

# Entwicklung des Raumwiderstandes: Pendeln in der Schweiz seit 1970

Andreas Rösch

Semesterarbeit  
Studiengang Umweltnaturwissenschaften

 Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme  
Institute for Transport Planning and Systems

Januar 2010

**ETH**

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

## Inhaltsverzeichnis

1	Wachstum der Schweizer Einzugsgebiete.....	3
2	Das Gravitationsmodell .....	4
3	Deskriptive Analyse.....	5
3.1	Daten .....	5
3.2	Ballungsräume und ihre Einzugsgebiete.....	5
3.3	Definition der zu untersuchenden Variablen.....	17
3.4	Veränderung der Mobilität .....	21
3.5	Auspendlerintensität vs. Reisezeit.....	22
3.6	Analyse der Dummy-Variablen.....	29
3.7	Verwendete Software .....	30
3.8	Methodik .....	30
4	Ergebnisse.....	30
4.1	Ergebnisse Gravitationsmodell 1 .....	30
4.2	Ergebnisse Gravitationsmodell 2.....	30
5	Bewertung und Ausblick.....	30
5.1	Diskussion der Methoden und Verfahren .....	30
5.2	Diskussion der Ergebnisse .....	30
5.3	Schlussfolgerungen und Ausblick.....	30
6	Literaturverzeichnis .....	30

Semesterarbeit Studiengang Umweltnaturwissenschaften

# Entwicklung des Raumwiderstandes: Pendeln in der Schweiz seit 1970

Andreas Rösch  
D-UWIS  
Herrligstrasse 6  
CH-8048 Zürich

Telefon:  
Telefax:  
aroesch@student.ethz.ch

Januar 2010

## Kurzfassung

Die vorliegende Semesterarbeit untersucht die Gründe für das unaufhaltbare Wachstum der Einzugsgebiete Schweizer Ballungszentren. Die der Arbeit zugrunde liegende Frage sucht nach der Rolle sowohl der Infrastruktur als auch der Wahrnehmung des Raumwiderstandes in dieser Entwicklung. Dieser Frage wird mittels des linearisierten Gravitationsmodells für die wichtigsten Ballungsräume der Schweiz und dem anschliessenden Vergleich der ermittelten Parameter des Raumwiderstandes (gemessen als Auspendlerintensität der Quellgemeinden) nachgegangen.

Das verwendete Gravitationsmodell beruht auf der Annahme, dass der Raumwiderstand hauptsächlich von der Distanz zwischen der Quell- und Zielgemeinde (gemessen in Reiseminuten MIV und ÖV) und den damit verbundenen eventuellen Überquerungen von Kantons- und Sprachgrenzen abhängt und hat deshalb die generelle Form

$$\text{Raumwiderstand} = \text{Reisezeit} + \text{Kantonsgrenzenübertritt} + \text{Sprachgrenzenübertritt}$$

Die Analyse der Ergebnisse zeigt, dass vor allem der Bau von Autobahnen ab Mitte der 60er bis in die 80er Jahre und die damit einhergehende Reduktion der Reisezeiten im MIV für den Beginn des Wachstums der Einzugsgebiete verantwortlich sind. Mit der Zeit haben die Einzugsgebiete auch eine gewisse Eigendynamik entwickelt, die das Wachstum unabhängig von der Entwicklung des Ballungszentrums oder der Reisezeiten antreibt. Diese Eigendynamik ist durch das Wachstum selbst entstanden, die immer grösser werdenden Gemeinden sind durch eine steigende Anzahl an Arbeitsplätze und immer besser werdenden Infrastrukturen je länger je attraktiver für potentielle 'Einwanderer' geworden.

Die Ergebnisse zeigen weiter, dass sich diese Eigendynamik negativ auf den Raumwiderstand zwischen Einzugsgebiet und Ballungsraum auswirkt, bleiben die raumwiderstandsbestimmenden Faktoren (Reisezeit, Kantons- und Sprachgrenzenübertritt) über einen längeren Zeitraum konstant, so steigt der Raumwiderstand an.

Weiter zeigen die Ergebnisse, dass intranationale Konflikte wie der Röstigraben oder der Kantönligeist wie angenommen einen signifikanten Einfluss auf den Raumwiderstand haben. Der Einfluss sowohl der Kantonszugehörigkeit als auch der Muttersprache haben aber über die Zeit abgenommen, was den Schluss nahelegt, dass im Laufe der Zeit eine gesellschaftliche Entwicklung weg vom kantonalen hin zum nationalen Denken stattgefunden hat und immer noch stattfindet.

