozent für die Gemeindetypen. Das Schweizer Modell verbessert sich um 16.9 Prozent (Tabelle 11) beziehungsweise 15.4 Prozent (Tabelle 12).

Die sozio-ökonomischen Variablen der Erweiterung in Tabelle 11 vermögen vor allem auf Ebene der biogeographischen Regionen sowie im gesamtschweizerischen Modell einen Teil der vorhandenen Zersiedelung zu erklären. Die Anzahl Logiernächte zeigt in einigen biogeographischen Regionen einen negativen Effekt auf die Zersiedelung, was auf die flächensparende Beherbergungsform der Hotellerie hindeutet. Demgegenüber werden Einfamilienhäuser oft als einer der wichtigsten Treiber der Zersiedelung genannt, da sie pro Kopf verhältnismässig viel Platz verbrauchen. Mit der Variable Anteil Einfamilienhäuser am Gesamtwohnungsbestand im Jahre 2000 (`ant_einf_0`) wurde dieser Zusammenhang untersucht. Die Modelle zeigen, dass der Einfamilienhausanteil nur im Mittelland zur Erklärung der Zersiedelung beiträgt. In allen anderen biogeographischen Regionen und Gemeindetypen ist die Variable erstaunlicherweise nicht signifikant. In die erweiterten Modelle der Tabelle 11 wurden zwei demographische Variablen, die Bevölkerungsentwicklung (`delta_00_10`) und der Anteil an über 60 Jährigen (`ANT_ALT_00`), integriert. Die Bevölkerungsentwicklung zeigt sich in drei Modellen, darunter im Schweizer, signifikant und negativ mit der Zersiedelung korreliert. Dieser Befund kann darauf hinweisen, dass in einigen Regionen bereits eine gewisse Verdichtung im Gange ist oder die Ausnutzungsdichte erhöht werden konnte. Analysen des Bundesamtes für Statistik (2010) haben für einige Kantone ähnliche Trends ergeben, womit das hiesige Ergebnis bestärkt werden kann. Der Anteil an über 60 Jährigen zeigt sowohl in einigen biogeographischen Regionen als auch in unterschiedlichen Gemeindetypen einen die Zersiedelung erhöhenden Effekt (Tabelle 11). Dies kann möglicherweise auf veränderte Wohnansprüche oder -konstellationen im Alter zurückgeführt werden.

Verschiedene Studien (vergleiche z. B. Brueckner (2000); Burchfield et al. (2006); Ewing (1997); Mann (2009)) haben einen Zusammenhang zwischen der Pendeltätigkeit und der zerstreuten Besiedelung gefunden. Dieser Zusammenhang kann mit den gerechneten Modellen in Tabelle 11 teilweise bestätigt werden. Die Variable `ANT_ERWA_0`, welche den Anteil an pendelnden Arbeitnehmern beschreibt, zeigt in zwei biogeographischen Regionen sowie in zwei Gemeindetypen einen signifikanten, positiven Zusammenhang mit der Zersiedelung.

In den Modellen der Tabelle 11 wurden zwei neue Variablen aus der Gruppe der Landnutzung und Naturraum untersucht. Zum einen ist dies die Entwicklung der Siedlungsfläche zwischen 1979/85 und 2004/09 (`E_Siedl_13`) und zum anderen die Grösse der Bauzonen der Gemeinden (`Bauz_gemfl`). Die Auswertung zeigt, dass die Zersiedelung durch die Siedlungsentwicklung per se nicht erklärt werden kann. Einzig in agrarisch gemischten Gemeinden ist die Variable signifikant, zeigt jedoch entgegen der Erwartung einen negativen Zusammenhang mit der Zersiedelung. Demgegenüber zeigt die Bauzonengrösse ein deutliches Bild. Sie ist durchgehend in allen Modellen signifikant und wirkt, wie erwartet, zersiedelungsfördernd. Grosse Bauzonen können somit indirekt die Chance einer zersiedelten Siedlungsentwicklung erhöhen. Die Auswertung hat jedoch ebenfalls gezeigt, dass bereits überbaute Bauzonen die Zersiedelung erhöhen, was darauf schliessen lässt, dass vor allem die Überbauungsart beziehungsweise die Überbauungsdichte eine

Rolle spielt und nicht zwingend der zur Verfügung stehende Bauraum per se. Es gilt zu beachten, dass die Grösse der Bauzonen relativ hoch mit der Strassendichte (Pearson $r = 0.86$) und der Entwicklung der Landwirtschaftsflächen (Pearson $r = -0.6$) korreliert ist. Das hat zur Folge, dass die Modelle zufällig die eine oder die andere korrelierte Variable enthalten können. Sind mehrere der korrelierten Variablen enthalten, so weist dies darauf hin, dass sie einen genügend hohen Anteil der Varianz erklären und somit trotz Korrelation im Modell bleiben. Diese Variablen sollten somit nicht isoliert analysiert sondern vielmehr als Gruppe betrachtet und interpretiert werden. Dies gilt es vor allem in den Modellen der Tabelle 12 zu beachten. Hier wurden gegenüber den Referenzmodellen vier Variablen mehr untersucht, welche alle eine hohe Korrelation mit anderen Variablen im Modell aufweisen. Da diese vier Variablen, namentlich die Bauzonengrösse (Bauz_gemfl), der Anteil Siedlungsfläche pro Gemeinde 2004/09 (ant_sied_3), der Gesamtanteil an BLN-, Park- und Inventarflächen (Ant_ges) sowie die Reisezeit mit dem öV zu wichtigen Dienstleistungen (mean_oev), relativ hohe Erklärungsanteile (gemäss hier.part-Analyse) gegenüber der Zersiedelung aufweisen, wurden sie gutachterlich in eine Modellsreihe aufgenommen. Tabelle 12 zeigt die Modelle mit diesen korrelierten Variablen.

Die Modelle zeigen, dass die siedlungsbezogenen Variablen Bauz_gemfl und ant_sied_3 grösstenteils signifikant sind und einen positiven Zusammenhang mit der Zersiedelung haben. Die Zersiedelung nimmt in den meisten biogeographischen Regionen sowie auch in den Gemeindetypen mit steigendem Anteil an Bauzonen und Siedlungsfläche zu. In den Zentren sowie in den sub- und periurbanen Gemeinden vermag die Siedlungsfläche die Zersiedelung interessanterweise nicht zu erklären, die Variable ist nicht signifikant. Die Variable Ant_ges, welche den Landschafts- und Naturschutz repräsentiert und die Anteile an BLN-, Park- und Inventarflächen bezeichnet, kann laut den Modellen in Tabelle 12 unterschiedliche Zusammenhänge mit der Zersiedelung aufweisen. Im Gegensatz zur Variable Ant_Par_ge, welche lediglich die BLN- und Parkflächen bezeichnet und einen negativen Zusammenhang mit der Zersiedelung aufweist, zeigt sie je nach Region oder Gemeindetyp unterschiedliche Wechselwirkungen. Dies könnte daran liegen, dass viele der Inventare kleinflächige Biotop umfassen, welche je nach Lage die Siedlungsentwicklung unterschiedlich beeinflussen können. Die öV- Reisezeit zu unterschiedlichen Dienstleistungen, welche die verkehrstechnische Standortattraktivität einer Region oder Gemeinde repräsentiert, zeigt nur in einzelnen Modellen einen Zusammenhang mit der Zersiedelung. Da diese Variable, wie bereits erwähnt, mit der Strassendichte und den siedlungsbezogenen Variablen stark korreliert, ist das Vorkommen oder Fehlen im Modell mehr oder weniger Zufall. Wo sie signifikant ist, hat sie einen negativen Einfluss auf die Zersiedelung: Je länger die Reisezeit zu Dienstleistungen beziehungsweise je peripherer eine Gemeinde liegt, desto geringer die Zersiedelung.

Ein Vergleich der Modelle in Tabellen 11 und 12 zeigt, dass sie bezüglich der erklärten Varianz (angepasstes D^2) relativ ähnlich sind. Sie unterscheiden sich für die biogeographischen Regionen im Durchschnitt um rund 0.6 Prozent und sind im Durchschnitt gleich für die Gemeindetypen. Das Schweizer Modell der Tabelle 11 erklärt rund 1.3 Prozent mehr vorhandene Varianz als das Schweizer Modell in Tabelle 12. Dies zeigt, dass die hochkorrelierten Variablen Siedlungsfläche, BLN-, Park- und Inventarflächen sowie die öV-Reisezeit zu wichtigen Dienstleistungen, welche gemäss der hier.part Analyse alle einen relativ hohen Erklärungsanteil besitzen, kaum eine Modellverbesserung gegenüber den Modellen in Tabelle 11 bewirken.

4.2.4 Politische Strukturen und Organisation der Gemeinden – Auswertung der Gemeindeschreiberbefragung

Insgesamt wurden sieben Fragen beziehungsweise 26 Teilfragen der Gemeindeschreiberbefragung von 2005 statistisch untersucht⁴. Tabelle 13 zeigt die Testergebnisse der 16 signifikanten Teilfragen. Im Anhang A.9 befindet sich eine Tabelle mit den Auswertungsergebnissen aller 26 Teilfragen. Die 16 Teilfragen weisen in den Antworten signifikante Unterschiede in Bezug auf die Zersiedelung auf. Wie die Auswertung zeigt, haben viele der Antworten einen verkehrstechnischen Hintergrund (Tabelle 13). Die verkehrsbezogenen Fragen und Antworten weisen, mit Ausnahme der Frage über die gestiegenen Kosten, die höchste Signifikanz auf (niedrigster p-Wert).

Tabelle 13: Auswertung der Gemeindeschreiberbefragung. (a) Ordinale Fragen, welche mit dem Kruskal-Wallis-Test untersucht wurden (n=1128). Insgesamt zeigen 11 Teilfragen einen signifikanten Unterschied bezüglich der Zersiedelung in den Antworten (p-Wert < 5%). (b) Mit dem Mann-Whitney-Wilcoxon-Test wurden die binären (ja/nein) Fragen getestet. Fünf Teilfragen zeigen signifikante Unterschiede in den Antworten (n=1039).

Kruskal-Wallis-Test (ordinale Antworten)				Mann-Whitney-Wilcoxon-Test (binäre Antworten)		
	df	Chi-Quadrat	p-Wert		W	p-Wert
Von welchen gesellschaftlichen Entwicklungen ist die Gemeinde betroffen?						
Verknappung des Wohnraums	2	9.0365	0.0109	Tiefbau	392787	8.33E-07
zunehmender Verkehr	2	112.1588	2.20E-16	öffentlicher Verkehr	383729	2.33E-06
Ist eine Leistungsgrenze in folgenden Bereichen sichtbar?						
öffentlicher Verkehr	4	13.1163	0.01072	Nimmt die Gemeinde Leistungen von Privatbüros in folgenden Bereichen in Anspruch?		
privater Verkehr	4	37.0137	1.79E-07	Bau	84068	0.0001347
Wurden Reformen oder Reorganisationsmassnahmen unternommen?						
mehr Exekutivmitglieder	2	16.3597	0.0002802	Zonenplanung	61317	0.02874
zusätzliche Kommissionen und Spezialbehörden	2	9.6367	0.00808	Verkehrsplanung	89039	2.20E-16
weniger Kommissionen und Spezialbehörden	2	8.9221	0.01155			
Erstellen eines Leitbildes	2	32.9132	7.12E-08			
Zusammenarbeit mit anderen Gemeinden im Bereich des öV's?						
öffentlicher Verkehr	2	14.3236	0.0007757			
Wie hat sich die politische Auseinandersetzung in folgenden Bereichen verändert?						
Verkehrspolitik	3	80.0464	2.20E-16			
Umweltpolitik	3	210.199	0.0001043			
(a)				(b)		

Andere Themenbereiche, in welchen die Antworten zwischen zersiedelten und wenig zersiedelten Gemeinden signifikant unterschiedlich sind, umfassen den Wohnraum, Reformen und Reorganisationsmassnahmen, die Umweltpolitik, den Tiefbau sowie die Zonenplanung. Die Ergebnisse zeigen deutliche Unterschiede bezüglich der Zersiedelung in den Antworten der Bereiche: Gesellschaftliche Entwicklungen, Leistungsgrenzen der Verwaltung, Reformen und Reorganisationsmassnahmen, politische Auseinandersetzung und Zusammenarbeit. Des Weiteren zeigen überdurchschnittlich

⁴In Tabelle 5 sind acht ausgewertete Fragen aufgeführt. In den Ergebnissen wird die Frage bezüglich dem Vorhandensein eines Leitbildes unter der Frage betreffend Reform- und Reorganisationsmassnahmen aufgeführt. Daher ergeben sich hier nur noch sieben Fragen

gestiegene Kosten im Bereich des öffentlichen Verkehrs und des Tiefbaus einen signifikanten Unterschied zwischen zersiedelten und wenig zersiedelten Gemeinden. In diesem Zusammenhang hält Frey (2012) fest, dass die Erschließung zersiedelter Siedlungen rund vier Mal mehr Kosten verursacht als diejenige in verdichteten Siedlungen. Hier wurde jedoch ein negativer Zusammenhang zwischen den Strassenbaukosten und der Zersiedelung gefunden: Je höher die Kosten, desto geringer die Zersiedelung. Überdurchschnittlich gestiegene Kosten können darauf hinweisen, dass die Gemeinden viel in die Strasseninfrastruktur investiert und diese allenfalls ausgebaut haben, was in Zukunft die zersiedelte Siedlungsentwicklung fördern könnte.

Anhand der rein statistischen Auswertung lassen sich keine genauen Schlüsse darüber ziehen, inwiefern die Antworten mit der Zersiedelung zusammenhängen. Die Fragen haben teilweise unterschiedliche Antwortmuster (siehe Tabelle 5), weshalb jede Frage für sich analysiert werden muss. Mit einer graphischen Auswertung der signifikanten Fragen respektive Antworten lassen sich die Zusammenhänge zwischen Antwort und Zersiedelung visualisieren und besser verstehen. Im folgenden werden beispielhaft einige Teilfragen graphisch dargestellt und besprochen.

Abbildung 10 oben zeigt den Zusammenhang zwischen der Zersiedelung und der Frage nach gesellschaftlichen Entwicklungen. Es zeigt sich, dass Gemeinden, welche stark von einer zunehmenden Verkehrsbelastung betroffen sind, eine höhere Zersiedelung aufweisen als Gemeinden, welche nur teilweise oder nicht betroffen sind. In Bezug auf eine Verknappung des Wohnraums weisen diejenigen Gemeinden die höchste Zersiedelung auf, welche nur teilweise betroffen sind.

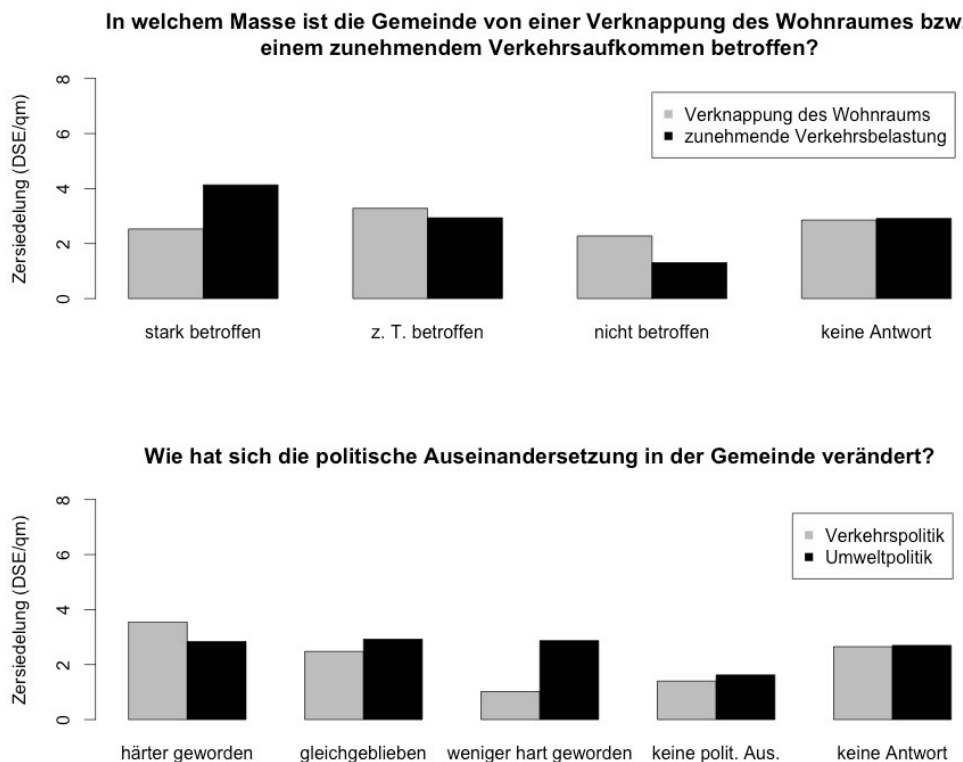


Abbildung 10: Zusammenhang zwischen gesellschaftlichen Veränderungen in den Gemeinden (oben) sowie der politischen Auseinandersetzung (unten) und der Zersiedelung.

Vor allem die zunehmende Verkehrsbelastung zeigt deutliche Unterschiede bezüglich der Zersiedelung zwischen den Einschätzungen der Gemeindeglieder. Dass der Verkehr Einfluss auf die räumliche Entwicklung von Siedlungen hat, ist aus verschiedenen Studien (z. B. Brueckner

(2000); Burchfield et al. (2006); Frey (2012)) bekannt und lässt sich durch das hiesige Resultat teilweise bestätigen. Das zunehmende Verkehrsaufkommen kann jedoch unterschiedliche Gründe haben und seinerseits Folge von spezifischen Entwicklungen sein, weshalb trotz dieses Befundes kein kausaler Zusammenhang zwischen der Zersiedelung und dem Verkehrsaufkommen angenommen werden kann. Wie Abbildung 10 unten zeigt, weisen Gemeinden, in welchen die verkehrspolitische Auseinandersetzung härter geworden ist, eine höhere Zersiedelung auf als Gemeinden, in denen keine nennenswerte politische Auseinandersetzung zu diesem Thema stattfindet. Bei der umweltpolitischen Debatte zeigt eine Veränderung der politischen Auseinandersetzung kaum Unterschiede bezüglich der Zersiedelung der Gemeinden. Es fällt jedoch auf, dass Gemeinden, in welchen keine umweltpolitische Auseinandersetzung stattfindet deutlich tiefer zersiedelt sind als Gemeinden, in denen die Umwelt ein Politikum ist (Abbildung 10, unten).

Die Auswertung der Gemeindegliederbefragung hat ebenfalls gezeigt, dass sich unterschiedliche Strukturen und Arbeitskapazitäten von Gemeindeverwaltungen signifikant bezüglich der Zersiedelung unterscheiden (Tabelle 13). So weisen Gemeinden, welche aufgrund der Arbeitsbelastung oder Fachkompetenz eine Leistungsgrenze erreicht oder bereits überschritten haben, eine tendenziell höhere Zersiedelung auf als Gemeinden, welche angaben keine solche Leistungsgrenze erreicht zu haben (Abbildung 11).

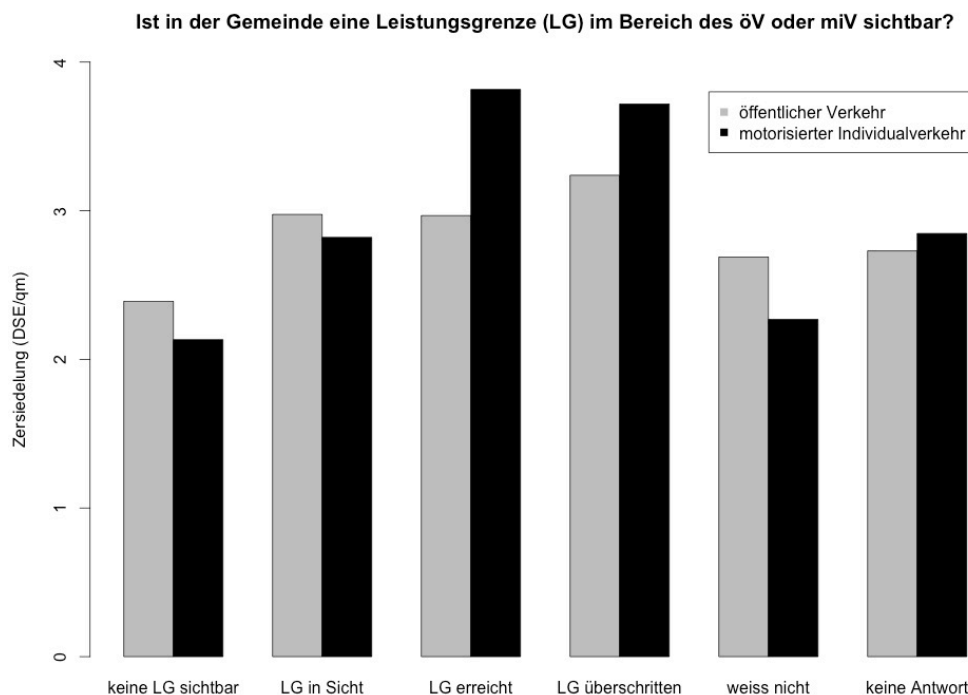


Abbildung 11: Zusammenhang zwischen allfällig vorkommenden Leistungsgrenzen in den Bereichen des öffentlichen und privaten Verkehrs und der Zersiedelung.

Signifikant unterscheiden sich die Antworten betreffend der Leistungsgrenzen in den Bereichen des öffentlichen und privaten Verkehrs. Getestet wurden in dieser Frage zwei weitere Teilfragen, welche jedoch keine signifikanten Unterschiede in den Antworten aufweisen. Diese betreffen die Raum- und Zonenplanung sowie den Landschafts- und Ortsbildschutz. Dies weist wiederum darauf hin, dass vor allem die Verkehrssituation einen Zusammenhang mit der Zersiedelung aufweist und die Gemeinden vor eine grosse Herausforderung stellt. Abbildung 12 zeigt die Auswertungen der Fragen, ob Gemeinden mit Nachbargemeinden zusammenarbeiten und Hilfe von

privaten Büros und Experten in Anspruch nehmen. Hinsichtlich der Zersiedelung zeigt sich hier, dass Gemeinden, welche mit Nachbargemeinden oder privaten Büros und Experten zusammenarbeiten, einen höheren Zersiedelungsgrad aufweisen als Gemeinden, welche keine Zusammenarbeit pflegen. Werden die Fragen und Antworten bezüglich Leistungsgrenze und Zusammenarbeit zwischen den Gemeinden verglichen, so wird ersichtlich, dass rund 49 Prozent (Leistungsgrenze öV) beziehungsweise 51 Prozent (Leistungsgrenze miV) der Gemeinden, welche eine Leistungsgrenze im Verkehrsbereich erreichen oder bereits überschritten haben, mit anderen Gemeinden zusammenarbeiten. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Zusammenarbeit mit externen Büros und Experten. Die Gemeinden, welche angaben mit externen Büros und Experten zusammen zu arbeiten, weisen einen höheren Zersiedelungsgrad auf als jene, welche dies nicht tun. Relativ deutlich zeigen sich die Unterschiede wiederum im Verkehrsbereich (Abbildung 12, unten). Neben der Verkehrsplanung zeigen sich hier die Teilfragen bezüglich dem Baubereich und der Zonenplanung signifikant. Je zersiedelter eine Gemeinde desto wahrscheinlicher ist die Zusammenarbeit mit anderen Gemeinden.

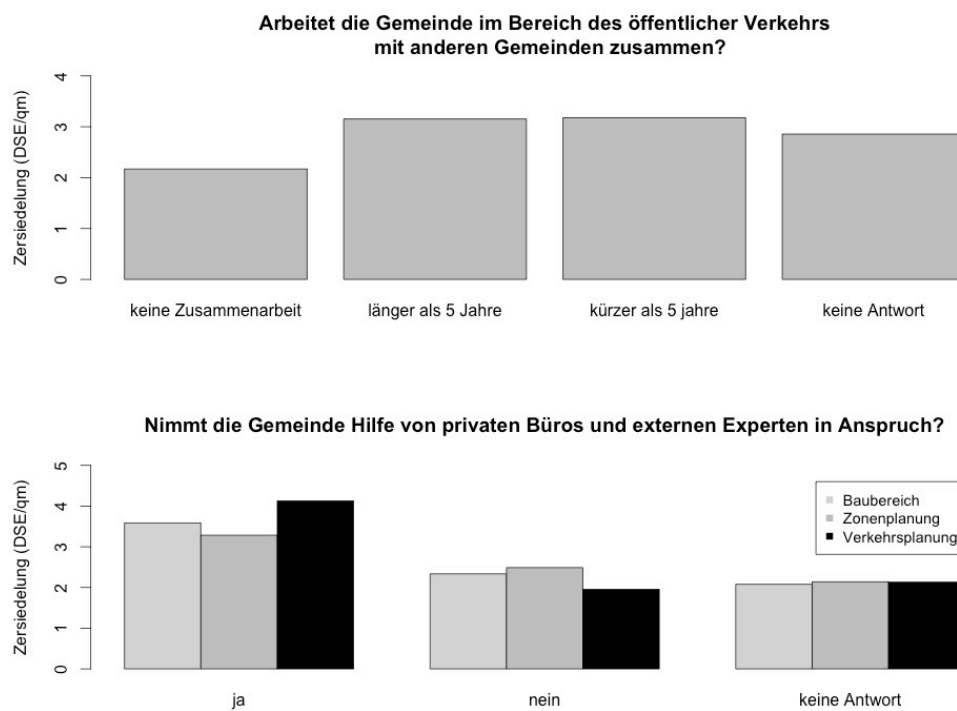


Abbildung 12: Zusammenhang zwischen einer allfälligen Zusammenarbeit mit anderen Gemeinden (oben) oder privaten Büros und Experten (unten) und der Zersiedelung.

Die Reform- und Reorganisationsmassnahmen in den Gemeindeverwaltungen haben sich in der Analyse ebenfalls signifikant gegenüber der Zersiedelung hervorgetan. Abbildung 13 oben zeigt die Zusammenhänge. Tendenziell haben Gemeinden, in welchen die Umstrukturierungen erfolgreich durchgeführt wurden einen höheren Zersiedelungsgrad als jene, welche keine Massnahmen beziehungsweise diese ohne Erfolg ergriffen haben. Dies trifft vor allem für Erhöhung der Anzahl Exekutivmitglieder sowie das Schaffen neuer Kommissionen und Spezialbehörden zu. Reformen und Reorganisationen haben zum Ziel, die Leistungsfähigkeit der Gemeinden zu steigern (Ladner et al., 2000) und die Verwaltung effizienter zu machen. Die Ergebnisse in Abbildung 13 oben suggerieren somit, dass ein gewisser Problemdruck vorhanden sein muss, damit Reformen

oder Reorganisationen erfolgreich beziehungsweise überhaupt erst unternommen werden. Ein ähnlicher Zusammenhang kann aus der unteren Hälfte der Abbildung 13 abgeleitet werden. Ein Leitbild für die Gemeindepolitik wird von jenen Gemeinden erstellt, welche die höchste Zersiedelung aufweisen.

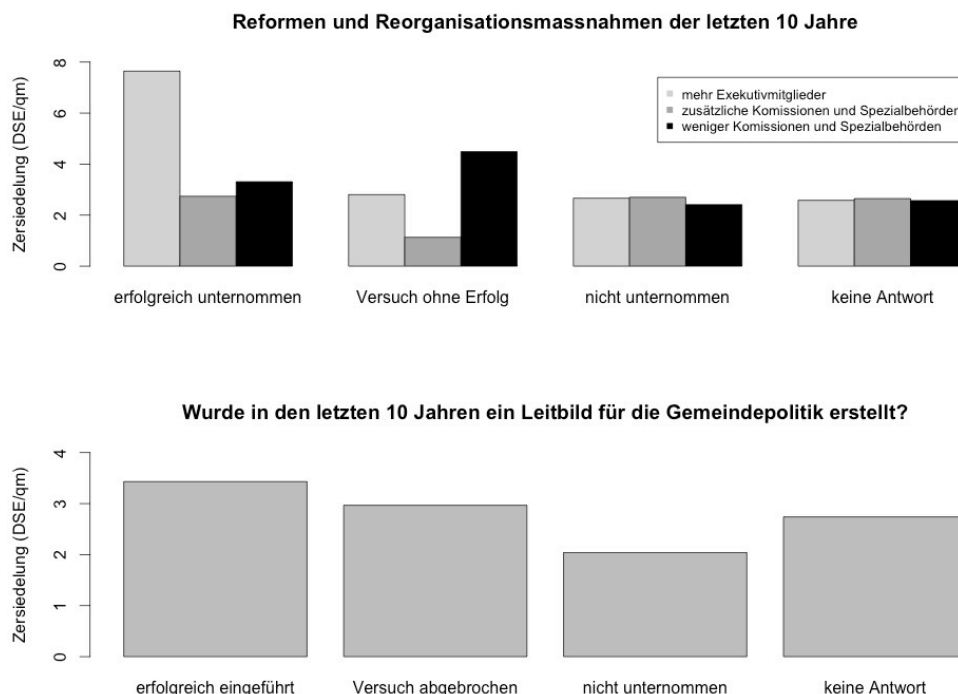


Abbildung 13: Zusammenhang zwischen der Zersiedelung und Reform- beziehungsweise Reorganisationsmassnahmen (oben) und der Einführung eines Leitbildes für die Gemeindepolitik (unten).

Zwischen Verwaltungsstrukturen, politischen Tätigkeiten und der Arbeitskapazitäten von Gemeinden sowie der Zersiedelung lassen sich einige Zusammenhänge erkennen. In Gemeinden, in welchen bezüglich Arbeitsaufwand und Fachwissen im Bereich des Verkehrswesens Leistungsgrenzen auftreten, scheint die Zersiedelung höher zu sein. Gemeinden, welche eine hohe Zersiedelung aufweisen, arbeiten tendenziell eher mit anderen Gemeinden beziehungsweise mit Fachleuten aus der Privatwirtschaft zusammen. Wie die Auswertung deutlich hervorgebracht hat, scheint vor allem das Verkehrswesen sowie die zunehmende Verkehrsbelastung die Gemeinden vor grosse Herausforderungen zu stellen. Härter werdende politische Auseinandersetzungen geben einen Hinweis darauf, dass vorliegende Probleme in der Gesellschaft an Wichtigkeit zunehmen und zum Politikum werden. Die hier vorgestellten Ergebnisse der Gemeindeschreiberbefragung lassen einen relativ grossen Interpretationsspielraum, zeigen jedoch auch einige Tendenzen auf. Die Ergebnisse werden in der Diskussion noch vertieft besprochen.

5 Diskussion

Die Diskussion ist der besseren Übersicht halber in zwei Teilkapitel gegliedert. Im ersten Teil, dem methodischen Unterkapitel, wird kurz auf das allgemeine Vorgehen eingegangen und es werden einige wichtige methodische Aspekte besprochen und kritisch hinterfragt. Im zweiten Teil der Diskussion, dem thematischen Teil, werden die gefundenen Ergebnisse vertieft diskutiert und interpretiert. Dabei werden die Resultate zuerst anhand der Variablengruppen besprochen. Im Anschluss darauf wird genauer auf die Ergebnisse der regionalen und kommunalen Modelle eingegangen.

