



Raumwiderstand in der Nordostschweiz

Christian Thürlimann

Selbstständige Arbeit im Bereich Naturwissenschaften

Bachelor Umweltnaturwissenschaften

Juni 2010

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	3
2	Theorie und Methoden	7
2.1	Datenherkunft und Struktur	7
2.2	Modell.....	7
2.3	Ergebnisse früherer Untersuchungen zum Raumwiderstand	9
3	Deskription der Daten	10
4	Ausgestaltung und Kalibrierung der Modelle	15
4.1	Anpassung einzelner Variablen	15
4.2	Integrierte Modelle	21
5	Modellanwendung auf verschiedene Räume.....	24
5.1	Regression nach verschiedenen Raumgliederungen.....	24
5.2	Regression in diversen Grenzgebieten	35
6	Diskussion	40
6.1	Kanton Glarus.....	40
6.2	Zentrumsnähe von Gemeinden.....	41
6.3	Bodensee.....	42
6.4	Regionalpolitik: Instrument zur Glättung der Raumwiderstände	42
7	Fazit.....	44
7.1	Ausblick.....	45
8	Literatur	47

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Deskriptive Statistik zum gesamten Analysegebiet	10
Tabelle 2	Resultate der linearen Regression der Distanz.....	16
Tabelle 3	Resultate der linearen Regression der Reisezeit	16
Tabelle 4	Resultate der Regression der potenzierten Distanzen	19
Tabelle 5	Resultate der Regression der potenzierten Reisezeiten.....	20
Tabelle 6	Resultate der Regression der Einwohner.....	21
Tabelle 7	Resultate der Regression der potenzierten Distanzen und Einwohner.....	21
Tabelle 8	Resultate der Regression der potenzierten Reisezeiten und Einwohner	22
Tabelle 9	Resultate der Regression der potenzierten Reisezeiten, potenzierte Distanzen und Einwohner.....	23
Tabelle 10	Standardisierte Koeffizienten der Reisezeit-Einwohner-Modell nach Kantonen	27
Tabelle 11	Standardisierte Koeffizienten Reisezeit-Einwohner-Modell nach MS-Regionen	31
Tabelle 12	Standardisierte Koeffizienten Reisezeit-Einwohner-Modell nach Gemeindetypen	35
Tabelle 13	95%-Konfidenzintervall der Modelle auf Bezirksebene	36
Tabelle 14	Bezirke mit Landesgrenze und deren R^2 mit den vier Modellen	36
Tabelle 15	Bezirke mit Bodensee-Anstoss und deren R^2 mit den vier Modellen	38
Tabelle 16	Bezirke mit Gebirgsbegrenzung und deren R^2 mit den vier Modellen	39

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Mittlere Wegzeit pro Verkehrszweck	3
Abbildung 2	Mittlere Tagesdistanz pro Verkehrsmittel.....	4
Abbildung 3	Häufigkeiten der untersuchten Distanzen	11
Abbildung 4	Häufigkeiten der untersuchten Reisezeiten	11
Abbildung 5	Häufigkeiten der untersuchten Anzahl Fahrten.....	12
Abbildung 6	Vorkommensintensität: Anzahl Fahrten zu Distanz	13
Abbildung 7	Vorkommensintensität: Anzahl Fahrten zu Reisezeit.....	14
Abbildung 8	Kostenfunktion mit ausgewählten β -Werten.....	17
Abbildung 9	Beta-Iteration Distanzfunktion	19
Abbildung 10	Beta-Iteration Reisezeitfunktion.....	20
Abbildung 11	Distanz-Regression nach Kantonen	25
Abbildung 12	Reisezeit-Regression nach Kantonen.....	25
Abbildung 13	Reisezeit-Einwohner-Regression nach Kantonen	26
Abbildung 14	Distanz-Regression nach MS-Regionen	28
Abbildung 15	Reisezeit-Regression nach MS-Regionen	29
Abbildung 16	Reisezeit-Einwohner-Regression nach MS-Regionen.....	30
Abbildung 17	Distanz-Regression nach Gemeindetypen.....	32
Abbildung 18	Reisezeit-Regression nach Gemeindetypen	33
Abbildung 19	Reisezeit-Einwohner-Regression nach Gemeindetypen	34

Selbständige Arbeit Studiengang Umweltwissenschaften

Raumwiderstand in der Nordostschweiz

Christian Thürlimann
ETH D-UWIS
Staag
9402 Mörschwil

Telefon: +41 - 79 253 99 55
thuerlic@ethz.ch

Juni 2010

Kurzfassung

Seit Jahren nehmen die Verkehrsströme in der Schweiz zu. Von diesem Wachstum ist auch der Pendlerverkehr nicht ausgeschlossen. Es wird weiter, schneller und länger gependelt. Allgemein hat die Verkehrsentwicklung mit der Wahrnehmung des Raumwiderstandes zu tun. Der Raumwiderstand setzt sich aus den Kosten einer Raumüberwindung (zeitlich, monetär etc.) und den Möglichkeiten (Arbeitsplätze, Infrastrukturen etc.) nach der Überwindung des Raumwiderstandes zusammen. Er kann topographischer, sozialer als auch politischer Natur sein.

Die vorliegende Arbeit untersucht Raumwiderstände in der Nordostschweiz. Im untersuchten Gebiet unterscheiden sich besonders die Pendler verschiedener Gemeindetypen (Zentren, Agglomerationsgemeinden etc.) in ihrem Verhalten.

Schlagworte

Raumwiderstand; Nordostschweiz; Pendlerverhalten; Verkehrsaufkommen.

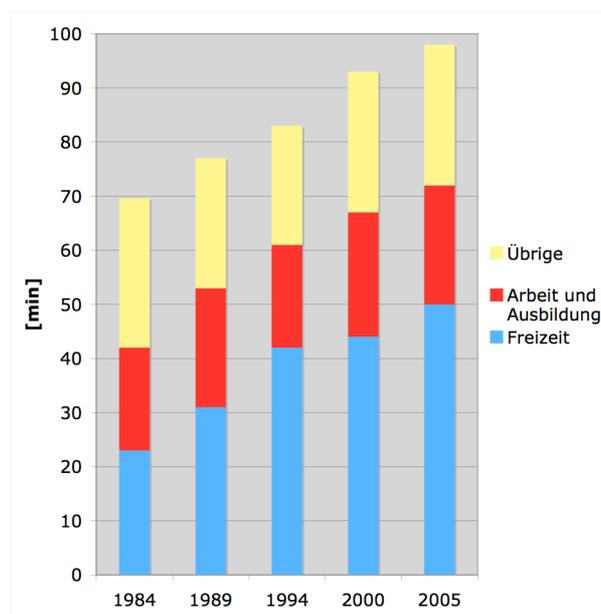
Zitierungsvertrag

Thürlimann C. (2010) Raumwiderstand in der Nordostschweiz, *Selbständige Arbeit*, ETH Zürich, Zürich

1 Einführung

Im Jahre 2008 wohnten - global gesehen - erstmals mehr Leute in städtischen Siedlungsgebieten als auf dem Land (Neue Zürcher Zeitung, 2007). Als logische Folge vergrössern sich die Städte und zudem entstehen neue. Im Gegensatz zu dieser weltweiten Entwicklung steht die Schweiz: Die einwohnerreichsten Städte der Schweiz wachsen seit 1970 kaum mehr, umso mehr fangen die stadtnahen Agglomerationsgemeinden das Bevölkerungswachstum auf (Schweizerischer Städteverband, 2009) und tragen so zur Zersiedelung¹ bei. Diese fortschreitende Zersiedelung führt zwangsläufig zu einer Steigerung der Mobilität (Hermann, Hirschfeld und Riekers, 2001).

Abbildung 1 Mittlere Wegzeit pro Verkehrszweck



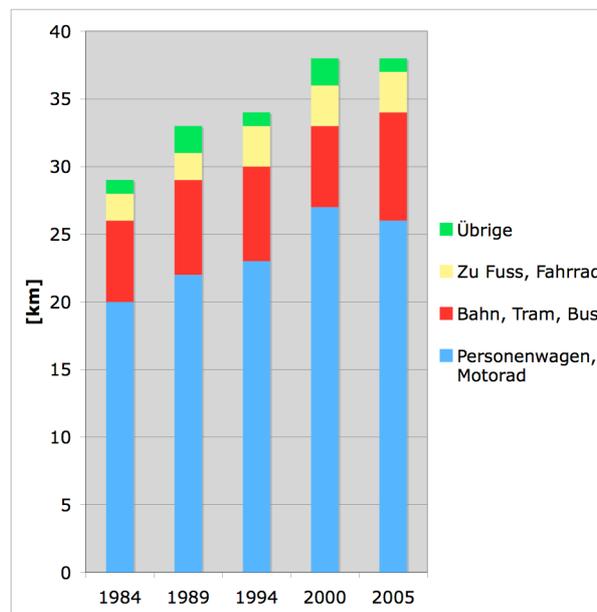
Quelle: Bundesamt für Statistik (BFS) und Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), 2007

In der Schweiz wächst nicht nur die Einwohnerzahl, was bei gleich bleibenden Mobilitätsbedürfnissen eine absolute Mobilitätszunahme bedeutet. Es gibt neben diesem absoluten auch

¹ Zersiedelung ist die gleichmässige Verteilung von Wohn- und Arbeitsfunktion in einem Gebiet (Hermann et. al., 2001), mit der Konsequenz das freie Flächen im entsprechenden Gebiet bebaut werden.

ein relatives Wachstum der Mobilität; jeder Bewohner wendet immer mehr Zeit auf (siehe Abb. 1) und legt dabei immer mehr Kilometer zurück (siehe Abb. 2) um seine Mobilitätsbedürfnisse zu stillen. Diese Entwicklung wirft verschiedenste Fragen zu den Ursachen, Wirkungen und Folgen des Wachstums auf.

Abbildung 2 Mittlere Tagesdistanz pro Verkehrsmittel



Quelle: Bundesamt für Statistik (BFS) und Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), 2007

Ein Ansatz zur Erklärung des Phänomens stellen die Theorien des Reise-Zeit-Budget, sowie des Reise-Kosten-Budget² dar. Das Travel Money Budget erklärt zwar die Erhöhung der zurückgelegten Kilometer, nicht aber den steigenden Zeitbedarf. Es muss also andere Faktoren geben, welche diesen Trend verursachen.

Ein solcher könnte die veränderte Wahrnehmung des Raumwiderstandes sein. Vom Widerstand im Raum spricht man, wenn physische und/oder nicht-physische Faktoren die Mobilität in ansonst identischen Situationen so beeinflussen, dass sich die anfänglich identischen Situa-

² Das Travel Time Budget (TTB) besagt, dass weltweit alle Menschen gleich viel Zeit (ca. 1 h) für ihre Mobilität aufwenden. Das Travel Money Budget (TMB) besagt, dass weltweit ungefähr derselbe prozentuale Betrag (10-15%) des verfügbaren Einkommens, für die Mobilität aufgewendet wird. Dies bedeutet, dass weder finanzielle noch zeitliche Ersparnisse in der Mobilität effektiv gespart werden, sondern in Form von luxuriöseren Transportgelegenheiten und höheren Kilometerzahlen reinvestiert werden (Zahavi, 1974 und 1982).

tionen nicht gleich entwickeln. Als Raumwiderstände können zum Beispiel Landes- und Sprachgrenzen aber auch Gebirge und Gewässer wirken. Raumwiderstände können auch verkehrstechnischer Natur sein: In den letzten Jahren war dies insbesondere im öffentlichen Verkehr zu beobachten, wo schnellere Verbindungen den Widerstand zwischen zwei Orten reduzierten und dadurch mehr Fahrten auf den entsprechenden Relationen zu verzeichnen sind (Neue Zürcher Zeitung am Sonntag, 2006). Die veränderte Wahrnehmung des Raumwiderstandes kann zu einer Veränderung der Mobilität führen. Der Raumwiderstand kann als wahrgenommener Aufwand, welcher nötig ist um einen Raum zu überwinden, definiert werden.

Ziel dieser Arbeit ist es, Faktoren, die den Raumwiderstand beeinflussen, zu eruieren. Um dies zu erreichen, muss das Untersuchungsgebiet bzw. müssen die Modelle für das Untersuchungsgebiet standardisiert werden, um dann die räumlich bedingten Abweichungen des Modells zum Durchschnitt auf andere Faktoren zurückführen zu können. Die Analyse in dieser Arbeit fokussiert sich auf die Nordostschweiz; Namentlich auf die Kantone Glarus, St. Gallen, Thurgau, Schaffhausen, Zürich, Appenzell Innerrhoden und Appenzell Ausserrhoden. Die Wahl lässt sich durch die sehr vielfältige Gebietsstruktur begründet. Im Gebiet befinden sich neben grossen Städten wie Zürich, St. Gallen und Winterthur auch kleinere Zentren wie Kreuzlingen, Sargans oder Rapperswil-Jona und ganz ländliche Regionen wie das Toggenburg oder das Appenzellerland. Zudem hat diese Region politische (Kantons- und Landesgrenze) und wesentliche geographische Grenzen (Gewässer, Gebirge). Diese Eigenschaften erhöhen die Chancen signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Regionen bezüglich ihres Mobilitätsverhaltens zu finden und daraus Rückschlüsse auf die Einflussfaktoren zu ziehen. Betrachtet werden nur Relationen bei denen sich der Quell- *und* der Zielort in einem der sieben Kantone befinden.

Die übergeordnete Fragestellung der Arbeit lautet wie folgt:

Welche physischen und nicht-physischen Faktoren beeinflussen den Raumwiderstand in den Gebieten der Nordostschweiz?

Um diese Frage zu beantworten, wird folgendermassen vorgegangen. Zuerst gilt es sich eine Übersicht über die Verteilung der wichtigsten Parameter zu erlangen. Hierzu werden die Daten mit deskriptiver Statistik beschrieben. Dann gilt es einen theoretischen Ansatz zu finden, welcher es uns erlaubt den Raumwiderstand zu modellieren. Sind die Modelle erstellt, werden sie auf die Region Nordostschweiz angewandt und versucht Unterschiede des Pendlerverhaltens bezüglich verschiedenster Raumgliederungen ausfindig zu machen. Anschliessend werden die Resultate der Untersuchung diskutiert. Insbesondere werden Raumgliederungen und

Regionen besprochen, welche auffallende Resultate liefern. Zum Schluss wird ein Fazit gezogen und ein Ausblick auf die zukünftige Entwicklung gewagt.