### **Schlagworte**

Raumwiderstand; Gravitationsmodell;

### **Zitierungsvorschlag**

Rösch A.(2010), Entwicklung des Raumwiderstandes: Pendeln in der Schweiz seit 1970, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich

## 1 Wachstum der Schweizer Einzugsgebiete

Die Gemeinden der Einzugsgebiete Schweizer Grossstädte konnten in den Jahren zwischen 1970 und 2000 teilweise explosionsartige Bevölkerungszunahmen von bis zu 665% verzeichnen, während die Bevölkerung in den Grossstädten selbst oft um bis zu 22% abgenommen hat. Dies wirft die Frage auf, ob hier sowohl die verbesserte Infrastruktur (bessere Anbindung der Gemeinden an das ÖV- und Autobahnnetz sowie Ausbau des ÖV- und Strassennetzes generell) als auch die veränderte Wahrnehmung des Raumwiderstands (Veränderung der Reisezeiten, Umgang mit intranationalen Konflikten wie z.B. dem Röstigraben oder ‚Kantonsfehden‘) eine Rolle spielen.

Im Rahmen dieser Semesterarbeit soll diese Frage genauer untersucht werden. Zu diesem Zweck werden Daten zu der Bevölkerung, den Erreichbarkeiten und dem Pendlerverhalten Schweizer Gemeinden über den Zeitraum von 1970 bis 2000 ausgewertet. Ziel ist es für die wichtigsten Ballungsräume der Schweiz eine linearisierte Form des Gravitationsmodells zu schätzen und die ermittelten Parameter des Raumwiderstands anschliessend vergleichend zu analysieren.

## 2 Das Gravitationsmodell

Isaac Newton legte mit der Ableitung des Gravitationsgesetzes aus den keplerschen Gesetzen den Grundstein für die sozioökonomischen Graviationsmodelle. Nach Newton ist die Gravitation die Anziehungskraft, die Massen aufeinander ausüben:

$$F = -G * \frac{m_1 * m_2}{r^2}$$

Mitte des 19. Jahrhunderts erkannte Carey (1858), dass sich dieses physikalische Gesetz auch auf sozioökonomische Fragestellungen anwenden lässt. Es entstand der Begriff der Soziophysik, welche mittels naturwissenschaftlicher Gesetze das menschliche Handeln zu erklären versucht. 1891 veröffentlichte schliesslich Lill seine Beobachtungen im Reiseverkehr zwischen Wien und Prag. Dabei passte er das Gravitationsgesetz an die untersuchte Situation an [vgl. Kortschak, B. H. (2004)]:

$$V_{AB} = k * \frac{P_A * P_B}{E^x}$$

Mittels dieses Gravitationsmodells liess sich das Verkehrsaufkommen zwischen zwei Ortschaften A und B ( $V_{AB}$ ) aus dem Produkt der Einwohnerzahlen ( $P_A$  und  $P_B$ ), der Konstante  $k$  und einer Potenz der Entfernung ( $E^x$ ) darstellen. In anderen Worten lässt sich durch diese Formel die Reisehäufigkeit in Abhängigkeit der Anziehung des Reiseziels und der Reiseaufwendungen erklären. Im Laufe der Jahre wurde  $k$  mit 1 und  $x$  mit 2 ersetzt, somit hatte die Formel nun die gleiche Form wie die (vereinfachte) Gravitationsformel Newtons. Mitte des 20. Jahrhunderts erkannte man dass die aufgrund des vereinfachten Gravitationsmodells gewonnenen Werte zu hoch sein müssen, was dazu führte, dass die Formel weiterentwickelt wurde. Die Konstante  $k$  wurde geändert, zu  $P_A$  und  $P_B$  wurden Faktoren hinzugefügt und für  $x$  wurden ebenfalls andere Werte gesucht.