5.1 Methodischer Teil

5.1.1 Untersuchungsgebiet und Daten

Dank der neuartigen Messgrösse, der *AD*-gewichteten Zersiedelung nach Schwick et al. (2010) lässt sich die Zersiedelung in der Schweiz bis auf die Gemeindeebene hinunter eindeutig beziehungsweise einheitlich erheben und vergleichen. Die umfangreiche Datenerhebung der verschiedenen Bundesämter wie beispielsweise dem Bundesamt für Statistik oder dem Bundesamt für Umwelt, welche Daten auf verschiedenen politischen Verwaltungsebenen generieren, ermöglicht es, die Untersuchung der Zersiedelung auf Gemeindeebene durchzuführen. Viele der raumwirksamen Entscheidungen fallen auf der Gemeindeebene und können im Rahmen der kantonalen Gesetzgebung unter den Gemeinden stark variieren. Mit den kommunalen Baugesetzen und der Zonenplanung regeln sie ihre bauliche Tätigkeiten und somit die Siedlungsentwicklung. Die Gemeinden nehmen in der Schweiz eine sehr wichtige politische Stellung ein, weshalb die Gemeindeebene als Untersuchungsgrundlage gewählt wurde.

Aufgrund der Datenverfügbarkeit der unabhängigen Variablen wurden nicht alle 2495 Gemeinden (Stand 2012) untersucht. Bedauerlicherweise ist durch die jüngsten Gemeindefusionen der ganze Kanton Glarus von der Untersuchung ausgeschlossen. Mit rund 2356 Gemeinden ist die Anzahl untersuchter Gemeinden jedoch ausreichend gross, um repräsentative Modelle zu erhalten. Die verwendeten Daten stammen aus dem Zeitraum zwischen 2000 und 2010. Damit die vorhandenen Daten auf möglichst viele Gemeinden angewendet werden konnten, wurde der grösste gemeinsame Nenner gesucht und nur jene Gemeinden untersucht, welche in diesem Zeitraum keine Fusionen durchgeführt haben. Nicht alle Daten sind jedoch für sämtliche untersuchten Gemeinden komplett. So fehlen beispielsweise Bauzonendaten für einige Gemeinden. Zudem ist die Auswertung der neusten Daten der Arealstatistik, welche durch das Bundesamt für Statistik erhoben wird, noch nicht abgeschlossen, weshalb die Daten noch nicht für alle Gemeinden vorhanden sind.

Ziel dieser Arbeit war es, den Einfluss ausgewählter Variablen auf die Zersiedelung zu untersuchen. Auf eine explorative Art und Weise wurde versucht, den Zusammenhang möglicher Einflussfaktoren aus der Sozio-Ökonomie und Demographie, der Landnutzung und dem Naturraum, der Erschliessung und Infrastruktur sowie aus der Politik mit der Zersiedelung zu untersuchen. Obwohl die Auswahl der untersuchten Variablen hypothesengetrieben war, kann der Variablenauswahl eine gewisse Subjektivität unterstellt werden. Beispielsweise in der Analyse der Gemeindegliederbefragung, in welcher lediglich einzelne Fragen untersucht wurden. Hier wäre auch eine andere Auswahl durchaus zu rechtfertigen.

In hiesiger Untersuchung ist die Raumplanung nur gestreift worden. Mit den Variablen der Bauzonen, BLN- und Inventarflächen sowie der Entwicklung der Landwirtschaftsflächen sind einige Aspekte der Raumplanung berücksichtigt. Um den Einfluss verschiedener raumplanerischer Instrumente und deren Handhabung durch die Gemeinden auf die Zersiedelung zu untersuchen, wären jedoch vertiefte Analysen notwendig, welche vorhandene Instrumente orten und deren spezifischen Einfluss quantifizieren.

Es wird kein Anspruch darauf erhoben, dass die gefundenen Resultate und signifikanten Variablen direkte Treiber der Zersiedelung sind. Die Variablen selbst können von unterschiedlichen Faktoren beeinflusst oder abhängig sein, wodurch sich für einige der Zusammenhang zur Zersiedelung wahrscheinlich nur indirekt ergibt. Es konnte jedoch gezeigt werden, dass eine Vielzahl an Faktoren die Zersiedelung beeinflussen und regional sowie kommunal grosse Unterschiede bestehen. Inwiefern sich aus den gefundenen signifikanten Faktoren Treiber der Zersiedelung ableiten lassen, ist im Rahmen dieser Untersuchung in vielen Fällen nicht restlos klärbar.

5.1.2 Statistische Auswertung

Wie die Ergebnisse in den Tabellen 10 bis 12 gezeigt haben, sind die Modelle relativ sensitiv auf das Hinzufügen von Variablen. Abhängigkeiten können ändern oder vormals signifikante Variablen fallen bei erweiterten Variablensätzen aus den Modellen. Dies ist statistisch meistens mit Korrelationen unter den unabhängigen Variablen zu erklären. Die Variablen wurden vor dem Modellieren der Zersiedelung durch unterschiedliche Auswahlkriterien selektioniert. Die definierten Kriterien ermöglichen eine objektive und somit nachvollziehbare Auswahl der Variablen. Die Modellierung der Zersiedelung mittels GLMs hat robuste und teilweise sehr gute Modelle ergeben. GLMs erlauben es, Daten relativ unabhängig von der Verteilung der abhängigen Variable zu modellieren und umgehen so einige einschränkende Voraussetzungen der klassischen linearen Modelle (Myers et al., 2010). Die Modelle zeigen, welche Einflussgrössen die Zersiedelung in welcher Richtung beeinflussen. Sie vermögen jedoch keine kausalen Zusammenhänge zwischen der Zersiedelung und der untersuchten Variablen aufzuzeigen.

Die nichparametrischen Tests, welche für die Analyse der Gemeindeschreiberbefragung verwendet wurden, eignen sich vor allem für nicht normalverteilte Daten. Sowohl der Mann-Whitney-Wilcoxon-Test als auch der Kruskal-Wallis-Test sind sogenannte Rangtests, welche die Daten in Ränge umwandeln und mit diesen weiterarbeiten, wodurch etwas Information verloren gehen kann (Lehmacher, 2013). Die Test sind relativ einfach durchführbar, ihre Ergebnisse sind jedoch eher schwer zu interpretieren. Denn die Testergebnisse zeigen lediglich ob sich die untersuchten Stichproben signifikant unterscheiden oder nicht. Für ein besseres Verständnis der Ergebnisse können die getesteten Daten wie in vorliegender Arbeit gemacht, graphisch dargestellt werden. Dadurch können die Richtung und das Ausmass der Unterschiede sichtbar gemacht werden, was die Interpretation erleichtert.

5.2 Thematischer Teil

Wie die Ergebnisse in den Kapiteln 4.2.2 und 4.2.3 gezeigt haben, lässt sich die Zersiedelung mit den verwendeten sozio-ökonomischen und demographischen, physisch-geographischen (Gruppe Landnutzung und Naturraum), erschliessungstechnischen und politischen Variablen gut modellieren. Dies zeigt, dass die untersuchten Variablen die Eigenschaften der Gemeinden in Hinsicht

auf ihren Zersiedelungsgrad gut beschreiben können. Wie die Abbildung 8 jedoch ebenfalls gezeigt hat, beinhaltet das gesamtschweizer Referenzmodell einige Ausreisser und Gemeinden, für welche das Modell die Zersiedelung stark über- beziehungsweise unterschätzt. Unter den Gemeinden, für welche das Modell die Zersiedelung deutlich überschätzt, befinden sich drei Zentren (Rorschach, Vevey und Genf) fünf sub- und periurbane Gemeinden (Opfikon, Schönenbuch, Lancy, Massagno und Chêne-Bourg), eine touristische Gemeinde (Paradiso) und eine ländliche Pendlergemeinde (Saint-Saphorin (Lavaux)). Bis auf die Gemeinden Paradiso und Massagno, welche sich im Tessin befinden, liegen alle im Mittelland (Anhang A.4).

Stark unterschätzt werden im Schweizer Referenzmodell vor allem einkommensstarke Gemeinden. Sechs von ihnen, namentlich Saint-Sulpice, Corseaux, Paudex, Bottmingen, Coligny und Chêne-Bourgieres gehören diesem Gemeindetyp an. Daneben wird die Zersiedelung von drei sub- und periurbanen Gemeinden (Gerlafingen, Münchenstein und Magliaso) sowie einer ländlichen Pendlergemeinde (Beinwil am See) stark unterschätzt. Ausser der Tessiner Gemeinde Magliaso befinden sich alle Gemeinden wiederum im Mittelland (Anhang A.4). Mit den hier untersuchten Einflussgrössen lässt sich die Zersiedelung dieser 20 Gemeinden kaum sinnvoll modellieren. Es betrifft vor allem die Gemeindetypen Zentren, sub- und periurbane sowie einkommensstarke Gemeinden aus dem Mittelland, welche die höchsten absoluten Zersiedelungswerte aufweisen (Abbildung 5). Um die Ursachen der Zersiedelung dieser Gemeinden genauer zu verstehen, müsste eine vertiefte Untersuchung gemacht werden, welche die spezifischen Charakteristika dieser Gemeinden aufzeigt. Denn die starke Über- oder Unterschätzung der Zersiedelung in diesen Gemeinden zeigt, dass in diesen Gemeinden andere raumwirksame Faktoren, welche nicht untersucht wurden, einen wichtigen Einfluss auf das Mass der Zersiedelung haben.

Wie zu erwarten war, zeigen die Modelle der verschiedenen biogeographischen Regionen und Gemeindetypen teilweise deutliche Unterschiede bezüglich ihrer Güte und bezüglich signifikanten, erklärenden Variablen. Die Auswertung der Befragung der Gemeindeglieder zeigt einige interessante Zusammenhänge zwischen der Verwaltungstätigkeiten sowie -strukturen und der Zersiedelung auf. Die Ergebnisse der Untersuchungen widerspiegeln die grosse landschaftliche, wirtschaftliche und politische Heterogenität der Schweiz. Im Folgenden werden die Ergebnisse anhand der Variablengruppen vertieft diskutiert und im Anschluss darauf, auf die beobachteten Unterschiede eingegangen.

5.2.1 Sozio-ökonomischer und demographischer Einfluss auf die Zersiedelung

“Die Entwicklung der Landschaft wird massgeblich von den Landnutzungen, der Siedlungsentwicklung und der Raumordnungspolitik beeinflusst“ (Roth et al., 2010, S.31). Dahinter stehen die Ansprüche der Bevölkerung, welche mit all ihren Tätigkeiten, sei dies Wohnen, Arbeiten oder Freizeitbeschäftigungen die Landschaft beanspruchen und verändern. Wie mit hiesigen Ergebnissen bestätigt werden kann, haben die sozio-ökonomischen und demographischen Strukturen einen wesentlichen Einfluss auf die räumliche Entwicklung von Siedlungsgebieten. Im Verlauf der vergangenen Jahrzehnte haben sich die Sozialstrukturen in urbanen Regionen der Schweiz stetig verändert. Die in den 1970 Jahren einsetzende Metropolisierung führte zu einer grossen Ausdehnung der Stadt- und Vorstadtgebiete (BFS, 2004). Gebaut wurde dort, wo die Baupreise tief waren und so entstanden im Zuge der Metropolisierung viele Einfamilienhäuser in den Agglomerationsgürteln und angrenzenden ländlichen Regionen. Dass Einfamilienhäuser die Zersiedelung

begünstigen können, zeigt sich in hiesiger Untersuchung im positiven Zusammenhang der Variable `ant_einf_0` im Modell des Mittellandes, wo ein steigender Anteil an Einfamilienhäusern die Zersiedelung erhöht (Tabelle 11). Die Metropolisierung führte zu einer sozialen Segregation: Familien aus der Mittelschicht haben sich vorzugsweise in den vormals ländlichen Vorstadtgebieten niedergelassen, während sich Familien der unteren sozialen Schichten näher an den Zentren konzentrierten (BFS, 2004). Die städtischen Gebiete haben sich durch diese Entwicklung unkoordiniert ausgedehnt und dadurch massgeblich zur heutigen Zersiedelung beigetragen. Diese Entwicklung ist in der Schweiz eine gesellschaftsgeschichtliche Erscheinung, welche grösstenteils auf die wachsende Bevölkerung und die einsetzende Landflucht beziehungsweise Verstädterung zurück zu führen ist. Byun und Esparza (2005) haben in ihren Studien ähnliche Entwicklungen für US-amerikanische Urbanregionen gefunden. In vorliegender Untersuchung konnte zwischen dem Bevölkerungswachstum und der Siedlungsentwicklung respektive der Zersiedelung in zwei Modellen ein negativer Zusammenhang gefunden werden (Tabelle 11). Dies könnte darauf zurück zu führen sein, dass in gewissen Regionen ein Prozess der Verdichtung eingesetzt hat. Denn laut dem Bundesamt für Statistik (2010) hat das Ein- und Zweifamilienhausareal in einigen Kantonen zu Gunsten von Mehrfamilien- und Reihenhäusern abgenommen.

Die Variablen der Bildungsniveau-Anteile `ANT_BIB_00` und `ANT_BIO_00` (Berufslehre und Grundschulabschluss) pro Gemeinde, welche Hinweise auf die soziale Struktur der Bevölkerung liefern können, zeigen in einigen Modellen (Tabelle 10 bis 12) einen signifikanten Zusammenhang mit der Zersiedelung. Da zwischen der Bildung und dem Einkommen laut Borschier (1982) ein leicht positiver Zusammenhang besteht, kann die Einkommenssituation zu einem gewissen Grad von den Bildungsvariablen abgeleitet werden. Die Anteile der Bildungsniveaus “Berufslehre“ und “Grundschulabschluss“, welche dem sogenannten Mittelstand zuzuordnen wären, zeigen je nach Modell einen unterschiedlichen Einfluss auf die Zersiedelung, sind jedoch grösstenteils negativ mit der Zersiedelung korreliert. Wird das Einkommen als Ursache dieses Zusammenhangs gesehen, bestätigt dies die gängige Meinung, wonach ein gestiegener Wohlstand den Flächenbedarf steigert (siehe bspw. Brueckner (2000, 2001); Byun und Esparza (2005)). Es kann davon ausgegangen werden, dass Personen mit einem mittleren Einkommen, durchschnittlich weniger Fläche in Anspruch nehmen, da sie weniger Geld für das Wohnen zur Verfügung haben als Personen, mit einem hohen Einkommen. Die Bildungsvariablen bestätigen diesen Befund, da die Zersiedelung für die meisten Modelle, mit grösser werdendem Anteil an Personen mit einer Grundschulausbildung oder Berufslehre als höchste Ausbildung, kleiner wird. Laut Hoem und Neyer (2008) hat das Bildungsniveau oder die Bildungsrichtung einen wesentlichen Einfluss auf die Familiengrösse respektive die Anzahl Kinder pro Familie. Mit zunehmendem Bildungsniveau ist ein Paar somit tendenziell eher kinderlos und verbraucht verhältnismässig mehr Fläche als eine Familie mit Kindern, was aufgrund der Definition zu erhöhter Zersiedelung führen kann. Von der demographischen Variable `ANT_ALT_00` kann ein ähnlicher Zusammenhang abgeleitet werden. Die Modelle in Tabelle 11 zeigen mit steigendem Anteil an über 60 Jährigen eine Zunahme der Zersiedelung an. Personen dieser Altersklassen leben, sofern noch in den eigenen vier Wänden, tendenziell in kleinen Haushalten mit wenig Personen. Zudem ziehen ältere Personen laut Mann (2009) nach dem Auszug ihrer Kinder nicht zwingend in kleinere Wohnungen, wodurch ihr Flächenverbrauch pro Kopf erhöht wird. Die Variable `Ant_H_b3`, welche Haushalte mit drei oder weniger Personen beschreibt, verdeutlicht diesen Zusammenhang ebenfalls. Sie zeigt vor allem in den Modellen der

Tabelle 10 einen deutlich positiven Zusammenhang mit der Zersiedelung. Dass sich verändernde Lebensstile und -formen über sich verändernde Haushaltsgrössen und -zusammensetzungen auf den Wohnflächenverbrauch und die Zersiedelung auswirken können, wurde von Bürkner et al. (2007) ebenfalls gefunden.

Der zunehmende Wohlstand der Bevölkerung bringt den Gemeinden mehr Steuereinnahmen. Die Modelle für die Variable der Steuereinnahmen pro Gemeinde 2008 (Steuerer08) zeigen grösstenteils einen positiven Zusammenhang mit der Zersiedelung (Tabellen 10-11). Dies könnte einerseits dadurch erklärt werden, dass in Gemeinden mit einem hohen Steuerertrag tendenziell wohlhabendere Personen wohnen, welche üblicherweise mehr Wohnraum verbrauchen. Andererseits steht der Gemeinde durch höhere Steuereinnahmen mehr Geld zur Verfügung, mit welchem sie eine gut ausgebaute öffentliche Infrastruktur anbieten kann, was wiederum die Zersiedelung fördern könnte.

Wie Pendler, Automobilisten und die Wirtschaftsstruktur von Regionen und Gemeinden die Zersiedelung beeinflussen

Im Jahre 2010 war das Auto das mit Abstand wichtigste Verkehrsmittel der Schweizer (BFS, 2012). Die wichtigsten Verkehrszwecke waren dabei der Freizeit- und Arbeitsverkehr. Laut den Berechnungen des Bundesamtes für Statistik (2012) hat die Tagesdistanz pro Person zwischen 1994 und 2010 um rund 17 Prozent zugenommen. Die beiden Variablen `Ant_pm_00` und `ANT_ERWA_0` (Tabelle 11), welche das bevorzugte Verkehrsmittel der Arbeitnehmer sowie den Anteil der pendelnden Angestellten beschreiben, erklären in einigen Modellen einen Teil der vorhandenen Zersiedelung (Tabellen 10 bis 12). Wie erwartet, haben sie mit Ausnahme des Jura einen positiven Zusammenhang mit der Zersiedelung. Dieses Ergebnis deckt sich mit Resultaten anderer Studien (siehe z. B. Burchfield et al. (2006); Frey (2012, 2011)). Ein zunehmender Anteil an PW-Benutzern und Pendlern trägt durch die nicht internalisierten Kosten des Verkehrs indirekt zur Zersiedelung bei. Inwiefern die Benutzung des Autos sowie das Pendeln mit der Zersiedelung zusammenhängen beziehungsweise ob die Zersiedelung Ursache oder Folge des zunehmenden Verkehrs ist, wird in der Literatur viel diskutiert. Laut Burchell et al. (1998) ist die Zersiedelung nicht nur eine Folge der aufkommenden Mobilität und des zunehmenden Verkehrs sondern kann, durch weiter zurückzulegende Strecken, den vermehrten Gebrauch des privaten Autos auch fördern.

Nebst dem Verkehrsverhalten der Arbeitnehmer wurde der Zusammenhang zwischen Wirtschaftsstruktur und Zersiedelung anhand der Anteile der verschiedenen Wirtschaftssektoren analysiert. Untersucht wurden der Anteil der Beschäftigten im ersten und im zweiten Sektor (`ANT_S1_08` und `ANT_S2_08`) sowie die Anzahl Logiernächte pro Gemeinde, welche Hinweise auf den bestehenden Tourismus liefern. Wie die Ergebnisse zeigen, kann die Wirtschaftsstruktur der Gemeinden in gewissen Modellen einen Teil der Zersiedelung erklären. Der Anteil an Beschäftigten im ersten Sektor (`ANT_S1_08`) zeigt im Jura, im Mittelland sowie in den Zentren, den sub- und periurbanen, industriell und tertiären sowie in den ländlichen Gemeinden einen negativen Zusammenhang mit der Zersiedelung. Somit kann der erste Sektor, welcher vor allem die Land- und Forstwirtschaft umfasst, in gewissen Gebieten zu verminderter Zersiedelung beitragen. Denn ein grosser erster Sektor kann darauf hinweisen, dass viele bewirtschaftete Land- und

Forstwirtschaftsflächen vorhanden sind, welche der Siedlungsentwicklung nicht zur Verfügung stehen und diese so begrenzen können. Brueckner und Fansler (1983) haben Hinweise darauf gefunden, dass vor allem produktive und wertvolle Landwirtschaftsböden dem Siedlungsdruck, aufgrund ihres Wertes, langfristig Stand halten können und der Landwirtschaft länger erhalten bleiben. Ein kleiner erster Sektor, welcher in den Zentren sowie sub- und periurbanen Gemeinden zu erwarten ist, kann umgekehrt darauf hinweisen, dass nur wenige bewirtschaftete Freiflächen vorhanden sind, welche der Siedlungsentwicklung Einhalt gebieten könnten. Im Gegensatz dazu zeigen die Modelle der einkommensstarken und gemischt-agrarischen Gemeinden, dass ein grosser erster Wirtschaftssektor die Zersiedelung auch begünstigen kann. Dies könnte daher rühren, dass landwirtschaftliche Gebäude oft etwas ausserhalb der Siedlungskerne liegen und daher die Dispersion und Zersiedelung begünstigen.

Der Industrie- und Verarbeitungssektor (ANT_S2.08) zeigt für die Alpennordflanke sowie in zwei Modellserien einen signifikanten negativen Zusammenhang mit der Zersiedelung in den Zentren (Tabellen 11 und 12). Für die westlichen Zentralalpen zeigt die Variable einen positiven Zusammenhang mit der Zersiedelung (Tabelle 10). Die Richtung der Beeinflussung scheint regionspezifisch zu sein und hängt zudem wahrscheinlich davon ab, welche Industrien und Betriebe angesiedelt sind. Burchfield et al. (2006) hält in seinen Untersuchungen über die Zersiedelung in den USA fest, dass sich vor allem Industriebetriebe an den urbanen Randgebieten ansiedeln und so die Zersiedelung tendenziell fördern.

Die Anzahl Logiernächte, deren Einfluss auf die Zersiedelung in Tabelle 11 untersucht wurde, zeigen für das Schweizer Modell sowie für das Jura, das Mittelland und die Alpensüdflanke einen negativen Zusammenhang mit der Zersiedelung. Eine hohe Anzahl Logiernächte weisen vor allem Zentren und touristische Gemeinden auf. Besonders in den touristischen Gemeinden könnte der negative Zusammenhang mit der Zersiedelung darauf beruhen, dass die Gemeinden aufgrund ihrer touristischen Attraktion versuchen, ihr Ortsbild und die umliegende Landschaft zu wahren und zu schützen.

5.2.2 Physisch-geographischer Einfluss und Effekte der Landnutzung sowie der Verkehrsinfrastruktur auf die Zersiedelung

Die Variablen der Gruppen Landnutzung und Naturraum sowie der Erschliessung und Strasseninfrastruktur werden zusammen besprochen, da aus der Letzteren nur gerade eine (Tabelle 10) beziehungsweise zwei Variablen (Tabelle 12) in den Modellen vorkommen. Burchfield et al. (2006) haben in einer umfassenden US-amerikanischen Studie Hinweise dafür gefunden, dass die Landschaftsstruktur respektive Landschaftselemente wie Gebirge, Feuchtgebiete und Gewässer grossen Einfluss auf die räumliche Ausbreitung urbaner Regionen haben können. Mit den Variablen `ant_unb_3`, `ant_gemfl` und `fl_ha_mU`, welche den Anteil an nicht bebaubarer Fläche, den Anteil an hügeliger Landschaft und die Gemeindefläche mit Uferzugang beschreiben, wurde der Zusammenhang mit der Zersiedelung in der Schweiz untersucht. Der Anteil an nicht bebaubarer Fläche einer Gemeinde, welche Wälder, Gewässer, unproduktive sowie ständige Schnee- und Eisflächen umfasst (siehe Kapitel 3.2.2), zeigt im Grossteil der Modelle einen negativen Zusammenhang mit der Zersiedelung. Je höher der Anteil an solchen Flächen einer Gemeinde ist, desto weniger zersiedelt ist sie. Dass zwei Modelle, namentlich jenes des Jura und das von einkommensstarken Gemeinden, einen positiven Zusammenhang zwischen den nicht bebau-

baren Flächen und der Zersiedelung zeigen, könnte darauf hinweisen, dass die Richtung der Beeinflussung im grossen Masse von den örtlichen Gegebenheiten abhängt. Das heisst davon, wie die unterschiedlichen nicht bebaubaren Flächen im Raum verteilt sind. Gleiches gilt für die Hügeligkeit (`ant_gemfl`). Je nach Modell zeigt diese Variable einen unterschiedlichen Zusammenhang. Burchfield et al. (2006) haben in ihrer Studie herausgefunden, dass im Gegensatz zu landschaftlichen Barrieren wie Gebirgen und Gewässer, welche eher zu einer Verdichtung der Siedlungsräume führen, hügelige Landschaften die Zersiedelung fördern können. Dieser Befund kann in vorliegender Untersuchung nur teilweise, für die Modelle des Mittellandes und der westlichen Zentralalpen bestätigt werden. Die übrigen Modelle, welche einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Anteil an hügeliger Gemeindefläche und der Zersiedelung zeigen, sind negativ korreliert. Ähnlich wie bei den nicht bebaubaren Flächen hängt es hier wahrscheinlich massgeblich von den örtlichen Verhältnissen ab. Hügellandschaften können verschiedene Ausprägungen annehmen und so die Besiedelung unterschiedlich beeinflussen. Ebenfalls kein klarer Trend lässt sich von der Variable Uferzugang respektive Uferfläche pro Gemeinde (`fl_ha_mU`) ableiten. Die Modelle zeigen teilweise widersprüchliche Ergebnisse für die gleichen Regionen beziehungsweise Gemeindetypen, weshalb kein klarer Zusammenhang auszumachen ist. Es bleibt festzuhalten, dass das Vorhandensein von Gewässern und deren Ufer die Siedlungsentwicklung auf zwei Arten beeinflussen kann: Zum einen bilden Gewässer natürliche Grenzen und Barrieren, welche die Siedlungsentwicklung einschränken (Burchfield et al., 2006). Zum anderen sind gewässernahe Gebiete attraktive Wohnorte, welche gerne überbaut werden und so die Zersiedelung fördern können.

Einfluss von Landwirtschafts-, Landschaftsschutz- und Naturschutzflächen auf die Zersiedelung

Die unterschiedlichen Formen und Techniken, mit welchen die Landwirtschafts- und Kulturlandflächen der Schweiz bewirtschaftet werden, prägen den Landschaftscharakter und die Eigenart der verschiedenen Regionen massgeblich (BFS, 2001). Die Landwirtschaft bewahrt Offenflächen vor der Verbuschung und Wiederbewaldung, kommt jedoch gegen den zunehmenden Siedlungsdruck nicht an. Denn der Grossteil der Landwirtschaftsflächen geht zu Gunsten der Siedlungsentwicklung verloren (BFS, 2001). Die Ergebnisse in den Tabellen 10 bis 12 lassen den Schluss zu, dass die Entwicklung der Landwirtschaftsflächen die Zersiedelung beeinflussen können. Die Modelle zeigen jedoch teilweise widersprüchliche Resultate. Wie der Korrelationsmatrix der Variablen in Anhang A.3 zu entnehmen ist, ist die Entwicklung des Landwirtschaftslandes mit den siedlungsbezogenen Variablen (Bauzonen, Siedlungsfläche und Strassendichte) korreliert. Die Aufnahme dieser Variablen in die Modelle der Tabellen 11 und 12 könnte diese Unterschiede in den Modellergebnissen hervorrufen und erklären.

Bis auf wenige Ausnahmen hat die Landwirtschaftsfläche in allen Gemeinden abgenommen oder ist konstant geblieben. Die Modelle der Tabelle 10 zeigen einen durchwegs negativen Zusammenhang dieser Variable mit der Zersiedelung was bedeutet, dass mit abnehmender Landwirtschaftsfläche die Zersiedelung steigt. Aufgrund der Tatsache, dass der Grossteil der verlorenen Landwirtschaftsfläche der Siedlungsentwicklung zum Opfer fällt, ist dieser gefundene Zusammenhang nachvollziehbar. Der positive Zusammenhang, welcher sich zwischen der Entwicklung

des Landwirtschaftslandes und der Zersiedelung in den erweiterten Modellen (Tabellen 11 und 12) ergibt, könnte möglicherweise mit der in einigen Kantonen aufkommenden Tendenz zu verdichtetem Bauen erklärt werden. Landwirtschaftsland geht verloren, wird aber verhältnismässig dicht überbaut, was die Zersiedelung reduzieren könnte.

Mit den Variablen `Ant_Par_ge` und `Ant_ges`, welche die Flächenanteile an BLN- und Parkflächen sowie die Anteile an BLN-, Park- und Inventarflächen pro Gemeinde bezeichnen, wurde in der Untersuchung die Wirkung von Landschafts- und Naturschutzflächen auf die Zersiedelung untersucht. Mit der fortschreitenden Siedlungsentwicklung geht nicht nur landwirtschaftlich wertvolles Land verloren, sondern auch naturnahe Landschaften, welche die unterschiedlichen Schweizer Regionen prägen (ARE und BAFU, 2007). Um wertvolle und einzigartige Landschaften und Lebensräume der Schweiz besser schützen zu können, hat der Bund 1977 das Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN) in Kraft gesetzt und 1987 die gesetzlichen Grundlagen für die Biotopinventare geschaffen (BAFU, 2010a, 2013). Mit dem Parklabel vergibt der Bund ein Label für Regionen, welche auf eine gesamtheitliche nachhaltige Entwicklung setzen und auf eine Erhaltung, Pflege und Aufwertung des natürlichen und landschaftlichen Erbes bedacht sind (BAFU, 2010b).

Wie die Ergebnisse in den Tabellen 10 bis 12 zeigen, erklärt der BLN- und Parkflächenanteil für viele Regionen und Gemeindetypen einen Teil der Zersiedelung. Der negative Zusammenhang zeigt, dass mit zunehmendem Anteil an Landschaftsschutzflächen die Zersiedelung abnimmt. Obwohl die BLN-Flächen rechtlich gesehen nur für den Bund verbindlich sind und die regionalen Naturpärke auf der Eigeninitiative der Regionen beruhen, scheint eine gewisse Wirkung gegenüber der Siedlungsentwicklung vorhanden zu sein. Werden die Flächen der Biotopinventare in die Analyse mit einbezogen, was durch die Variable `Ant_ges` gemacht wurde, so fällt auf, dass der Zusammenhang mit der Zersiedelung auch positiv sein kann. Das heisst, die Zersiedelung nimmt mit zunehmendem Anteil an BLN-, Park- und Inventarflächen zu. Dies könnte daran liegen, dass die Biotopinventare teilweise kleinräumige Schutzobjekte enthalten, welche die Siedlungsstruktur auflockern und so deren disperse Entwicklung fördern können. Bei der Analyse und Interpretation der Ergebnisse dieser zwei Variablen ist zu beachten, dass viele Landschafts- und Naturschutzobjekte eher in ländlichen Regionen liegen. Regionale Naturpärke sind in der Regel ausserhalb des Agglomerationsraumes (BAFU, 2010b) und einzelne Objekte aus den Biotopinventaren, wie beispielsweise Moor- oder Auengebiete, können fernab von Siedlungsgebieten vorkommen und diese daher in keinsten Weise beeinflussen.