2 Theorie und Methoden

2.1 Datenherkunft und Struktur

Die Daten zur Analyse des Raumwiderstandes stammen von der Volkszählung 2000 des Bundes (Bundesamt für Statistik (BFS), 2005) und vom Mikrozensus zum Verkehrsverhalten 2005 des Bundesamtes für Statistik (BFS) (2007). Die Einteilung verschiedener Raumgliederungen findet in dieser Arbeit anhand von anerkannten Raumgliederungen des Bundesamtes für Statistik (BFS) statt. Die zeitliche Verzögerung von Datenerhebung und Datenverfügbarkeit führt dazu, dass in der Analyse zum Teil veraltete Raumgliederungen zur Anwendung kommen, welche heute nicht mehr existieren, wie zum Beispiel die Bezirkseinteilungen im Kanton St. Gallen.

Analysiert werden folgenden Beziehungen und Kombinationen davon:

- Anzahl Fahrten pro Tag zwischen zwei Orten, in Bezug auf die Luftdistanz zwischen diesen.
- Anzahl Fahrten pro Tag zwischen zwei Orten, in Bezug auf die Reisezeit mit dem öffentlichen Verkehr zwischen diesen.
- Anzahl Fahrten pro Tag zwischen zwei Orten, in Bezug auf die summierte Einwohnerzahl der Ortschaften.³

Die Distanzen werden in Metern, die Reisezeiten in Minuten gerechnet.

2.2 Modell

Das Modell wird über Schätzungen der linearen Regressionen entwickelt. Diese Modellierung der Pendlerströme lehnt sich an einem Modell von Hermann, Hirschfeld und Riekers (2001) an. Hermann et al. (2001) verwendeten diese Methode für die Analyse der Mobilität anhand

³ Die Aufteilung der Einwohner auf die Quell- oder Zielgemeinde war auf Grund der Grunddaten nicht möglich.

des Pendlerverkehrs im Deutschen Bundesland Schleswig-Holstein. Als Grundlage für das verwendete Modell dient die Erreichbarkeit.

Tschopp (2007) definiert die Erreichbarkeit in einer Formel folgendermassen:

$$E_i = \sum_j E_{ij} = \sum_j A_j \cdot f(c_{ij})$$

E_i	:	Erreichbarkeit am Ort i
E_{ij}	:	Summe der Teilerreichbarkeit des Ortes i
A_j	:	Anzahl Möglichkeiten des Ortes j
$f(c_{ij})$:	Kostenfunktion zur Raumüberwindung von i nach j

Die Erreichbarkeit versteht sich als Potential an „Möglichkeiten“ zur Interaktion an einem Standort (Hansen, 1959). Die Möglichkeit zur Interaktion setzt sich aus zwei Faktoren zusammen: Erstens den effektiven Möglichkeiten an einem Standort (Attraktivität eines Standorts) wie etwa Arbeitsplätze, kulturelle Infrastrukturen etc. (in der Formel A_j). Zweitens müssen auch die Kosten einbezogen werden, die anfallen, um die effektiven Möglichkeiten zu erreichen (in der Formel c_{ij}). Das Produkt von Attraktivität und Kostenfunktion ergibt die Erreichbarkeit. Natürlich sind diese zwei Faktoren nochmals in weitere Faktoren unterteilt. So werden die effektiven Möglichkeiten je nach Untersuchungszweck anders gewertet. Die Mobilitätskosten setzen sich aus monetären, zeitlichen und physischen Aufwand zusammen (Hermann et al. 2001).

Hermann et al. (2001) benennen die Möglichkeiten des Ortes als „Masse“. Die Autoren stellen die Masse eines Ortes mit dessen Einwohnerzahl dar. Was bei Pendlerbewegungen sicher eine vernünftige Näherung der Möglichkeiten ist.

Es lassen sich verschiedene Regionen untereinander vergleichen, wenn das Modell steht. Erklärt das Modell die Umstände gut, so lässt sich daraus schliessen, dass es wenig zusätzliche Einflussfaktoren gibt, welche die Fahrtenanzahl erklären können. Widerspiegelt das Modell jedoch die Regionen nicht gut, so gibt es Einflüsse, welche nicht miteinbezogen wurden. Diese gilt es weiter zu eruieren. Durch das Vergleichen von ausgewählten Gebieten lassen sich Vermutungen über solche Einflussfaktoren des Raumwiderstandes anstellen.

Das Modell, welches in der vorliegenden Arbeit zur Anwendung kommt, wird im Kapitel 4 geschätzt. Dabei führen verschiedenste Funktionsanpassungen zu einer optimierten End-Regression. Diese Schätzungen basieren auf der Iteration von Faktoren des Modells. Zudem wird die End-Regression durch die Anpassung der Faktoren in der Grundgleichung erreicht. Dabei hängen in der Grundgleichung die Anzahl Fahrten immer von den oben genannten Faktoren ab. Dabei werden die Kosten durch die erklärenden Variablen Distanz und Reisezeit widerspiegelt. Die Einwohnerzahl bildet die Möglichkeiten eines Ortes bzw. der Relation ab. Die Daten und ihre Regressionen wurden mit dem Programm SPSS Statistics 17 ausgewertet.

2.3 Ergebnisse früherer Untersuchungen zum Raumwiderstand

Die Untersuchung von Raumwiderständen und Pendlerverhalten ist keine neue Wissenschaft. Es gibt schon seit Jahrzehnten Untersuchungen über Widerstände im Raum, insbesondere Untersuchungen über die Raumwirksamkeit von Verkehrsinfrastruktur:

Eine solche Untersuchung wurde bei der Eröffnung des Vereina-Tunnels zwischen dem Prättigau und dem Unterengadin gemacht (Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), 2006). Das Bundesamt untersuchte die Auswirkungen des Vereina-Eisenbahntunnels auf die Erreichbarkeit und die wirtschaftliche Entwicklung im Unterengadin, im Besonderen wurde der Tourismussektor untersucht. Dabei stellten die Autoren folgendes fest: Die Erreichbarkeit des Unterengadins verbesserte sich stark. Dem ungeachtet wurde jedoch keine Verkehrszunahme noch ein überdurchschnittliches Wachstum der Wirtschaft im Unterengadin selbst festgestellt. Dies bedeutet, dass sich die Kostenfunktion verbessert hat, die Attraktivität des Unterengadins aber offensichtlich auf gleichem Niveau verharrte. Die Studie folgert daraus: „Der Vereina erweist sich dabei als notwendige, nicht aber als hinreichende Bedingung für die zusätzliche touristische Nachfrage.“ (Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), 2006).

In eine ähnliche Richtung zeigt auch eine Studie aus dem Jahre 1998, welche besagt, dass die Erhöhung der Erreichbarkeit bzw. die Reduktion des Raumwiderstandes nicht automatisch einen wirtschaftlichen Impuls gibt. Denn die Erreichbarkeitswahrnehmung der Bevölkerung hat vielerorts mehr mit kulturellen und politischen Grenzen und Barrieren zu tun als nur mit physischen (Rietveld und Bruinsma, 1998).

3 Deskription der Daten

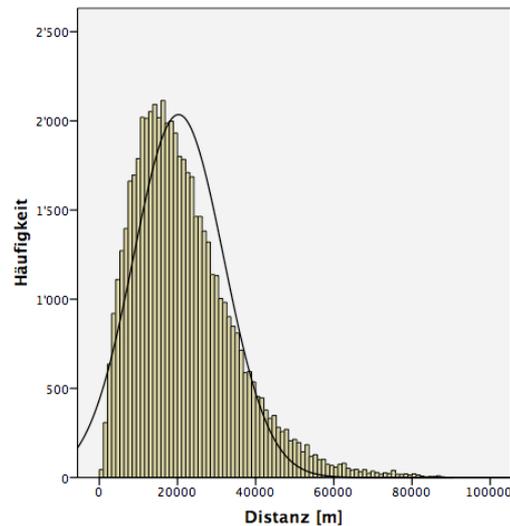
Im folgenden Kapitel werden die verwendeten Daten deskriptiv aufgearbeitet. So erhält man einen Überblick über die Verteilungen und Häufigkeiten der Pendlerbewegungen im untersuchten Gebiet. Insgesamt wurden in den sieben Kantonen 55988 Verbindungen betrachtet. Dies sind alles Quell-Zielbeziehungen in denen Fahrten effektiv stattfanden. Tabelle 1 zeigt die statistischen Kennwerte der Analyse der Verbindungen: Zum Beispiel, dass auf 50 % der Verbindungen weniger als 4.51 Pendlerfahrten stattfanden.

Tabelle 1 Deskriptive Statistik zum gesamten Analysegebiet

	Anzahl Fahrten	Distanzen [km]	Reisezeit öV [min]	Einwohner pro Gemeinde
Mittelwert	31.51	21.758	71.5	5737
Median	4.51	19.426	69.0	2181
Standardabweichung	114.17	13.024	28.0	25394
Maximum	3387.00	89.955	201.0	363273
Minimum	1.00	.502	5.0	271

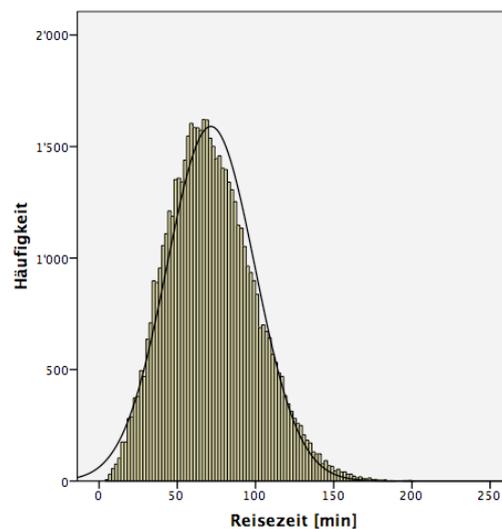
Die Streuung der Distanzen um den Mittelwert (21.76 km) hat eine Standardabweichung von 13.02 km. In Abbildung 3 ist die Häufigkeit der Distanzen zwischen den Gemeinden ersichtlich. Die Häufigkeiten der Distanzen sind leicht links-schief (vgl. schwarze Normalverteilungskurven) verteilt und zeigen auf, dass die Distanzen keine extreme Abweichung zu einer Normalverteilung aufweist.

Abbildung 3 Häufigkeiten der untersuchten Distanzen



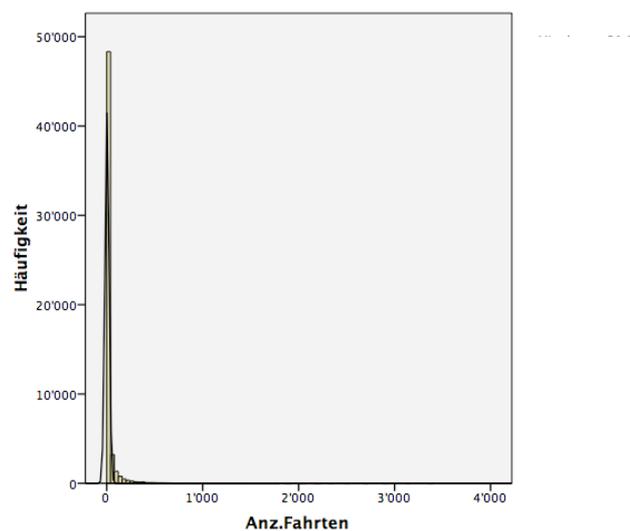
Bei den Reisezeiten des öffentlichen Verkehrs ist die Standardabweichung ebenfalls nicht besonders auffällig. Der Mittelwert und der Median sind sehr nahe beieinander. Dies zeigt auch Abbildung 4, welche die Häufigkeit der Reisezeit zwischen den Gemeinden aufzeigt. Die Häufigkeiten der Reisezeit bildet beinahe die Normalverteilung ab.

Abbildung 4 Häufigkeiten der untersuchten Reisezeiten



Der Vergleich der Häufigkeiten von Reisezeiten und Distanzen lässt den Schluss zu, dass die Pendler der Nordostschweiz zwar „normalverteilt“ Zeit aufwenden, jedoch Distanzen mit einer leicht links-schiefen Verteilung pendeln. Es werden also öfters kurze als lange Distanzen gependelt. Es wird aber ungefähr im gleichen Ausmass zusätzlich oder weniger Zeit bezüglich dem Durchschnitt aufgebracht, um den Arbeitsweg zurückzulegen. Das bedeutet, dass die längeren Distanzen mit grösseren Geschwindigkeiten zurückgelegt werden können, als kurzen Distanzen. In Abbildung 5 ist die Häufigkeit der Anzahl Fahrten zwischen den Gemeinden ersichtlich. Die Verteilung der Fahrten ist stark links-schief verteilt (vergl. Tabelle 1)

Abbildung 5 Häufigkeiten der untersuchten Anzahl Fahrten

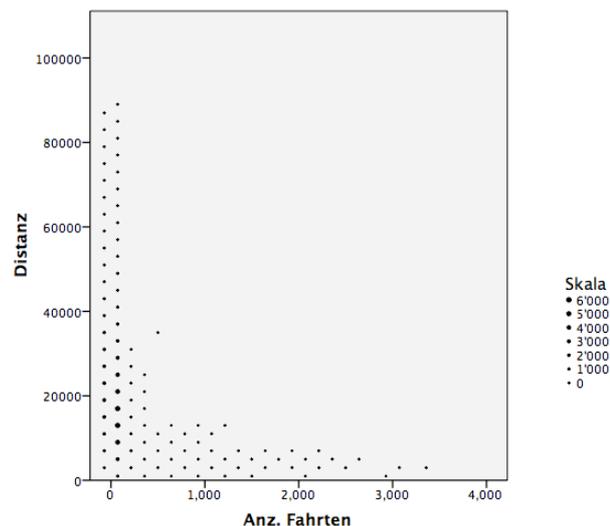


Dies zeigt sich auch bei der relativ grossen Differenz zwischen dem Medianwert (4.51) und dem Mittelwert (31.51). Die Standardabweichung mit einem Wert von 114.17 zeigt weiter, dass die Daten stark gestreut sind.