Das hier verwendete Gravitationsmodell basiert auf einer Erweiterung des von Lill postulierten Gesetzes. Das Verkehrsaufkommen zwischen Quell- und Zielgemeinde ( $V_{AB}$ ) wird durch die Variable Auspendlerintensität ausgedrückt und ist nicht mehr nur abhängig von der Einwohnerzahl und der Entfernung, sondern auch von anderen Variablen (siehe auch Kapitel 3.3 und 3.8.3). Dies führt letztendlich zu folgendem allgemeinen Modell:

Auspendlerintensität  $\sim k_1 * \text{Reisezeit} + k_2 * \text{Sprachgrenzenübertritt} + k_3 * \text{Kantonsgrenzenübertritt}$

## **3 Deskriptive Analyse**

### **3.1 Daten**

Die Analyse der Veränderung des Raumwiderstands erfolgt auf Basis von Berufspendlerströmen, Gemeindedistanzen sowie bestimmten Gemeindeeigenschaften. Die den Untersuchungen zugrundeliegenden Daten (Basisdaten) für die Jahre 1970, 1980, 1990 und 2000 wurden vom Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT der ETH Zürich zur Verfügung gestellt.

Die Berufspendlerdaten auf Gemeindeebene sowie die Raum- bzw. Gemeindestrukturdaten werden alle 10 Jahre mittels der vom Bundesamt für Statistik durchgeführten Volkszählung erhoben. Darin sind einerseits alle Berufspendlerströme (auch gemeindeninterne Ströme) enthalten, andererseits auch detaillierte Daten zur Struktur der Schweizer Gemeinden wie die Verteilung der Erwerbstätigen nach Geschlecht oder Wirtschaftssektor. Für vorliegende Arbeit interessieren aber nur die Pendlerströme für bestimmte Zielgemeinden (siehe Tabelle 1), die totale Anzahl Erwerbstätiger sowie die Kantonszugehörigkeit und die Muttersprache der einzelnen Gemeinden.

Die Daten zu Reisezeiten (RZ) stehen sowohl für den öffentlichen (ÖV) als auch für den (mobilen) individuellen Verkehr (MIV) für die zu untersuchenden Jahren zur Verfügung. Dabei stellen die Reisezeiten (gemessen in Minuten) die kürzesten Entfernungen zwischen den Gemeinden dar und wurden für den MIV (Pkw) auf Grundlage des Schweizer Strassennetzes und für den ÖV auf Basis des ÖV-Netzes und den Fahrplänen berechnet.

### **3.2 Ballungsräume und ihre Einzugsgebiete**

#### **3.2.1 Definition der Ballungsräume**

In einem ersten Schritt werden die zu untersuchenden Ballungsräume definiert. Die Selektion geschieht einerseits anhand der Grösse (Anzahl Einwohner) der einzelnen Agglomerationen, es werden die fünf Einwohnerstärksten ausgewählt. Andererseits sollen nicht nur klassische Agglomerationen (Kernstadt und Vorstadtgemeinden) untersucht, sondern auch Arbeitsplatzagglomerationen (Kernstadt entspricht hierbei eher einer Region/Gebiet und ist aus mehreren Gemeinden zusammengesetzt) berücksichtigt werden. Zu diesem Zweck

werden die beiden Arbeitsplatzagglomerationen Glatttalstadt und Limmattalstadt in die Untersuchung mit einbezogen.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die für die nachfolgenden Untersuchungen gewählten Ballungsräume. Die Zielgemeinden geben die zum Ballungszentrum gehörenden Gemeinden wieder.

Tabelle 1 zu untersuchende Ballungsräume

Ballungsraum	Einwohner (ohne ausländische Gemeinden) im Jahr 2000	Zielgemeinden
Zürich	1.080.728	
- Zürich		Zürich
- Glatttalstadt		Rümlang Kloten Opfikon Wallisellen Bassersdorf Dietlikon Wangen-Brütisellen Dübendorf
- Limmattalstadt		Schlieren Urdorf Dietikon Spreitenbach Killwangen
Basel	479.308	Basel
Genf	471.314	Genf
Bern	349.096	Bern
Lausanne	311.441	Lausanne

Quelle: Bundesamt für Statistik (2005)

### 3.2.2 Definition der Einzugsgebiete

Entscheidend für aussagekräftige Regressionsergebnisse ist die Wahl der Datensätze. Irrelevante Daten führen schnell zu einer Verzerrung der Ergebnisse, je besser die Basisdaten selektiert werden, desto genauer sind die Resultate. Die Selektion der Basisdaten bedeutet in vorliegendem Fall die Definition der Einzugsgebiete der zu untersuchenden Ballungsräume und der für das Gravitationsmodell zu verwendenden Variablen (Kapitel 3.3). Auf den ersten Blick scheint dies einfacher als es ist.