Zusammenhang zwischen siedlungsbezogenen Variablen und der Zersiedelung

Wie die Modelle in den Tabellen 10 bis 12 zeigen, erklären die siedlungsbezogenen Variablen, welche den Anteil an Siedlungsfläche (`ant_sied_3`), den Bauzonenanteil (`Bauz_gemfl`) sowie deren Überbauungsgrad (`ant_siedl_`) messen, für viele der biogeographischen Regionen und Gemeindetypen sowie für alle Schweizer Modelle einen Teil der vorhandenen Zersiedelung. Sie zeigen eine durchgehend positive Korrelation mit der Zersiedelung. Je grösser die Siedlungsfläche und je grösser die Bauzonen sowie deren überbauter Anteil, desto grösser die Chance einer zersiedelten Besiedelung. Aufgrund der hohen Korrelation zwischen Siedlungsfläche und Bauzonen-grösse (siehe Anhang A.3) liegt die Vermutung nahe, dass sich die Bauzonen meist proportional

zu den Siedlungsflächen verhalten: Je grösser die Siedlungsfläche, desto grösser tendenziell die Bauzonen. Laut Schwick et al. (2010) und dem Bundesamt für Raumentwicklung (2006) sind zu gross ausgewiesene Bauzonen eine Ursachen der Zersiedelung, da sie die flächenhafte Siedlungsausbreitung fördern. Mit den hiesigen Ergebnissen kann diese Ansicht bestätigt werden. Zwischen der Bauzonengrösse und der Zersiedelung kann somit ein gewisser kausaler Zusammenhang erwartet werden. Dieser Zusammenhang ergibt sich jedoch auch aus den politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen der Gemeinden, welche einen grossen Einfluss auf die Bautätigkeit haben. Die Resultate haben zudem gezeigt, dass mit steigendem Bebauungsgrad der Bauzonen (`ant_siedl`) die Zersiedelung ebenfalls steigt. Dies zeigt, dass nicht nur zu gross ausgewiesene Bauzonen die Zersiedelung fördern können, sondern dass es wesentlich von der Bebauungsdichte abhängt, ob die Entwicklung zersiedelt abläuft oder nicht. Festzuhalten bleibt, dass das physische Baupotenzial ein wichtiger Faktor in der Siedlungsentwicklung zu sein scheint. Interessanterweise erklärt die Siedlungsentwicklung von 2000 bis 2010 die Zersiedelung ausser in agrarisch-gemischten Gemeinden nicht. In diesen Gemeinden besteht entgegen den Vermutungen ein negativer Zusammenhang, was bedeutet, dass die Zersiedelung mit grösser werdender Siedlungsfläche abgenommen hat. Wie bereits zu einem früheren Zeitpunkt erwähnt, entwickelt sich der Gebäudebestand einiger Kantone weg von Ein- und Zweifamilienhäusern hin zu Mehrfamilienhausüberbauungen, was zu einer Reduktion des Flächenverbrauchs pro Kopf und des Zersiedelungsgrades führen kann. Diese Entwicklung könnte den negativen Zusammenhang zwischen der Siedlungsentwicklung und der Zersiedelung in den agrarisch-gemischten Gemeinden erklären.

Wo Siedlungsräume sind, befinden sich auch Strassen. 2006 entfielen 123 m^2 beziehungsweise rund ein Drittel des durchschnittlichen Flächenverbrauchs pro Kopf auf Verkehrsflächen (ARE, 2006). Getestet wurden in diesem Zusammenhang zwei Variablen: Die Strassendichte sowie die durchschnittliche Reisezeit zu unterschiedlichen Dienstleistungen mit dem öffentlichen Verkehr. Diese beiden Variablen können als Indikator für die physische Standortattraktivität dienen, da eine gut ausgebaute Strassen- und öV-Infrastruktur auf eine gute Erreichbarkeit hindeutet. Die Strassendichte zeigt je nach Modellserie unterschiedliche Zusammenhänge mit der Zersiedelung, ist jedoch grösstenteils positiv mit ihr korreliert. In den Referenzmodellen der Tabelle 10 zeigt die Strassendichte, mit Ausnahme des Modells der Zentren, in welchem sie nicht vorkommt, durchgängig ein positives Verhältnis. In den erweiterten Modellen der Tabellen 11 und 12, in welchen unter anderen die korrelierten Variablen hinzukommen, nimmt die Erklärungskraft der Strassendichte ab. Grundsätzlich lässt sich aus diesen Ergebnissen ableiten, dass die Strassendichte die Zersiedelung teilweise erklären kann und diese tendenziell eher begünstigt. Denn laut Bertiller et al. (2007) findet in Gebieten, welche durch neue leistungsfähige Strassen erschlossen werden, typischerweise eine beschleunigte Siedlungsentwicklung statt. Dass die Variable beim Hinzufügen der korrelierten Variablen weniger oft signifikant ist, kann Zufall sein, es könnte aber auch darauf hinweisen, dass der Zusammenhang zwischen Strassendichte und Zersiedelung über die Siedlungsfläche zu interpretieren ist. Denn Burchfield et al. (2006) haben in ihrer US-amerikanischen Studie herausgefunden, dass nicht die Strassendichte per se mit der Dichte der urbanen Regionen zusammenhängt, sondern es darauf ankommt, ob die urbanen Kerne vor oder nach dem Aufkommen des Automobils entstanden sind.

Die durchschnittliche öV-Reisezeit zu zentralen Dienstleistungen zeigt in den Modellen, in de-

nen die Variable signifikant ist, einen negativen Effekt auf die Zersiedelung. Längere Reisezeiten können einerseits bedeuten, dass die Gemeinden peripher beziehungsweise ländlich liegen und über einen weniger gut ausgebauten öV-Anschluss verfügen. Andererseits aber auch, dass die Gemeinden über eine schlechte Versorgung mit zentralen Dienstleistungen verfügen. Aus dem negativen Zusammenhang mit der Zersiedelung kann indirekt abgeleitet werden, dass ländlichere Gebiete und Gemeinden weniger zersiedelt sind als städtische Gebiete und deren Agglomerationen. Die Erreichbarkeit von Dienstleistungen kann aus Sicht der Bevölkerung als Indikator für die Lebensqualität angesehen werden (BAFU, undatiert). Sind Dienstleistungen per öV nur mühsam erreichbar, steigen die Menschen auf das private Auto um, was zu einer Erhöhung des Verkehrsaufkommens führt und sich, wie bereits besprochen, auf die Siedlungsentwicklung auswirken kann.

Einfluss der Bauzonenattraktivität bezüglich der Märzstrahlung auf die Zersiedelung

Burchfield et al. (2006) haben in ihrer Studie über die Zersiedelung in US-amerikanischen Urbanregionen zeigen können, dass das Klima einen Einfluss auf die Siedlungsentwicklung hat. Laut ihnen ist die Zersiedelung in extrem heissen oder kalten Regionen geringer als in gemässigten Gebieten. Die Sonnenstrahlung ist einer der Hauptfaktoren des Klimasystems und verantwortlich für saisonale und räumliche Klimaunterschiede (Seiz und Foppa, 2007). Inwiefern das Klima die Schweizer Siedlungsentwicklung beeinflusst, wurde daher mit der Variable `bauz_rmarch`, welche die Märzstrahlung auf den Gebieten der Bauzonen angibt, untersucht. Wie die Ergebnisse zeigen, weist die Variable vor allem in den biogeographischen Regionen eine signifikante Korrelation mit der Zersiedelung auf. In allen drei Modellserien ist die Variable in den Modellen des Mittellandes und der westlichen Zentralalpen signifikant. Im Mittelland zeigt die Variable einen negativen und in den westlichen Zentralalpen einen positiven Zusammenhang mit der Zersiedelung. Laut MeteoSchweiz (2009) ist die Sonnenstrahlung wesentlich vom Gelände abhängig und Messwerte sind gerade in gebirgigen Regionen nur sehr lokal repräsentativ. Der Zusammenhang zwischen Märzstrahlung in den Bauzonen und der Zersiedelung ergibt sich somit wohl eher aus der topographischen Lage der Bauzone als aus der Strahlung an sich. Im Mittelland, welches gegenüber den westlichen Zentralalpen deutlich weniger gebirgig ist, sind die Bauzonen vermutlich in einer höheren Dichte bebaubar als in den bergigen Regionen der westlichen Zentralalpen, wo sich die Siedlungsräume vom Tal aus die Hänge hinauf entwickeln.

5.2.3 Zusammenhang der politischen Gesinnung und der kommunalen Verwaltungs- sowie Organisationsstrukturen mit der Zersiedelung

Laut Ladner und Steiner (2003) unterscheiden sich die Schweizer Gemeinden teilweise stark bezüglich ihrer Grösse, ihrer Bevölkerungs- und Beschäftigungsstruktur, der politischen Organisation sowie den politisch aktiven Akteuren. Diese weitreichende Autonomie in der Gestaltung der politischen Organisation sowie die sozialen und kulturellen Unterschiede tragen gemäss ihnen dazu bei, dass sich die Unterschiede in den Gemeinden über lange Zeit halten konnten. Schwick (2013) sieht in diesem föderalistischen politischen System der Schweiz mit der weitreichenden Gemeindeautonomie einen wichtigen Grund dafür, dass es der Raumplanung nicht gelungen

ist die Zersiedelung einzudämmen. Ob die politische Haltung einer Gemeinde die Zersiedelung zu erklären vermag, wurde in der Analyse mit Hilfe der beiden Konfliktlinien technokratisch-ökologisch und konservativ-liberal aus der Variablengruppe Politik I untersucht. Wie sich die heterogene Gemeindelandschaft mit ihren unterschiedlichen Strukturen und Organisationen auf die Zersiedelung auswirkt, wurde anhand der Analyse der Gemeindeschreiberbefragung separat untersucht.

Zusammenhang zwischen der politischen Haltung der Gemeinden und der Zersiedelung

Die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der politischen Einstellung der Gemeinden und der Zersiedelung haben interessante Ergebnisse hervorgebracht. Der Gradient technokratisch-ökologisch zeigt in allen Modellen, in welchen er signifikant ist, einen positiven Zusammenhang mit der Zersiedelung (Tabellen 10 bis 12). Dies bedeutet, dass eine ökologische Einstellung zu einer erhöhten Zersiedelung führt, während eine technokratische Haltung die Zersiedelung eher senkt. Dies ist ein eher unerwartetes Ergebnis, liegt die Vermutung doch nahe, dass ökologisch eingestellte Gemeinden darum bemüht sind, die Landschaft zu schonen und daher die Zersiedelung zu verhindern. Dieses Ergebnis könnte darauf hinweisen, dass die politisch-weltanschauliche Einstellung eine Reaktion auf den vorhandenen Zustand bezüglich Zersiedelung der Gemeinde ist. Denn ein beachtlicher Teil des heutigen Gebäudebestandes und somit der Zersiedelung ist bereits während der Hochkonjunkturphase zwischen 1960 und 1975 entstanden (Wüest et al., 1991). In diesem Sinne würde der vorhandene Grad der Zersiedelung die politische Haltung erklären und nicht die politische Einstellung die Zersiedelung. Diesbezüglich wäre es spannend zu untersuchen, ob und inwiefern sich die politische Haltung der Gemeinden im Laufe der Zeit verändert hat. Mit der hiesigen Untersuchung können über die genaueren Zusammenhänge zwischen dieser politischen Konfliktlinie und der Zersiedelung nur Vermutungen geäußert werden. Der Gradient zwischen einer konservativen und liberalen Einstellung zeigt mit zwei Ausnahmen einen negativen Zusammenhang mit der Zersiedelung. Die Konfliktfelder dieses Gradienten zeigen sich laut Hermann und Leuthold (2003) vor allem im Gegensatz zwischen Reformieren und Bewahren, welcher beispielsweise bei der Reform von Regierung und Verwaltung sowie der Auseinandersetzung zwischen Bewahrung des Föderalismus und Schaffung von neuen Bundeskompetenzen zum Ausdruck kommt. Wie die Ergebnisse zeigen, führt eine konservative Einstellung der Gemeinden zu einer höheren Zersiedelung, während eine liberale Haltung die Zersiedelung vermindert. Liberal eingestellte Gemeinden weisen somit eine geringere Zersiedelung auf als konservative Gemeinden. Die gefundenen Ergebnisse sind insofern nachvollziehbar, als dass eine liberale Haltung Offenheit gegenüber Modernisierung und Neuem bedeutet. Reformen und Anpassungen an neue Gegebenheiten können in liberal gesinnten Gemeinden leichter umgesetzt werden als in konservativen Gemeinden, in welchen eher eine ablehnende Haltung gegenüber Veränderungen herrscht. Beide Konfliktlinien enthalten Themen, welche die Siedlungsentwicklung und somit indirekt die Zersiedelung durchaus beeinflussen können. Dies zeigen vor allem die Ergebnisse für die ländlichen und agrarisch gemischten Gemeinden, für welche die beiden Variablen am meisten signifikant sind (Tabelle 10 bis 12).

Zusammenhang zwischen kommunalen Reorganisationsmassnahmen, Arbeitskapazitäten sowie kommunaler Zusammenarbeit und der Zersiedelung

Die Gemeinden haben in der Schweiz eine grosse politische Bedeutung, sind relativ autonom und für einen grossen Teil der anfallenden administrativen Aufgaben verantwortlich (Ladner und Steiner, 2003). Sie unterscheiden sich wesentlich bezüglich Grösse, Bevölkerungsstruktur sowie der politischen Organisation. Wie sich die Gemeinden politisch organisieren und die Aufgaben erfüllen, ist ihnen im Rahmen des kantonalen Rechts freigestellt (Ladner et al., 2000). Inwiefern sich die politische Organisation, Reformen und Reorganisationen sowie die Zusammenarbeit von den Gemeinden mit Nachbargemeinden oder privaten Firmen auf ihre Siedlungsentwicklung beziehungsweise ihren Zersiedelungsgrad auswirken, wurde anhand der Analyse der Gemeindegemeinschaftsbefragung von 2005 untersucht.

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass zwischen gesellschaftlichen Veränderungen in den Gemeinden und der Zersiedelung ein Zusammenhang besteht. Gemeinden, welche teilweise von einer Verknappung des Wohnraums oder einer zunehmenden Verkehrsbelastung betroffen sind, weisen eine tendenziell höhere Zersiedelung auf. Eine Verknappung des Wohnraums deutet darauf hin, dass die Nachfrage nach selbigem hoch ist. Eine hohe Nachfrage kann Ursache einer regen Bautätigkeit sein, welche je nach Bebauungsdichte die Zersiedelung begünstigen kann. Gesellschaftliche Veränderungen, welche sich negativ auf das Wohlbefinden und die Lebensqualität der Wohnbevölkerung auswirken, können dazu führen, dass die politische Auseinandersetzung in den betroffenen Bereichen schwieriger und härter werden. Die Auswertung hat gezeigt, dass Gemeinden, in welchen die politische Auseinandersetzung im Bereich der Verkehrspolitik härter geworden ist, eine höhere Zersiedelung aufweisen (Abbildung 10). Dies kann einerseits darauf hinweisen, dass das politische Umfeld komplexer und schwieriger geworden ist und andererseits, dass das Thema in der Bevölkerung an Bedeutung und Beachtung gewonnen hat. Laut Geser et al. (1996) stellt der soziale Wandel, welchen die Schweizer Gemeinden in den letzten Jahrzehnten erfahren haben, die Gemeinden vor immer neue Aufgaben und lässt in einigen allmählich Leistungsgrenzen erkennen. In vorliegender Untersuchung hat die Auswertung der Frage betreffend vorhandener Leistungsgrenzen gezeigt, dass Gemeinden, welche im Verkehrswesen ihre Leistungsgrenze erreicht oder bereits überschritten haben, eine deutlich höhere Zersiedelung aufweisen. Wie die Untersuchung von Ladner und Steiner (2003) bezüglich dem Wandel der Schweizer Gemeinden ergeben hat, sind es, entgegen der gängigen Meinung, vermehrt die grösseren Gemeinden, die an Leistungsgrenzen stossen. Gründe dafür könnten laut ihnen die komplexeren Strukturen, das grössere Bewusstsein für Probleme und die Rolle grösserer Gemeinden als Zentrumsgemeinden sein. Als Zentrumsgemeinden haben sie grössere Herausforderungen zu meistern und mehr Aufgaben zu lösen. Immer mehr Arbeitnehmer pendeln heute entweder mit dem Auto oder mit den öffentlichen Verkehrsmitteln in die grossen Kernstädte und ihre Agglomerationen zur Arbeit (BFS, 2003), was nicht nur die Verkehrsinfrastruktur sondern auch die Verwaltung dieser Gemeinden an eine Leistungsgrenze bringen kann. Die Gemeinden versuchen durch Reform- und Reorganisationsmassnahmen immer wieder ihre Handlungsfähigkeit zu steigern und dadurch den neuen Herausforderungen gerecht zu werden (Ladner und Steiner, 2003). In Bezug auf die Zersiedelung zeigt sich, dass Reform- und Reorganisationsmassnahmen vor allem in jenen Gemeinden erfolgreich durchgeführt werden, in welchen der Zersiedelungsgrad

tendenziell hoch ist (Abbildung 13). Reformen scheinen somit hauptsächlich in Gemeinden zu gelingen, in welchen die Zersiedelung bereits fortgeschritten ist und eventuell bereits als Problem wahrgenommen wird.

Das Handeln einzelner Gemeinden hat einen Einfluss über die Gemeindegrenzen hinaus und hat somit Auswirkungen auf ihre Nachbargemeinden. Viele Aufgaben oder Probleme, gerade jene im Raumplanungsbereich, betreffen selten nur einzelne Gemeinden. Oft handelt es sich um Probleme oder Herausforderungen, welche mehrere Gemeinden betreffen oder sogar für eine ganze Region von Belang sind. Laut Ladner et al. (2000) haben sich vor allem in den städtischen Agglomerationen und deren ländlichen Umfeld interkommunale Abhängigkeiten gebildet, welche eine Zusammenarbeit erfordern. In der Auswertung der Gemeindegrenzenbefragung wurde untersucht, inwiefern die Zersiedelung einer Gemeinde davon abhängt, ob sie mit Nachbargemeinden oder privaten Büros und Experten in den Bereichen Verkehr, Bau und Zonenplanung zusammenarbeitet. Gemeinden, welche eine Zusammenarbeit pflegen, weisen eine tendenziell höhere Zersiedelung auf als Gemeinden, welcheangaben nicht mit anderen Gemeinden zusammenarbeiten (Abbildung 12). Zwischen der Zersiedelung und vorhandener oder fehlender Zusammenarbeit kann jedoch kaum ein kausaler Zusammenhang angenommen werden. Die Zusammenarbeit kann unterschiedliche Motive und Hintergründe haben, seien dies wirtschaftliche, politische oder soziale. Die Antworten der Themenbereiche Bau, Zonen- und Verkehrsplanung, in welchen die Unterschiede bezüglich der Zersiedelung auftreten, weisen auch darauf hin, dass Gemeinden in Bereichen zusammenarbeiten oder Hilfe von Privaten in Anspruch nehmen, in welchen ein isoliertes Handeln einzelner Gemeinden kaum sinnvoll wäre. Verkehrs- und Raumplanungsfragen werden idealerweise interkommunal oder regional angegangen und gelöst. Denn Razin und Rosentraub (2000) haben in den USA Hinweise dafür gefunden, dass eine politische Fragmentierung, durch fehlende regionale Planung und Zusammenarbeit, die Zersiedelung fördern kann. Daher scheint es für die grösstenteils autonomen Schweizer Gemeinden wichtig, ihre raumwirksamen Tätigkeiten aufeinander abzustimmen und mit Nachbargemeinden zusammenzuarbeiten.

5.2.4 Unterschiede innerhalb zweier Gradienten: Jura–Alpensüdflanke und Zentren–agrarisch-gemischte Gemeinden

Die Einflüsse der einzelnen Variablen wurden anhand der Gruppen in den Kapiteln 5.2.1 bis 5.2.3 besprochen. Einzelne spezifische Unterschiede bezüglich der erklärenden Variablen der Zersiedelung innerhalb der biogeographischen Regionen und Gemeindetypen wurden bereits angesprochen. In diesem Kapitel sollen diese noch etwas genauer besprochen und dargestellt werden.

Zersiedelung in den biogeographischen Regionen

Wie Abbildung 14 zusammenfassend zeigt, besteht in den biogeographischen Regionen nicht nur ein beträchtlicher Unterschied bezüglich dem Zersiedelungswert, sondern auch betreffend den Einflussgrössen ebendieser Zersiedelung. Der Jura liegt knapp unter dem Schweizer Durchschnitt und im Vergleich der biogeographischen Regionen auf Platz zwei. Wie die Ergebnisse gezeigt haben, wird die vorhandene Zersiedelung des Jura vor allem von den physisch-geographischen Variablen sowie den Variablen der Landnutzung erklärt. Die Region des Jura könnte grösstenteils überbaut werden, die Siedlungsgebiete befinden sich jedoch vorwiegend in den Talböden, wo die

Dörfer und kleineren Städte eher kompakt gebaut sind (Schwick et al., 2010). Dass im Jura nur wenige sozio-ökonomische Variablen zur Erklärung der Zersiedelung beitragen, könnte damit zusammenhängen, dass in diesem Gebiet keine grossen Städte oder grössere Agglomerationen vorkommen, welche komplexere soziale und wirtschaftliche Strukturen aufweisen. Wie zu erwarten war, weist das Mittelland die mit Abstand grösste Zersiedelung auf. Im Mittelland befinden sich der grösste Teil der Bevölkerung sowie der Arbeitsplätze und somit auch der Grossteil der Schweizer Siedlungsfläche (Schwick et al., 2010). Obwohl die Modelle des Mittellandes bezüglich des Bestimmtheitsmasses R^2 nicht zu den besten gehören, zeigen in diesen Modellen die meisten Variablen einen signifikanten Zusammenhang mit der Zersiedelung. Das Mittelland weist keine landschaftlichen Extreme wie beispielsweise hohe Gebirge auf, ist jedoch trotzdem ein relativ heterogenes Gebiet. Darauf weisen auch die erhaltenen Ergebnisse hin, wird die vorhandene Zersiedelung doch von vielen physisch-geographischen Variablen und Variablen der Landnutzung erklärt (Abbildung 14). Da sich ein Grossteil der Schweizer Bevölkerung und der Siedlungsfläche im Mittelland befindet, zeigen sich auch viele sozio-ökonomische und demographische Variablen als erklärende Grössen der vorhandenen Zersiedelung.

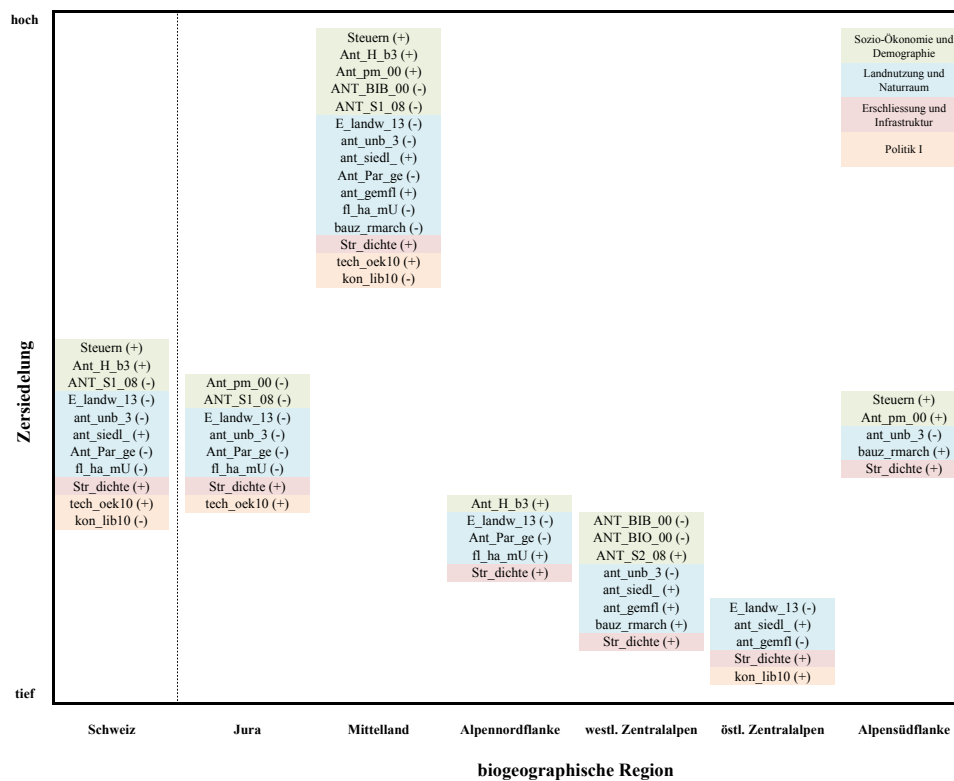


Abbildung 14: Die zusammenfassende Darstellung zeigt die verschiedenen Einflussgrössen der Zersiedelung in der Schweiz sowie der einzelnen biogeographischen Regionen für die Modelle des Referenzvariablensatzes. Die +/- Zeichen zeigen die Richtung der Beeinflussung an. Die Variablenblöcke sind nach der jeweiligen Zersiedelung der Region angeordnet. Farblich stimmen sie mit den Variablenlabeln der Tabellen 10 bis 12 überein.

Die dritthöchste Zersiedelung weist die Alpen Südflanke auf. Sie ist geprägt vom gebirgigen Norden und vom städtischen Süden in der Region um Lugano, Locarno und Chiasso (Schwick et al., 2010). Diese landschaftliche und topographische Heterogenität zeigt sich in den Ergebnissen (Abbildung 14). Mit den Variablen des Anteils nicht bebaubarer Fläche (ant_unb.3) und der Märzstrahlung in den Bauzonen (bauz_rmarch) zeigen sich zwei Variablen signifikant, welche in-

direkt die Landschaft und Topographie beschreiben. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass vor allem die gebirgige Landschaft im Norden die Siedlungsausbreitung einschränkt, was zu eher kleinen Siedlungen mit geringer Zersiedelung führt. Die Topographie kann die Zersiedelung jedoch auch fördern, worauf indirekt aus dem positive Zusammenhang der Märzstrahlung mit der Zersiedelung geschlossen werden kann (Abbildung 14). Dass der Zusammenhang zwischen der Märzstrahlung und der Zersiedelung in den Südalpen positiv ist, kann mit dem Fakt zusammenhängen, dass die südlichen Regionen der Schweiz sonniger sind als nördlichere Regionen.

Die Alpennordflanke ist charakterisiert durch eine relativ gleichmässige Verteilung der Siedlungsflächen in den Talböden und einem grossen Anteil an gebirgiger Region (Schwick et al., 2010). Einflussgrössen der Zersiedelung sind hier vor allem Variablen, welche sich auf die Siedlungen beziehen. Der Anteil an kleinen Haushalten mit höchstens drei Personen (Ant_H_b3), die Abnahme der Landwirtschaftsfläche (E_landw_13) sowie die Strassendichte (Str_dichte) führen hier zu erhöhter Zersiedelung. Zudem scheinen die vielen grösseren Gewässer, welche sich in dieser Region befinden, die Zersiedelung tendenziell zu fördern.

Wie Abbildung 5 gezeigt hat, weisen die westlichen und östlichen Zentralalpen die mit Abstand tiefsten Zersiedelungswerte auf. Hier findet die Zersiedelung laut Schwick et al. (2010) zum grossen Teil in den Talböden der Rhône und des Rheins statt. Die westlichen Zentralalpen, welche vor allem den Kanton Wallis umfassen, sind im Vergleich zur den östlichen Zentralalpen etwas stärker zersiedelt. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass sich im Walliser Talboden mehr grössere Gemeinden und Agglomerationen befinden als dies in den östlichen Zentralalpen der Fall ist. In den westlichen Zentralalpen zeigt sich der Industrie- und Gewerbesektor (ANT_S2_08) als wichtige Einflussgrösse der Zersiedelung. Die rund ein Drittel mehr Arbeitsstätten im zweiten Sektor gegenüber den östlichen Zentralalpen (BFS, 2007) könnten einen Teil der höheren Zersiedelung erklären. Zudem verfügt der Kanton Wallis laut dem Bundesamt für Raumentwicklung (2008) über die grössten Bauzonenreserven der Schweiz, was wie bereits besprochen die Zersiedelung begünstigen kann. Die Zersiedelung der östlichen Zentralalpen wird im Referenzmodell nicht direkt durch eine sozio-ökonomische oder demographische Variable erklärt (Abbildung 14). Hier haben vor allem siedlungsbezogene Variablen sowie Variablen der Landnutzung einen Einfluss. Beide Regionen weisen ausserhalb der Talböden nur wenig grössere Gemeinden auf (Schwick et al., 2010), was das Ausmass der Zersiedelung deutlich beeinflusst.

Die biogeographischen Grossregionen der Schweiz unterscheiden sich durch ihre Landschaften und Topographien, ihre sozio-demographischen, wirtschaftlichen und politischen Strukturen. Dies zeigt sich deutlich in den Ergebnissen bezüglich den signifikanten Einflussgrössen der Zersiedelung. Das Mittelland, welches den Grossteil der Schweizer Bevölkerung und Arbeitsplätze beherbergt, weist die meisten sozio-ökonomischen und demographischen Einflussgrössen auf, während die Zersiedelung der anderen Regionen tendenziell mehr durch siedlungsbezogene und physisch-geographische Variablen erklärt werden kann.

Zersiedelung in den unterschiedlichen Gemeindetypen

So verschieden die Gemeindetypen sind, so unterschiedlich sind ihre Zersiedelungswerte und so unterschiedlich lassen sich diese erklären. Abbildung 5 hat denn deutlichen Unterschied in der Landschaftszersiedelung der verschiedenen Gemeindetypen aufgezeigt. Die einkommensstar-

ken Gemeinden sind eindeutig am stärksten zersiedelt. Abbildung 15, welche die Ergebnisse aus den Referenzmodellen der Tabelle 10 zusammenfasst, zeigt, welche Variablen zur Erklärung der vorhandenen Zersiedelung beitragen. Aufgrund der Definition dieses Gemeindetyps befinden sich einkommensstarke Gemeinden in einer Agglomeration und verfügen über eine eher wohlhabende Wohnbevölkerung (Schuler et al., 2005). Wie bereits weiter oben besprochen, beanspruchen wohlhabende Personen tendenziell mehr Fläche als Normalverdiener, was die Ausnutzungsdichte negativ beeinflusst und dadurch einen Teil der vorhandenen Zersiedelung erklären könnte. Wie die Ergebnisse gezeigt haben, lässt sich die Zersiedelung in den einkommensstarken Gemeinden teilweise durch das Bildungsniveau und daraus abgeleitet das Einkommen erklären. Zudem zeigt die Entwicklung des Landwirtschaftslandes einen negativen Zusammenhang mit der Zersiedelung. Billiges Landwirtschaftsland kann als teures Bauland verkauft werden, womit die Besiedelung und bei geringer Bebauungsdichte die Zersiedelung steigt. Neben den einkommensstarken Gemeinden zeigen vor allem die Zentren und die sub- sowie periurbanen Gemeinden einen hohen Zersiedelungsgrad (Abbildung 5). Sie bilden Ballungsräume, in welchen ein Gross- teil der Schweizer Bevölkerung lebt und arbeitet. Heute leben rund 73 Prozent der Schweizer Bevölkerung in städtischen Gebieten (BFS, 2013a). Demzufolge ist es nicht verwunderlich, dass in diesen Gebieten vorwiegend sozio-ökonomische und demographische Variablen zur Erklärung der Zersiedelung beitragen können.

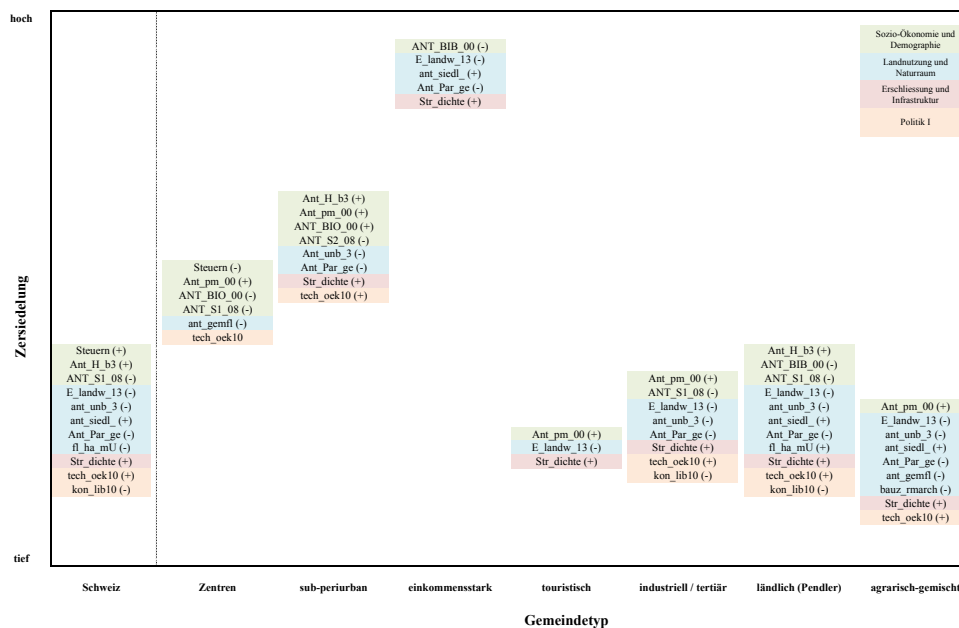


Abbildung 15: Die zusammenfassende Darstellung zeigt die verschiedenen Einflussgrößen der Zersiedelung in der Schweiz sowie in den einzelnen Gemeindetypen. Die +/- Zeichen zeigen die Richtung der Beeinflussung an. Die Variablenblöcke sind nach der jeweiligen Zersiedelung des Gemeindetyps angeordnet. Farblich stimmen sie mit den Variablenlabeln der Tabellen 10 bis 12 überein.