Die Abbildungen 6 gibt einen Überblick über die Vorkommensintensität (vergl. jeweils die Grösse der Datenpunkte in der Grafik) von Fällen mit ähnlichen Beziehungen zwischen Anzahl Fahrten und Distanz. Es deutet sich im Falle der Distanz eine ausgeprägte hyperbolische Verteilung an. Dies entspricht den Erwartungen:

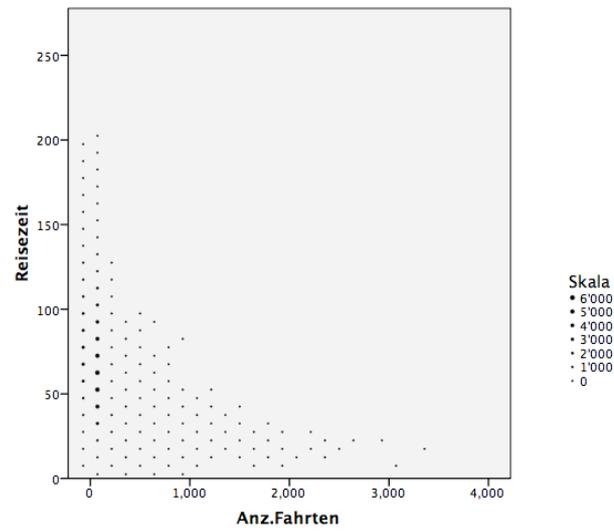
- Wenige Leute pendeln lange Wege.
- Alle Relationen mit vielen Pendlern sind relativ kurz.
- Die überwiegende Mehrheit der Relationen sind kurz und haben eine geringe Pendleranzahl.

Abbildung 6 Vorkommensintensität: Anzahl Fahrten zu Distanz



Bei der Verteilung der Relationen bezüglich der Reisezeit (siehe Abb. 7) zeigt sich ebenfalls eine hyperbolische Verteilung, jedoch nicht im gleichen Ausmass wie bei der Distanz-Analyse. Das Intensitätsmaximum dieser Relationen ist nicht hyperbolisch verteilt: Dieses Maximum befindet sich innerhalb der Relationen mit gleicher Fahrtenanzahl, welche sich jedoch durch die Distanz oder die Reisezeit unterscheiden. Dies ist auf die extrem schiefe Verteilung der Fahrten zurückzuführen.

Abbildung 7 Vorkommensintensität: Anzahl Fahrten zu Reisezeit



4 Ausgestaltung und Kalibrierung der Modelle

In diesem Kapitel werden die verschiedenen Variablen des Modells für das gesamte Untersuchungsgebiet vorgestellt. Die Variablen werden mittels Anpassungen und Iteration einer optimalen Regression angenähert. In einem zweiten Schritt werden die univariablen Modelle zu multivariablen Modellen zusammengeführt. Die Anwendung der Modelle innerhalb der Untersuchungsregion wird erst in Kapitel 5 abgehandelt. Die Grundideen für die verschiedenen Modelltypen stammen von Hermann, Hirschfeld und Riekers (2001).

4.1 Anpassung einzelner Variablen

In diesem Abschnitt werden Schätzungen für die einzelnen Variablen durchgeführt. Ziel ist es das Modell möglichst realitätsgetreu (grosses R-Quadrat) und aussagekräftig (Signifikanz) zu schätzen.

4.1.1 Einfache lineare Regression

Die lineare Regression der folgenden Form zeigt erwartungsgemäss (siehe Abb. 6 und Abb. 7) keine guten Resultate.

$$\text{Anz. Fahrten} = a \cdot \text{Distanz}$$

Das R^2 der Schätzung der Fahrten durch die Distanz hat ein Wert von .067. Die Regressionskoeffizienten und ihre Signifikanz sowie die T-Werte sind in Tabelle 2 ersichtlich. Die Irrtumswahrscheinlichkeit liegt bei gerundeten 0%. Dies ist auf die grosse Stichprobe von $N=55988$ zurückzuführen. Der Standardfehler der Konstante, der die Streuung der gemittelten Regressionskoeffizienten B (80.869) angibt, ist mit .907 in einem passablen Bereich. Über die Streuung der Distanzkoeffizienten kann man anhand dieser Daten keine genaue Angabe machen.

Tabelle 2 Resultate der linearen Regression der Distanz zwischen Quelle und Ziel

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten			
	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	T-Wert	Signifikanz
Konstante	80.869	.907	89.112	.000
Distanz	-.002	.000	-63.395	.000

Für die Regression der Fahrten durch die Reisezeit kommt man auf ein schlechtes $R^2 = .104$ und eine Gerade mit den Koeffizienten und Signifikanzen gemäss Tabelle 3:

$$\text{Anz. Fahrten} = a \cdot \text{Reisezeit}$$

Tabelle 3 Resultate der linearen Regression der Reisezeit zwischen Quelle und Ziel

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten			
	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	T-Wert	Signifikanz
Konstante	125.105	1.249	100.186	.000
Reisezeit	-1.310	.016	-80.538	.000

Auch hier ist die Signifikanz sowohl auf dem 95%- als auch auf dem 99%-Niveau gegeben. Der Standardfehler, der die Streuung der gemittelten Regressionskoeffizienten B (125.105) angibt, ist mit 1.249 in einem vernünftigen Bereich.

Vor allem die Regression der Distanz verlangt eine Anpassung des Modells. In den nächstfolgenden Abschnitten werden die Modellanpassungen und Themen immer auf beide erklärenden Variablen - die Distanzen und die Reisezeiten - angewendet. Später wird noch die Einwohnerzahl noch hinzugezogen.

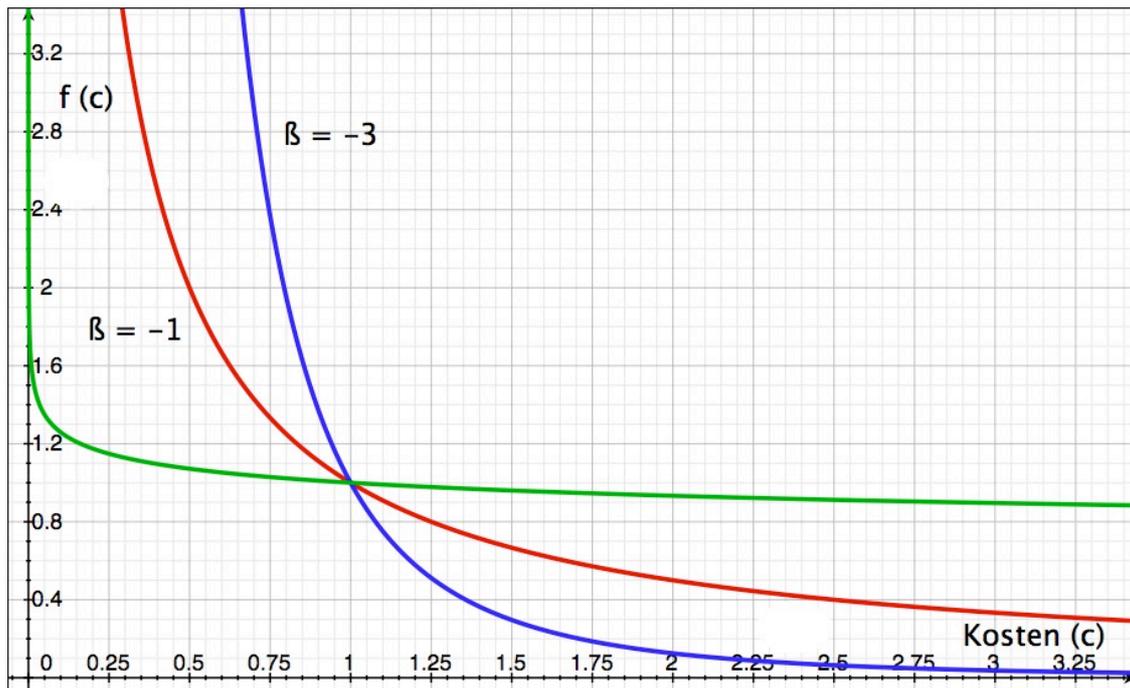
4.1.2 Potenzierte Faktoren

Eine Möglichkeit das Modell zu optimieren stellt die Potenzierung der Distanz- und Zeitwerte dar. Dieser Schritt wird mit Sicht auf die Verteilung der Werte in Abbildung 6 und 7, welche eine hyperbolische Kurve andeuten, gewählt. Der Wert wird mit einem negativen „ β “ potenziert. Die allgemeine Gleichung hierfür lautet:

$$y = x^{-\beta}$$

Abbildung 8 zeigt die Zusammenhänge von x (Kosten (c)) und y (f(c)) je nach Wahl von β .

Abbildung 8 Kostenfunktion mit ausgewählten β -Werten



Die y-Achse ($f(c)$) wird hier als Potential an Mobilität verstanden. In dieser Arbeit wird das Potential für Pendlerbewegungen abgeschätzt. Natürlich gäbe es auch andere Mobilitätspotentiale wie zum Beispiel Ferienmobilität, Freizeitmobilität oder Einkaufsmobilität. Die x-Achse (Kosten (c)) zeigt die Kosten, welche eine Reise verursacht. Im vorliegenden Fall werden die Kosten durch die Distanz respektive durch die Reisezeit genähert. Auch hier könnten aber andere Faktoren hinzugezogen werden, wie zum Beispiel private Ausgaben für die Reise oder volkswirtschaftliche Kosten einer Reise. Abbildung 8 zeigt, dass je nach Wahl der X-Variable und der Y-Variable, β anders gewählt werden muss.

Ist das β klein, so spielt der gewählte Aufwand X (z.B. die Distanz) eine relativ kleine Rolle bei der Entscheidung wie viele Fahrten zwischen zwei Orten stattfinden; Die Elastizität der „Kosten“ ist klein. Eine solche Situation treffen wir zum Beispiel bei der Ferienmobilität an,

wo sich viele Leute für eine Feriendestination anhand der Möglichkeiten vor Ort entscheiden und die Reisedistanz sekundär ist.

Ist das β hingegen gross, spricht das für eine wesentliche Betrachtung des Aufwands. So zeigt die rote Kurve in Abbildung 8 ($\beta = 3$) bis $x = 1.5$ ein sehr grosses Gefälle. Dies bedeutet, dass nur noch sehr wenige Fahrten stattfinden, wenn der Aufwand grösser wird als 1.5. Demgegenüber hat es bei der grünen Kurve ($\beta = 0.3$) praktisch keinen Einfluss, ob die Kosten 0.5 oder 1.5 sind. Ein relativ grosses β erwartet man bei Einkaufs-, Freizeit- und Arbeitsmobilität. Mobilität also, die jeden Tag stattfindet und bei der man versucht den Aufwand zu minimieren. Die β -Werte lassen sich aber nur vergleichen, wenn man die Kosten immer mit den gleichen erklärenden Variablen und den gleichen Masseinheiten betrachtet.

Wenn der Aufwand „Kosten (c)“ die Anzahl Fahrten zu 100 % bestimmen würde, so würden die Fahrten linear mit dem Aufwand abnehmen. Es würde sich eine Beziehung ergeben wie sie die schwarze Gerade darstellt. Dieser Fall ist unrealistisch, da der Aufwand für eine Fahrt sich aus etlichen Faktoren (monetäre Kosten, ökologische Bedenken, Distanz, Reisezeit, Verkehrsmittelwahl etc.) zusammensetzt. Diese Faktoren hängen weniger von der umgebenden Umwelt ab, als vom Individuum selbst.

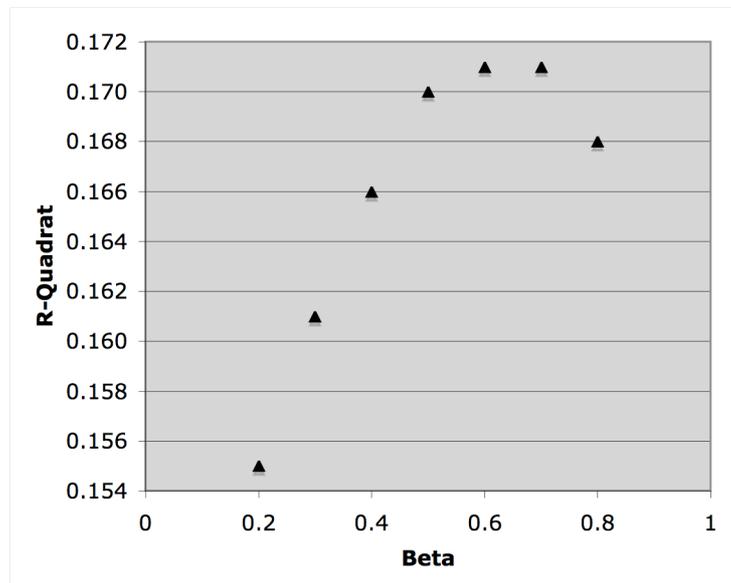
Als logische Folge ist die Grundgleichung für die potenzierten Distanzen somit von der Form:

$$\text{Anz. Fahrten} = a \cdot \text{Distanz}^{\beta}$$

Verschiedene Schätzungen von β sollen nun die Regression des Modells verbessern.

Abbildung 9 zeigt die R-Quadrat-Werte aufgetragen gegen die entsprechenden β -Werte. Der stetige und An- und Abstieg der Kurve deutet auf ein verlässliches Resultat hin. Die beste Regression mit $R^2 = .171$ ergibt sich bei einem Beta von 0.6.

Abbildung 9 Beta-Iteration Distanzfunktion



Die Anwendung dieses β -Wertes ergibt folgende Regressionsgerade für die potenzierten Distanzen mit den folgenden Koeffizienten in Tabelle 4:

Tabelle 4 Resultate der Regression der potenzierten Distanzen

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten			
	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	T-Wert	Signifikanz
Konstante	-61.679	.972	-63.462	.000
Distanz ^{-β}	30262.030	281.542	107.487	.000

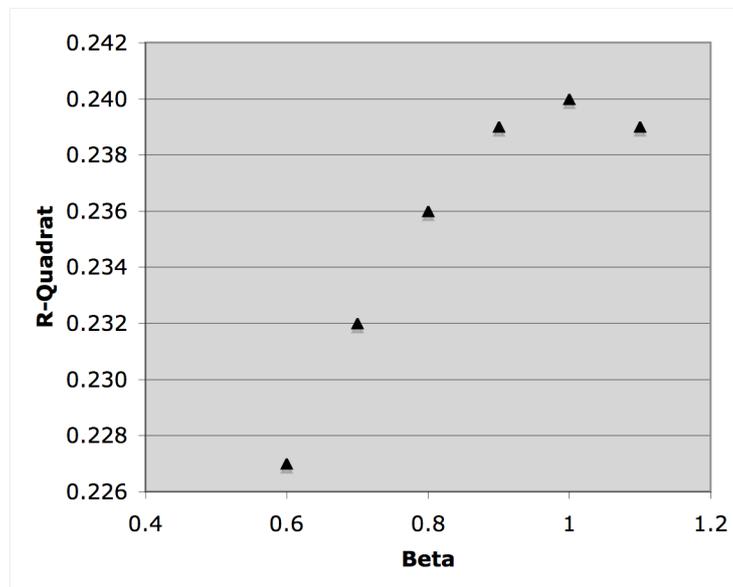
Die Standardfehler sind in einem guten Verhältnis zu den Regressionskoeffizienten. Das Modell weist eine ausgezeichnete Signifikanz auf.