Das naheliegendste wäre, als Einzugsgebiet alle Schweizer Gemeinden mit mindestens einem Erwerbstätigen im jeweiligen Ballungsraum festzulegen. Diese Definition blendet allerdings einige Fakten aus. Im Einzugsgebiet sind somit auch Dörfer oder Städte enthalten, die Reisezeiten von über zwei Stunden bis in den Ballungsraum aufweisen. Die durchschnittliche Pendlerzeit in der Schweiz beträgt 20 Minuten (Bundesamt für Raumentwicklung, 2007), Reisezeiten von über 60-90 Minuten kommen zwar vor, bilden aber die Ausnahme. Oft handelt es sich in diesen Fällen um Wochenpendler (wöchentliche, nicht tägliche Rückkehrer) oder um Erwerbstätige, die nur an einem Tag in der Woche im Ballungsraum arbeiten. Des Weiteren fallen alle Gemeinden ohne Pendler in den Ballungsraum aus dem Einzugsgebiet heraus und somit auch ihr Effekt auf die Regression. Dabei ist gerade der Grund, warum aus einer bestimmten Gemeinde niemand in den Ballungsraum pendelt, ein wichtiger Bestandteil der Untersuchung.

Folglich müssen die Einzugsgebiete so definiert werden, dass erstens bezüglich der Reisezeit eine Selektionierung stattfindet, und dass zweitens alle Gemeinden unabhängig davon ob Pendler in den Zielballungsraum vorhanden sind, einbezogen werden. Eine Möglichkeit die Einzugsgebiete unter diesen Gesichtspunkten zu definieren wäre, alle Gemeinden mit einer maximalen Reisezeit von 60 Minuten bis in den Ballungsraum zu berücksichtigen.

Eine weitere Möglichkeit zur Definition findet sich über die Einpendler der Ballungsräume. Auf Basis einer Arbeit von Killer und Axhausen (2009) können die Einzugsgebiete so bestimmt werden, dass jeweils rund 70% der Einpendler aus diesem Gebiet stammen, die restlichen 30% werden vernachlässigt. Die weiter oben angegebenen Gesichtspunkte werden auch mit dieser Herangehensweise gewahrt.

Für die Wahl der Definition der Einzugsgebiete wird für jede Variante eine Regression berechnet und anschliessend verglichen. Der Variantenentscheid fällt auf das Modell mit den besten Ergebnissen

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Regressionsergebnisse der beiden Gravitationsmodelle (Kapitel 2 und 3.8.3) für die drei hier vorgestellten Möglichkeiten für die Stadt Zürich (Jahr 2000).

Tabelle 2 Vergleich der drei Varianten, obere Hälfte für Gravitationsmodell 1 (Reisezeit MIV), untere Hälfte für Gravitationsmodell 2 (Faktoren 1 und 2)

	ber. R <sup>2</sup>	Konstante <sup>1</sup>	Reisezeit <sup>2</sup>	Kantons- grenze <sup>2</sup>	Sprach- grenze <sup>2</sup>	
Zürich 2000, alle Gemeinden mit Auspendler > 0	0.79	74.45 ****	-0.95 ****	-0.03 *	0.30 ****	
Zürich 2000, alle Gemeinden mit Reisezeit <= 60min	0.88	80.82 ****	-0.97 ****	0.44 ***		
Zürich 2000, Einzugsgebiet = 70% der Einpendler	0.90	81.39 ****	-0.99 ****	0.02		
	ber. R <sup>2</sup>	Konstante <sub>1</sub>	Faktor 1	Faktor 2	Kantons- grenze <sub>2</sub>	Sprach- grenze <sub>2</sub>
Zürich 2000, alle Gemeinden mit Auspendler > 0	0.83	-16.93 ****	-0.61 ****	0.49 ****	-0.16 ****	0.23 ****
Zürich 2000, alle Gemeinden mit Reisezeit <= 60min	0.89	4.78 ****	-0.48 ****	0.52 ****	-0.04 **	
Zürich 2000, Einzugsgebiet = 70% der Einpendler	0.90	10.90 ****	-0.50 ****	-0.50 ****	-0.02	

<sup>1</sup> unstandardisierter Koeffizient B  
<sup>2</sup> standardisierter Koeffizient Beta  
Signifikanzniveaus: 10% \*, 5% \*\*, 1% \*\*\*, 0.1% \*\*\*\*

Aufgrund dieser Ergebnisse wurde entschieden, dass die für diese Arbeit am besten geeignete Methode die Definition der Einzugsgebiete als Gebiet aus dem 70%-Konfidenzintervall der Einpendler stammen, ist. Die Berechnung dieser Gebiete wurde von Veronika Killer in der Arbeit *Mapping overlapping commuting areas 2009* bereits gemacht und wurden übernommen.