Neben diesen Variablen erklären die siedlungsbezogenen Variablen einen Teil der Zersiedelung (Abbildung 15). In den sub- und periurbanen Gemeinden zeigt sich der Anteil an nicht bebaubarer Fläche als zersiedelungshemmend. Dies könnte im flacheren Unterland vor allem Waldflächen und in den gebirgigen Regionen neben Wäldern auch den Anteil an Gebirge betreffen. Aus der Gruppe der Landnutzung und Naturraum zeigt sich lediglich eine Variable signifikant gegenüber der Zersiedelung der Zentren, namentlich der Anteil an hügeliger Landschaft. Das fehlen weiterer

physisch-geographischer Variablen, zeigt, dass Zentren grösstenteils aus Siedlungsflächen bestehen und beispielsweise kaum über nicht bebaubares oder landwirtschaftliches Land verfügen. Die in die Auswertung einflussenden touristischen Gemeinden weisen die geringste Zersiedelung aller untersuchten Gemeindetypen auf (Abbildung 5 und 15). Dies könnte daran liegen, dass der Grossteil der touristischen Gemeinden in den Zentralalpen liegt, in welchen topographische Gegebenheiten die Siedlungsentwicklung vorwiegend in den Talböden konzentrieren. Diese Vermutung kann durch das Modell in Tabelle 12, in welchem der Anteil an nicht bebaubarer Fläche signifikant ist, bestätigt werden. Abbildung 15 zeigt die signifikanten Einflussgrössen des Referenzmodells für die touristischen Gemeinden – es sind nur deren drei. Dieses Modell ist mit einer Modellgüte von 39.69 Prozent (angepasstes D^2) das schlechteste Modell insgesamt und beschreibt die Zersiedelung nur ungenügend. Die erweiterten Modelle der Tabellen 11 und 12 zeigen deutlich bessere Werte. Dieser Fund lässt darauf schliessen, dass vor allem die Variable `Bauz_gemfl`, welche die Bauzonenfläche beschreibt, zur Verbesserung der Modellgüte führt und einen Grossteil der vorhandenen Zersiedelung in den touristischen Gemeinden zu erklären vermag.

Die industriell und tertiär sowie ländlich und agrarisch geprägten Gemeinden zeigen eine, im Vergleich zu den zentrumsnahen und einkommensstarken Gemeinden, tiefe Zersiedelung. Wie Abbildung 5 gezeigt hat, liegen die ländlichen Pendlergemeinden noch knapp unterhalb des Schweizerischen Durchschnitts. Die Ergebnisse der Modellberechnungen in den Tabellen 10 bis 12 lassen einen klaren Trend bezüglich erklärender Variablen auf dem Zentralitätsgradienten erkennen (Abbildung 15). Während in den Zentren sowie sub- und periurbanen Gemeinden die Zersiedelung vorwiegend von sozio-ökonomischen und demographischen Variablen erklärt wird, wird sie mit zunehmender “Ländlichkeit“ vermehrt durch physisch-geographische Variablen erklärt. Ländliche Gemeinden verfügen nicht über dieselben sozio-demographischen und wirtschaftlichen Strukturen und Herausforderungen wie beispielsweise Zentren und deren Agglomerationsgemeinden. Während die strukturstarken Zentren und Agglomerationen über eine gesunde Wirtschaft und stetig wachsende Bevölkerung verfügen, schrumpft die Bevölkerung in den strukturschwächeren ländlichen Gebieten zunehmend, was zu einer gehemmten Wirtschaftsentwicklung führt (Weber, 2012). Der Grad der Urbanisierung kann somit eine wichtige Erklärung für die unterschiedlich hohe Zersiedelung sein. Ländlich und agrarisch geprägte Gemeinden verfügen jedoch traditionellerweise über eine eher geringe Bevölkerungsdichte und ihre historische Siedlungsstrukturen sind oft das Ergebnis früherer landwirtschaftlicher Bewirtschaftungsformen (Hayek et al., 2011). In ländlichen Gemeinden kann des Weiteren die politische Gesinnung einen Einfluss auf die Zersiedelung haben, wie die Modelle in den Tabellen 10 bis 12 gezeigt haben. Wie aus der Auswertung der Gemeindegliederbefragung hervorgegangen ist, besteht zudem ein gewisser Zusammenhang zwischen der Zersiedelung und der Leistungsfähigkeit, Reform- und Reorganisationsmassnahmen und einer allfälligen vorhandenen Zusammenarbeit der Gemeinden. Das Handeln der Gemeinden, ihr politisches Umfeld sowie die Ausführung der raumrelevanten Gemeindeaufgaben haben somit direkte Auswirkungen auf die Siedlungsentwicklung. Inwiefern die Gemeinden und Regionen um eine nachhaltige Entwicklung ihrer Siedlungsflächen bemüht sind, ist letztendlich auch eine Frage der Gewichtung zwischen Entwicklungs- und Schutzinteressen (BAFU, 2003).

6 Schlussfolgerungen

Die vorliegende Masterarbeit präsentiert eine explorative Untersuchung von Einflussgrössen der Zersiedelung. Die Arbeit zeigt, dass sich die Zersiedelung von 2010 in der Schweiz durch sozio-ökonomische und demographische, physisch-geographische Variablen und Variablen der Landnutzung sowie erschliessungstechnische und politische Variablen vernünftig modellieren und vorhersagen lässt. Mit den unterschiedlichen Modellen der Schweiz, der biogeographischen Grossregionen sowie der verschiedenen Gemeindetypen konnten regionale und kommunale Unterschiede aufgezeigt werden. Je nach Region und Gemeindetyp variieren die Einflussfaktoren der Zersiedelung teilweise stark. Einige Faktoren zeigen sich jedoch in vielen Modellen als signifikant und weisen somit darauf hin, dass sie die Zersiedelung unabhängig von regionen- oder gemeindespezifischen Gegebenheiten zu erklären vermögen. Wiederum andere Variablen, von denen man einen Zusammenhang erwartet hätte, zeigen nur in wenigen oder keinen Modellen einen Zusammenhang mit der Zersiedelung. Aus der vorliegenden Untersuchung lassen sich vier wesentliche Erkenntnisse festhalten: (1) Vor allem siedlungsbezogene Variablen, wie die Bauzonengrösse, der Überbauungsgrad der Bauzonen, die Siedlungsfläche an sich sowie die Strasseninfrastruktur zeigen in nahezu allen regionalen und kommunalen Modellen einen signifikant positiven Zusammenhang mit der Zersiedelung. Zersiedlungsfördernd haben sich zudem die kleinen Haushalte gezeigt, welche einerseits die demographische Entwicklung der Bevölkerung, andererseits sich verändernde Lebensstile und -formen widerspiegeln. Bis auf wenige Ausnahmen, zeigen alle diese Variablen durchgehend einen positiven Zusammenhang mit der Zersiedelung und könnten daher als Treiber der Zersiedelung betrachtet werden. (2) Einige untersuchte Variablen zeigen in allen signifikanten Modellen einen negativen Zusammenhang mit der Zersiedelung. Dies sind die Entwicklung der Landwirtschaftsfläche, der Anteil an nicht bebaubarer Fläche sowie der Anteil an BLN- und Parkflächen einer Gemeinde. Gemeinden mit einem geringen Rückgang der Landwirtschaftsfläche und einem hohen Anteil an nicht bebaubaren sowie BLN- und Parkflächen sind demzufolge weniger zersiedelt. Diese Variablen könnten somit als "negative Treiber" der Zersiedelung angesehen werden, da sie zu einer kompakteren Besiedlung beitragen können. (3) Von der Entwicklung der Bevölkerung und der Siedlungsfläche sowie vom Anteil an Einfamilienhäusern ist ein grosser Einfluss auf die Zersiedelung angenommen worden. Wie die Ergebnisse gezeigt haben, weisen diese Variablen jedoch nur selten einen signifikanten Zusammenhang mit der Zersiedelung auf. Der Einfamilienhausanteil ist nur für das Mittelland signifikant und zeigt dort den erwarteten positiven Zusammenhang mit der Zersiedelung. Die allgemeine Meinung, wonach das starke Bevölkerungs- und Siedlungswachstum ein wichtiger Treiber der Zersiedelung ist, kann in vorliegender Untersuchung nicht direkt bestätigt werden. (4) Die vierte Erkenntnis ergibt sich aus der Schwierigkeit, Ursache und Folge unterscheiden zu können. Nicht in allen Fällen lässt sich mit Bestimmtheit sagen, ob ein Faktor nun Ursache oder Folge der Zersiedelung ist. Die Analyse zeigt beispielsweise eine deutlich positive Korrelation zwischen dem Anteil an pendelnden Beschäftigten sowie dem Anteil an Autofahrern und der Zersiedelung. Hier ist es jedoch schwierig herauszulesen, was Ursache und was Folge ist, denn zum einen kann die Zersiedelung durch die Pendeltätigkeit und das Benutzen des Autos gefördert werden, zum anderen aber auch deren Ursache sein. Ein weiteres Beispiel zeigt sich in den Ergebnissen der politischen Haltung. Hier zeigt sich, dass eine ökologische Haltung positiv mit der Zersiedelung korreliert ist. Dies würde bedeuten, dass eine ökologische Einstellung die Zersiedelung erhöhen würde. In

diesem Beispiel scheint es jedoch naheliegender, dass die Zersiedelung Ursache der ökologischen Haltung ist und nicht umgekehrt.

Mit der in dieser Arbeit gemachten statistischen Auswertung ist es kaum möglich, Kausalitäten zwischen den gefundenen Zusammenhänge zu eruieren. Die Auswertung ist stark phänomenologisch geprägt, indem die Zersiedelung eines Zeitpunktes anhand unterschiedlichster Faktoren erklärt wird, ohne genau die Prozesse dahinter zu beschreiben. Obwohl die Variablenauswahl hypothesengetrieben war, war es nicht möglich, für jede einzelne Variable eine schlüssige Hypothese zu bilden. Daher wird kein Anspruch darauf erhoben, direkte Treiber der Zersiedelung gefunden zu haben.

Für ein vertieftes Verständnis der Zusammenhänge der Zersiedelung und ihrer Einflussfaktoren wird es unerlässlich sein, nicht nur einen bestimmten Zeitpunkt zu untersuchen, sondern eine Zeitserie zu analysieren, in welcher die ablaufenden Prozesse zeitlich und räumlich aufgelöst werden können. Für das bessere Verständnis unterschiedlicher vorhandener Zersiedelungsgrade der Regionen oder Gemeinden wäre es zudem wichtig, vertieft auf regional- oder gemeindespezifische Eigenschaften einzugehen. So können beispielsweise unterschiedliche Gesetzgebungen oder politische sowie planerische Instrumente wichtige Erkenntnisse über vorhandene Unterschiede liefern. Mit Hilfe der neuen Messgrößen urbane Durchdringung (*UP*), Dispersion (*DIS*) und Ausnutzungsdichte (*AD*), welche Teilgrößen der Definition der Zersiedelung nach Schwick et al. (2010) sind, kann in Zukunft zudem untersucht werden, welchen Teilaspekt der Zersiedelung verschiedene Einflussgrößen tangieren. Diese weiterführenden Untersuchungen würden einen genaueren Einblick in die Zusammenhänge ermöglichen, vorhandene Kausalitäten erschliessen und vor allem vertiefte Erkenntnisse für spezifische Massnahmen liefern.

Im Rahmen dieser Masterarbeit waren derart vertiefte Untersuchung nicht möglich. Daher wurde der Fokus auf einen explorativen Ansatz gelegt, welcher für ein grosses Untersuchungsgebiet allgemeine Zusammenhänge zwischen der Zersiedelung und ihrer Einflussfaktoren aufzeigen soll. Die Zersiedelung der Schweiz wurde noch nie auf diese Art und Weise untersucht oder modelliert, weshalb die vorliegende Untersuchung wichtige grundlegende Erkenntnisse über Einflussgrößen der Zersiedelung liefern kann. In diesem Sinne ergibt sich der Wert der vorliegenden Arbeit im Sichten wichtiger, statistisch signifikanter Faktoren, auf welchen aufgebaut werden kann und vertiefte Untersuchungen durchgeführt werden können.

7 Dank

Ich möchte mich ganz herzlich bei allen Personen bedanken, welche mich während den letzten sechs Monaten meiner Masterarbeit unterstützt und den Aufenthalt an der WSL angenehm gemacht haben.

Vielen Dank Felix, für deine grosse Hilfe, für die ständige Erreichbarkeit, für die Geduld und Zeit, die du dir genommen hast, um meine Fragen und Anliegen zu besprechen.

Ein grosses Dankeschön auch dir Christian, dass du mir deine Daten anvertraut hast, für die hilfreichen Tipps und Anregungen in den verschiedenen Gesprächen.

Ich möchte mich ebenfalls recht herzlich bedanken bei Anna, Tobias und Fabian, welche mich bei der Suche nach Ideen, Daten und Fachliteratur für die Untersuchung unterstützt haben. Vielen Dank Tobias für das Besorgen von Daten und die Mithilfe in deren Interpretation.

Herzlichen Dank Nica für deine Ideen, Anregungen und Zeit, die du dir genommen hast, um mir den Umgang mit R und dem GLM-Code zu erleichtern. Vielen Dank auch euch, Lorena und Rafi, für eure Hilfsbereitschaft bei GIS- oder R-Fragen.

Vielen herzlichen Dank gebührt auch dir Maria, für das geduldige und mehrfache Gegenlesen meiner Arbeit sowie für deine grosse und liebevolle Unterstützung in den letzten sechs Monaten. Danke auch dir Michele, für die Übersetzung der Zusammenfassung. Danke Luzian, dass du dir spontan Zeit genommen hast, um mit mir einige Bilder für das Titelblatt zu machen.

Nicht zuletzt danke ich meiner Familie, die mir bei Problemen und Anliegen immer zur Seite gestanden ist und mich unterstützt hat. Vielen Dank für die vielen aufmunternden und beruhigenden Gespräche.

8 Literaturverzeichnis

- ARE (2006). *Flächennutzungszertifikate: Systemdesign und wirtschaftliche Auswirkungen*. Bundesamt für Raumentwicklung, Bern.
- ARE (2008). *Bauzonenstatistik Schweiz 2007*. Bundesamt für Raumentwicklung, Bern.
- ARE und BAFU (2007). *Landschaft unter Druck. 3. Fortschreibung 1989 - 2003*. Bundesamt für Raumentwicklung und Bundesamt für Umwelt, Bern.
- BAFU (2003). *Landschaft 2020 – Erläuterungen und Programm. Synthese zum Leitbild des BUWAL für Natur und Landschaft Bern*. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.
- BAFU (2010a). *Inventare*. Bundesamt für Umwelt, Bern. Homepage aufgerufen am 07. März 2013, URL: <http://www.bafu.admin.ch/landschaft/00524/01676/01677/index.html?lang=de>.
- BAFU (2010b). *Regionaler Naturpark*. Bundesamt für Umwelt, Bern. Homepage aufgerufen am 18. Oktober 2012, URL: www.bafu.admin.ch/paerke/10461/10463/index.html?lang=de.
- BAFU (2013). *Das Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN)*. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- BAFU (undatiert). *Auswertungsprotokoll für Parameter 20. Abstand zu zentralen Dienstleistungen, LABES*. Unpubliziertes Manuskript. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Bertiller, R., Schwick, C., und Jaeger, J. (2007). *Landschaftszerschneidung Schweiz. Zerschneidungsanalyse 1885-2002 und Folgerungen für die Verkehrs- und Raumplanung. ASTRA-Bericht*. Bern.
- BFS (2001). *Bodennutzung im Wandel. Arealstatistik Schweiz*. Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.
- BFS (2003). *Pendelverkehr. Neue Definition der Agglomerationen. Pressekonferenz vom 15. Mai 2003*. Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.
- BFS (2004). *Übersichtsanalysen Volkszählung 2000. Neue Raum- und Mobilitätsstrukturen in der Schweiz*. Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.
- BFS (2007). *Eidgenössische Betriebszählung, Wirtschaftsstruktur*. Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.
- BFS (2010). *Landschaft Schweiz im Wandel. Siedlungswachstum in der Schweiz*. Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.
- BFS (2012). *Mobilität und Personenverkehr*. Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.
- BFS (2013a). *Bevölkerung. Panorama*. Bundesamt für Statistik, Neuchâtel. Homepage aufgerufen am 11. März 2013, URL: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/01/01/pan.html>.

- BFS (2013b). *Bodennutzung und Bodenbedeckung - Daten*. Bundesamt für Statistik., Neuchâtel. Homepage aufgerufen am 18.02.2013, URL: www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/02/03/blank/data/gemeindedaten.html.
- Bornschiefer, V. (1982). Bildung, Beruf und Arbeitseinkommen: Theoretische Verknüpfung zwischen Aspekten der sozialen Schichtung. *Zeitschrift für Soziologie*, 3:254–267.
- Bortz, J. (2005). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. Springer.
- Brueckner, J. K. (2000). Urban sprawl: Diagnosis and Remedies. *International Regional Science Review* 23, 2:160–171.
- Brueckner, J. K. (2001). Urban Sprawl: Lessons from Urban Economics. *Brookings-Wharton Papers on Urban Affairs*, Brookings Institutions Press:65–89.
- Brueckner, J. K. und Fansler, D. (1983). The Economics of Urban Sprawl: Theory and Evidence on the Spatial sizes of Cities. *Review of Economics*, 65:479–482.
- Burchell, R., Shad, N., Listokin, D., Phillips, H., Downs, A., Seskin, S., Davis, J. S., Moore, T., Helton, D., und Gall, M. (1998). The Costs of Sprawl—Revisited. *Transit Cooperative Research Programm (TCRP), Report 39*.
- Burchfield, M., Overman, H. G., Puga, G., und Turner, M. A. (2006). Causes of sprawl: A portrait from space. *The Quarterly Journal of Economics*, Mai:587–633.
- Burnham, K. P. und Anderson, D. R. (2004). Multimodel Inference: Understanding AIC and BIC in Model Selection. *Sociological Methods & Research*, 33:261–304.
- Byun, P. und Esparza, A. X. (2005). A Revisionist Model of Suburbanization and Sprawl. The Role of Political Fragmentation, Growth Control, and Spillovers. *Journal of Planning Education and Research*, 24:252–264.
- Bürkner, H.-J., Berger, O., Luchmann, C., und Tenz, E. (2007). *Der demographische Wandel und seine Konsequenzen für Wohnungsnachfrage, Städtebau und Flächennutzung*. Working Paper. Erkner, Leibniz-Institut für Regionalentwicklung und Strukturplanung.
- Chevan, A. und Sutherland, M. (1991). Hierarchical Partitioning. *The American Statistician*, 45:90–96.
- Chin, N. (2002). Unearthing the Roots of Urban Sprawl: A Critical Analysis of Form, Function and Methodology. *Working Papers Series*, 47:1–23.
- Ewald, K. C. und Klaus, G. (2010). *Die ausgewechselte Landschaft - Vom Umgang der Schweiz mit ihrer wichtigsten natürlichen Ressource*. 2. Aufl. Haupt.
- Ewing, R. (1997). Is Los Angeles style Sprawl desirable? *Journal of the American Planning Association*, 13:107–126.
- Fahrmeir, L., Kneib, T., und Lang, S. (2007). *Regression. Modelle, Methoden und Anwendungen*. Springer.

- Frey, H. (2012). *Autobahn und Schnellstrassen als Motor der Zersiedelung*.
- Frey, R. L. (2011). *Räumliche Entwicklung und Zersiedelung*. Basel.
- Gennaio, M.-P., Hersperger, A., und Bürgi, M. (2009). Containing urban sprawl-Evaluating effectiveness of urban growth boundaries set by the Swiss Land Use Plan. *Land Use*, 26:224–232.
- Geser, H., Höpfinger, F., Ladner, A., und Meuli, U. (1996). *Die Schweizer Gemeinden im Kräftefeld des gesellschaftlichen und politisch-administrativen Wandels*.
- Gonseth, Y., Wohlgemuth, T., Sansonnens, B., und Buttler, A. (2001). Die biogeographischen Regionen der Schweiz. Erläuterungen und Einteilungsstandard. *Umwelt Materialien Nr. 137*, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft Bern:48 Seiten.
- Hayek, U., Jaeger, J., Christian, S., Jarne, A., und Schuler, M. (2011). Measuring and Assessing Urban Sprawl: What are the Remaining Options for Future Settlement Development in Switzerland for 2030? *Applied Spatial Analysis*, 4:249–279.
- Hermann, M. (2006). *Werte, Wandel und Raum. Theoretische Grundlagen und empirische Evidenzen zum Wandel regionaler Mentalitäten in der Schweiz*. PhD thesis, Universität Zürich.
- Hermann, M. und Leuthold, H. (2003). *Atlas der politischen Landschaften. Ein weltanschauliches Porträt der Schweiz*. vdf Hochschulverlag AG.
- Hesse, M. und Kaltenbrunner, R. (2005). Zerrbild “Zersiedelung“. Anmerkungen zum Gebrauch und zur Dekonstruktion eines Begriffs. *Disp*, 160:16–22.
- Hirsig, R. (2001). *Statistische Methoden in den Sozialwissenschaften: Eine Einführung im Hinblick auf computerunterstützte Datenanalyse mit SPSS für Windows*.
- Hoem, J. M. und Neyer, G. (2008). Education and permanent childlessness: Austria vs. Sweden; a research note. *Demographic challenges for the 21st century: a state of the art in demography*, Conference in the field of demography:91–112.
- Jaeger, J., Bertiller, R., Schwick, C., Cavens, D., und Kienast, F. (2010a). Urban permeation of landscapes and sprawl per capita: New measures of urban sprawl. *Ecological Indicators*, 10:427–441.
- Jaeger, J., Bertiller, R., Schwick, C., und Kienast, F. (2010b). Suitability criteria for measures of urban sprawl. *Ecological Indicators*, 10:397–406.
- Jaeger, J. A. G., Bertiller, R., Schwick, C., Müller, K., Steinmeier, C., Ewald, K. C., und Ghazoul, J. (2008). Implementing Landscape Fragmentation as an Indicator in the Swiss Monitoring System of Sustainable Development (MONET). *Journal of Environmental Management*, 88:737–751.
- Kienast, F., Jaeger, J., Schwick, C., Hersperger, A., Waltert, F., Schulz, T., und Seidl, I. (2012). NRP 68 “Sustainable use of Soil as a Resource“. Projekt proposal.

- Korner, F. (2006). Bedeutung einiger häufig gebrauchter statistischer Kennzahlen und Begriffe und ihre Interpretation. *Der Ornithologische Beobachter*, 1:1–4.
- Ladner, A. (2012). Gemeindeforschung. Homepage aufgerufen am 23. Oktober 2012, URL: <http://www.andreasladner.ch>.
- Ladner, A., Arn, D., Friederich, U., Steiner, R., und Wichtermann, J. (2000). *Gemeindereformen zwischen Handlungsfähigkeit und Legitimation*. Universität Bern.
- Ladner, A. und Steiner, R. (2003). Die Schweizer Gemeinden im Wandel: Konvergenz oder Divergenz? *Swiss Political Science Review*, 9:233–259.
- Lehmacher, W. (2013). *Grundlagen der medizinischen Statistik*. Institut für Medizinische Statistik, Informatik und Epidemiologie der Universität zu Köln.
- Mann, S. (2009). Institutional causes of urban and rural sprawl in Switzerland. *Land Use Policy*, 26:919–924.
- Margo, R. (1992). “Explaining the Postwar Suburbanization of Population in the United States: the Role of Income.“. *Journal of Urban Economics*, 31:301–310.
- MeteoSchweiz (2009). *Globalstrahlung aus Satellitenmessungen*. Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie Meteoschweiz.
- Myers, R. H., Montgomery, D. C., Vining, G. G., und Robinson, T. J. (2010). *Generalized Linear Models: With Applications in Engineering and the Science*. John Wiley & Sons, Inc.
- Nechyba, T. J. und Walsh, R. P. (2004). Urban Sprawl. *Journal of Economic Perspectives*, 18:177–200.
- Nelder, J. A. und Wedderburn, R. W. M. (1972). Generalized Linear Models. *Journal of the Royal Statistical Society*, 135:370–384.
- Netzwerk Schweizer Pärke (2012). *Netzwerk Schweizer Pärke*. www.paerke.ch. Homepage aufgerufen am 14. November 2012, URL: www.paerke.ch/portraet-zahlen/portrait.php.
- Raumplanungsgesetz (1979). *Bundesgesetz vom 22. Juni 1979 über die Raumplanung AS 1979 1573*.
- Razin, E. und Rosentraub, M. (2000). Are fragmentation and sprawl interlinked? North American evidence. *Urban Affairs Review*, 35:821–836.
- Roth, U., Schwick, C., und Spichtig, F. (2010). *Zustand der Landschaft in der Schweiz. Zwischenbericht Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES)*. Umwelt-Zustand Nr. 1010. Bundesamt für Umwelt, Bern: 64 S.
- Schalcher, H.-R., Boesch, H.-J., Bertschy, K., Sommer, H., Matter, D., und Gerum, J. (2011). *Was kostet das Bauwerk Schweiz in Zukunft und wer bezahlt dafür? Fokusstudie des Nationalen Forschungsprogramms 54, “Nachhaltige Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung“*. Bern.

- Schuler, M., Dessemond, P., und Joye, D. (2005). *Eidgenössische Volkszählung 2000. Die Raumgliederung der Schweiz*. Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.
- Schweizerische Bundesverfassung (1999). *Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999 AS 1999 2556*.
- Schwick, C. (2013). *Zersiedelung*. Die Geographen schwick + spichtig. Homepage aufgerufen am 08. März 2013, URL: <http://www.zersiedlung.ch/Zersiedelung/Forschung.html>.
- Schwick, C., Jaeger, J., Bertiller, R., und Kienast, F. (2010). *Zersiedelung der Schweiz - unaufhaltsam? Quantitative Analyse 1935 bis 2002 und Folgerungen für die Raumplanung*. Zürich, Bristol-Stiftung; Bern, Stuttgart, Wien, Haupt. 114 S. und 4 Karten.
- Schwick, C., Jaeger, J., Hersperger, A., und Kienast, F. (2013). Stark beschleunigte Zunahme der Zersiedelung in der Schweiz. *Géomatique Suisse*, 2:48–53.
- Seiz, G. und Foppa, N. (2007). *Nationales Klima-Beobachtungssystem (GCOS Schweiz)*. Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie, MeteoSchweiz und ProClim, 92 S.
- Shier, R. (2004). *Statistics: 2.3 The Mann-Whitney U Test*. Loughborough University.
- Siedentop, S. (2005). Urban Sprawl - verstehen, messen, steuern. Ansatzpunkte für ein empirisches Mess- und Evaluationskonzept der urbanen Siedlungsentwicklung. *Disp*, 160:23–35.
- Thaler, T. (2009). Die Extended-Quasi-Likelihood-Funktion in Generalisierten Modellen. Master's thesis, Technische Universität Graz.
- Thiemichen, S. (2011). Generalisierte Regression. Ludwig-Maximilians-Universität München.
- Vimentis (2011). Raumplanung Schweiz - Kosten der Zersiedelung.
- Voltz, M. und Webster, R. (1990). A comparison of kriging, cubic splines and classification for predicting soil properties from sample information. *European Journal of Soil Science*, 41:473–490.
- Weber, G. (2012). *Zersiedelung, die verkannte Zukunftsbelastung*. Universität Wien.
- Weisberg, S. (1980). Applied linear regression. Wiley.
- Wüest, H., Rey, U., und Steinbach, T. (1991). *Dokumentation Gebäudebestand Schweiz*. Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern.
- Zimmermann, N. E., Kienast, F., und Bolliger, J. (2010). *Species Distribution Modeling (SDM) with GLM, GAM and CART. Vorlesungsunterlagen advanced landscape ecology*.

A Anhang

A.1 Datentabelle

Tabelle mit den verwendeten Daten für die Bearbeitung der Variablen. In Klammern sind die Jahrgänge der Daten angegeben.

Sozio-Ökonomie und Demographie		
Variable	Datensatz	Datenquelle
Steuerer08 Ertrag_aen	Steuererhebung (2001 und 2008)	Eidgenössische Steuerverwaltung ESTV
BEV_00 ANT_ALT_00 LOGIERN_00 BG1_1.2_3J95 ANT_ERWA_0 Ant_eco_00 ANT_ALT_00 ANT_BIB_00 ANT_BIO_00 ANT_BIH_00 ant_einf_0 Ant_H.b3 Ant_H.m4	Sozio-ökonomischer und demographischer Datensatz. Zusammenge stellt nach Daten des Bundesamtes für Statistik	WSL Birmensdorf
BEV_07 BEV_10 delta_00_10	Statistik des jährlichen Bevölkerungsstandes - ESPOP (2007 und 2010)	Bundesamt für Statistik
ANT_S1_08 ANT_S2_08 ANT_S3_08 E.S1_00_08 E.S2_00_08	Betriebszählung (2008)	Bundesamt für Statistik
Landnutzung und Naturraum		
GEM_FL_HA	Gemeinden- und Schweizergrenze (2011): Feature Dataset swissBOUNDARIES3D	swisstopo
Fortsetzung nächste Seite		

Tabelle 14 – Tabellenfortsetzung

ant_sied_3 E.Siedl_23 E.Siedl_13 E.Geb_23 E.Geb_13 ant_unb_3 entw_unb23 entw_unb13 ant_landw3 E.landw_23 E.landw_13	Arealstatistik Standart (NOAS04), Stand 2012	Bundesamt für Statistik
Bauz_gemfl	Bauzonen (bis 2012)	Bundesamt für Raumentwick- lung
gebfl_an.b	Vector25, Gebäude (2012): - TLM.GEBAEUDE_FOOTPRINT	swisstopo
ant_siedl_	Vector25, Bodenbedeckung Sied- lungsfläche (2012): - TLM.BODENBEDECKUNG	swisstopo
Ant_Inv_ge Anteil_ges	Auenlandschaften (2007) - GEOLIB.au Moorlandschaften (2007) - GEOLIB.ml Ramsar Gebiete (2005) - GEOLIB.ra Smaragd Gebiete (2008) - GEOLIB.smaragd Trockenwiesen- und Weiden (2011) - GEOLIB.tww Wasser- und Zugvogelreservate (2009) GEOLIB.wv	Bundesamt für Umwelt, 3003 Bern
Fortsetzung nächste Seite		

Tabelle 14 – Tabellenfortsetzung

Ant_Par_ge Anteil_ges	Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN) (1998) - GEOLIB.bl Pärke von nationaler Bedeutung (2011) - GEOLIB.park_1 Schweizerischer Nationalpark (2000) - GEOLIB.ch_nationalpark	Bundesamt für Umwelt, 3003, Bern
Huegel_fl_ ant_gemfl	Digitales Höhenmodell DHM25 (c) (1994)	Bundesamt für Landestopo- graphie
SUM_B10BTO fl_ha_mU	Statistik der Bevölkerung und der Haushalte (STATPOP) (2010) - geolib.STATPOP2010B Vector25 Fließ- und stehende Gewässer 2012 - TLM.FLIESSGEWAESSER - TLM.STEHENDES.GEWAES- SER	swisstopo
bauz_rmarch	Märzstrahlung	Kienast, F. und Zimmer- mann, N., Das Klima lässt sich nicht kartieren. Klima- karten werden gerechnet. Inf.bl. Forsch.bereich Land- schaftsökologie WSL, Nr. 27.
Erschliessung und Strasseninfrastruktur		
mean_oev mean_indiv Anteil_a_b	Daten des LABES und der SBB (ba- sierend auf Vector25 (2010) und Be- triebszählung (2005))	Bundesamt für Umwelt (LA- BES) und SBB
Fortsetzung nächste Seite		

Tabelle 14 – Tabellenfortsetzung

Str_dichte Str_sie02)	Vector25, Strassen (2012): - TLM.STRASSEN	swisstopo
Politische Variablen I		
r_l10 kon_lib10 tech_oek10	Regionale Mentalitäten (2010)	Forschungsstelle Sotomo
Politische Variablen II		
gs1h gs1i gs2m gs2n gs2p gs2q gs8e gs8f gs8j gs9e gs9f gs9g gs9h gs9m gs9n gs9f gs10m gs13m1 gs13n1 gs13p1 gs13q1 gs19d1 gs19f1 gs19g1 gs29f gs29g gs29i	Gemeindeschreiberbefragung (2005)	www.andreasladner.ch
Allgemeine Datensätze		
Zersiedelung	Zersiedelungsdaten auf Gemeindeebene (2010)	Die Geographen schwick + spichtig
Fortsetzung nächste Seite		

Tabelle 14 – Tabellenfortsetzung

Die biogeographischen Regionen der Schweiz	Biogeographische Regionen (2004)	Bundesamt für Umwelt
Die Gemeindetypologie des BFS	Räumliche Gliederung der Schweiz, Gemeindetypen (9) (2000)	Bundesamt für Statistik

A.2 Korrelationsmatrizen und hier.part Analysen der Variablen-Vorauswahl

A.2.1 Korrelationsmatrizen

Korrelationsmatrix der sozio-ökonomischen und demographischen Variablen aus Tabelle 1. Rot markierte Zellen weisen einen Korrelationskoeffizienten grösser als -0.5 bzw. 0.5 auf.