Im gleichen Verfahren wie bei der Distanzfunktion wird auch die Reisezeit potenziert:

$$\text{Anz. Fahrten} = a \cdot \text{Reisezeit}^\beta$$

Der β -Wert wird auch hier iterativ ermittelt (siehe Abb. 10). Die Stetigkeit der Kurve lässt darauf schliessen, dass es nur ein Maximum für diese Funktion gibt.

Abbildung 10 Beta-Iteration Reisezeitfunktion



Die maximierte Regression ($R^2 = .24$) erreicht man bei einem Betawert von 1.0. Aus den beiden β -Werten der Distanz- und der Reisezeitfunktion lassen sich also keine Zusammenhänge bilden. β -Werte können nur innerhalb derselben Funktion für verschiedene Daten resp. Regionen verglichen werden.

Tabelle 5 zeigt die Koeffizienten der Regressionsgerade für die Regression, der mit „-1“ potenzierten Reisezeiten:

Tabelle 5 Resultate der Regression der potenzierten Reisezeiten

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten			
	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	T-Wert	Signifikanz
Konstante	-58.122	.795	-73.134	.000
Reisezeit ^{-β}	5218.237	39.256	132.929	.000

Nachdem nun die gewählten Kostenfunktionen optimiert sind, geht es darum die Möglichkeiten einer Ortschaft abzubilden. Wie Hermann et al. (2001) wird auch hier die Einwohnerzahl ins Modell integriert. Die Daten erlauben keine Zuordnung der Quell- bzw. des Zielorts und

so werden die Einwohnerzahlen der beiden Endpunkte der Verbindung addiert. Dies führt un-
ausweichlich zu einer Verzerrung der Resultate, ist aber die einzige Möglichkeit die Einwoh-
nerzahl mit zu berücksichtigen.

$$\text{Anz. Fahrten} = a \cdot \text{Einwohnerzahl}$$

Die Regression mit dem alleinigen betrachten der Einwohner kommt auf folgende Ergebnisse:

Tabelle 6 Resultate der Regression der Einwohner

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten			
	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	T-Wert	Signifikanz
Konstante	4.970	.780	6.375	.000
Einwohner	.002	.000	42.919	.000

Das R^2 für die Einwohnerregression entspricht: 0.032. Die Potenzierung der Einwohnerzahl brachte keine Verbesserung der Modellgüte R^2 .

4.2 Integrierte Modelle

Nachdem die „Kosten“ (Distanz, Reisezeit) sowie die „Möglichkeiten“ (Einwohner) der Ver-
bindungen einzeln geschätzt worden sind, gilt es im Modell diese beiden Faktoren zu verbind-
den. Tabelle 7 zeigt die Eckdaten der folgenden Regressionsgleichung:

$$\text{Anz. Fahrten} = a \cdot \text{Distanz}^{-\beta} + b \cdot \text{Einwohner}$$

Tabelle 7 Resultate der Regression der potenzierten Distanzen und Einwohner

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten		
	Regressions- Koeffizient B	Standardfehler	Beta	T-Wert	Signifikanz
Konstante	-122.973	1.201		-102.405	.000
Distanz ^{-β}	35702.305	275.479	.488	129.601	.000
Einwohner	.003	.000	.300	79.569	.000

Das R^2 hat sich aufgrund des Einbezugs der Einwohnerzahl von .171 auf .255 verbessert. Beide Faktoren tragen in signifikanter Weise zur Erklärung der Anzahl Fahrten bei. Der standardisierte Koeffizient Beta zeigt die Elastizität der Variablen auf die Anzahl Fahrten an. Je höher dieser Koeffizient ist, desto stärker ist der relative Einfluss dieser Variabel auf die zu erklärende Variabel. Die Distanz hat demnach einen stärkeren relativen Einfluss auf die Anzahl Fahrten als die Einwohnerzahl.

Zu beachten ist aber, dass der standardisierte Koeffizient Beta nur eine Aussagekraft hat, wenn keine Kollinearität vorhanden ist. Um dies zu überprüfen wird der VIF-Wert (Variance Inflation Factor) beigezogen. Marquardt (1970) fixierte für den VIF-Wert, welcher eine Kollinearität ausschliesst, eine Bandbreite von 1 bis 10. Mit einem VIF Wert von 1.006 kann die Kollinearität der Distanz mit der Einwohnerzahl in dieser Regression ausgeschlossen werden. Der Koeffizient Beta zeigt also an, dass die Distanz die grössere Elastizität und daher einen grösseren Einfluss auf die Anzahl Fahrten als die Einwohnerzahl hat. Er sagt jedoch nichts über den absoluten Einfluss aus!

In Tabelle 8 sind die Koeffizienten der Regression mit der Reisezeit und den Einwohnern angezeigt.

$$\text{Anz. Fahrten} = a \cdot \text{Reisezeit}^{-\beta} + b \cdot \text{Einwohner}$$

Tabelle 8 Resultate der Regression der potenzierten Reisezeiten und Einwohner

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten		
	Regressions-Koeffizient B	Standardfehler	Beta	T-Wert	Signifikanz
Konstante	-80.762	.935		-86.386	.000
Reisezeit ^{-β}	5152.636	38.621	.484	133.417	.000
Einwohner	.002	.000	.160	44.095	.000

In dieser Schätzung verbessert sich das R^2 von .24 (Reisezeit alleine) auf .265 bei der Kombination der Variablen. Beide Variablen haben einen signifikanten Anteil an der Erklärung. Die Kollinearität ist ausgeschlossen (VIF = 1.001). Die zwei Einflussfaktoren beeinflussen die Fahrtenzahl noch unterschiedlicher als in der vorherigen Regression. Die Reisezeit erklärt die Anzahl Fahrten drei Mal mehr als die Einwohnerzahl.

Die Integration aller drei untersuchten Variablen in ein Modell ergibt für dessen Regression folgende Eckwerte (siehe Tab. 9).

$$\text{Anz. Fahrten} = a \cdot \text{Distanz}^{-\beta} + b \cdot \text{Reisezeit}^{-\beta} + c \cdot \text{Einwohner}$$

Tabelle 9 Regressionsresultat: potenzierten Reisezeiten, potenzierte Distanzen, Einwohner

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten		
	Regressions-Koeffizient B	Standardfehler	Beta	T-Wert	Signifikanz
Konstante	-124.401	1.155		-107.678	.000
Distanz ^{-β}	20932.407	344.183	.286	60.818	.000
Reisezeit ^{-β}	3267.015	48.584	.307	67.245	.000
Einwohner	.002	.000	.238	63.601	.000

Das Modell mit allen drei Variablen kommt auf ein R-Quadrat von .311. Die standardisierten Koeffizienten Beta können hier nicht interpretiert werden, da der VIF-Wert unter 0.6 fällt und damit ein Multikollinearität angezeigt ist.

5 Modellanwendung auf verschiedene Räume

Die in Kapitel 4 entworfenen und optimierten Modelle werden in diesem Kapitel auf diverse Gebietsauswahlen angewandt.

5.1 Regression nach verschiedenen Raumgliederungen

In diesem Kapitel wird der nun geschätzte Betawert von 0.6 für die Distanzfunktion, sowie von 1.0 für die Reisezeitfunktion eingesetzt und die Regression für verschiedene Raumgliederungen berechnet. Zuerst werden jeweils die Resultate des Distanz-Modells vorgestellt. Danach werden die Resultate für dieselbe Raumaufteilung des Reisezeit-Modells präsentiert. Von den multivariablen Varianten wird nur das Reisezeit-Einwohner-Modell weiter verfolgt. Dieses hat übers ganze Untersuchungsgebiet der sieben Kantone die beste Modellgüte, einen signifikanten Einfluss beider Variablen auf die Fahrtenzahl und keine multikollinearen Variablen, was den Vergleich der Erklärungsanteile ermöglicht.

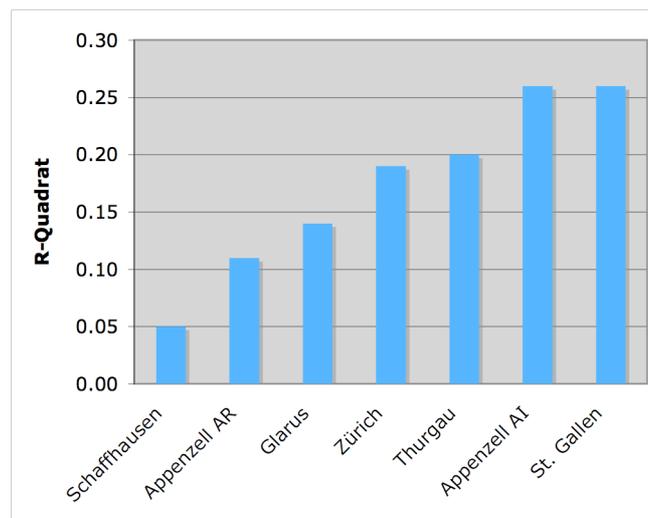
Die Unterschiede bei der Anwendung der Modelle auf die einzelnen Raumgliederungen werden erkennen lassen, ob ein Raumwiderstand wirkt, welcher das Pendlerverhalten beeinflusst. Mit der Wahl von unterschiedlichen Raumgliederungen kann eruiert werden, ob identische Räume ähnliche „Kostenwahrnehmungen“ hervorrufen und somit die gleichen Eigenschaften der identischen Räume eine solche Wahrnehmung verursacht. Zum Beispiel könnten Regionen an Gewässern ähnliche Reaktionen hervorrufen, was einen gewissen Einfluss des Gewässers auf den Raumwiderstand erklären würde. Es können weiter auch einzelne Regionen mit dem Durchschnitt des Analysegebiets verglichen werden, was weitere Einflüsse offen legen würde.

5.1.1 Kantone

Als erste Raumgliederung drängen sich die ausgewählten Kantone auf. Abbildung 11 wendet das Modell mit der potenzierten erklärenden Variabel „Distanz“ auf die in den Kantonen liegenden Quellorte an. Da die Kantone jedoch generell sehr heterogen in ihren Eigenschaften wie Bevölkerungsdichte, Erreichbarkeit etc. sind, kann man kaum Schlüsse über die Qualität der Schätzungen in Bezug auf die einzelnen Kantone ziehen. Die Diskrepanz der Resultate zwischen den beiden Halbkantonen Appenzell Innerrhoden / Ausserrhoden - welche sich

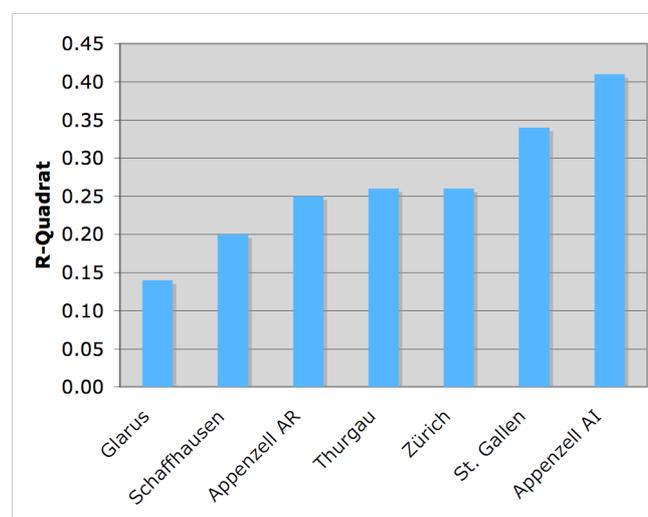
grundsätzlich nicht gross in ihrer Topografie, Bevölkerungsdichte etc. unterscheiden - zeigt deutlich, dass der über das gesamte Untersuchungsgebiet geschätzte Betawert nur beschränkt zu Erklärung der Anzahl Fahrten in künstlich abgegrenzten Regionen - in diesem Fall Kantone - taugt.

Abbildung 11 Distanz-Regression nach Kantonen



Ähnlich wie bei der Distanzregression ist anhand der Kantone kein Faktor zu erkennen, der es erlauben würde, die unterschiedlichen R^2 des Reisezeitmodells (siehe Abb. 12) zu erklären.

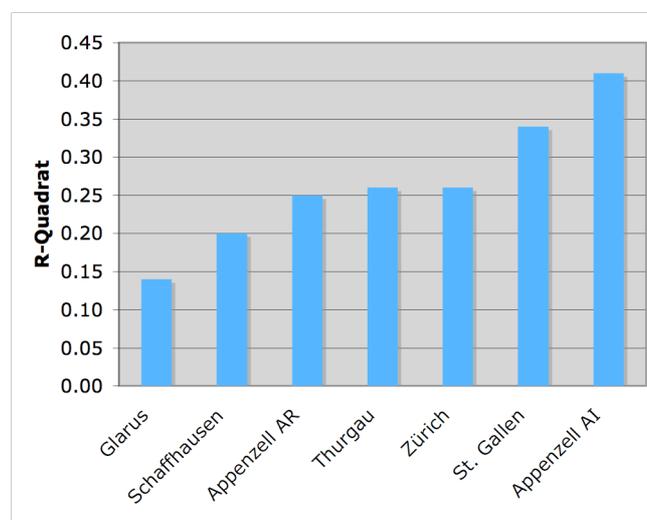
Abbildung 12 Reisezeit-Regression nach Kantonen



Auffallend ist, dass die Kantone relativ gesehen, jeweils auf beide Modelle ungefähr gleichermassen reagieren - das bedeutet, dass sich die R^2 -Werte der beiden Anwendungen proportional in der gleichen Grössenordnung bewegen.