### 3.2.3 Entwicklung der Einzugsgebiete

In diesem Kapitel wird die Entwicklung der Einzugsgebiete anhand der Veränderung der Auspendlerintensität grafisch dargestellt. Dies ermöglicht einen groben Überblick über die Ballungsräume und deren Einzugsgebiete. Die Karten zeigen jeweils das gesamte Einzugsgebiet eines Ballungsraums, nicht eingezeichnet sind Kantons- oder Sprachgrenzen.

$$\text{Auspendlerintensität}_i = \frac{100 * (\text{Anzahl erwerbstätige Pendler von } A_i \text{ nach } B_i)}{(\text{Total Erwerbstätige in } A_i)}$$

Abbildung 1 zeigt die den Karten zugrunde liegende Farbskala, die Abbildungen 2 - 8 die Entwicklung der einzelnen Einzugsgebiete.

Abbildung 1 Für die Karten verwendete Farbskala (Einteilung nach Höhe der Auspendlerintensität)

---

□	0.00 - 2.00 %
□	2.01 - 7.00 %
□	7.01 - 15.00 %
■	15.01 - 25.00 %
■	25.01 - 40.00 %
■	> 40.00 %

---

Abbildung 2 Entwicklung Einzugsgebiet Zürich

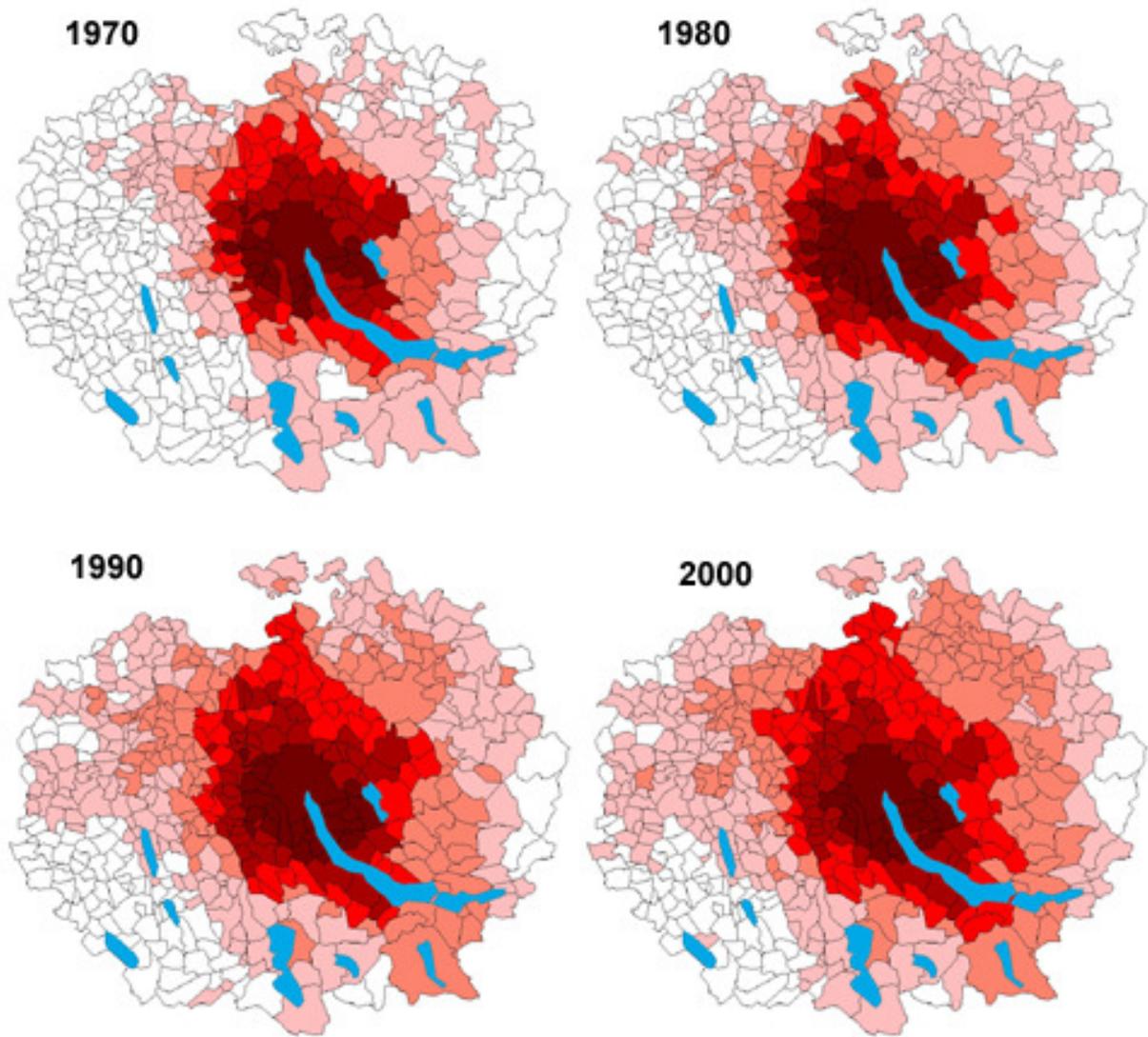