Steuerd8	1.00	0.07	0.06	0.06	0.02	-0.09	0.05	0.04	-0.42	-0.40	0.70	0.08	-0.08	-0.14	0.16	-0.20	-0.10	0.30	-0.03	0.09	-0.03	0.09	0.05
Ertrag_aen	0.07	1.00	-0.01	-0.01	0.06	0.01	0.02	0.01	0.05	0.06	-0.06	-0.04	0.04	0.01	-0.02	0.12	-0.02	-0.10	0.30	0.00	-0.05	-0.05	-0.04
Bev_07	0.06	-0.01	1.00	1.00	-0.02	0.03	0.08	-0.11	-0.03	-0.20	0.10	0.20	-0.20	0.21	-0.21	-0.19	0.00	0.21	-0.10	0.00	-0.05	0.01	0.06
Bev_10	0.06	-0.01	1.00	1.00	-0.02	0.03	0.08	-0.11	-0.03	-0.20	0.10	0.20	-0.20	0.21	-0.21	-0.19	0.00	0.21	-0.13	0.01	0.01	0.06	0.06
delta_00_10	0.20	0.06	-0.02	-0.01	1.00	-0.24	-0.06	0.05	0.05	-0.20	-0.08	0.27	0.00	0.00	0.31	-0.20	0.00	0.08	0.08	0.01	0.08	-0.05	-0.05
ANT_ALT_00	-0.11	0.01	0.03	0.03	1.00	0.04	0.03	0.00	0.33	-0.08	-0.27	0.53	-0.53	0.16	-0.24	0.08	-0.12	-0.03	-0.07	-0.08	0.02	0.02	0.02
LOGIERN_00	0.02	0.00	0.73	0.73	0.04	1.00	0.08	-0.10	0.03	-0.15	0.02	0.19	-0.19	0.24	-0.28	-0.12	-0.08	0.19	-0.09	-0.01	-0.01	0.05	0.05
BGL_2_395	-0.09	-0.04	0.08	0.08	0.08	0.08	1.00	-0.01	0.18	-0.04	-0.17	-0.11	0.11	0.03	-0.12	0.09	0.00	0.04	0.00	-0.03	0.01	0.01	0.01
ANT_ERVA_0	0.05	0.02	0.00	0.00	0.05	-0.05	-0.01	1.00	-0.03	-0.04	0.06	-0.01	0.01	-0.10	0.09	-0.05	0.02	0.04	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
ANT_ERVA_D	0.04	0.01	-0.11	-0.11	0.05	0.00	-0.10	-0.07	1.00	-0.07	0.05	0.06	0.08	-0.19	0.21	-0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ANT_BHO_00	-0.42	0.05	-0.03	-0.03	-0.20	0.33	0.03	0.18	-0.24	1.00	-0.36	0.07	0.17	0.09	0.02	0.18	0.08	0.01	-0.11	0.10	0.00	0.00	-0.04
ANT_BHO_00	-0.40	0.06	-0.20	-0.20	-0.08	-0.15	-0.04	-0.04	-0.24	-0.36	1.00	-0.17	0.06	0.07	0.15	0.18	0.15	-0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.07
ANT_H_b3	0.70	-0.06	0.10	0.10	0.27	0.02	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	1.00	-1.00	0.13	0.13	0.31	0.00	0.31	0.30	0.15	-0.13	-0.18	-0.18
Ant_H_m4	0.08	-0.04	0.20	0.20	0.00	0.19	0.11	-0.01	0.00	-0.17	0.06	-0.06	1.00	0.13	0.13	0.31	0.00	0.31	0.30	0.15	-0.13	-0.18	-0.18
Ant_H_m4	-0.08	0.04	-0.20	-0.20	0.00	-0.19	0.11	0.08	0.00	0.17	-0.06	0.06	-1.00	0.13	0.13	0.31	0.00	0.31	0.30	0.15	-0.13	-0.18	-0.18
Ant_sco_00	-0.14	0.01	0.21	0.21	-0.25	0.16	0.24	-0.19	0.07	0.09	-0.11	0.13	0.13	1.00	-0.88	0.00	-0.04	0.06	-0.22	-0.10	-0.10	-0.04	-0.08
ANT_S1_08	0.16	-0.02	0.12	0.12	-0.21	-0.24	-0.28	0.21	-0.15	0.02	0.21	-0.31	-0.31	-0.88	1.00	0.00	-0.04	0.06	-0.22	-0.10	-0.10	-0.04	-0.08
ANT_S2_08	-0.20	0.12	-0.19	-0.20	-0.09	0.08	-0.12	-0.02	0.18	0.18	-0.17	-0.31	-0.31	0.00	1.00	0.00	-0.04	0.06	-0.22	-0.10	-0.10	-0.04	-0.08
ANT_S3_08	-0.10	-0.02	0.00	0.00	0.03	-0.12	-0.08	0.02	0.01	0.08	-0.13	0.30	0.31	0.00	0.00	1.00	-0.46	-0.66	0.44	0.44	0.64	-0.23	
ANT_S3_08	0.30	-0.10	0.21	0.21	0.08	-0.12	-0.08	-0.11	-0.21	-0.27	0.30	-0.21	-0.21	-0.04	-0.04	-0.46	1.00	-0.32	-0.24	-0.24	0.64	-0.13	
E_S1_00_08	-0.03	0.00	-0.13	-0.13	0.01	0.04	0.01	-0.11	-0.21	-0.27	0.30	-0.21	-0.21	0.06	-0.05	-0.56	1.00	-0.32	-0.24	-0.24	0.64	-0.13	
E_S2_00_08	0.09	-0.05	0.01	0.01	0.08	-0.07	-0.09	0.00	0.10	0.15	-0.04	-0.21	-0.21	0.21	0.21	0.44	-0.26	1.00	-0.26	1.00	-0.21	-0.12	
E_S3_00_08	0.05	-0.04	0.06	0.06	0.05	0.01	0.01	-0.04	-0.07	-0.13	0.06	0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.33	0.64	-0.18	0.42	-0.21	1.00	0.42	
E_S3_00_08	0.05	-0.04	0.06	0.06	0.05	0.01	0.01	-0.04	-0.07	-0.13	0.06	0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.33	0.64	-0.18	0.42	-0.21	1.00	0.42	

Korrelationsmatrix einiger Variablen aus der Gruppe Landnutzung und Naturraum der Tabelle 2. Rot markierte Zellen weisen einen Korrelationskoeffizienten grösser als -0.5 bzw. 0.5 auf.

GEM_FL_HA	ant_sied_1	ant_sied_2	ant_sied_3	HA	E_Geb_12	E_Geb_13	E_Geb_23	E_Siedl_12	E_Siedl_13	E_Siedl_23	entw_umb_1	entw_umb_2	entw_umb_3	entw_umb12	entw_umb23	entw_umb13	ant_landw1	ant_landw2	ant_landw3	E_Landw_12	E_Landw_13	E_Landw_23	
1.00																							
ant_sied_1	1.00	0.98	0.99	-0.23	-0.09	-0.08	-0.05	-0.09	-0.08	-0.13	0.31	0.31	0.31	-0.01	0.01	0.01	-0.41	-0.42	-0.41	0.04	0.06	0.06	
ant_sied_2	0.98	1.00	0.99	0.98	-0.02	-0.03	-0.02	-0.02	-0.03	-0.06	-0.32	-0.32	-0.32	-0.10	-0.16	-0.21	0.03	0.02	0.06	-0.47	-0.51	-0.61	
ant_sied_3	0.99	0.99	1.00	0.99	-0.03	-0.04	-0.08	-0.09	-0.08	-0.11	-0.31	-0.31	-0.31	-0.11	-0.15	-0.21	0.01	0.04	0.07	-0.48	-0.48	-0.60	
HA	-0.23	0.98	0.99	1.00	-0.11	-0.08	-0.11	-0.11	-0.12	-0.30	-0.29	-0.29	-0.30	-0.10	-0.16	-0.20	-0.09	-0.06	-0.02	-0.45	-0.48	-0.58	
E_Geb_12	-0.09	1.00	0.98	0.99	1.00	0.65	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	-0.07	0.10	0.16	0.16	0.16	0.18	-0.13	0.02	-0.08	
E_Geb_13	-0.08	0.65	0.65	0.65	1.00	0.87	0.42	0.42	0.42	0.04	0.04	0.04	0.04	0.01	0.16	0.13	0.18	0.18	0.18	-0.08	0.00	-0.05	
E_Geb_23	-0.05	-0.08	-0.08	-0.08	0.87	1.00	0.33	0.33	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.03	-0.01	0.14	0.14	0.14	0.05	0.05	-0.06	
E_Siedl_12	-0.13	0.09	0.09	0.09	0.02	0.07	1.00	0.35	0.35	0.00	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.01	0.26	0.26	0.26	0.00	-0.07	-0.04	
E_Siedl_13	-0.08	0.07	0.07	0.07	0.42	0.42	0.35	1.00	0.48	0.00	0.01	0.01	0.01	-0.03	-0.03	0.00	0.20	0.20	0.20	-0.03	-0.09	-0.08	
E_Siedl_23	-0.13	0.07	0.07	0.07	0.42	0.42	0.35	0.48	1.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00	0.21	0.21	0.21	-0.06	-0.03	-0.07	
entw_umb_1	0.31	0.31	0.31	0.31	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	1.00	1.00	1.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.24	0.24	0.24	-0.06	-0.03	-0.07	
entw_umb_2	0.31	0.31	0.31	0.31	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	1.00	1.00	1.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.24	0.24	0.24	-0.06	-0.03	-0.07	
entw_umb_3	0.31	0.31	0.31	0.31	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	1.00	1.00	1.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.24	0.24	0.24	-0.06	-0.03	-0.07	
entw_umb12	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	-0.57	-0.58	-0.59	-0.14	0.04	-0.09	
entw_umb23	0.01	-0.10	-0.10	-0.10	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	-0.57	-0.58	-0.59	-0.14	0.04	-0.09	
entw_umb13	0.01	-0.10	-0.10	-0.10	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	-0.57	-0.58	-0.59	-0.14	0.04	-0.09	
ant_landw1	-0.41	-0.20	-0.21	-0.21	0.16	0.16	0.12	0.12	0.12	0.25	-0.57	-0.57	-0.57	0.07	0.09	0.12	0.07	0.08	0.09	0.03	-0.05	0.05	
ant_landw2	-0.42	-0.06	-0.07	-0.07	0.16	0.16	0.12	0.12	0.12	0.25	-0.57	-0.57	-0.57	0.07	0.09	0.12	0.07	0.08	0.09	0.03	-0.05	0.05	
ant_landw3	-0.43	-0.06	-0.07	-0.07	0.16	0.16	0.12	0.12	0.12	0.25	-0.57	-0.57	-0.57	0.07	0.09	0.12	0.07	0.08	0.09	0.03	-0.05	0.05	
E_Landw_12	0.04	0.03	0.03	0.03	0.18	0.18	0.15	0.15	0.15	0.26	-0.58	-0.58	-0.58	0.07	0.09	0.12	1.00	1.00	1.00	0.29	0.14	0.28	
E_Landw_13	0.04	0.03	0.03	0.03	0.18	0.18	0.15	0.15	0.15	0.26	-0.58	-0.58	-0.58	0.07	0.09	0.12	1.00	1.00	1.00	0.29	0.14	0.28	
E_Landw_23	0.06	-0.48	-0.48	-0.48	0.00	-0.13	0.00	0.00	-0.03	0.00	0.04	0.04	0.04	-0.05	-0.01	0.04	0.25	0.25	0.25	1.00	0.34	0.85	
E_Landw_12	0.06	-0.48	-0.48	-0.48	0.00	-0.13	0.00	0.00	-0.03	0.00	0.04	0.04	0.04	-0.05	-0.01	0.04	0.25	0.25	0.25	1.00	0.34	0.85	
E_Landw_23	0.06	-0.61	-0.61	-0.61	-0.06	-0.07	-0.04	-0.08	-0.08	-0.04	-0.09	-0.09	-0.09	0.02	0.02	0.01	0.11	0.11	0.11	0.34	1.00	0.75	
E_Landw_13	0.06	-0.61	-0.61	-0.61	-0.06	-0.07	-0.04	-0.08	-0.08	-0.04	-0.09	-0.09	-0.09	0.02	0.02	0.01	0.11	0.11	0.11	0.34	1.00	0.75	

Korrelationsmatrix einiger Variablen aus der Gruppe Landnutzung und Naturraum der Tabelle 2. Rot markierte Zellen weisen einen Korrelationskoeffizienten grösser als -0.5 bzw. 0.5 auf.

	Bauz_gemfl	gebfl_an_b	ant_siedl_
Bauz_gemfl	1.00	0.06	0.26
gebfl_an_b	0.06	1.00	0.68
ant_siedl_	0.26	0.68	1.00

Korrelationsmatrix der Erschliessungs- und Infrastrukturvariablen aus der Tabelle 3. Rot markierte Zellen weisen einen Korrelationskoeffizienten grösser als -0.5 bzw. 0.5 auf.

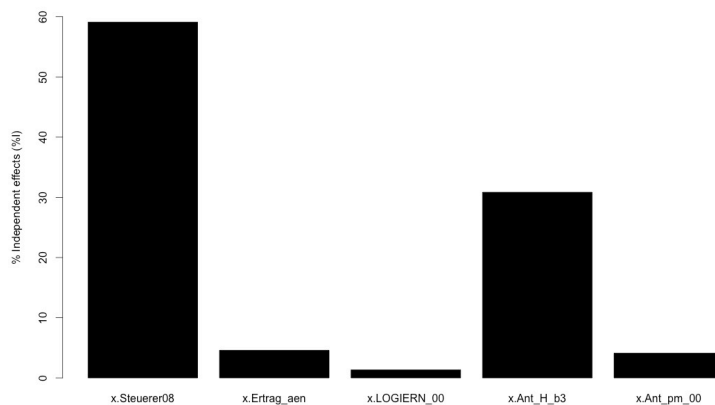
	Str_dichte	Str_sie02	Anteil_a_b	mean_indiv	mean_oev
Str_dichte	1.00	-0.25	0.52	-0.57	-0.66
Str_sie02	-0.25	1.00	-0.18	0.35	0.39
Anteil_a_b	0.52	-0.18	1.00	-0.24	-0.48
mean_indiv	-0.57	0.35	-0.24	1.00	0.78
mean_oev	-0.66	0.39	-0.48	0.78	1.00

Korrelationsmatrix der politischen Variablen I der Tabelle 4. Rot markierte Zellen weisen einen Korrelationskoeffizienten grösser als -0.5 bzw. 0.5 auf.

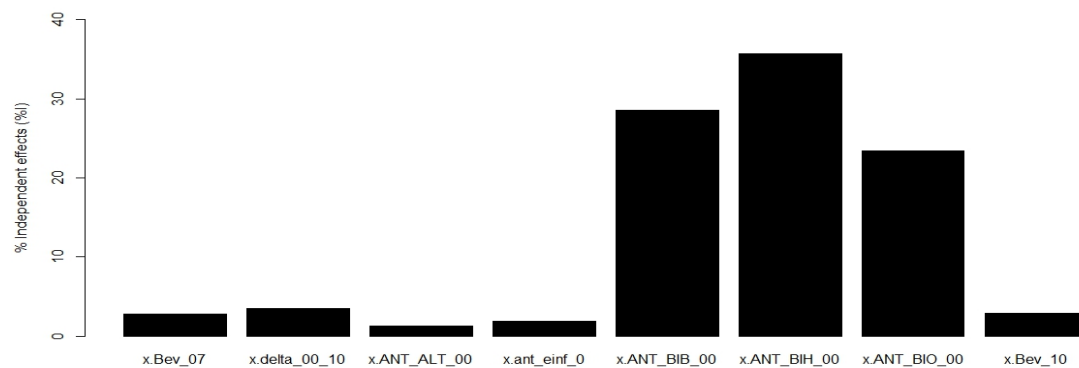
	r_l10	tech_oe10	kon_lib10
r_l10	1.00	-0.48	0.40
tech_oe10	-0.48	1.00	-0.30
kon_lib10	0.40	-0.30	1.00

A.2.2 hier.part Analyse (erklärte Varianz)

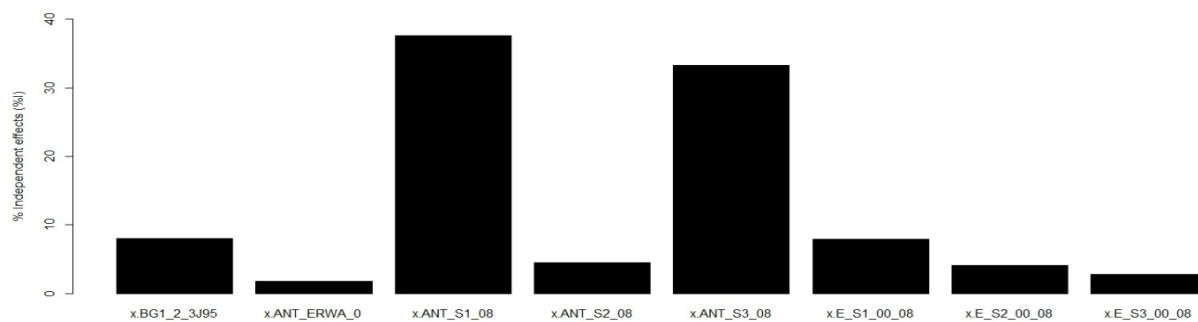
Sozio-ökonomische und demographische Variablen



Erklärte Varianz (hier.part Analyse) der sozio-ökonomischen und demographischen Variablen Steuerer08, Ertrag_aen, LOGIERN_00, Ant_H_b3 und Ant_pm_00.

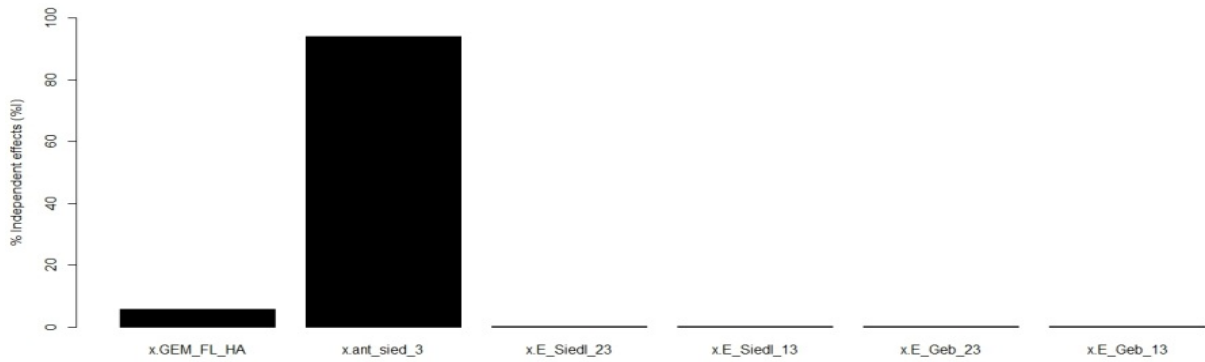


Erklärte Varianz (hier.part Analyse) der sozio-ökonomischen und demographischen Variablen Bev_07, delta_00_10, ANT_ALT_00, ant_einf_0, ANT_BIB_00, ANT_BIH_00, ANT_BIO_00 und Bev_10.

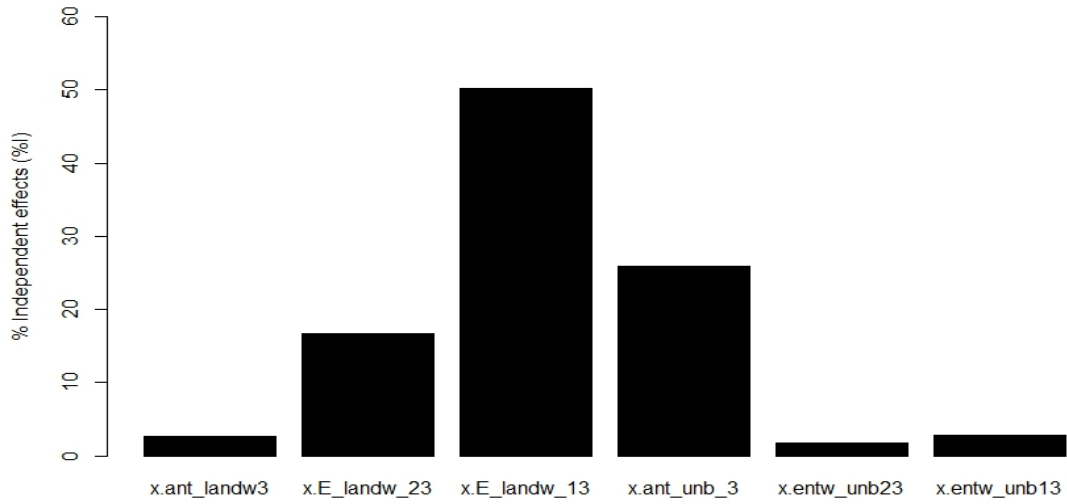


Erklärte Varianz (hier.part Analyse) der sozio-ökonomischen und demographischen Variablen BG1.2_3J95, ANT_ERWA_0, ANT_S1_08, ANT_S2_08, ANT_S3_08, E_S1_00_08, E_S2_00_08 und E_S3_00_08.

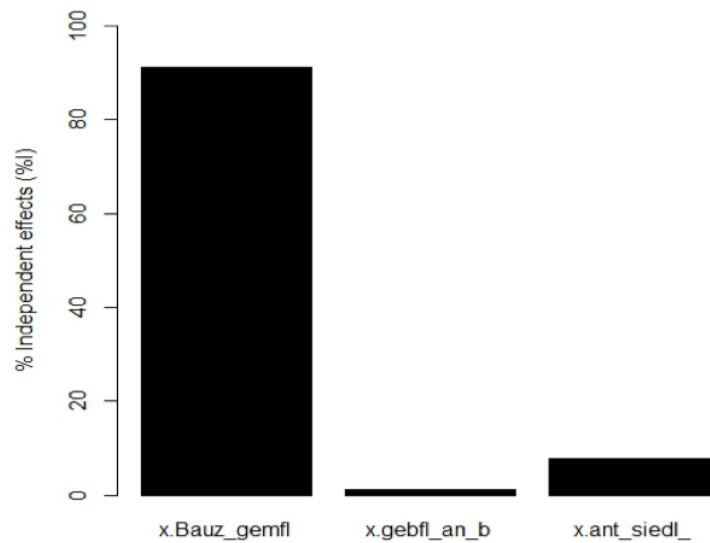
Physisch-geographische Variablen der Landnutzungs- und Naturraumgruppe



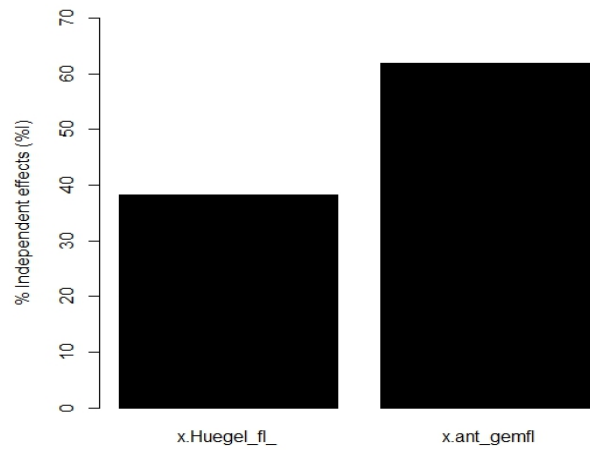
Erklärte Varianz (hier.part Analyse) der Landnutzungs- und Naturraumvariablen GEM_FL_HA, ant_sied_3, E_Siedl_23, E_Siedl_13, E_Geb_23 und E_Geb_13.



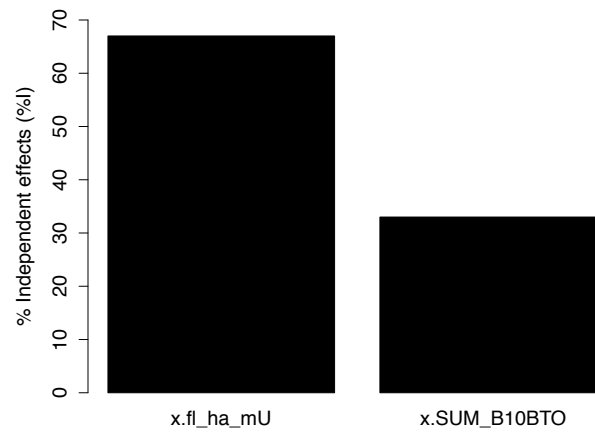
Erklärte Varianz (hier.part Analyse) der Landnutzungs- und Naturraumvariablen ant_landw3, E_landw_23, E_landw_13, ant_unb_3, entw_unb23 und entw_unb13.



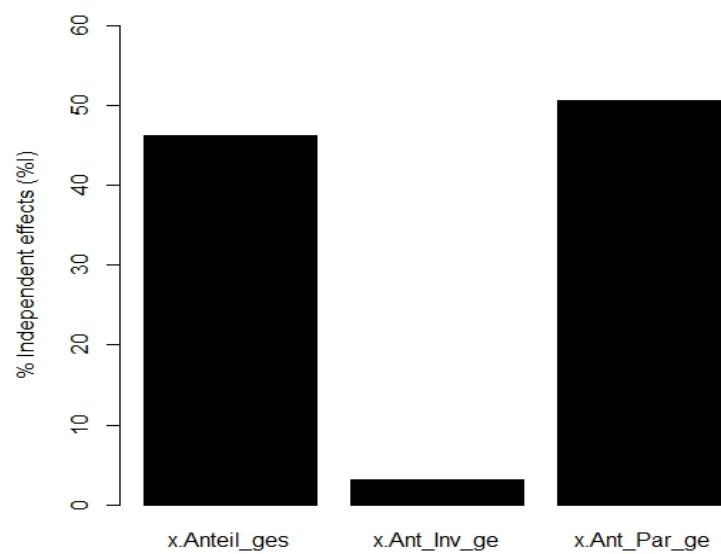
Erklärte Varianz (hier.part Analyse) der Landnutzungs- und Naturraumvariablen Bauz_gemfl, gebfl_an_b und ant_siedl_.



Erklärte Varianz (hier.part Analyse) der Landnutzungs- und Naturraumvariablen Huegel.fl_ und ant_gemfl.

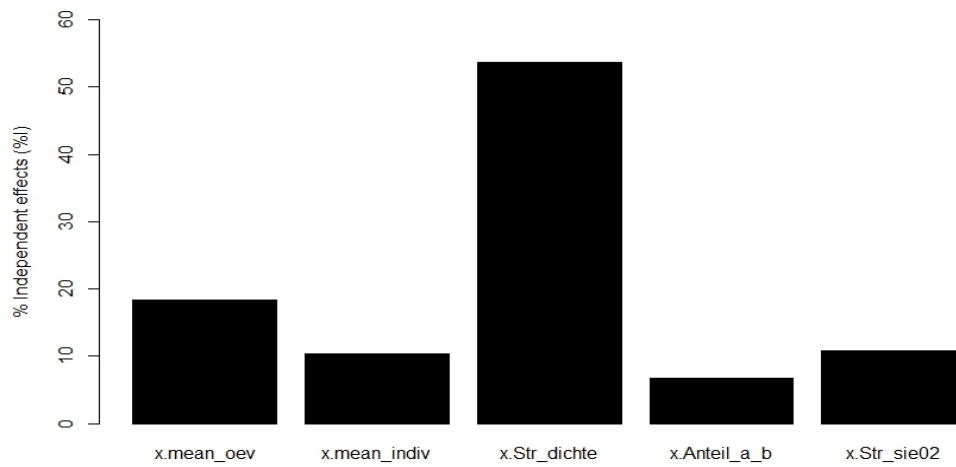


Erklärte Varianz (hier.part Analyse) der Landnutzungs- und Naturraumvariablen fl_ha.mU und SUM_B10BTO.



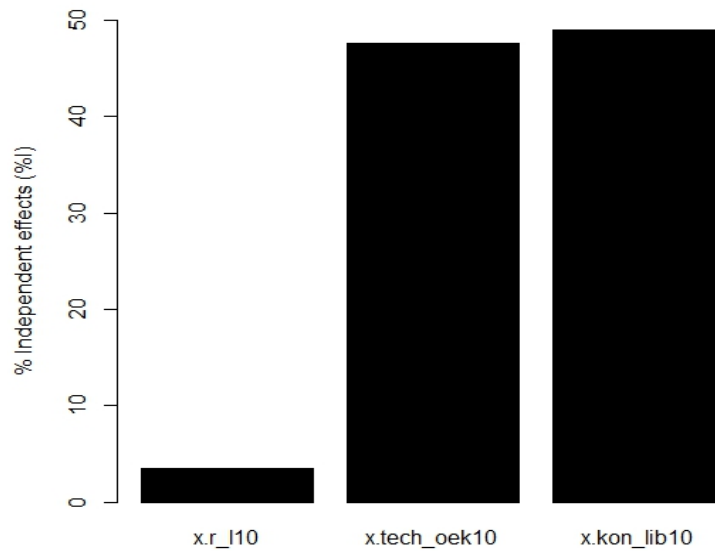
Erklärte Varianz (hier.part Analyse) der Landnutzungs- und Naturraumvariablen Anteil_ges, Ant_Inv_ge und Ant_Par_ge.