Auch das kombinierte Modell (Reisezeit und Einwohner) lässt mit Blick auf Abbildung 13 keinen eindeutigen Schluss auf Faktoren, die den Raumwiderstand verändern, zu.

Abbildung 13 Reisezeit-Einwohner-Regression nach Kantonen



Die Tatsache, dass man nun zwei erklärende Variablen hat, erlaubt die Einflüsse der beiden Variablen zu vergleichen:

Tabelle 10 Standardisierte Koeffizienten der Reisezeit-Einwohner-Modell nach Kantonen

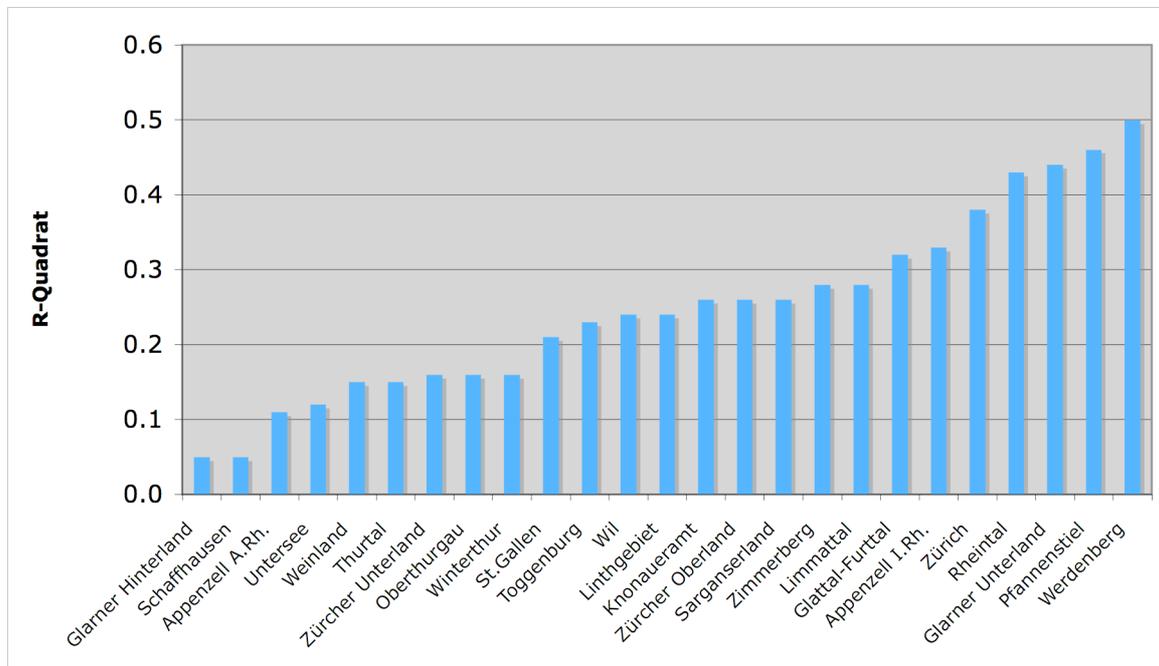
	Standardisierte Koeffizienten	
	Einwohner	Reisezeit
Zürich	.152	.490
Glarus	.078	.393
Schaffhausen	.210	.463
Appenzell AR	.201	.488
Appenzell AI	.113	.651
St. Gallen	.117	.586
Thurgau	.160	.521

Der Vergleich von Abbildung 12 mit Abbildung 13 zeigt den Trend, dass die Reisezeit den höheren Einfluss hat. Die standardisierten Koeffizienten (siehe Tab. 10) zeigen dies aufgeschlüsselt nach Kanton. In den Kantonen Appenzell AR und Schaffhausen hat die Reisezeit gegenüber der Einwohnerzahl einen relativ schwachen Einfluss. Er ist gut zweimal so gross. In den Kantonen Thurgau und Zürich ist der Einfluss dreimal so gross. Einen über fünfmal grösseren Einfluss hat die Reisezeit gegenüber der Einwohnerzahl in den Kantonen Glarus, St. Gallen und Appenzell AI. Die Kantone haben aber kein homogenes Erscheinungsbild, welches zumindest eine Vermutung über die Unterschiede zulassen würde.

5.1.2 Regression nach MS-Regionen

Die 106 MS (mobilité spatial) Regionen der Schweiz wurden 1982 im Rahmen eines Forschungsprojekts geschaffen und werden heute vom BFS für verschiedenste Raumanalysen verwendet (Bundesamt für Statistik (BFS), 2009). Die Liste der MS-Regionen ist auf der Homepage des Bundesamts für Statistik sowie im Anhang dieser Arbeit zu finden. Grundlagen zur Erstellung und Einteilung dieser Regionen waren die Berggebietsregionen und die Raumplanungsregionen (Bundesamt für Statistik (BFS), 2009). Die einzelnen MS-Regionen zeichnen sich durch eine räumliche Homogenität und auch durch einen gemeinsamen Klein- arbeitsmarkt mit einem regionalen Zentrum, aus (Bundesamt für Statistik (BFS), 2009). Abbildung 14 zeigt die R^2 -Werte des Fahrten-Distanz-Modells mit einem β -Wert = 0.6 auf die 25 MS-Regionen der Nordostschweiz angewendet

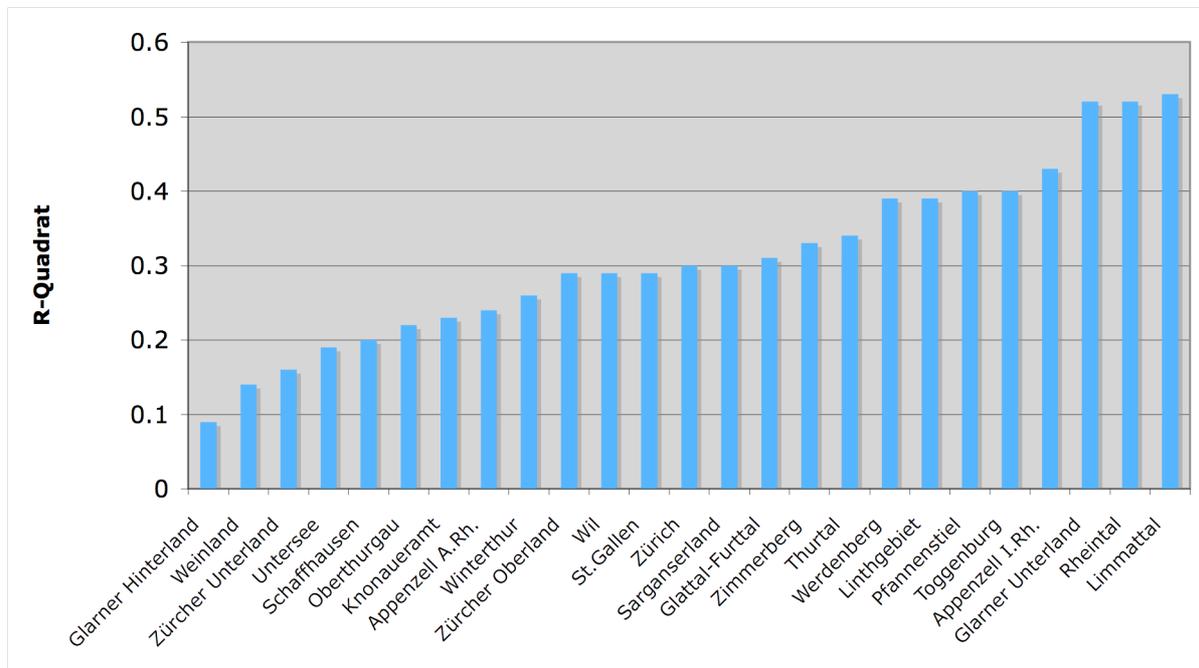
Abbildung 14 Distanz-Regression nach MS-Regionen



Auffallend sind die Regionen 6 (Pfannenstiel), 36 (Glarner Unterland), 54 (Rheintal) und 55 (Werdenberg) mit den vier höchsten Werten ($R^2 > .43$) und die Regionen 37 (Glarner Hinterland), 50 (Schaffhausen), 51 (Appenzell A.Rh.) und 77 (Untersee) mit einem $R^2 < .12$. Diese „extremsten“ Regionen weisen untereinander erstaunlicherweise nicht die gleichen räumlichen Eigenschaften auf: So ist je eine der zwei MS-Regionen des Kantons Glarus in der höchsten R^2 -Gruppe als auch in der tiefsten zu finden.

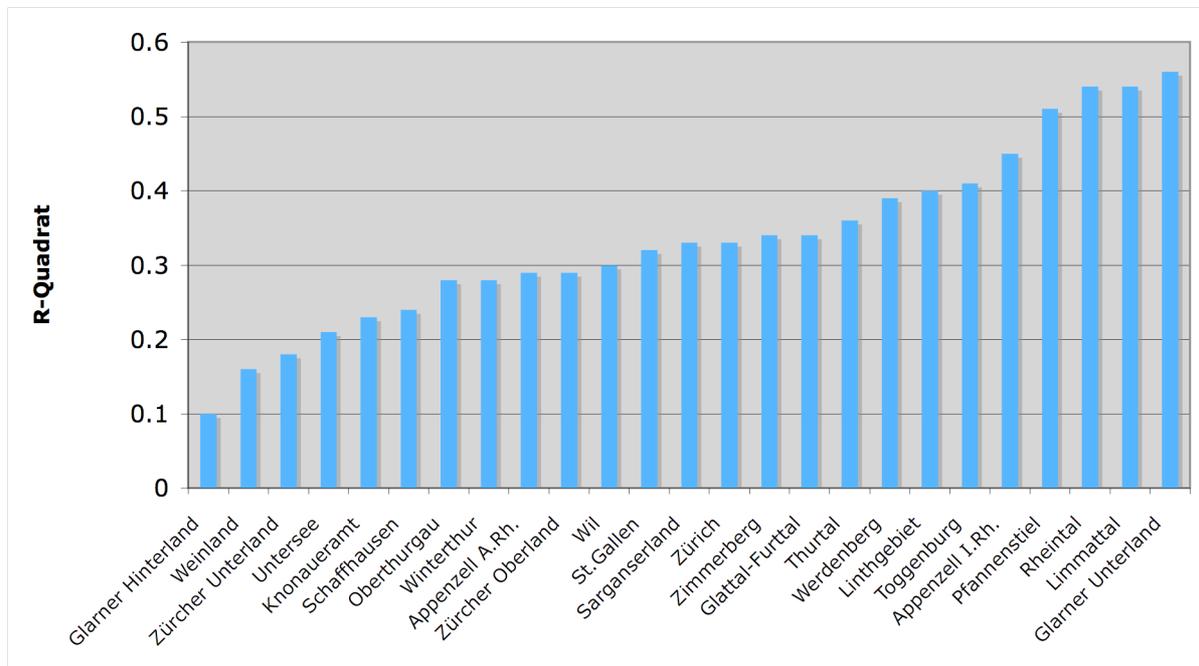
Die Reisezeit-Regression (vergl. Abb. 15) mit dem β -Wert = 1.0 ergab für die MS-Regionen des Untersuchungsgebiete folgende Ergebnisse (siehe Abb. 15): Die Regionen 3 (Limmattal), 6 (Pfannenstiel), 36 (Glarner Unterland) und 54 (Rheintal) sind jene vier mit den höchsten R^2 -Werten ($R^2 \geq .50$). Die Regionen 9 (Weinland), 10 (Zürcher Unterland), 37 (Glarner Hinterland) und 77 (Untersee) sind jene vier mit den niedrigsten $R^2 < .20$.

Abbildung 15 Reisezeit-Regression nach MS-Regionen



Das Reisezeit-Einwohnermodell (vergl. Abb. 16) zeigt ähnliche Resultate wie das Reisezeit-Modell. Die vier Regionen mit der besten Modellgüte sind wiederum 3, 6, 36 und 54. Die am schlechtesten modellierten Regionen sind ebenfalls wieder 9, 10, 37, und 77.

Abbildung 16 Reisezeit-Einwohner-Regression nach MS-Regionen



Wieder bietet sich die interessante Möglichkeit an, zu erfahren wie sich der Modell-Erklärung der Pendlerfahrten zwischen den Variablen Reisezeit und den Einwohner aufteilt.

Tabelle 11 Standardisierte Koeffizienten Reisezeit-Einwohner-Modell nach MS-Regionen

MS-Region	Standardisierte Koeffizienten		MS-Region	Standardisierte Koeffizienten	
	Einwohner	Reisezeit		Einwohner	Reisezeit
Zürich	.494	.188	Appenzell A.Rh.	.487	.198
Glattal-Furttal	.505	.205	Appenzell I.Rh.	.669	.121
Limmattal	.700	.100	St. Gallen	.543	.172
Konaueramt	.496	.085	Rheintal	.735	.046
Zimmerberg	.563	.096	Werdenberg	.633	.080
Pfannenstiel	.677	.130	Sarganserland	.633	.197
Zürcher Oberland	.523	.078	Linthgebiet	.635	.070
Winterthur	.478	.156	Toggenbrug	.647	.072
Weinland	.384	.107	Wil	.535	.108
Zürcher Unterland	.402	.116	Thurtal	.588	.153
Glarner Hinterland	.796	.160	Untersee	.463	.172
Glarner Vorderland	.334	.116	Oberthurgau	.502	.202
Schaffhausen	.463	.210			

Wenn man die Verhältnisse der standardisierten Koeffizienten rechnet so hat die Reisezeit bei den Regionen mit guter Modellgüte einen fünf- bis fünfzehnfachen grösseren Einfluss als die Einwohner. Bei den Regionen mit einem niedrigen R^2 ist der Einfluss nur zwei- bis vierfach so gross. Der Einfluss der Einwohner auf die Anzahlfahrten in der MS-Region 54 ist auf dem 1%-Niveau nicht einmal signifikant.

Die Erweiterung der Anwendung des multivariablen Modells führt scheinbar dazu, dass die Einwohnerzahl - relativ betrachtet - einen grösseren Einfluss auf die Anzahl Pendlerfahrten hat. Eine höhere räumliche Auflösung würde wahrscheinlich noch mehr Gebiete eruieren, in denen kein signifikanter Einfluss der Einwohnerzahl vorhanden ist. Für das gesamte Untersuchungsgebiet ist der Einfluss aber gegeben (vergl. Kap. 4). Man kann nun diskutieren, ob es Sinn macht diese Variable für die künftigen Untersuchungen weiter zu verwenden. Der Vollständigkeit halber wird die Variable in dieser Arbeit weiter untersucht.