Variablen der Erschliessung und Strasseninfrastruktur



Erklärte Varianz (hier.part Analyse) der Erschliessungs- und Strasseninfrastrukturvariablen mean_oev, mean_indiv, Str_dichte, Anteil_a_b und Str_sie02.

Politische Variablen I



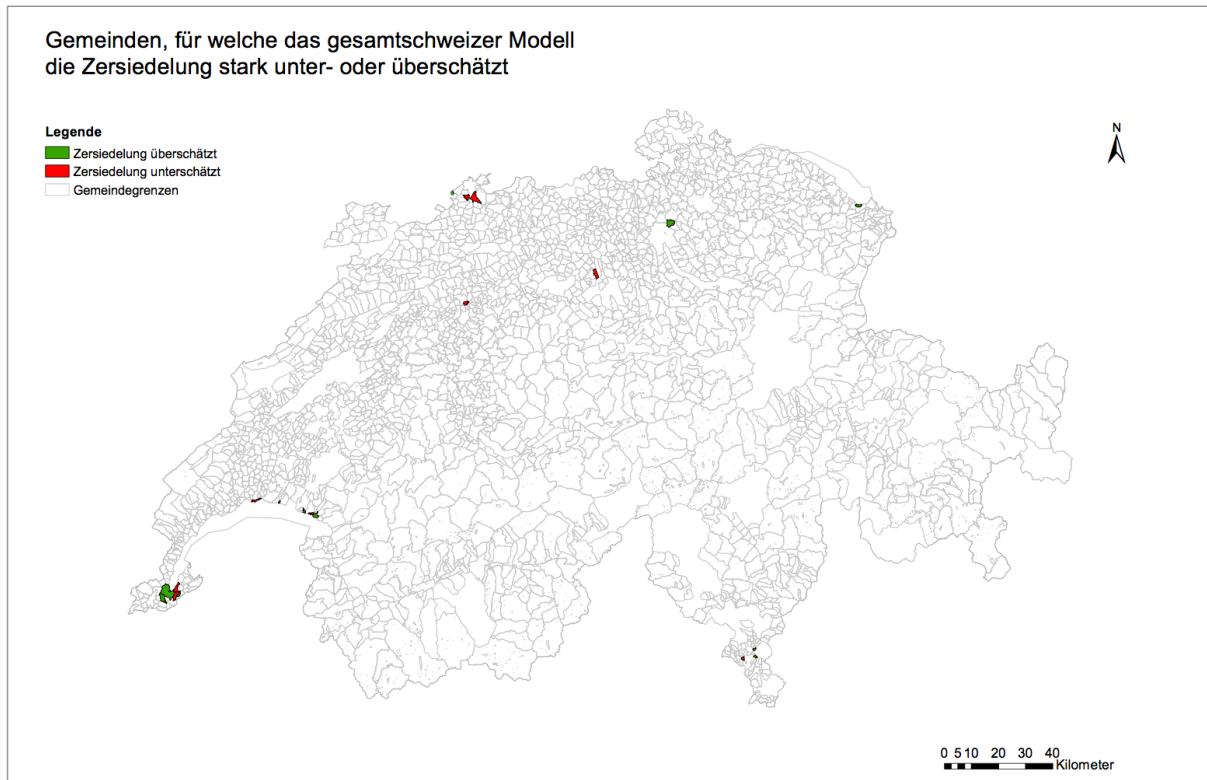
Erklärte Varianz (hier.part Analyse) der politischen Variablen I r_l10, tech_oeK10 und kon_lib10.

A.3 Korrelationsmatrix aller Modellvariablen

Korrelationsmatrix mit allen verwendeten Modellvariablen. Rot markierte Zellen weisen einen Korrelationskoeffizienten grösser als -0.5 bzw. 0.5 auf.

Steuers08	Ant_M_b3	LOGHERN_00	ant_ehf_0	delt0_10	ANT_Alt_00	ANT_ERWA_0	ANT_fm_00	ANT_BIB_00	ANT_BIO_00	ANT_51_08	ANT_52_08	ant_siedl_3	E_Siedl_13	E_ländv_13	ant_uhb_13	Bauz_gemfl_3	ant_siedl_3	Ant_Prz_ge	Anteil_ges	ant_gemfl	fl_ba_mtl	bauz_rmarc	Str_dichte	mean_ew	tech_eksl0	kon_lhb10
1.00	0.08	0.02	0.02	0.20	-0.11	0.05	0.16	-0.40	-0.42	-0.20	-0.31	0.36	0.03	-0.14	-0.13	0.32	0.09	-0.04	0.03	-0.14	0.11	-0.13	0.31	-0.32	0.03	0.44
0.08	1.00	0.19	-0.08	0.00	0.53	-0.01	-0.13	-0.17	0.00	-0.31	0.00	0.30	-0.20	-0.29	0.11	0.31	0.14	0.01	0.02	0.04	0.23	0.09	0.24	-0.16	0.14	0.19
0.02	0.19	1.00	-0.10	-0.06	0.04	-0.03	-0.28	-0.15	0.03	-0.12	-0.08	0.13	-0.05	-0.07	0.02	0.15	0.03	0.02	0.02	0.02	0.57	0.09	0.08	-0.08	0.07	0.07
0.04	-0.08	-0.10	1.00	0.05	0.00	-0.01	0.21	0.05	-0.07	0.09	0.00	-0.11	0.03	0.06	0.04	-0.11	0.03	0.00	0.00	0.03	-0.12	-0.08	-0.08	0.03	-0.02	-0.02
0.20	0.00	-0.06	0.05	1.00	-0.24	0.05	-0.24	-0.08	-0.20	-0.09	0.03	0.11	0.19	-0.12	-0.13	0.13	-0.02	-0.10	-0.09	0.01	-0.11	0.14	-0.13	-0.13	0.25	0.25
ANT_Alt_00	-0.11	0.53	0.04	0.00	1.00	-0.05	-0.24	-0.08	-0.24	0.08	-0.12	-0.03	-0.18	-0.09	0.27	-0.02	-0.06	0.06	0.06	0.31	0.01	0.31	-0.13	0.29	-0.08	-0.07
ANT_ERWA_0	0.05	-0.01	-0.03	-0.01	0.05	1.00	0.09	-0.04	-0.03	0.02	0.07	0.07	-0.01	-0.04	-0.03	0.06	0.04	-0.08	-0.06	-0.08	0.00	-0.02	0.07	-0.03	-0.03	0.07
ANT_fm_00	-0.17	-0.17	0.21	0.11	0.14	0.09	1.00	0.05	0.05	0.10	0.05	0.10	0.07	0.03	0.04	0.04	0.04	0.00	0.00	0.04	0.22	0.03	0.02	0.02	0.12	0.12
ANT_BIB_00	-0.40	-0.17	0.02	-0.08	-0.08	-0.03	0.02	1.00	0.05	0.18	0.08	-0.36	-0.02	0.25	-0.03	-0.37	0.10	0.04	0.04	0.04	-0.22	0.00	-0.29	0.15	-0.12	-0.12
ANT_BIO_00	-0.42	-0.17	0.00	-0.06	-0.06	-0.03	0.00	-0.17	1.00	0.18	0.01	-0.22	0.02	0.00	0.36	-0.18	-0.27	0.04	0.04	0.27	-0.07	0.24	-0.27	0.43	-0.31	-0.40
ANT_51_08	-0.20	-0.31	0.00	-0.12	0.09	0.08	-0.05	0.18	0.08	1.00	-0.46	-0.47	0.06	0.36	-0.02	-0.48	-0.29	0.03	0.02	0.18	-0.33	0.16	-0.41	0.47	-0.23	-0.15
ANT_52_08	-0.10	0.00	-0.08	0.03	-0.12	0.02	0.08	0.08	0.01	0.00	1.00	0.10	-0.03	-0.05	0.00	0.10	0.16	-0.04	-0.03	-0.15	0.07	-0.18	0.09	-0.19	0.08	-0.09
ant_siedl_3	0.36	0.30	0.13	-0.11	0.11	0.07	0.00	-0.36	-0.22	-0.47	0.10	1.00	0.03	-0.08	0.01	-0.32	0.30	-0.18	-0.17	-0.37	0.40	-0.30	0.87	0.67	0.21	0.28
E_Siedl_13	0.03	-0.20	-0.05	0.03	0.19	-0.18	0.00	0.00	-0.02	0.06	-0.03	-0.03	1.00	-0.08	0.00	-0.05	-0.04	-0.04	-0.05	-0.04	-0.05	-0.05	-0.03	0.04	-0.10	0.00
ant_uhb_13	-0.19	0.11	0.02	0.04	-0.13	0.27	-0.03	0.36	0.00	-0.02	0.00	-0.32	0.01	-0.09	1.00	-0.31	-0.15	0.20	0.19	0.48	-0.07	0.17	-0.40	0.31	0.17	-0.28
Bauz_gemfl_3	0.08	0.14	0.05	0.11	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	1.00	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
Bauz_rmarc	0.08	0.14	0.05	0.11	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.26	1.00	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
Str_dichte	0.08	0.14	0.05	0.11	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.26	0.26	1.00	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
mean_ew	-0.03	0.02	0.02	-0.09	0.05	-0.06	-0.10	0.03	0.04	0.02	-0.03	-0.17	-0.05	0.10	0.19	-0.17	-0.05	0.92	1.00	0.14	-0.06	0.08	-0.18	0.13	0.04	-0.09
tech_eksl0	0.11	0.23	0.57	-0.12	0.01	0.00	-0.22	-0.21	-0.07	0.18	-0.15	-0.37	-0.04	0.10	0.48	-0.35	-0.14	0.20	0.14	1.00	0.13	0.41	-0.44	0.41	-0.07	-0.23
kon_lhb10	0.31	0.24	0.08	-0.08	0.14	-0.13	0.07	0.09	-0.29	0.24	0.16	-0.18	-0.30	-0.05	0.09	0.17	-0.09	0.10	0.08	0.41	-0.12	1.00	-0.35	1.00	-0.20	0.03
	-0.32	-0.16	-0.08	0.03	-0.13	0.29	-0.03	0.15	0.43	0.47	-0.19	-0.67	0.04	0.32	0.31	-0.65	-0.38	0.15	0.13	0.41	-0.39	0.51	1.00	-0.66	0.17	0.28
	0.44	0.19	0.07	-0.02	0.25	0.07	0.11	-0.42	-0.40	-0.15	-0.09	0.28	0.00	-0.12	-0.28	0.29	0.01	-0.09	-0.09	-0.23	0.13	0.03	0.28	-0.24	-0.30	1.00

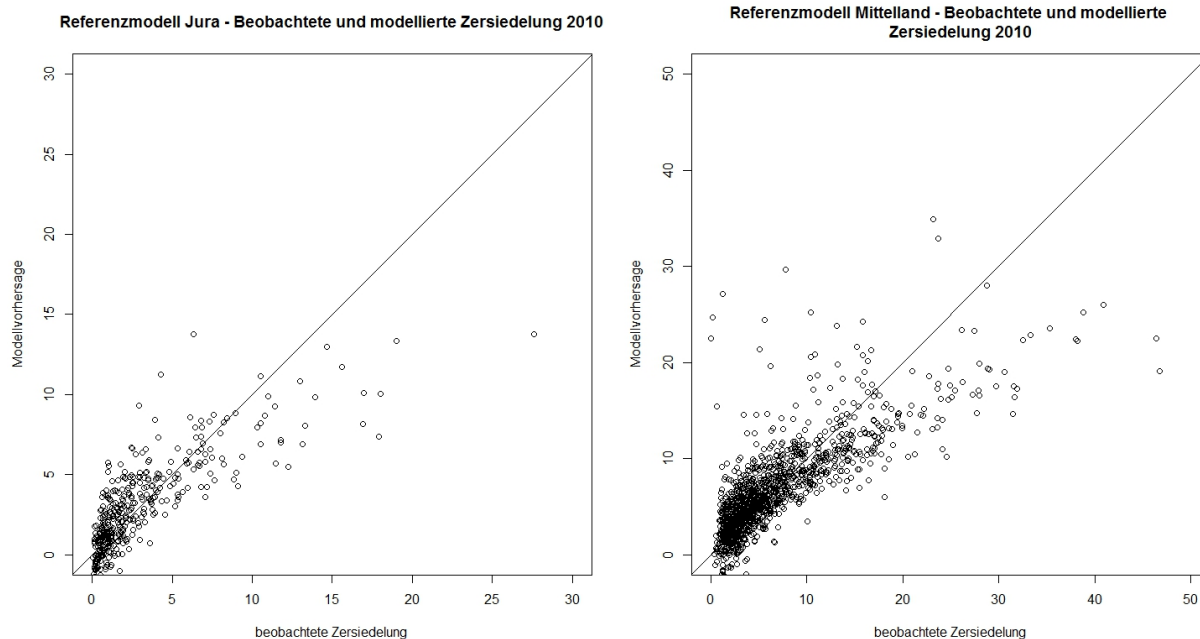
A.4 Gemeinden, für welche das Modell eine schlechte Vorhersage macht



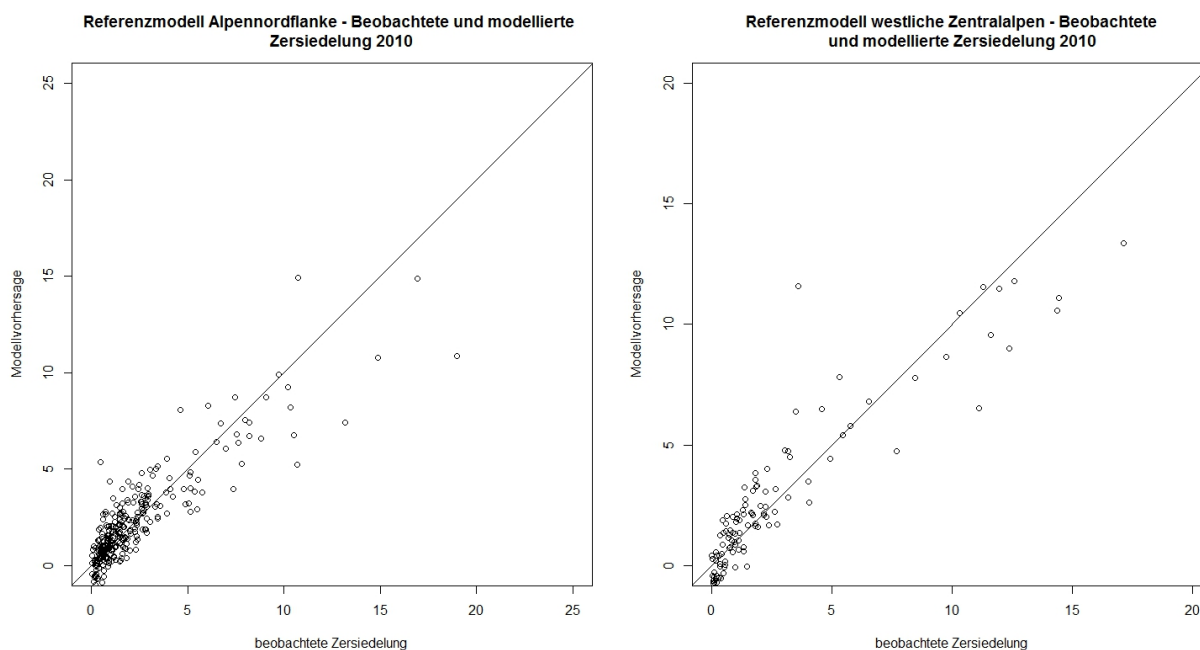
Die Karte zeigt die 20 Gemeinden, für welche das Modell die Zersiedelung am schlechtesten vorhersagt und diese entweder stark unter- oder stark überschätzt. Überschätzt wird die Zersiedelung der Gemeinden Opfikon, Rorschach, Schönenbuch, Vevey, Saint-Sephorin (Lavaux), Lancy, Genf, Chêne-Bourg, Paradiso und Massagno (grün). Unterschätzt wird die Zersiedelung der Gemeinden Saint-Sulpice, Corseaux, Paudex, Beinwil am See, Gerlafingen, Münchenstein, Bottmingen, Magliaso, Coligny und Chêne-Bougeries (rot). Quelle: swissBOUNDARIES3D ©2013 swisstopo (5704000000) (Schweizer Landes- und Gemeindegrenzen).

A.5 Referenzmodelle der biogeographischen Regionen und der Gemeindetypen

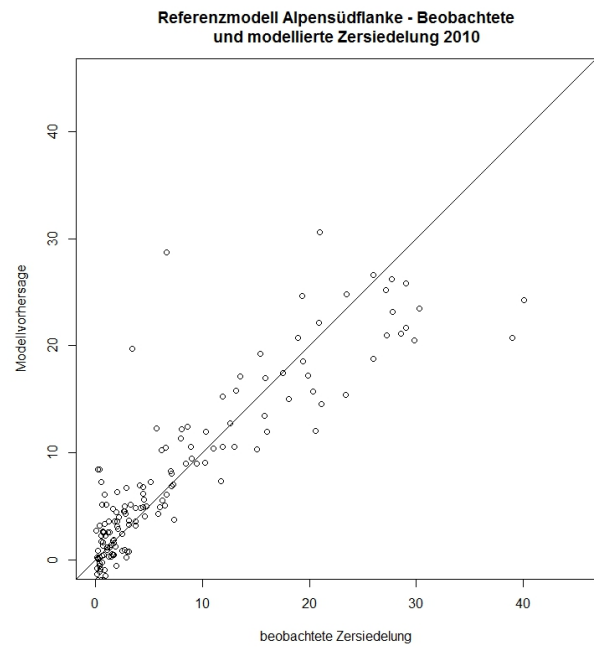
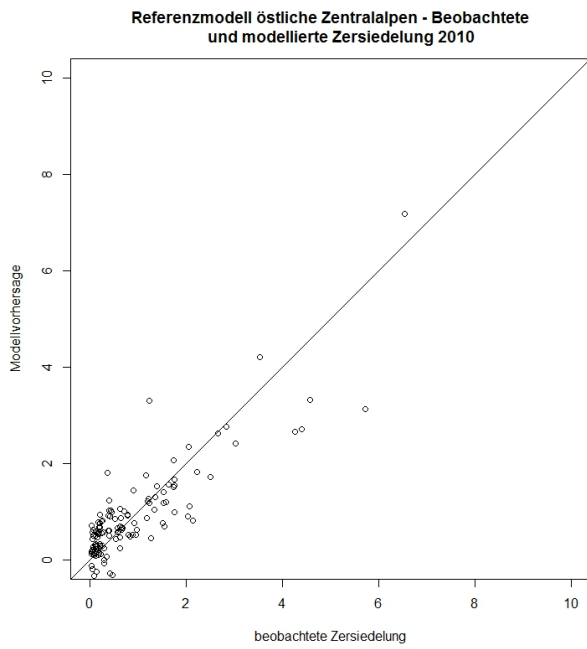
Referenzmodelle der biogeographischen Regionen (siehe Tabelle 10)



Links: Zersiedelungsmodell des Jura. Rechts: Zersiedelungsmodell des Mittellandes.

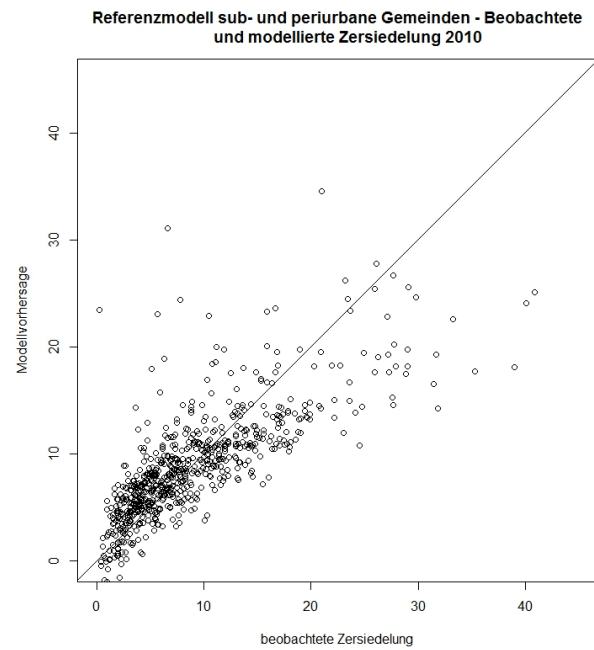
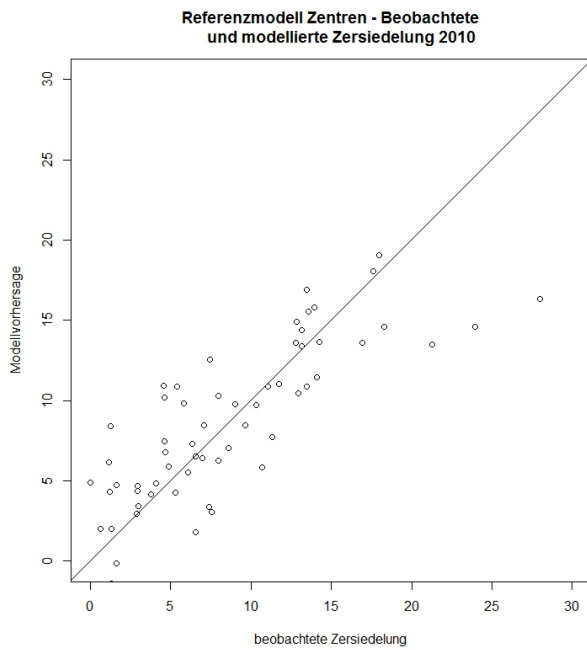


Links: Zersiedelungsmodell der Alpenordflanke. Rechts: Zersiedelungsmodell der westlichen Zentralalpen.

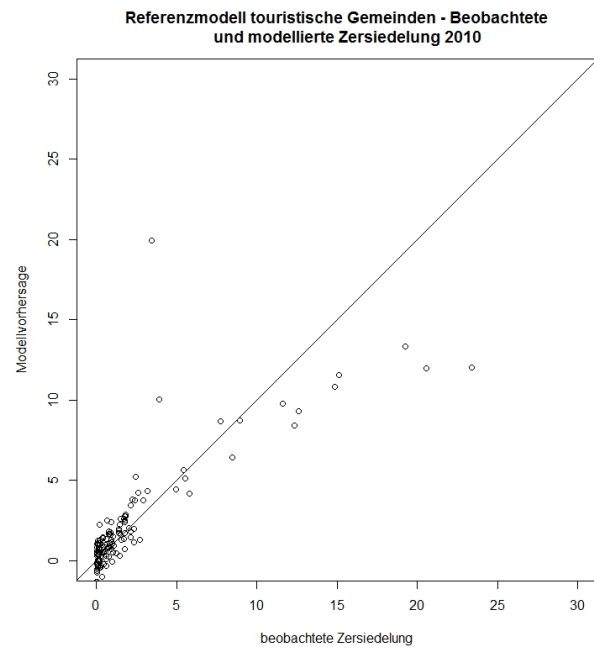
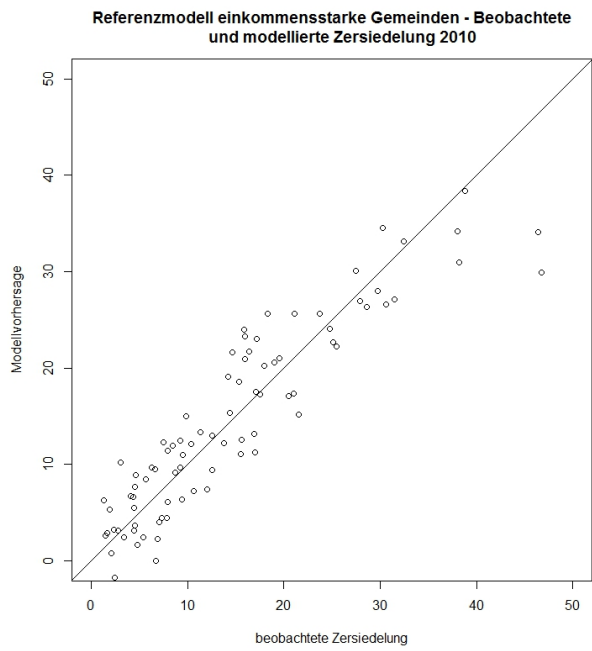


Links: Zersiedelungsmodell der östlichen Zentralalpen. Rechts: Zersiedelungsmodell der Alpensüdflanke.

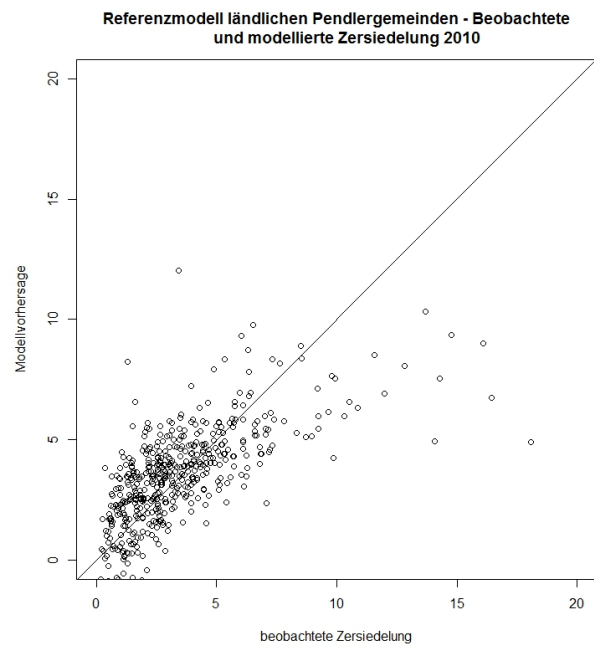
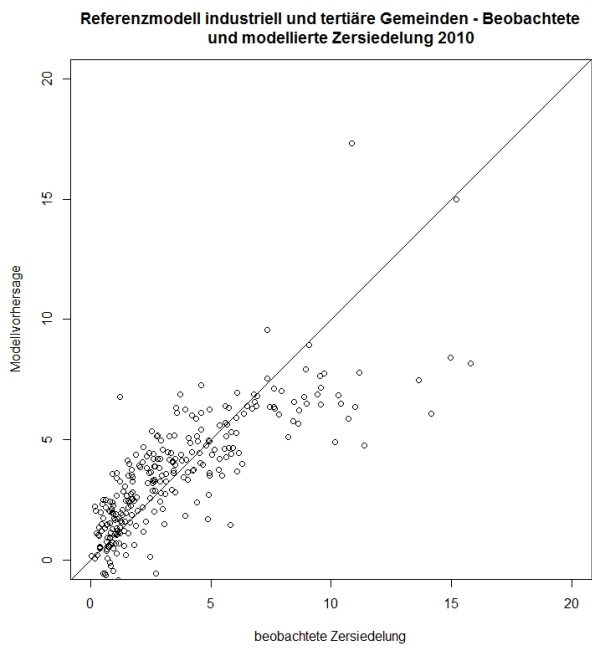
Referenzmodelle der Gemeindetypen (siehe Tabelle 10)



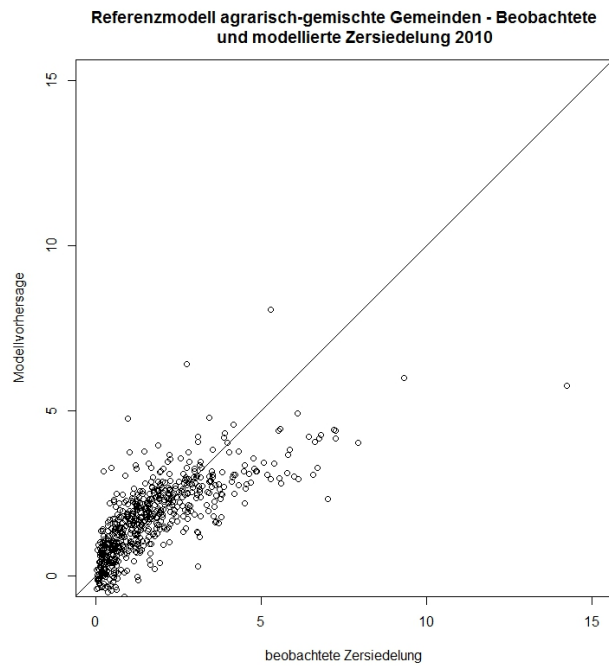
Links: Zersiedelungsmodell der Zentrumsgemeinden. Rechts: Zersiedelungsmodell der sub- und periurbanen Gemeinden.



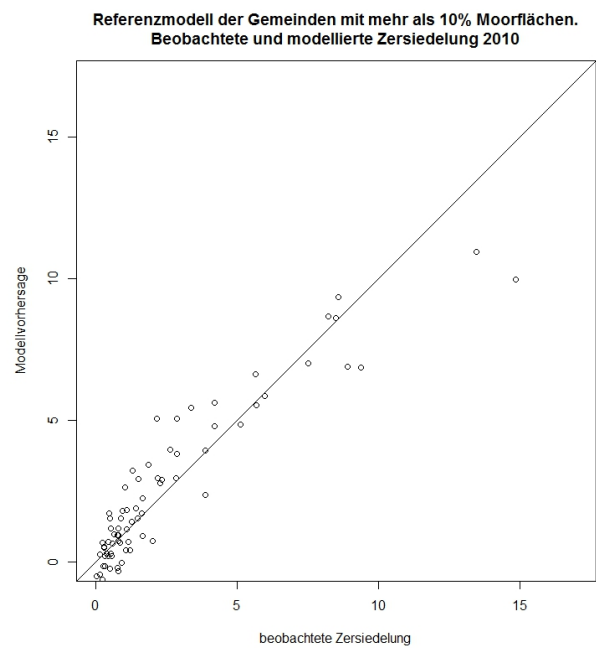
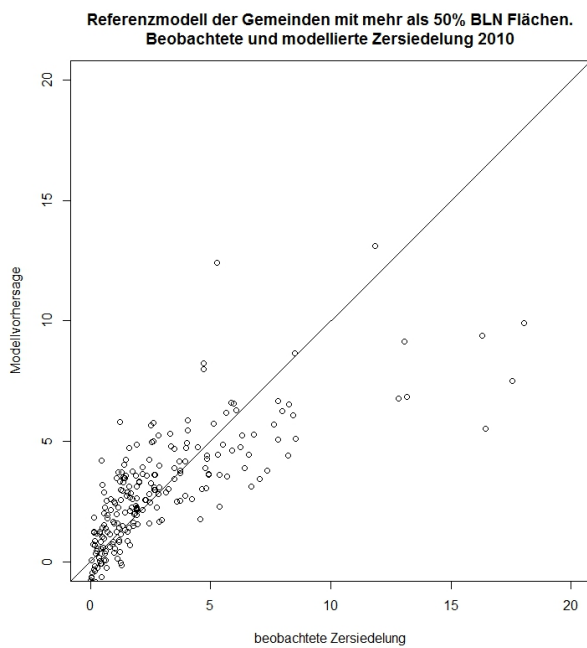
Links: Zersiedelungsmodell der einkommensstarken Gemeinden. Rechts: Zersiedelungsmodell der touristischen Gemeinden.



Links: Zersiedelungsmodell der industriellen und tertiären Gemeinden. Rechts: Zersiedelungsmodell der ländlichen Pendlergemeinden.



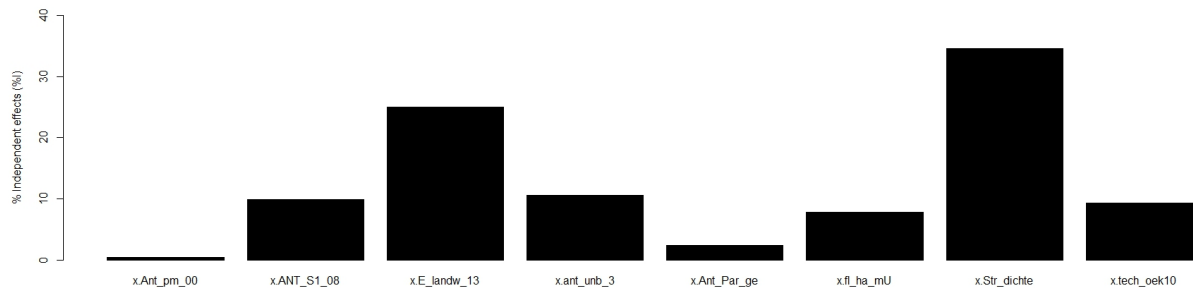
Zersiedelungsmodell der agrarisch gemischten Gemeinden.



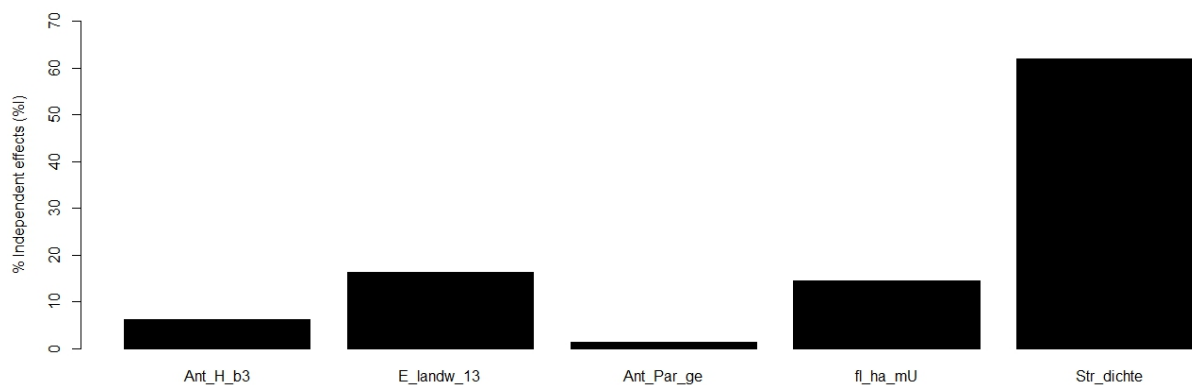
Links: Zersiedelungsmodell der Gemeinden mit einem BLN-Flächenanteil von $>50\%$. Rechts: Zersiedelungsmodell der Gemeinden mit einem Moor-Flächenanteil von $>10\%$.

A.6 Erklärte Varianz (hier.part Analyse) der für die biogeographischen Regionen und die Gemeindetypen signifikanten Modellvariablen

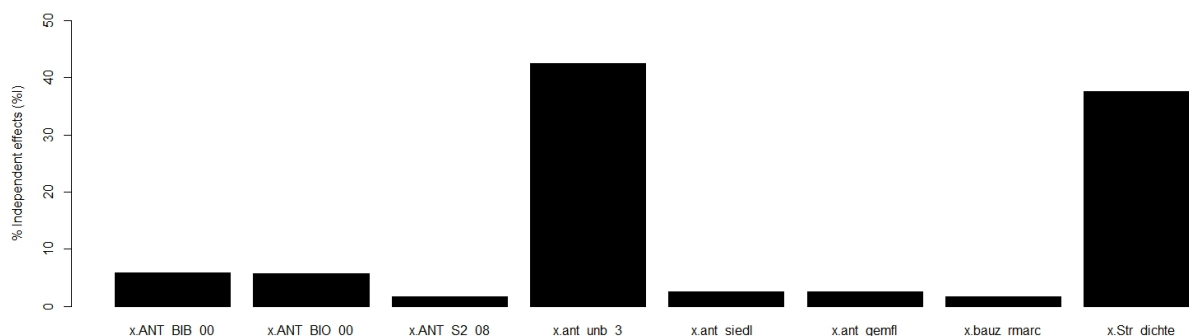
Die Abbildungen zeigen analog zur Abbildung 7, die erklärte Varianz der für die unterschiedlichen regionalen und kommunalen Modelle signifikanten Variablen. Für das Mittelland konnte keine hier.part Analyse durchgeführt werden, da die Analyse nur mit maximal 12 Variablen durchgeführt werden kann. Das Modell des Mittellandes beinhaltet 15 signifikante Variablen. Die Abbildungen zeigen die erklärte Varianz der Referenzmodelle aus Tabelle 10.



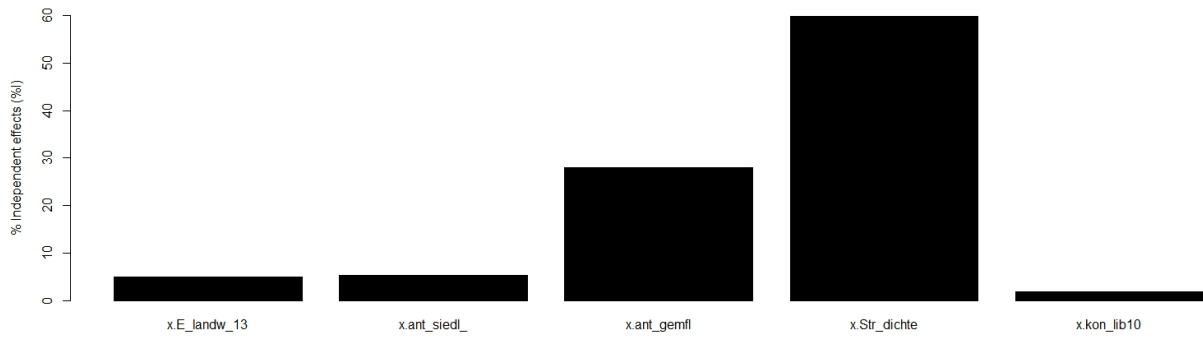
Erklärte Varianz für die im Modell des Jura signifikanten Modellvariablen



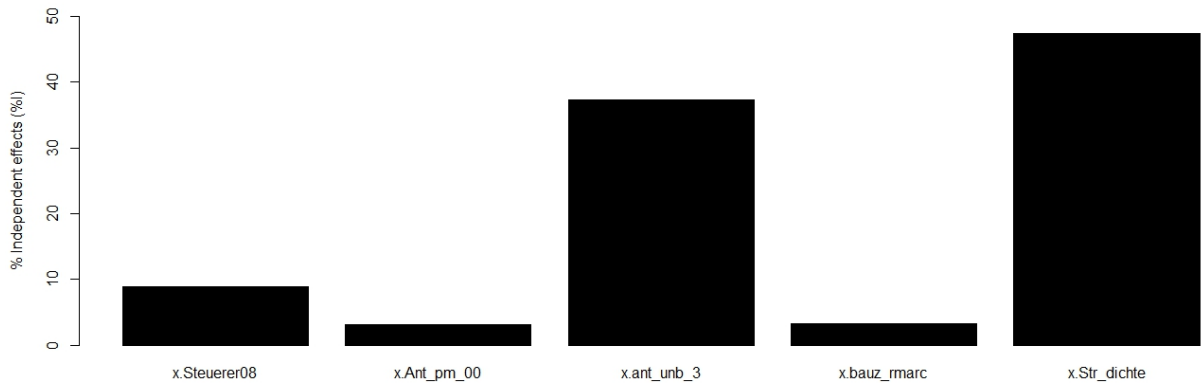
Erklärte Varianz für die im Modell der westlichen Zentralalpen signifikanten Modellvariablen



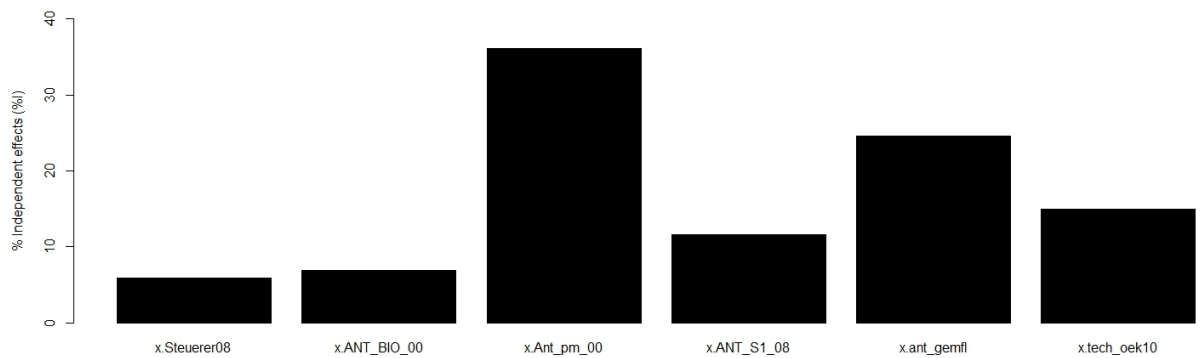
Erklärte Varianz für die im Modell der westlichen Zentralalpen signifikanten Modellvariablen



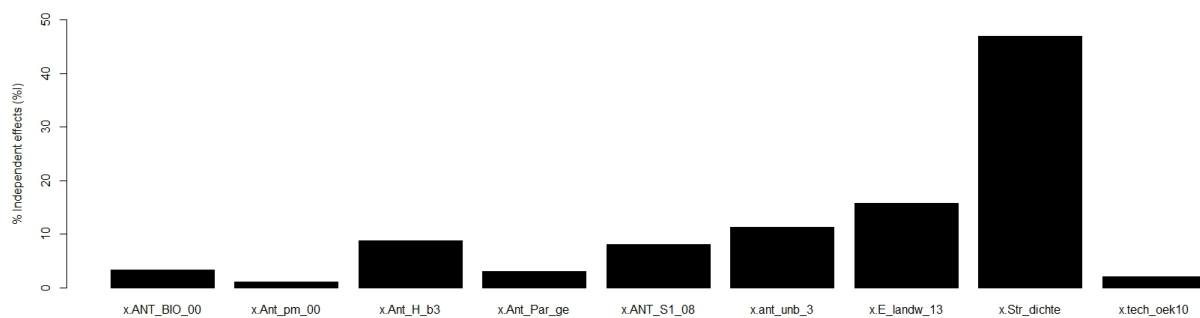
Erklärte Varianz für die im Modell der östlichen Zentralalpen signifikanten Modellvariablen



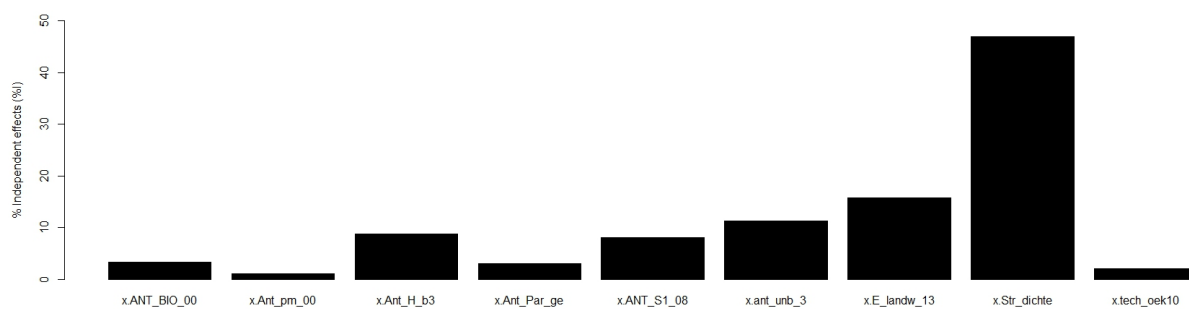
Erklärte Varianz für die im Modell der Alpensüdflanke signifikanten Modellvariablen



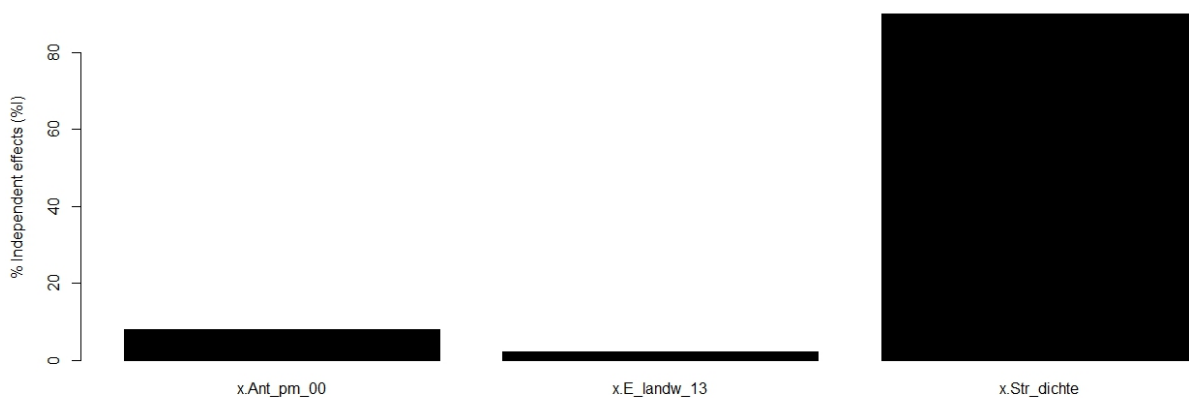
Erklärte Varianz für die im Modell der Zentren signifikanten Modellvariablen



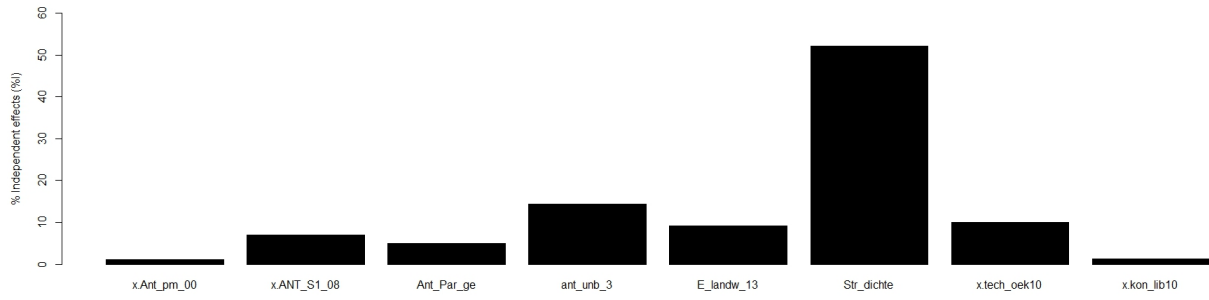
Erklärte Varianz für die im Modell der sub- und periurbanen Gemeinden signifikanten Modellvariablen



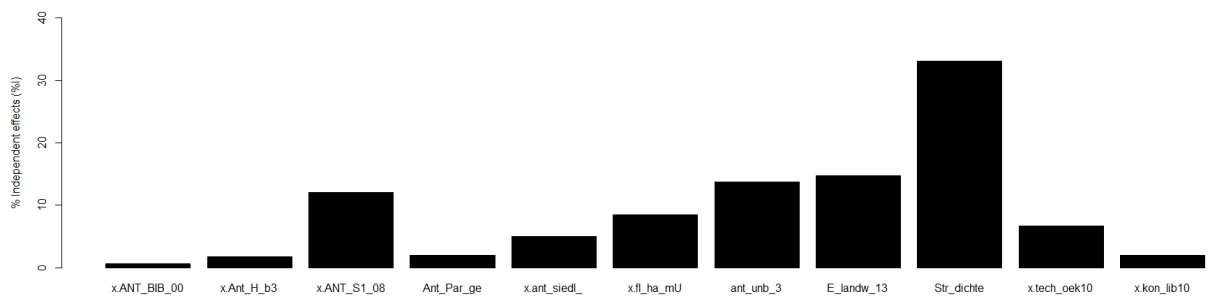
Erklärte Varianz für die im Modell der einkommensstarken Gemeinden signifikanten Modellvariablen



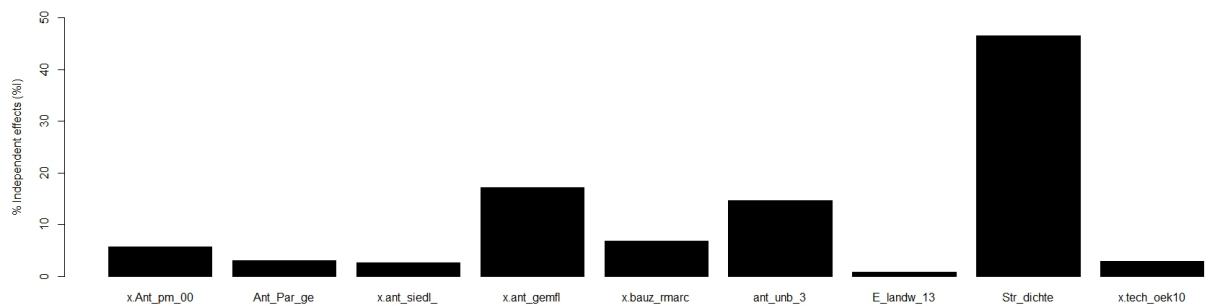
Erklärte Varianz für die im Modell der touristischen Gemeinden signifikanten Modellvariablen



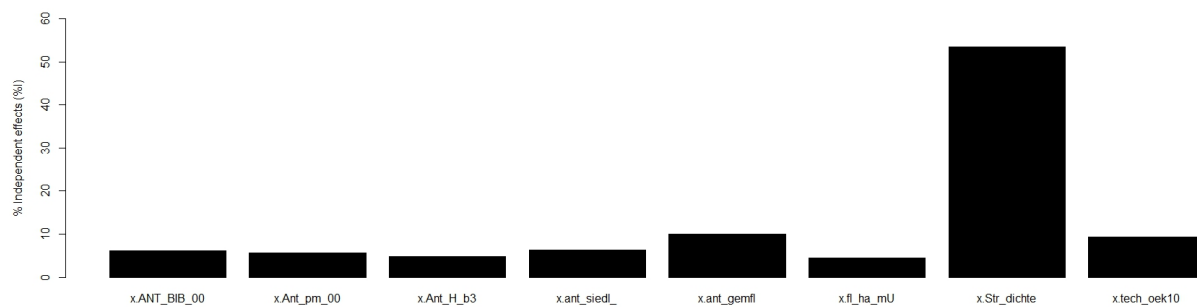
Erklärte Varianz für die im Modell der industriellen und tertiären Gemeinden signifikanten Modellvariablen



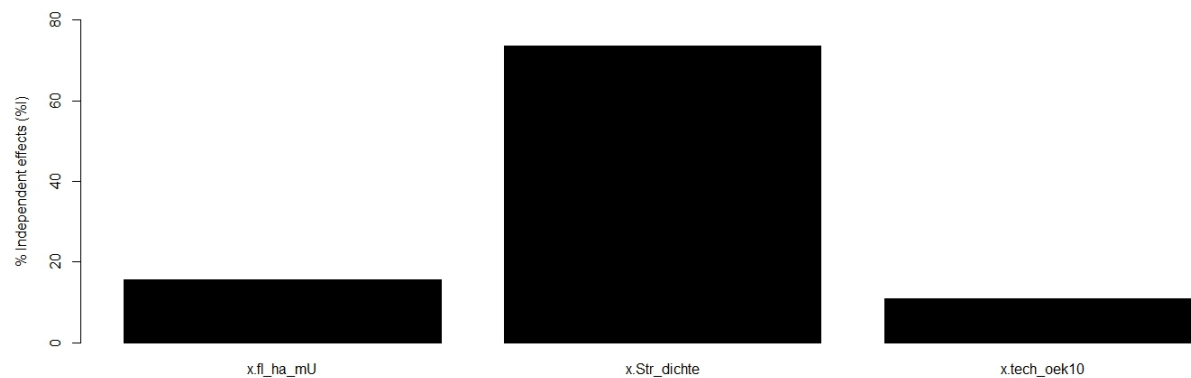
Erklärte Varianz für die im Modell der ländlichen Pendlergemeinden signifikanten Modellvariablen



Erklärte Varianz für die im Modell der agrarisch gemischten Gemeinden signifikanten Modellvariablen

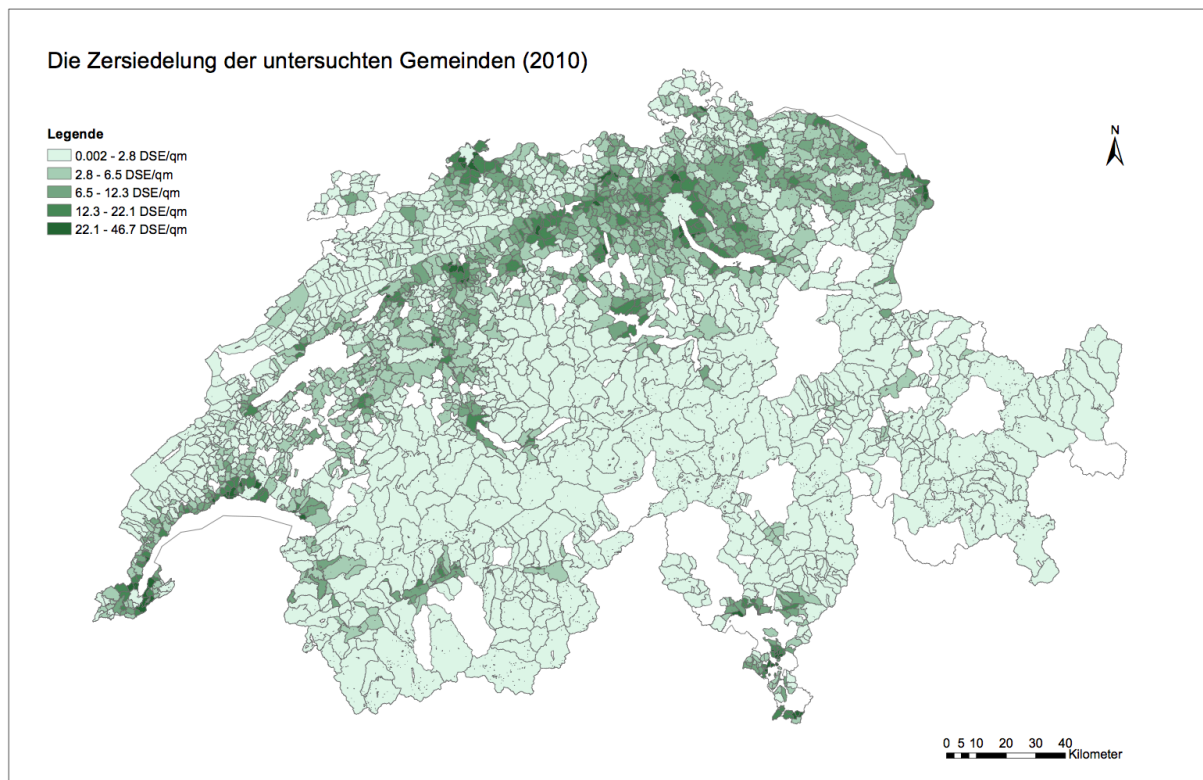


Erklärte Varianz für die im Modell der Gemeinden mit einem BLN-Flächenanteil von >50% signifikanten Modellvariablen



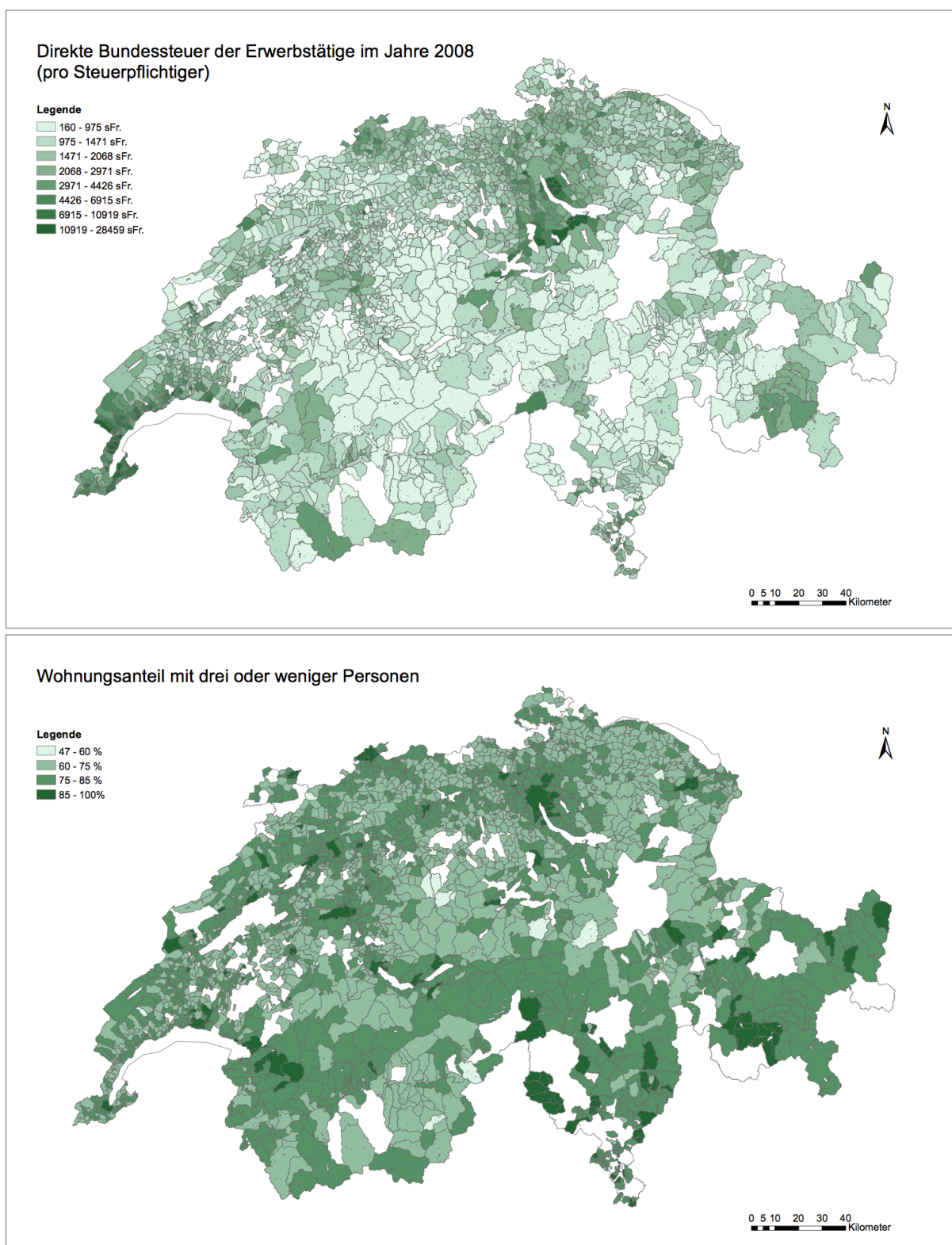
Erklärte Varianz für die im Modell der Gemeinden mit einem Mooranteil von >10% signifikanten Modellvariablen

A.7 Die Zersiedelung in den untersuchten Gemeinden der Schweiz

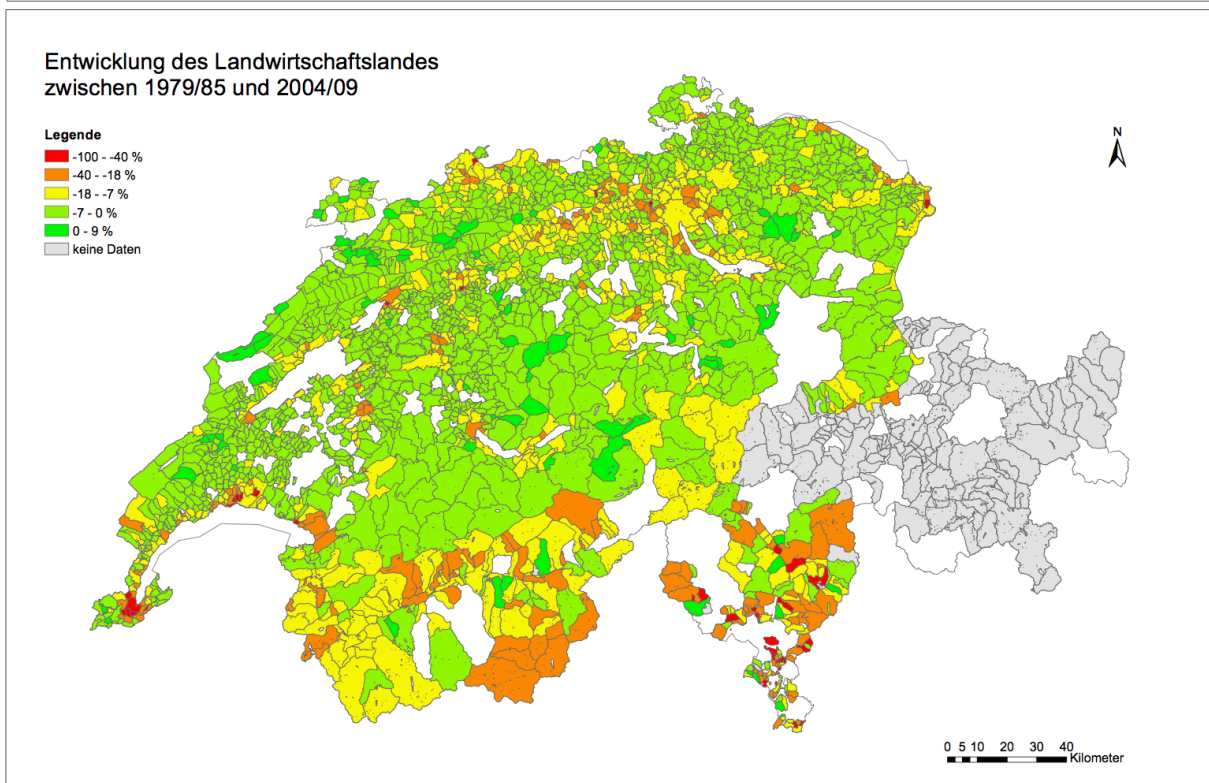
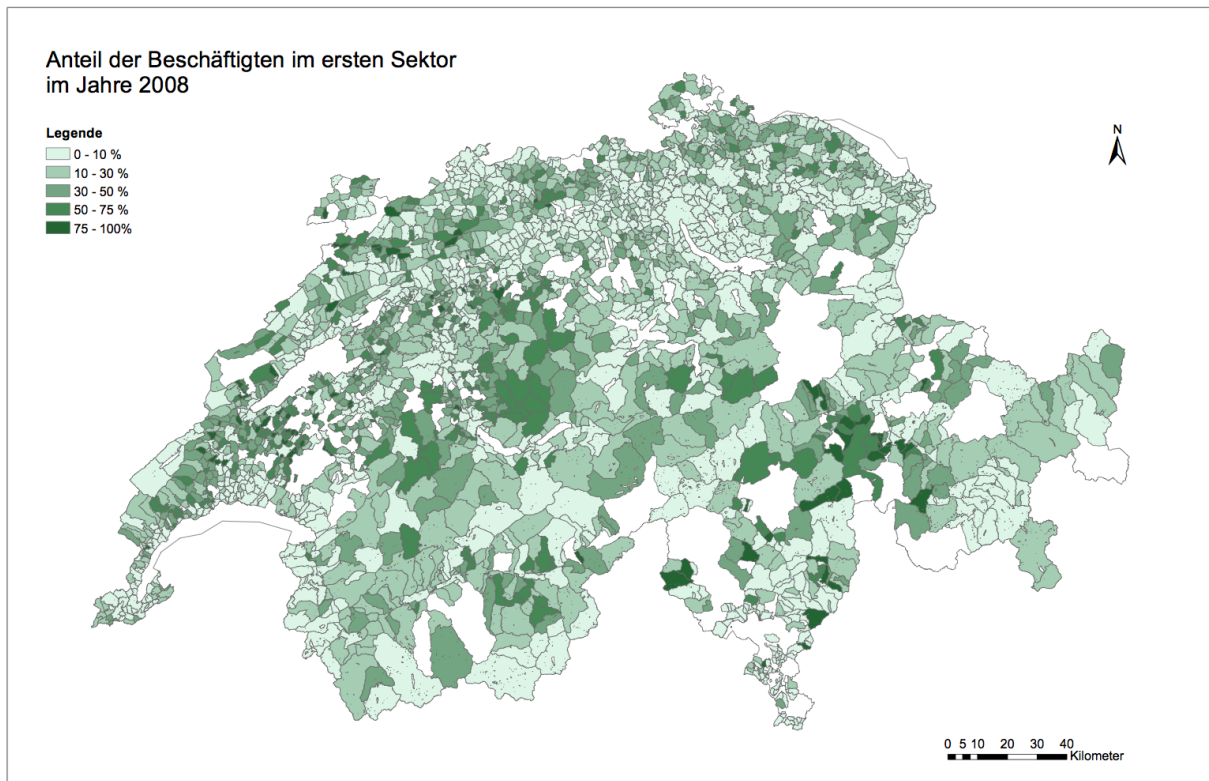


Die Abbildung zeigt das unterschiedliche Ausmass der Zersiedelung in den untersuchten Gemeinden der Schweiz. Quellen: swissBOUNDARIES3D ©2013 swisstopo (5704000000) (Schweizer Landes- und Gemeindegrenzen), Die Geographen schwick + spichtig (Zersiedelungsdaten 2010).