5.1.3 Regression nach der Gemeindetypologie

Im Zuge der Einführung des Zentren-Peripherien-Modells, wurden 1988 vom BFS (2009) Gemeindetypen definiert. Die Einteilung basiert auf verschiedensten Faktoren wie Pendlerbewegungen, Beschäftigungssituation, Wohnverhältnisse, Wohlstand, etc. Die Typisierung dient der sozioökonomischen und demographischen Einteilung der Gemeinden.

Abbildung 17 Distanz-Regression nach Gemeindetypen

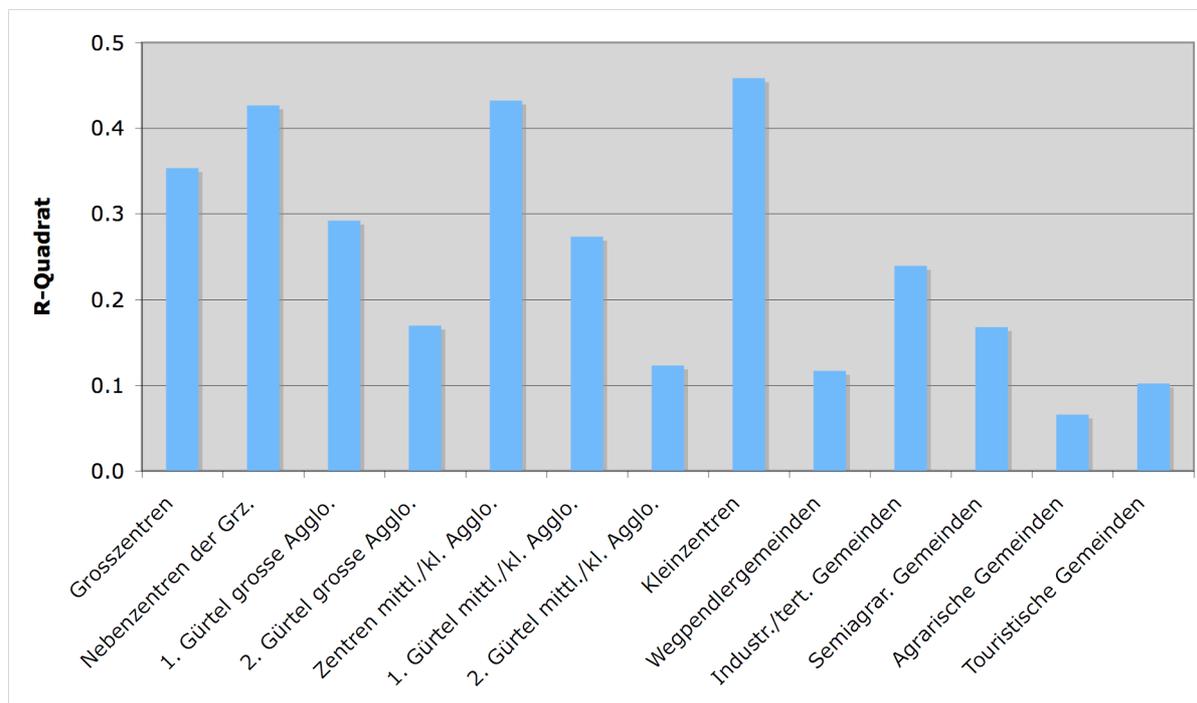


Abbildung 17 zeigt die Anwendung des Distanzmodells auf die verschiedenen Gemeindetypen mit dem folgenden Resultat: Die Zentren sprechen am besten auf das Modell an. Je weiter eine Gemeinde von einem Zentrum entfernt liegt, desto schlechter erklärt das Distanzmodell die Fahrtenzahl der Pendler.

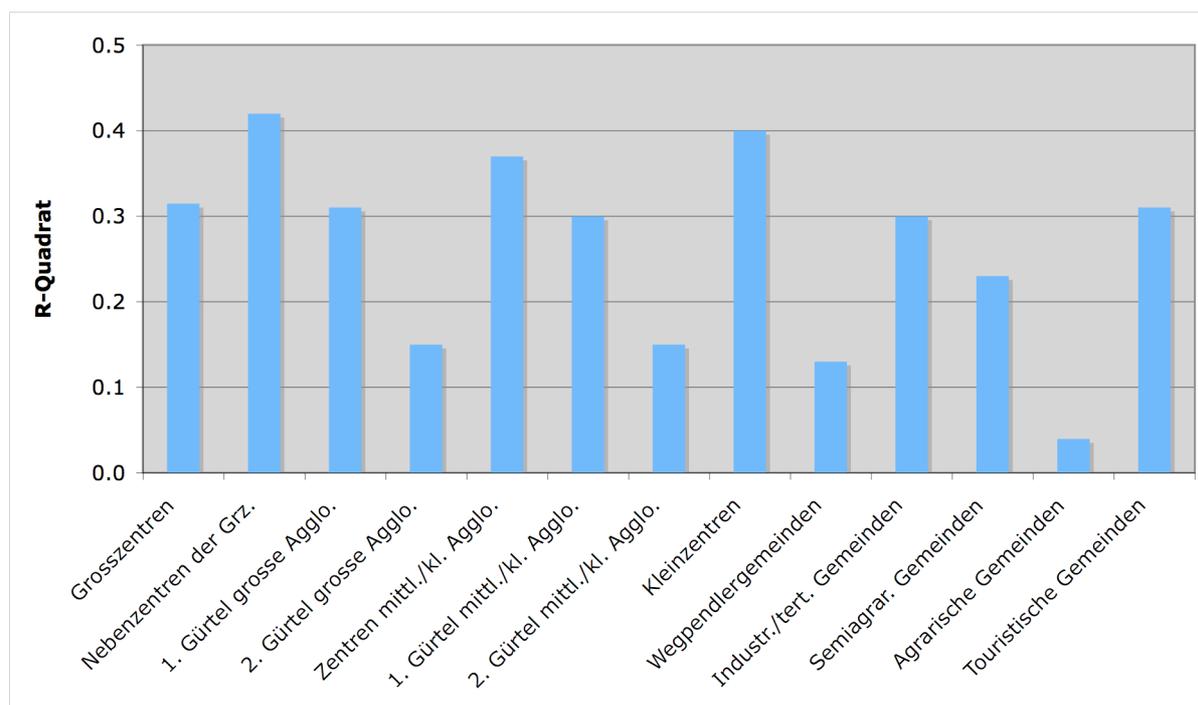
Ein Erklärungsansatz ist die Arbeitsplatzdichte; denn die Resultate lassen darauf schliessen, dass in Zentrumsgemeinden wohnhafte Arbeitnehmer weniger Pendler-Wegstrecke auf sich nehmen müssen, um ihrer alltäglichen Tätigkeit nachzugehen oder dass die Zeitintensität für eine Distanz grösser ist als in zentrumsfernen Gemeinden.

Die Resultate des Reisezeitmodells (siehe Abb. 18) zeigen ein ähnliches Bild, wie jene des Distanzmodells. In den Zentren reagiert die Fahrtenanzahl stärker auf die Reisezeit als in den

Gürtelgemeinden. Da es sich bei der Reisezeit - im Gegensatz zur Distanz - um einen realitätsnäheren⁴ Faktor handelt, erhärtet sich die Vermutung, dass die Fahrtenanzahl viel stärker auf die infrastrukturellen Möglichkeiten einer Gemeinde reagiert, als auf den Aufwand diese zu erreichen (siehe Kap. 2.3). Sind solche Möglichkeiten in einer Gemeinde vorhanden - was in Zentren der Fall ist - reagieren Einwohner also mit einer höheren Sensibilität auf Distanzen und Reisezeiten. Sind die Möglichkeiten jedoch nur in einer anderen Gemeinde vorhanden, so wird der grössere Aufwand zur Überwindung der Distanz offensichtlich auf sich genommen.

Die Ausnahme bei der Ähnlichkeit der Resultate zwei Modelle bilden die touristischen Gemeinden. Sie werden vom Reisezeitmodell besser simuliert als vom Distanzmodell.

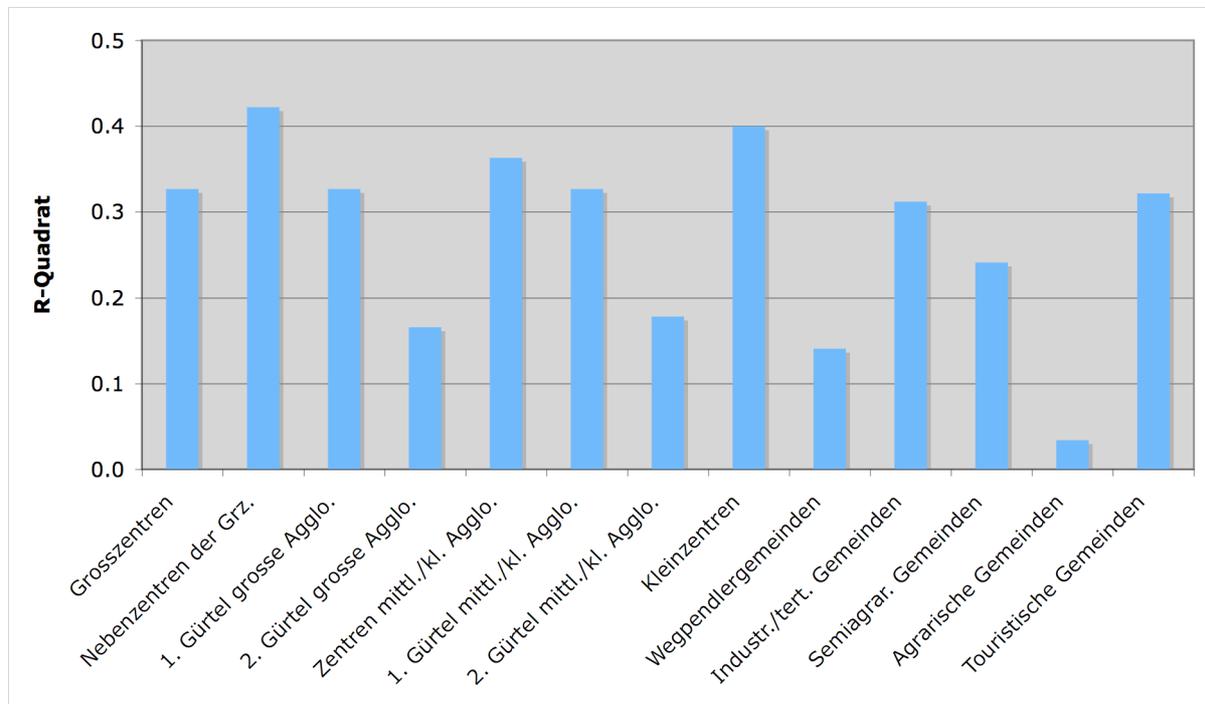
Abbildung 18 Reisezeit-Regression nach Gemeindetypen



Der Einbezug der Einwohner in das Reisezeitmodell ergibt keine markanten Abweichungen in den Resultaten (siehe Abb. 19). Dies ist sehr erstaunlich, da die Einteilung nach Gemeindetypen wohl stark mit der Einwohnerzahl zusammenhängt.

⁴ Die Reisezeit sagt direkter etwas über die Mobilitätskosten, welche eine bestimmte Person auf sich nimmt, als die Luftliniendistanz.

Abbildung 19 Reisezeit-Einwohner-Regression nach Gemeindetypen



Wie schon bei den Kantonen und den MS-Regionen ist es möglich, den Einfluss der zwei erklärenden Variablen relativ zueinander zu betrachten.

Tabelle 12 Standardisierte Koeffizienten Reisezeit-Einwohner-Modell nach Gemeindetypen

	Standardisierte Koeffizienten	
	Einwohner	Reisezeit
Grosszentren	.544	.150
Nebenzentren der Grz.	.623	.108
1. Gürtel grosse Agglo.	.529	.155
2. Gürtel grosse Agglo.	.386	.136
Zentren mittl./kl. Agglo.	.612	.090
1. Gürtel mittl./kl. Agglo.	.553	.144
2. Gürtel mittl./kl. Agglo.	.412	.162
Kleinzentren	.641	.067
Wegpendlergemeinden	.371	.113
Industr./tert. Gemeinden	.557	.093
Semiagr. Gemeinden	.496	.130
Agrarische Gemeinden	.225	.118
Touristische Gemeinden	.615	.158

Die Resultate der Untersuchungen aufgeteilt nach MS-Regionen, bestätigen sich bei den Gemeindetypen. Je weniger das Modell das Pendlerverhalten abbilden kann, desto grösser wird der relative Einfluss der Einwohner. Dies bedeutet, dass die Reisezeit zwischen zwei Orten logischerweise sehr wenig mit deren Einwohnerzahl zu tun hat und dass die Einwohner wohl bei allen Gemeindetypen praktische den gleichen absoluten Einfluss haben.

5.2 Regression in diversen Grenzgebieten

Nicht nur soziodemographische Eigenschaften von Regionen können unterschiedliche Raumwiderstände erklären, auch geographische und politische Grenzen könnten möglicherweise die Wahrnehmung des Raumwiderstandes verändern. Im Gebiet Nordostschweiz sind verschiedenste solcher Grenzen vorhanden: Politische Grenzen umfassen insbesondere die Landesgrenzen zu Deutschland, Österreich und dem Fürstentum Liechtenstein. Geographische Grenzen sind zum einen Gewässer wie der Bodensee oder der Rhein, zum andern Gebirge wie der Alpstein, die Churfürstentumskette oder die Glarner Alpen. Für die Analyse der geogra-

phischen und politischen Grenzen werden Bezirke zu Hilfe genommen. Die Bezirke gehören zur tiefsten Aggregationsebene in der Schweiz, die eine relativ gute Auflösung mit einem vertretbaren Aufwand verbindet. Um die Resultate der Zusammenfassung der Bezirke besser fassen zu können, zeigt die Tabelle 13 die 95%-Koeffizienzintervalle der R^2 -Werte von vier Modellen auf Bezirksebene.