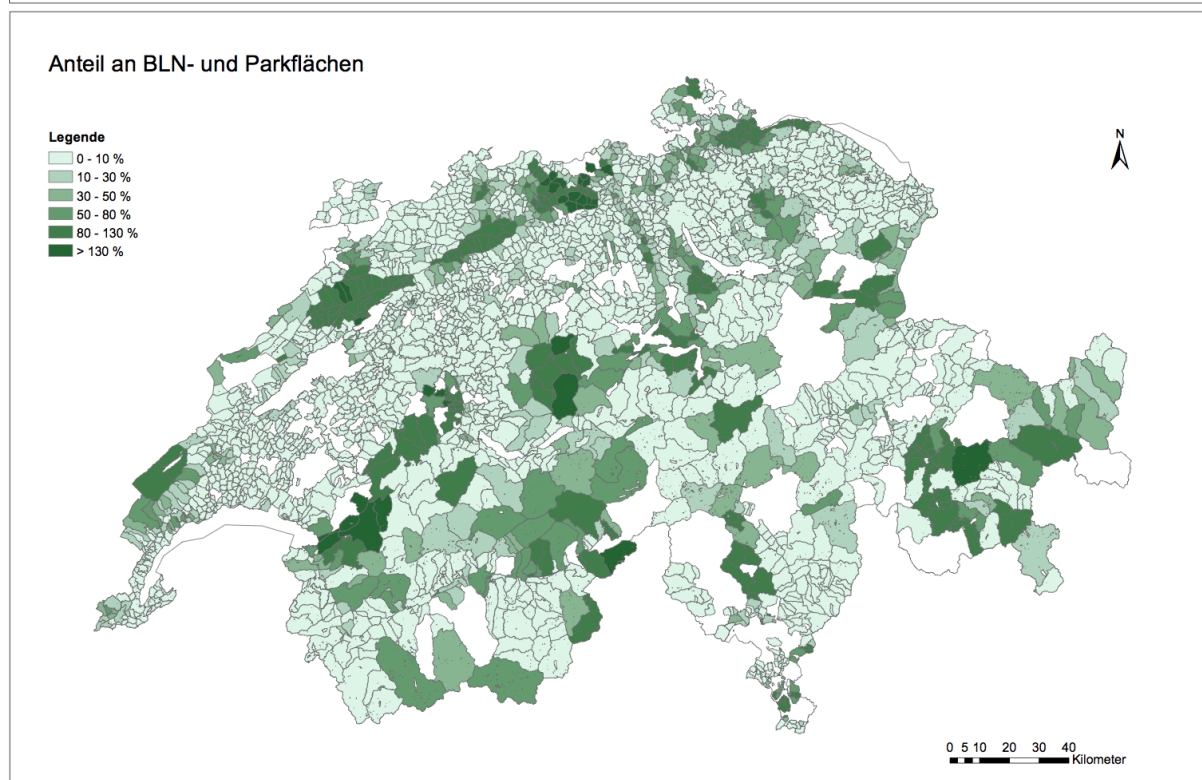
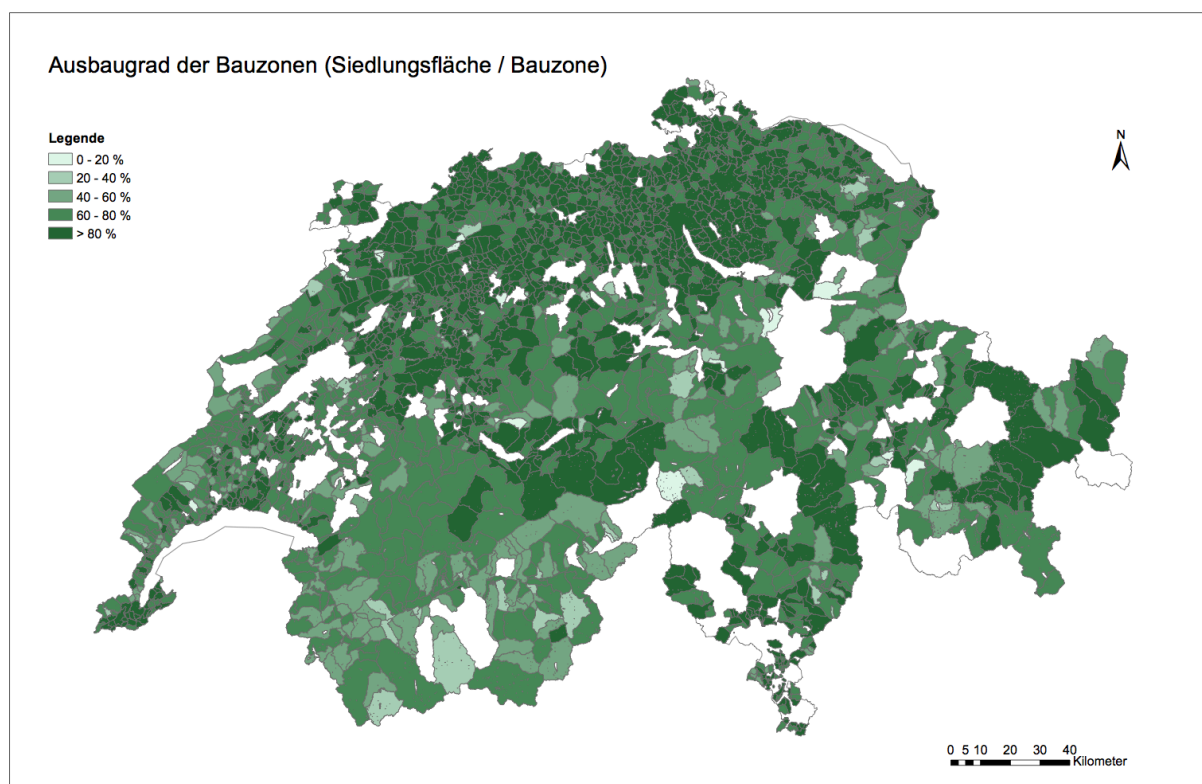
A.8 Abbildungen der signifikanten Variablen des Schweizer Referenzmodells



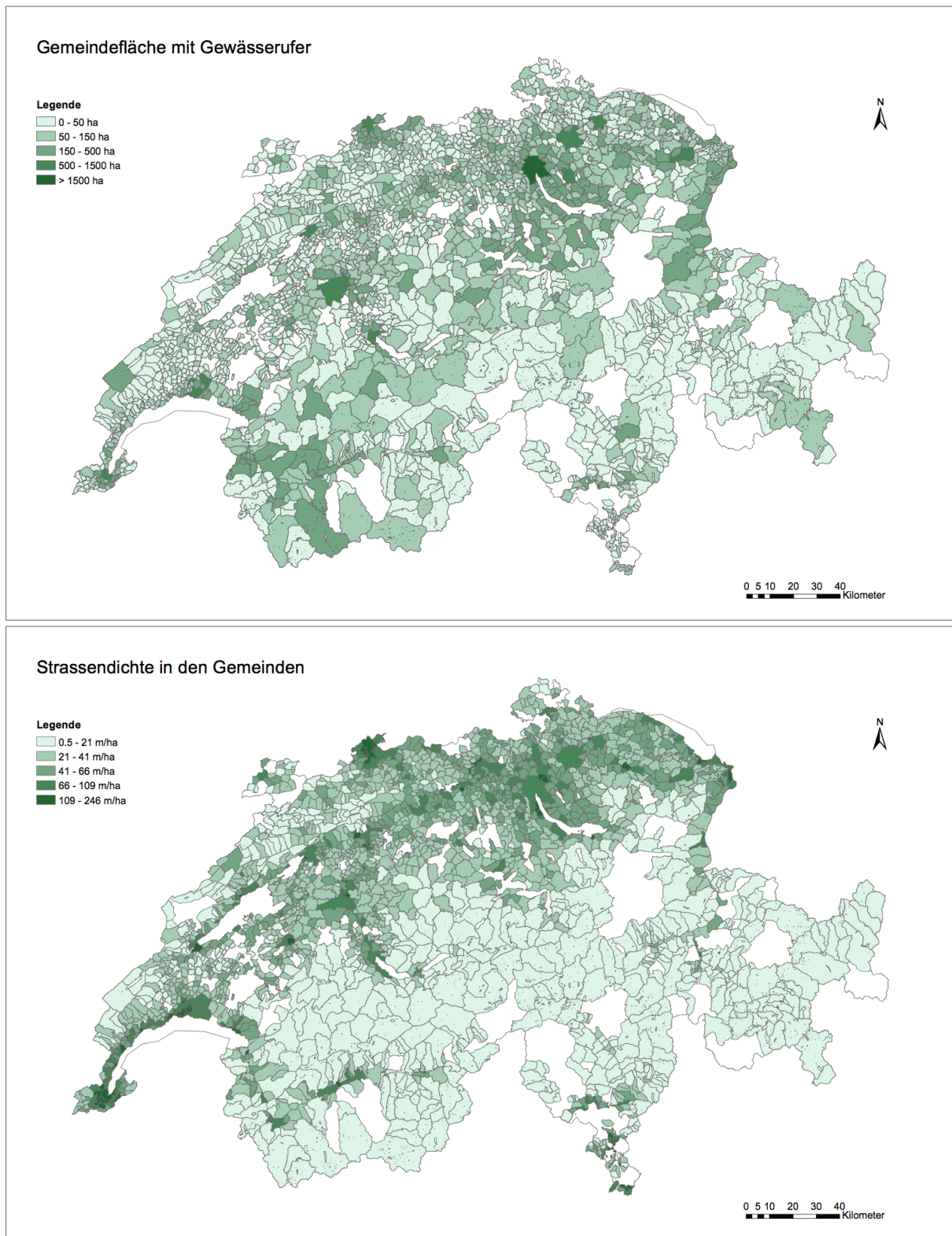
Oben: Verteilung der Steuereinnahmen der Gemeinden durch die Erwerbstätigen im Jahre 2008 (Steuerer08). Unten: Anteil an Wohnungen mit drei oder weniger Personen (Ant_H_b3). Quellen: swissBOUNDARIES3D ©2013 swisstopo (5704000000) (Schweizer Landes- und Gemeindegrenzen), oben: Eidgenössische Steuerverwaltung ESTV (Steuerertrag 2008), unten: WSL Birmensdorf (Haushaltsgrösse).



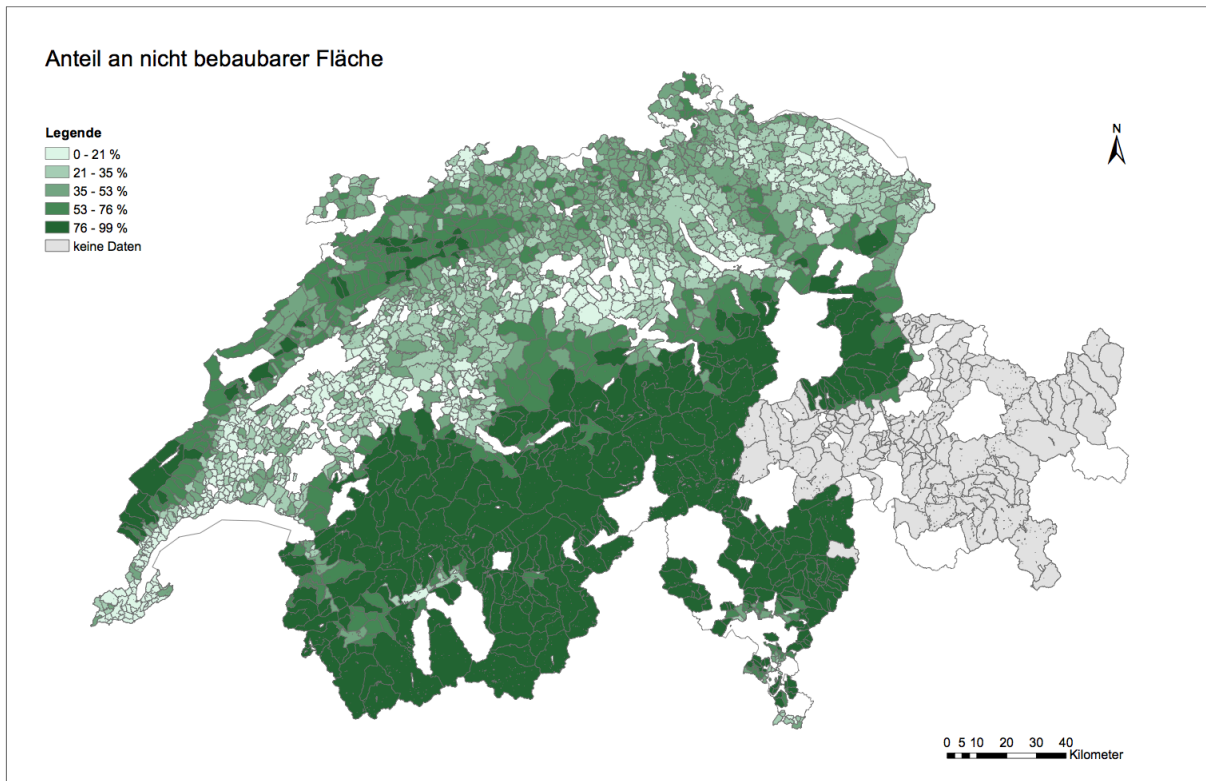
Oben: Anteil an Beschäftigten im ersten Sektor im Jahre 2008 (ANT.S1.08). Unten: Entwicklung der Landwirtschaftsflächen zwischen den Beobachtungszeiträumen 1979/85 und 2004/09 (E.landw.13). Quellen: swissBOUNDARIES3D ©2013 swisstopo (5704000000) (Schweizer Landes- und Gemeindegrenzen), oben: Bundesamt für Statistik (Betriebszählung 2008), unten: Bundesamt für Statistik (Arealstatistik).



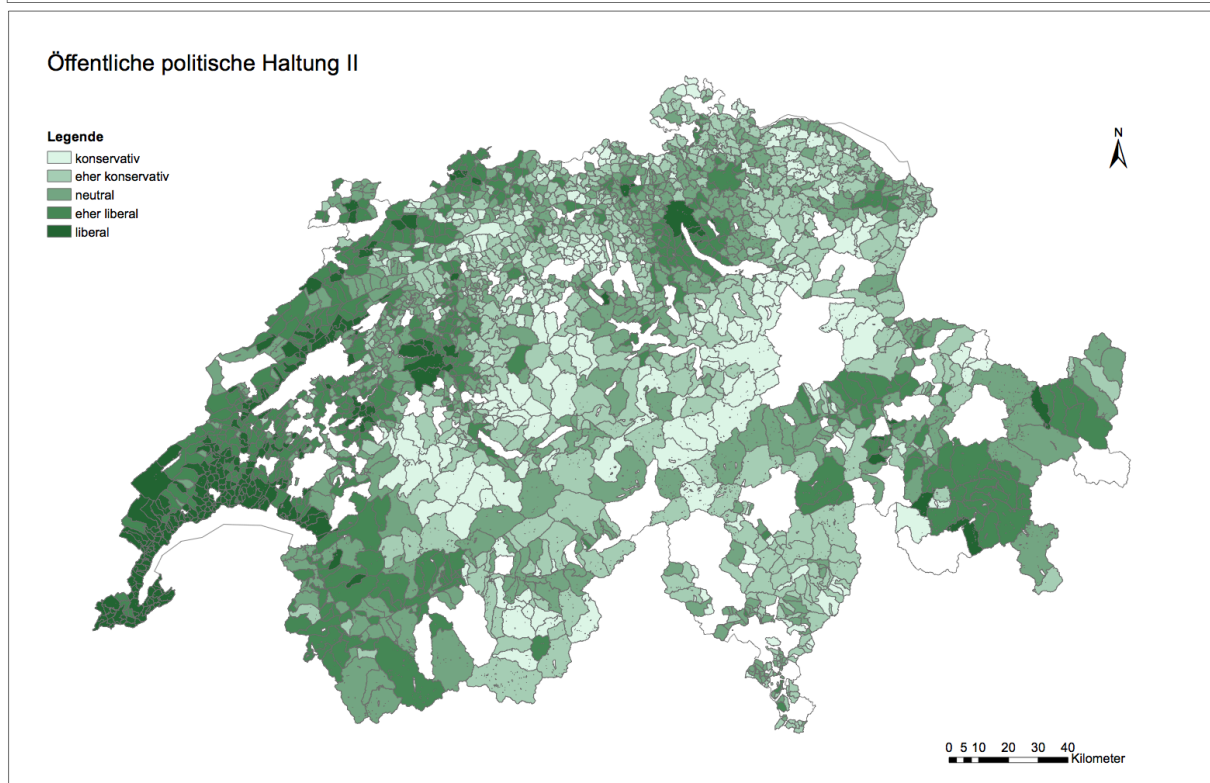
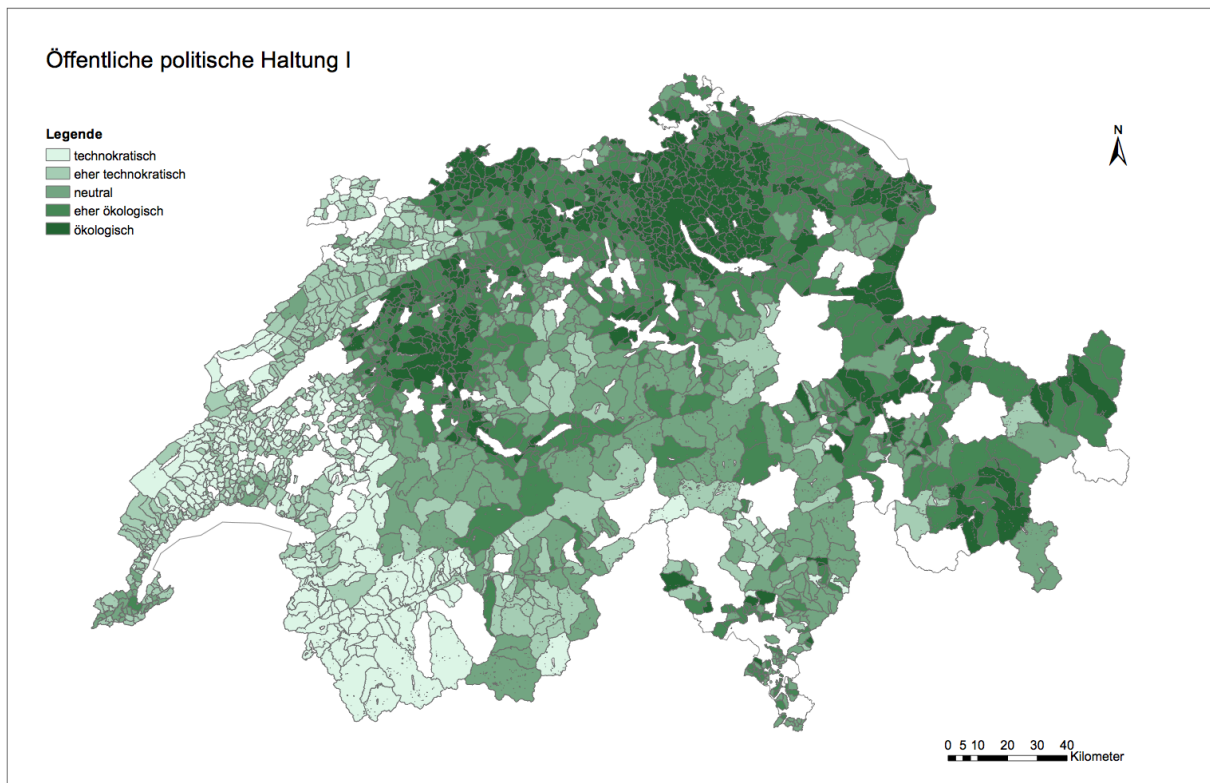
Oben: Ausbaugrad der Bauzonen (ant_siedl_). Unten: Anteil an BLN- und Parkflächen (Ant.Par.ge). Quellen: swissBOUNDARIES3D ©2013 swisstopo (5704000000) (Schweizer Landes- und Gemeindegrenzen), oben: Bundesamt für Raumentwicklung und swisstopo (Bauzonen und Siedlungsflächen), unten: Bundesamt für Umwelt (BLN- und Parkflächen).



Oben: Anteil an bewohnter Gemeindefläche mit Gewässerzugang (fl_ha_mU). Unten: Strassendichte der Gemeinden (Str_dichte). Quellen: swissBOUNDARIES3D ©2013 swisstopo (5704000000) (Schweizer Landes- und Gemeindegrenzen), oben: swisstopo (Gewässer), unten: swisstopo (Strassen).



Anteil an nicht bebaubarer beziehungsweise nur bedingt bebaubarer Fläche (ant_unb_3). Quellen: swissBOUNDARIES3D ©2013 swisstopo (5704000000) (Schweizer Landes- und Gemeindegrenzen), Bundesamt für Statistik (Arealstatistik).



Oben: Politische Einstellung der Gemeinden bezüglich der Konfliktlinie technokratisch – ökologisch (tech_oek10) (eigene Einteilung). Unten: Politische Einstellung der Gemeinden bezüglich der Konfliktlinie konservativ – liberal (kon_lib10) (eigene Einteilung). Quellen: swissBOUNDARIES3D ©2013 swisstopo (5704000000) (Schweizer Landes- und Gemeindegrenzen), Forschungsstelle Sotomo (politische Konfliktlinien).

A.9 Auswertung aller getesteten Teilfragen der Gemeindeschreiberbefragung

Die Tabelle zeigt alle 26 getesteten Teilfragen der Gemeindeschreiberbefragung von 2005. Grün hinterlegt sind jene Teilfragen, in welchen sich die Antworten bezüglich der Zersiedelung signifikant unterscheiden. Diese sind in Tabelle 13 ebenfalls zu sehen. Die Fragenkürzel entsprechen jenen der Tabelle 5.

Kruskal-Wallis-Test ordinale Antworten				Mann-Whitney-Wilcoxon-Test 0/1 Antworten				
Frage		Testergebnis		Frage		Testergebnis		
		df	Chi-quadrat			p-Wert	W	p-Wert
gs1h	Gesellschaftliche Entwicklung: Wohnraum	2	9.0365	0.0109	gs8e	überdurchschnittlich gestiegene Ausgaben: Hochbau	149503	0.7399
gs1i	Gesellschaftliche Entwicklung: Verkehr	2	112.1588	2.20E-16	gs8f	überdurchschnittlich gestiegene Ausgaben: Tiefbau	392787	8.33E-07
gs2m	LG Raum-und Zonenplanung	4	4.7796	0.3107	gs8j	überdurchschnittlich gestiegene Ausgaben: öV	383729	2.33E-06
gs2n	LG Landschaft-Ortsbildschutz	4	4.9934	0.288				
gs2p	LG öV	4	13.1163	0.01072	gs19d1	Hilfe von privaten Büros: Bau	84068	0.0001347
gs2q	LG miV	4	37.0137	1.79E-07	gs19f1	Hilfe von privaten Büros: Zonenplanung	61317	0.02874
gs9e	Reformen / Reorganisation: Einführung voll-/halbamtliches Gemeindepräsidium	2	1.4942	0.4737	gs19g1	Hilfe von privaten Büros Verkehrsplanung	89039	2.20E-16
gs9f	Reformen / Reorganisation: Abschaffung voll-/halbamtliches Gemeindepräsidium	2	1.5819	0.4534				
gs9g	Reformen / Reorganisation: mehr Exekutivmitglieder	2	16.3597	0.0002802				
gs9h	Reformen / Reorganisation: weniger Exekutivmitglieder	2	1.5682	0.4565				
gs9m	Reformen / Reorganisation: mehr Kommissionen und Spezialbehörden	2	9.6367	0.00808				
gs9n	Reformen / Reorganisation: weniger Kommissionen und Spezialbehörden	2	8.9221	0.01155				
gs10m	Gemeindepolitisches Leitbild erstellen	2	32.9132	7.12E-08				
gs13m1	Zusammenarbeit mit Nachbargemeinden: Raum-Zonenplanung	2	4.3013	0.1164				
gs13n1	Zusammenarbeit mit Nachbargemeinden: Landschafts- und Ortsbildschutz	2	2.586	0.2744				
gs13p1	Zusammenarbeit mit Nachbargemeinden: öV	2	14.3236	0.0007757				
gs13q1	Zusammenarbeit mit Nachbargemeinden: miV	2	2.5347	0.2816				
gs29f	Politische Auseinandersetzungen: Baupolitik	3	7.2736	0.06367				
gs29g	Politische Auseinandersetzungen: Verkehrspolitik	3	80.0464	2.20E-16				
gs29i	Politische Auseinandersetzungen: Umweltpolitik	3	210.199	0.0001043				

(a)

(b)

A.10 Wichtige verwendete R-Befehle

Die R-Befehle beziehungsweise Formeln (1) bis (8) wurden für die Variablenselektion, die Vormodelle sowie die eigentlichen GLM Modellberechnungen verwendet. Die Formeln unter Punkt (9) sind die R-Befehle für die verwendeten Gruppentests. Im Folgenden werden die Befehle kurz beschrieben.

```
(1) Variable <-as.numeric(scale(Variable))

(2) Cand.models<-list()
Cand.models[[5]] <- glm(Z_10 ~ x.Steuerer08 + x.Ertrag_aen + x.LOGIERN_00 +
x.Ant_H_b3 + x.Ant_pm_00, family = gaussian, data = all)

Cand.models[[6]] <- glm(Z_10 ~ x.Steuerer08 + x.Ertrag_aen + x.LOGIERN_00 +
x.Ant_pm_00, family = gaussian, data = all)

Cand.models[[7]] <- glm(Z_10 ~ x.Steuerer08 + x.Ertrag_aen + x.Ant_H_b3, family =
gaussian, data = all)

(3) modnames.geo<-paste("mod", 1:length(Cand.models), sep=" ")
print(aictab(cand.set = Cand.models, modnames = modnames.geo, sort = TRUE), digits = 4,
LL = TRUE)

(4) modavg(cand.set = Cand.models, parm = "x.Steuerer08", conf.level = 0.95, modnames =
modnames.geo)

(5) library('hier.part')
attach(all)
result<-hier.part(all$Z_10,all[,c("x.Steuerer08","x.Ertrag_aen","x.LOGIERN_00",
"x.Ant_H_b3","x.Ant_pm_00")],fam="gaussian",gof="Rsqu",barplot=TRUE) # gof?
result

(6) Test_Z_10_step_o <- step(glm(Z_10 ~ x.Steuerer08+x.Ant_H_b3+x.Ant_pm_00+
x.ANT_BIB_00+x.ANT_BIO_00+x.ANT_S1_08+x.ANT_S2_08+x.Ant_Par_ge+x.ant_siedl_
+x.ant_gemfl+x.fl_ha_mU+x.bauz_rmarc+x.ant_unb_3+x.E_landw_13+x.Str_dichte+x.tech_
oek10+x.kon_lib10,data = all_mod, family=gaussian), direction="both",type="response")
summary(Test_Z_10_step_o)

(7) pred <- data.frame(all_mod$Z_10,predict.glm(Test_Z_10_step_o, newdata=all_mod,
type="response"),residuals(Test_Z_10_step_o,newdata=all_mod, type="response"))

pred_model_1 <- cbind(all_mod$BFS_NUMMER, pred)

colnames(pred_model_1) <- c("BFS_NUMMER", "observed", "predicted", "residuals")
write.table(pred_model_1, "H:/Aauswertung_Variablen/pred_obs_neu_neu_neu.txt", sep=" ",
row.names=F)

(8) plot(all_mod$Z_10,predict.glm(Test_Z_10_step_o,type="response", newdata=all_mod),
main="Beobachtete und modellierte Zersiedelung 2010",asp=1, xlim=c(0,50),ylim=c(0,50),
xlab="beobachtet Zersiedelung", ylab="Modellvorhersage")
abline(0,1)

-----
(9) wilcox.test(Z_10 ~ gs8e, data=Gembefr_0_1)
kruskal.test(Z_10 ~ gs1h,data=na.gembefr_ordi)
```

- (1) Durch den Befehl `as.numeric` werden die Variablendaten mit einem Durchschnitt von 0 und einer Standardabweichung von 1 standardisiert.
- (2) Für die Variablenselektion wurden innerhalb der Variablengruppen dutzende Modelle mit unterschiedlichen Variablenkombinationen gerechnet, welche mit `Cand.models <- list()` in einer Liste gespeichert werden. Unter (2) sind drei Beispiele (`Cand.models[[5]]`, `Cand.models[[6]]` und `Cand.models[[7]]`) aus der sozio-ökonomischen Gruppe aufgeführt.
- (3) Mit den Befehlen unter (3) wird die sogenannte AICc-Tabelle erstellt und ausgegeben (`print`). Die Tabelle zeigt, welche der `Cand.models[[x]]` aufgrund des AICc-Wertes am ‘besten‘ ist.
- (4) Mit dem `modavg`-Befehl werden für jede Variable (hier `x.Steuerer08`) die Modellparameter ‘model-averaged estimate‘, Standardfehler und 95% Konfidenzintervall berechnet und in einer Tabelle ausgegeben.
- (5) Der Befehl `hier.part` berechnet die unabhängig erklärte Varianz der ausgewählten Variablen (im Beispiel die erklärte Varianz der Variablen `Steuerer08`, `Ertrag_aen`, `LOGIERN_00`, `Ant_H_b3` und `Ant_pm_00`).
- (6) Der Befehl `step(glm())` führt die schrittweise GLM Modellierung durch. Abgebildet ist die Formel für das Schweizer Referenzmodell. `Summary` fasst die Berechnungen zusammen und generiert den Modelloutput (ähnlich wie in Abbildung 6 gezeigt).
- (7) Die Befehle unter (7) kombinieren die beobachteten Datenwerte mit den berechneten Werten (`predict.glm`), berechnen die Residuen (`residuals`) und geben die Ergebnisse in einer Tabelle aus.
- (8) Mit dem Befehl unter (8) wird der Modellberechnung graphisch wiedergegeben (siehe beispielsweise Abbildung 8).
- (9) Die Ausdrücke `wilcox.test` und `kruskal.test` sind die R-Befehle für die verwendeten Gruppentests Mann-Whitney-Wilcoxon-Test und Kruskal-Wallis-Test.

A.11 Daten

Alle verwendeten GIS-Daten, allgemeinen Daten, R-Skripte und weiterführenden Unterlagen sind auf Anfrage bei Felix Kienast an der WSL Birmensdorf erhältlich.