Tabelle 13 95%-Konfidenzintervall der Modelle auf Bezirksebene

	Untere Grenze	Mittelwert	Obere Grenze
Distanzmodell	.2301	.266	.3019
Reisezeitmodell	.2958	.329	.3622
Distanz-Einwohner-Modell	.3096	.341	.3721
Reisezeit-Einwohner-Modell	.3209	.353	.3847

5.2.1 Die Landesgrenzen als Raumwiderstand

In diesem Kapitel werden Bezirke, welche an der Landesgrenze liegen mit der Gesamtheit aller Bezirke verglichen. Folgende Bezirke haben einen Anteil an terrestrischer oder quasi-terrestrischer⁵ Grenzen mit anderen Staaten.

Tabelle 14 Bezirke mit Landesgrenze und deren R^2 mit den vier Modellen

Bezirk	Distanz-Modell	Reisezeit-Modell	Distanz-Einwohner-Modell	Reisezeit-Einwohner-Modell
Diessenhofen	.209	.350	.335	.424
Andelfingen	.164	.146	.219	.156
Unteres Rheintal	.430	.460	.465	.461
Oberes Rheintal	.311	.595	.373	.599
Werdenberg	.536	.385	.564	.389
Schaffhausen	.050	.295	.211	.334

⁵ Die quasi-terrestrische Grenze bezieht sich auf die Landesgrenze entlang des Alpen- und Hochrheins, wo die Grenze zwar aus einem Gewässer besteht, welches aber in angemessener Zeit überquert werden kann.

Der Mittelwert der Bezirke mit Anteil an Landesgrenze des Distanzmodells beträgt .283 und liegt somit auch im 95%-Vertrauensintervall (vergl. Tab. 13).

Beim Reisezeitmodell ergibt sich ein über dem Durchschnitt liegender Wert von .372. Dieser Wert liegt nicht mehr innerhalb des Konfidenzintervall (vergl. Tab. 13). Bei der Reisezeit gibt es somit einen signifikanten Unterschied zwischen den Landesgrenzen-Bezirken und dem gesamten Untersuchungsgebiet.

Dass die Reisezeit die Anzahl Fahrten übergebühr beeinflusst, könnte mit der ungefähren Übereinstimmung von Landesgrenze und Verkehrssystemgrenze zusammenhängen. Als Erklärung kann angefügt werden, dass hier zum einen nur Fahrten mit Ziel innerhalb des Untersuchungssystems gewertet sind. Zum andern ist der öffentliche Verkehr jeweils national ausgerichtet.

Beim Distanz-Einwohner Modell verbessern sich die Bezirke Andelfingen und Schaffhausen gegenüber dem reinen Distanzmodell, massiv und das Reisezeit-Einwohner-Modell erreicht in allen Grenzbezirken ausser Schaffhausen und Andelfingen einen signifikant höheren R^2 -Wert als der Durchschnitt der Bezirke. Der Einbezug der Einwohnerzahlen der Quell- und Zielort trägt zum Teil sehr fest zu Verbesserung der Modelle in den Grenzbezirken bei. Die Pendlerbewegungen aus und in die Bezirke Schaffhausen und Andelfingen müssen durch andere Faktoren beeinflusst werden. Vielleicht liegt das daran, dass diese Bezirke eher schon einer Agglomeration angehören bzw. selbst ein grösseres Zentrum haben. Dies würde bedeuten, dass der Effekt der Landesgrenze schwächer wirkt ist als der oben beschriebene Effekt der Zentrumsnähe.

5.2.2 Der Bodensee als Raumwiderstand

In folgender Untersuchung werden die Modelle auf die Bezirke mit Bodensee-Anstoss angewendet. Der Bodensee ist der grösste See der Nordostschweiz und stellt mit seinen Ausmassen schon rein optisch ein Mobilitätshindernis dar. Er hat an vier Schweizer Bezirken Anstoss; namentlich Rorschach, Arbon, Steckborn und Kreuzlingen.

Der R-Quadrat Mittelwert der Bodenseebezirke im Distanzmodell beträgt .198. Die Werte sind im Gegensatz zur vorherigen Analyse nicht extrem gestreut. Diese zwei Tatsachen lassen auf einen signifikanten Unterschied der Bezirke schliessen (vergl. Tab.13 und Tab. 15). Zwei Bezirke sind signifikant tiefer, die anderen zwei liegen im Konfidenzintervall.

Das Reisezeitmodell kommt zu wesentlich schlechteren Ergebnissen: Alle Bezirke sind unterhalb des Vertrauensintervalls für die R^2 -Werte. Auffallend sind die besseren Resultate des Distanzmodells verglichen mit dem Reisezeitmodell. Dies widerspricht dem Trend des gesamten Gebiets, wo das Reisezeitmodell bessere Modellgüten erreicht.

Tabelle 15 Bezirke mit Bodensee-Anstoss und deren R^2 mit den vier Modellen

Bezirk	Distanz-Modell	Reisezeit-Modell	Distanz-Einwohner-Modell	Reisezeit-Einwohner-Modell
Rorschach	.268	.175	.366	.219
Arbon	.142	.199	.253	.258
Steckborn	.245	.182	.335	.200
Kreuzlingen	.136	.236	.206	.265

Die Distanz und insbesondere die Reisezeit erklären die Fahrtzahl am Bodensee schlecht. Somit müssen hier andere Ursachen für die Pendlerströme verantwortlich sein. Die Modelle, welche den Einfluss der Einwohner beinhalten, bilden das Pendlerverhalten zwar besser ab, doch besonders beim Reisezeit-Einwohner-Modell sind die Werte am Bodensee signifikant tiefer als im Schnitt. Der Grund wird das Hindernis „Bodensee“ sein, welches verhindert, dass sich in den Seebezirken Verkehrsverbindungen ausbilden können, die denen in ähnlichen Bezirken, ohne Seeanstoss gleichen. Der Umstand, dass die Distanz besonders im Zusammenhang mit den Einwohnern bessere Resultate erreicht als die Reisezeit kann ein Indiz für die unterdurchschnittliche Erreichbarkeit mit dem öffentlichen Verkehr sein. Es steht fest, dass die Bezirke am Bodensee sich mit ihrer geographischen Barriere ganz wesentlich anders verhalten wie die Pendler in der Nähe der Landesgrenzen – einer politischen Barriere.

5.2.3 Gebirge als Raumwiderstand

Neben Gewässern stellen auch Bergketten einen Raumwiderstand dar. Ein typisches, betroffenes Gebiet in der Untersuchungsregion sind die zwei Bezirke Ober- und Neutoggenburg im Kanton St. Gallen. Diese beiden Bezirke sind verkehrstechnisch durch den Alpstein im Norden und die Churfürstentumskette im Süden begrenzt. Als dritter Bezirk wird der Bezirk Sarganserland gewählt; er hat schon voralpinen Charakter und beheimatet neben dem Seetal und der Walenseeregion auch andere enge Täler (Weisstannental, Taminatal). Dies verhindert oft die Ausbreitung von Verkehrsverbindungen in alle vier Himmelsrichtungen. Der Bezirk Glarus ist

die vierte Region. Er weist, wie die anderen Bezirke, eine klare Begrenzung durch Gebirgszüge auf und ist verkehrstechnisch hauptsächlich gegen Norden ausgerichtet.

Tabelle 16 Bezirke mit Gebirgsbegrenzung und deren R^2 mit den vier Modellen

Bezirk	Distanz- Modell	Reisezeit- Modell	Distanz- Einwohner- Modell	Reisezeit- Einwohner- Modell
Obertoggenburg	.317	.433	.330	.436
Neutoggenburg	.202	.402	.244	.405
Glarus	.132	.133	.149	.137
Sargans	.685	.489	.697	.516

Bei allen Modellen sind die Modellgüten relativ weit gestreut (vergl. Tab. 16). Die Werte der beiden Toggenburger Bezirke sind im Mittelfeld. Der Bezirke Glarus ist bei allen Modellen unter den Signifikanzgrenzen geblieben. Im Gegensatz dazu steht der Bezirk Sargans, welcher auf alle Modelle sehr gut anspricht. Die Hypothese, dass Gebirgszüge in der Ostschweiz den Raumwiderstand erhöhen, lässt sich also anhand des Modells nicht vollumfänglich bestätigen oder verwerfen. Dies ist überraschend, da in dieser Arbeit jeweils mit der Luftlinien-Distanz gerechnet wird und die Ortschaften trotz kurzen Luftlinien zwischen den Tälern verkehrstechnisch weit voneinander entfernt liegen können. Die multivariablen Modelle verbessern die Werte der Einzelmodelle nicht im gleichen Ausmass wie bei anderen Raumaufteilungen.

Bezirke nach Gebirgseinfluss sinnvoll einzuteilen ist schwer, da man keine klaren Kriterien beziehen kann. Auch bei dieser Einteilung wäre ein grösseres Untersuchungs-Gebiet wahrscheinlich ergiebiger. Ein weiterer erschwerender Umstand ist die Korrelation mehrerer erklärender Variablen, wodurch die Resultate der Modelle nur bedingt aussagekräftig sind. Eine solche Korrelation kann durch tiefen Einwohnerdichten im alpinen Raum bzw. den hohe Einwohnerwerte in den Agglomerationen entstehen.

6 Diskussion

Bei den Auswertungen der Daten sind Resultate aufgetreten, die Fragen aufwerfen und bei denen man mit detaillierten Untersuchungen eventuell auf überraschende Ergebnisse kommen könnte. Einige spezielle Ergebnisse werden nun indem folgenden Abschnitten dargelegt.

6.1 Kanton Glarus

Bei der Analyse im Kanton Glarus sind oft extreme Werte aufgetaucht und generell lassen sich die beiden univariablen Modelle schlecht auf das Kantonsgebiet des Glarus anwenden. Der Kanton erhält in beiden Modellen tendenziell schlechte R-Quadrat-Werte. Anders sieht es aus, wenn man den Kanton Glarus in seine zwei MS-Regionen aufteilt; alle drei Modellen erklären die Anzahl Fahrten mit Quellort im Glarner Unterland gut. Das Pendlerverhalten im Glarner Hinterland hingegen lässt sich nur schlecht abbilden und dies mit allen Modellen. Dies weist auf eine starke Heterogenität in den entscheidenden Faktoren innerhalb des Kantons hin.

Die Ursache könnte in der Topologie liegen: Das Unterland des Kantons liegt in der flachen Linthebene. Dies gleicht die effektiven Distanzen den Luftliniendistanzen an. Das Hinterland hingegen umfasst neben dem Haupttal viele alpine Täler, was eine optimale Erschliessung erschwert.

Die Ausnahmesituation im Glarnerland sticht auch bei den Vergleichen mit andern Talschaften wie dem Toggenburg oder dem Seeztal hervor. Diese Regionen erreichen wesentlich bessere Werte, obwohl auch diese Regionen nicht nur aus flachen Haupt-, sondern auch aus Seitentälern bestehen.

Ähnlichkeiten zeigen sich mit dem Kanton Schaffhausen, was vermuten lässt, dass die Resultat vielleicht mit der unmittelbaren Nähe zur Untersuchungsgrenze⁶ und der relativen Abgeschiedenheit zusammenhängen. Gegen diese These sprechen hingegen wieder die Resultate

⁶ Die Untersuchungsgrenze verhindert Fahrten in sehr nahe gelegene Gebiete, welche aber nicht in die Analyse miteinbezogen worden sind.

des Bezirks Sarganserland: Der Bezirk erreicht sehr hohe R-Quadrat-Werte, obwohl er an den Kanton Graubünden grenzt, der nicht Teil des Untersuchungsgebiet ist.

Der Kanton Glarus steht also für die Widersprüchlichkeit einiger Resultate, welche sich bei der Untersuchung der topografisch beeinflussten Gebiete (Gewässer und Gebirge), als auch bei Gebieten an der Untersuchungsgrenze ergaben.

6.2 Zentrumsnähe von Gemeinden

Ein eindeutiges Resultat zeigt die Untersuchungen der Gemeindetypen. Das Pendlerverhalten in den Zentren kann in allen Modellen am besten modelliert werden. Diese Tendenz lässt sich bei allen Grössen von Zentren feststellen. Je weiter entfernt eine Ortschaft von einer solchen Zentrumsgemeinde liegt, desto schlechter bilden die Modelle die Realität ab. Der Trend bestätigt sich auch bei der Betrachtung der spezifischen Gemeindetypen untereinander: Agglomerationsgemeinden grösserer Zentren werden besser modelliert, als solche von kleineren Zentren. Die Übereinstimmung bei der relativen Rangfolge der Gemeindetypen in den drei Modellen, wird von den touristischen Gemeinden überhaupt nicht befolgt. Während die Distanz bei diesen Gemeinden wenig über die Anzahl Fahrten aussagt, so hat die Reisezeit einen relativ grossen Einfluss auf die Fahrtenanzahl.

Wie oben schon kurz angesprochen, stellt sich natürlich auch hier die Frage nach den Gründen dieser Resultate. Ist die Bevölkerung in Zentren gezwungenermassen oder gewollt sensibel auf Distanzen und Reisezeit? Für den Zwang spricht die alltägliche Situation in den dicht besiedelten Gebieten insbesondere in der Agglomeration Zürich. Hier sind die gemessenen Staustunden extrem hoch (Bundesamt für Strassen (ASTRA), 2009) und verringern so die Durchschnittsgeschwindigkeit erheblich, was zu einer Distanzsensibilität führt. Für die gewollte Empfindlichkeit auf Raumwiderstände spricht das Reisezeitmodell. Dieses hat ergeben, dass die Bewohner von Zentren sich vermehrt von der Reisezeit bei der Wahl von Fahrten beeinflussen lassen. Dies würde also andere Erklärungsversuche notwendig machen. Das Angebot von Arbeitsplätzen und Infrastrukturen verschiedenster Arten lässt die Einwohner von Zentren jedoch weniger lange Distanzen und Zeiten reisen. Bewohner ländlicher Gebiete benötigen dieselben Infrastrukturen und Arbeitsplätze, welche aber zum Teil nur in den Zentren vorzufinden sind. Andere Faktoren werden in diesen Gebieten wichtiger und verdrängen den Einfluss der Distanz oder der Reisezeit. Das Verblässen des Einflusses von Distanz und/oder Reisezeit ist wohl wiederum eine Funktion der Distanz: Je weiter entfernt von Arbeitsplätzen, desto wichtiger sind Arbeitsplätze relativ zum Mobilitätsaufwand.

6.3 Bodensee

Die Untersuchung über die Bodenseebezirke ergibt aussagekräftige Resultate. Die Fahrtenanzahl wurde durch die Modelle signifikant schlechter als im Durchschnitt abgebildet. Die Bezirke liegen mit ihren R-Quadratwerten nicht allzu weit auseinander.

Dass andere Faktoren aber einen wesentlich grösseren Einfluss haben als eine geographische Barriere, zeigt das Modell an den beiden Zürichseebezirken Horgen und Meilen, die beide ein überdurchschnittliches (.294 und .474) R-Quadrat haben. Da diese Bezirke aber relativ dicht bevölkert sind, überlagert möglicherweise der Zentrumseffekt (vgl. Regression nach Gemeindetypen) den Gewässereffekt. Eine noch höher aufgelöste Analyse der direkt am Zürichsee liegenden Gemeinden wird vermutlich ein anderes Resultat liefern, das den Resultaten der Bodenseebezirke näher käme.

Für diese Hypothese spricht eine Studie der Bank Credit Suisse (2009). Die Ergebnisse der Erreichbarkeit von seennahen Gemeinden kommentierte die Studie folgendermassen: „An den Ufern grösserer Gewässer können Verkehrsnetze nicht in alle Himmelsrichtungen ausgedehnt werden...[.]. Die Bremswirkung grösserer Gewässer lässt sich daran erkennen, dass der Indikator der verkehrstechnischen Erreichbarkeit in seennahen Gemeinden teilweise tiefer ausfällt als in vergleichbaren Gemeinden ohne Seeanstoss“ (Credit Suisse, 2009).

Interessant in diesem Zusammenhang ist aber auch der Unterschied der Resultate in den Bodenseebezirken zu den meisten Bezirken an der Landesgrenze. Durch das Weglassen der internationalen Pendlerbewegungen werden in den Bezirken an der terrestrischen Landesgrenze die Rahmenbedingungen zum Teil massiv verändert. Die absolute Fahrtenzahl nimmt ab. Die Bodenseebezirke leiden nicht oder weniger stark unter dem Effekt der Untersuchungsgrenze, welche keine Pendlerfahrten Schweiz-Ausland oder Ausland-Schweiz zulässt, da der See diese sowieso unterbindet.

6.4 Regionalpolitik: Instrument zur Glättung der Raumwiderstände

Anstatt davon auszugehen, dass die relative Gleichheit zweier offensichtlich verschiedener Regionen oder Bezirken eine Tatsache ist, kann man auch nach Ursachen suchen, welche die Regionen einander angleichen lassen bzw. die Fahrzeit- und die Distanzeffekte marginalisieren.

Ein entscheidender Punkt hierfür ist sicher die Regionalpolitik des Bundes und der Kantone. Diese führt dazu, dass Randregionen durch öffentliche Gelder gefördert werden. Ein Beispiel hierfür ist das Regiosuisse-Projekt, welches in sieben Jahren ein Budgetrahmen von 230 Millionen Franken hat (Regiosuisse, 2009) und diese für die wirtschaftliche Entwicklung in Randregionen ausgibt: Das Projekt „Toggenburg 2008“ ist ein solches Beispiel - das Toggenburg gehört im Untersuchungsgebiet sicher zu den strukturschwächeren Gebieten. Die wirtschaftliche Entwicklung von Randregionen wird nicht nur direkt gefördert, sondern auch durch die Finanzpolitik. Der Finanzausgleich zwischen den Kantonen führt dazu, dass geografisch-topografische benachteiligte Kantone finanzielle Leistungen als Ausgleich bekommen (FiLaG⁷, Art. 7). Daneben gibt es noch ein finanzieller Lastenausgleich für Härtefälle (FiLaG, Art. 19). Die Ziele von Art. 2 des FiLaG sind folgendermassen definiert: „Der Finanzausgleich soll: übermässige finanzielle Lasten der Kantone auf Grund ihrer geografisch-topografischen oder soziodemografischen Bedingungen ausgleichen“ (FiLaG, Art. 2 Abs. e). Das Ziel dieser Förderungen ist klar: Es geht darum die Randregionen zu fördern und in ihrer Entwicklung an die Zentrumsregionen und Agglomerationen anzugleichen. Diese Förderung erklärt nicht das ganze Phänomen der relativen Gleichheit der Regionen, hat aber sicher einen Einfluss darauf. Diese Entwicklung ist politisch gewollt, was nicht bedeutet, dass sie auch im Sinne der nachhaltigen Entwicklung ist. Dies insbesondere mit Blick auf geplante, ebenfalls staatliche, Massnahmen in den Agglomerationen, welche den Raumwiderstand tendenziell erhöhen werden z.B. Road Pricing.

⁷ Schweizerische Eidgenossenschaft (2003): Bundesgesetz über den Finanz- und Lastenausgleich (FiLaG) (SR 613.2) vom 3. Oktober 2003.

7 Fazit

Die Untersuchung über den Raumwiderstand in der Nordostschweiz ergab einige interessante Resultate. Folgende Erkenntnisse sind der Meinung des Autors nach nochmals erwähnenswert:

- Der einzige Faktor, welcher einheitlich signifikante Unterschiede in den Modellresultaten aufzeigt ist die Einteilung des Untersuchungsgebiets in verschiedene Gemeindetypen (Zentren, Agglomerationsgemeinden, Landgemeinden etc.). Die Zentren, egal ob Klein- oder Grosszentren sprechen besser auf die Modelle an, als Agglomerations- oder Landgemeinden.
- Die Anrainerbezirke des Bodensees reagieren in der Tendenz schlechter auf das Modell als der Bezirksdurchschnitt. Die Ergebnisse sind signifikant, aber es gibt hier „Ausreisser“, welche die Resultate in Frage stellen, dies tun vor allem die Resultate der Zürichseebezirke.
- Die sonstigen topologischen und politischen Grenzen zeigen keinen signifikanten Trend zu mehr Widerstand im Raum auf.
- Erstaunlicherweise gibt es praktisch keinen linearen Zusammenhang zwischen der Anzahl Fahrten und der Bevölkerung der Quell- und Ziel-Ortschaft (R^2 der linearen Regression von .02). Die Daten der Untersuchung waren symmetrisch (gleiche Pendler Anzahl von Quelle A nach Ziel B wie von Ziel B nach Quelle A), so dass eine Unterscheidung von Wohn- und Arbeitsort nicht möglich war. Trotzdem hätte man einen Einfluss erwartet.
- Vermutlich müsste man das Untersuchungsgebiet vergrössern, um vermutete Zusammenhänge besser zu verstehen. Das Pendlerverhalten ist vermutlich so individuell, dass es eine grosse Anzahl betrachteter Bewegungen in einem genügend grossen Raum braucht, um einen Schluss auf die Allgemeinheit ziehen zu können. Dies insbesondere weil sich das Verhältnis zwischen der Fläche und der Grenzlänge verbessert, je grösser das Untersuchungsgebiet ist. Dies verhindert, dass im Verhältnis viele Relationen weggelassen werden, welche zwar den Quell- oder den Zielort im Beobachtungsraum haben nicht aber das entsprechende Gegenstück. In dieser Untersuchung sind davon besonders die Grenzregionen betroffen, in welche auch die Agglomeration Zürich fällt. Somit sind alle Pendlerrelationen von Zürich Richtung Sü-

den und Westen nicht erfasst. Ein weiterer Vorteil würde sich durch eine höhere Anzahl von gleichstrukturierten Regionen ergeben, welche man untereinander und mit andern Gebieten vergleichen könnte. die detaillierter Analyse des Pendlerverhaltens auf Gemeindeebene. Dies wäre jedoch mit sehr grossem Aufwand verbunden, da man neben der höheren Auflösung von Bewegungen auch eine höhere Auflösung von Eigenschaften untersuchen müsste.

7.1 Ausblick

Die Mobilität in der Schweiz wird weiter wachsen. In den letzten 20 Jahren wuchs die tägliche Kilometerleistung pro Person um 30%. Für diese zusätzlichen Kilometer wendeten die Schweizerinnen und Schweizer 41 % mehr Zeit auf (Bundesamt für Statistik (BFS) und Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), 2007). Die Frage stellt sich, ob es in 20 Jahren überhaupt noch andere Raumwiderstände als Distanz und Zeit resp. Geschwindigkeit gibt:

Die geografischen Hindernisse bleiben zwar zum grossen Teil bestehen, aber Projekte wie Schnellstrassen in Alpentäler oder neue Eisenbahnlinien wie die NEAT, sowie andere Aus- und Neubauten, reduzieren den Widerstand der Mobilität erheblich. Dieser Trend wird auch von der Politik unterstützt, die immer mehr auf eine Personenfreizügigkeit unter den Ländern abzielt, was zu einer Verwässerung der Landesgrenzen und somit zu einem Abbau von Hindernissen im Arbeitsmarkt und damit in den Pendlerbewegungen führt.

Auf der anderen Seite gibt es dennoch Entwicklungen, die den Raumwiderstand erhöhen. So werden heute schon in gewissen überlasteten Gebieten künstliche Widerstände durch Strassenzölle oder Verbote erzeugt. Diese Massnahmen sollen den Verkehr reduzieren oder zumindest auf eine der Situation angepasste Form umlagern.

Raumwiderstände verschwinden und bilden sich immer wieder neu. Diese immer wieder verändernde Situation erfordert es laufend Analysen zu erstellen. Dies insbesondere weil das Mobilitätswachstum auch neue Widerstände entstehen lässt. Mit den zukünftigen Forschungsergebnissen kann man hoffentlich helfen, die Mobilität auf intelligentere Art und Weise abzuwickeln.

Dank

Ich möchte mich bei folgenden Personen für die Unterstützung und Begleitung meiner Arbeit bedanken: Herrn Dr. Martin Tschopp vom Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), der mich in meiner Arbeit fachlich und administrativ betreute und unterstützte. Mein Dank gehört weiter Herrn Prof. Dr. Kay W. Axhausen, Professor am Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), für seine fachlichen Inputs und Gedanken sowie Herrn Michael Löchl, wissenschaftlicher Mitarbeiter des IVT für seine Unterstützung im technischen Bereich.

8 Literatur

- Axhausen K. W., Ph. Fröhlich, M. Tschopp und P. Keller (2003) Erreichbarkeitsveränderungen in der Schweiz und ihre Wechselwirkungen mit der Bevölkerungsveränderung 1950-2000, *Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung*, **189**, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.
- Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) (2006) Räumliche Auswirkungen des Vereinatunnels – eine ex-post Analyse, Zusammenfassung, Bern.
- Bundesamt für Statistik (BFS) (2005) Eidgenössische Volkszählung 2000, Neuchâtel.
- Bundesamt für Statistik (BFS) (2007) Mikrozensus zum Verkehrsverhalten 2005, Neuchâtel.
- Bundesamt für Statistik (BFS) (2009) Statistik Schweiz –MS-Regionen, Arbeitsmarktregionen
http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/regionen/11/geo/analyse_regionen/03.html abgerufen am 29.07.2009, Neuchâtel.
- Bundesamt für Statistik (BFS) und Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) (2007) Mobilität in der Schweiz - Ergebnisse des Mikrozensus 2005 zum Verkehrsverhalten, Neuchâtel.
- Bundesamt für Strassen (ASTRA) (2009) Verkehrsentwicklung und Verfügbarkeit der Nationalstrassen Jahresbericht 2008, Bern.
- Credit Suisse (2009) Swiss Issues Regionen Standortqualität: Welche Region ist die attraktivste? Credit Suisse Economic Research, Zürich.
- Hansen, W. (1959) How accessibility shapes land use, *Journal of the American Institute of Planners*, **25** (2) 73-76.
- Hermann, H., M. Hirschfeld und M. Riekers (2001) Berufspendlerverflechtung in Schleswig-Holstein, *Beiträge aus dem Institut für Regionalforschung der Universität Kiel*, **35**, Kiel.
- Marchetti, C. (1994) Anthropological invariants in travel behavior, *Technological Forecasting and Social Change*, **47** 75-88.
- Marquardt, D. W. (1970) Generalized inverses, ridge regression, biased linear estimation, and nonlinear estimation, *Technometrics*, **12**, 591-612.

- Neue Zürcher Zeitung (NZZ) (2007) Erstmals mehr Menschen in Städten als auf dem Land, Erschienen am 27.06.2007, <http://www.nzzonline.ch>. abgerufen am 13.06.2009, Zürich.
- Neue Zürcher Zeitung am Sonntag (2006) Die Bahn hebt ab, Erschienen am 04.10.2006, <http://www.nzzonline.ch>. abgerufen am 13.06.2009, Zürich.
- Rietveld, P. und F. Bruinsma (1998) *Is Transport Infrastructure Effective*, Springer Verlag, Berlin.
- Regiosuisse (2009) Faktenblatt: Die Neue Schweizer Regionalpolitik (NRP), regiosuisse, Netzwerkstelle Regionalentwicklung, Brig.
- Schweizerische Eidgenossenschaft (2003) *Bundesgesetz über den Finanz- und Lastenausgleich*, Schweizerische Eidgenossenschaft, Bern.
- Schweizerischer Städteverband (2009), *Statistik der Schweizer Städte, Ausgabe 2009* Bern.
- Schweizerische Bundesbahnen (SBB) (2009) Titelbild, http://mct.sbb.ch/mct/konzern_dienstleistungen/konzern_fotogalerie-2.htm, abgerufen am 10.07.2009, Bern.
- Tschopp, M. (2007) *Verkehrsinfrasturktur und räumliche Entwicklung 1950-2000, Dissertation*, Zürich.
- Zahavi (1974) *Traveltime budget and Mobility in Urban Areas*, Washington.
- Zahavi (1982) *The travel money budget*, Mobility System Inc., Broxburn.

Anhänge

A 1 Untersuchte MS-Regionen

Untersuchte MS-Regionen

MS-Nummer	MS-Region
1	Zürich
2	Glattal-Furttal
3	Limmattal
4	Knonaueramt
5	Zimmerberg
6	Pfannenstiel
7	Zürcher Oberland
8	Winterthur
9	Weinland
10	Zürcher Unterland
36	Glarner Unterland
37	Glarner Hinterland
50	Schaffhausen
51	Appenzell A.Rh.
52	Appenzell I.Rh.
53	St.Gallen
54	Rheintal
55	Werdenberg
56	Sarganserland
57	Linthgebiet
58	Toggenburg
59	Wil
76	Thurtal
77	Untersee
78	Oberthurgau