Abbildung 3 Entwicklung Einzugsgebiet Glatttalstadt

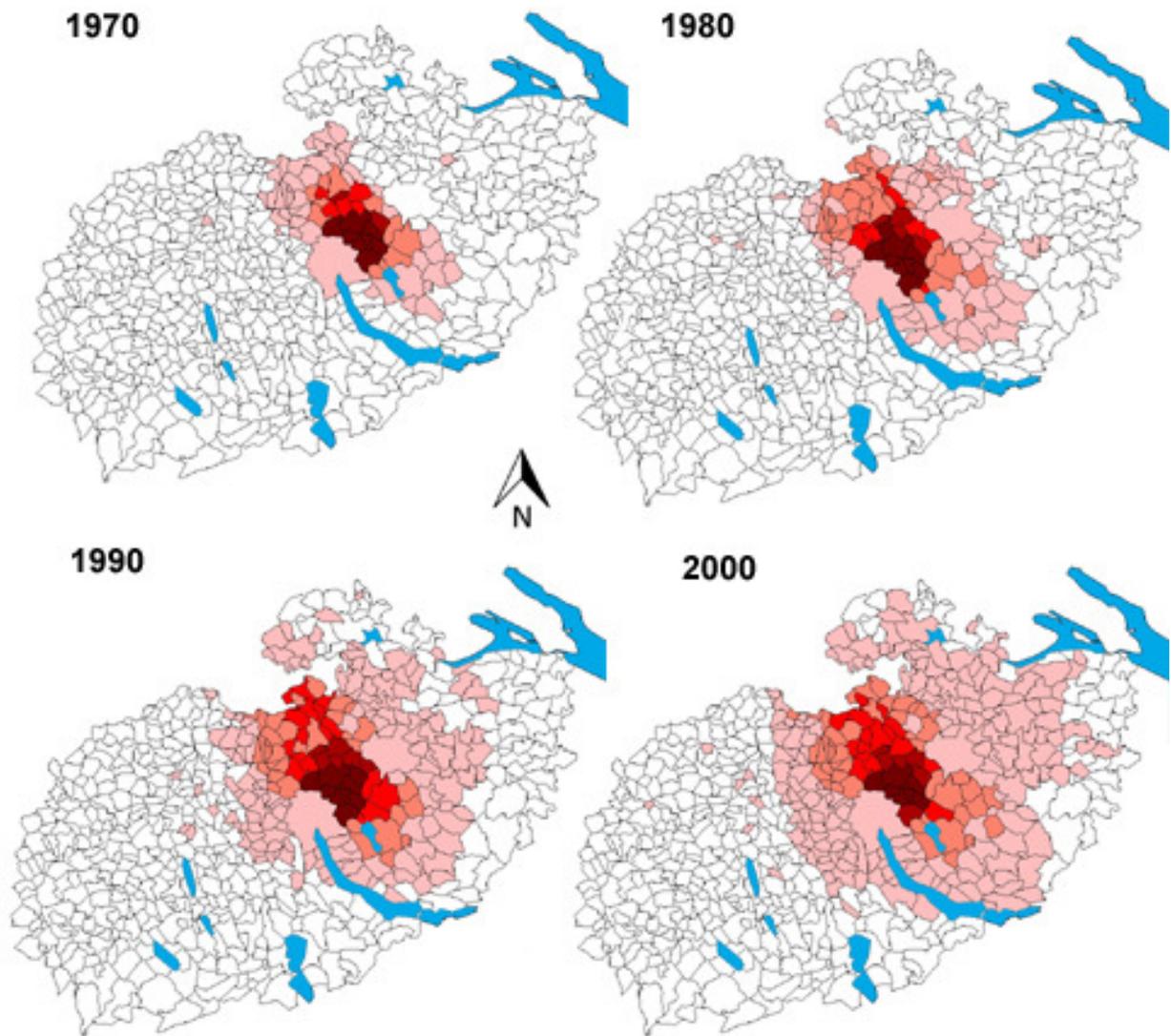


Abbildung 4 Entwicklung Einzugsgebiet Limmattalstadt

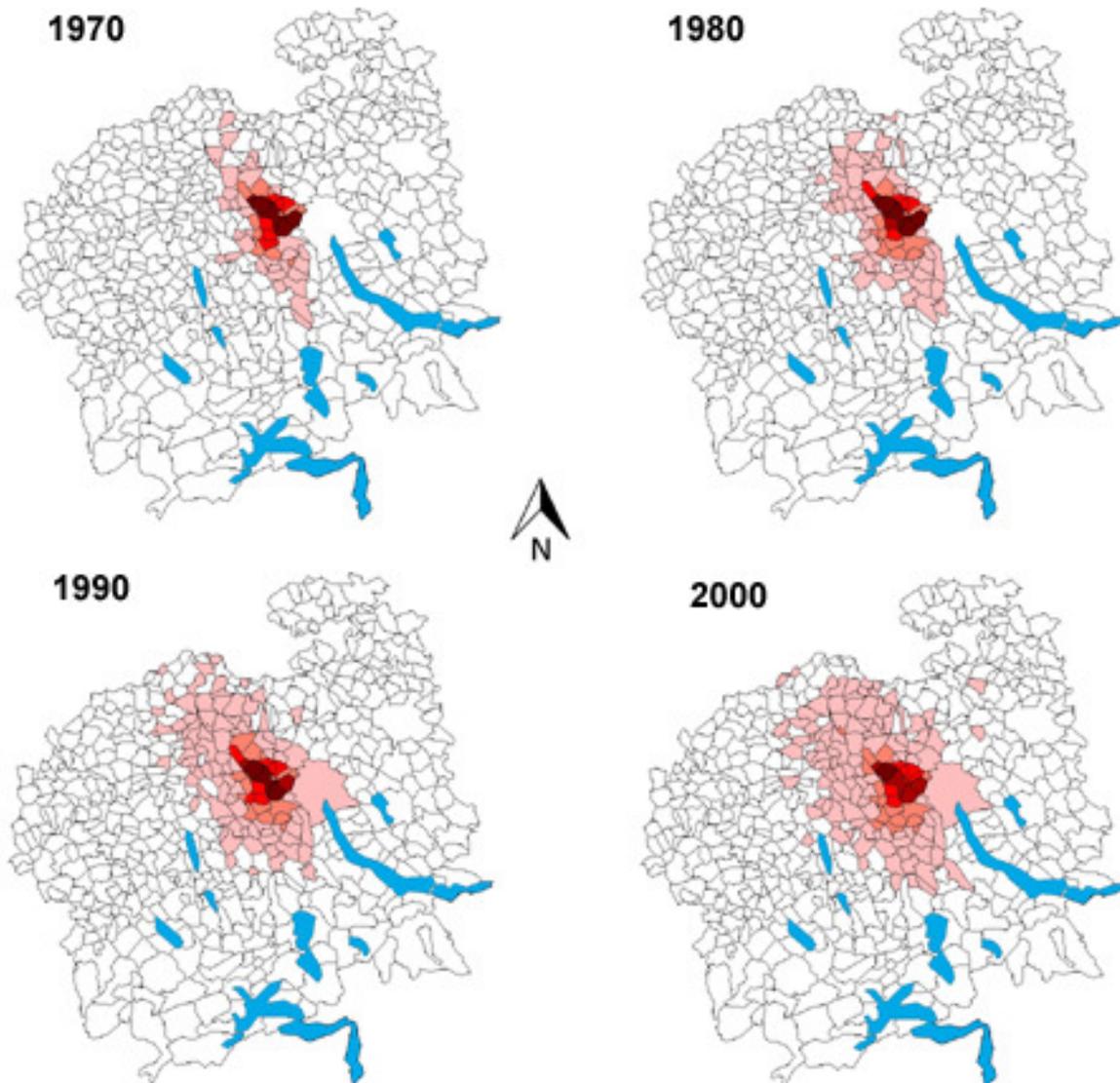


Abbildung 5 Entwicklung Einzugsgebiet Bern

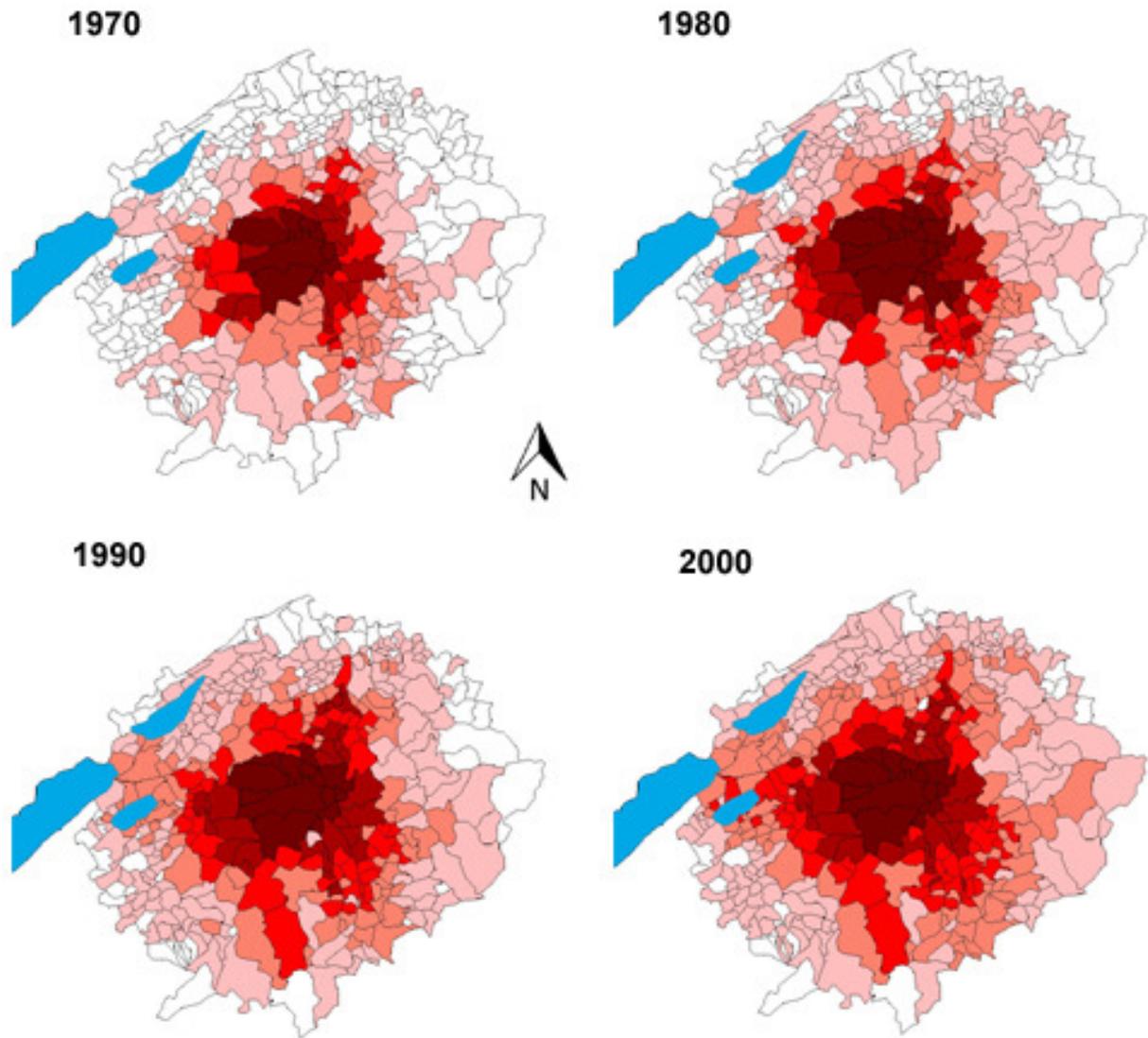


Abbildung 6 Entwicklung Einzugsgebiet Basel

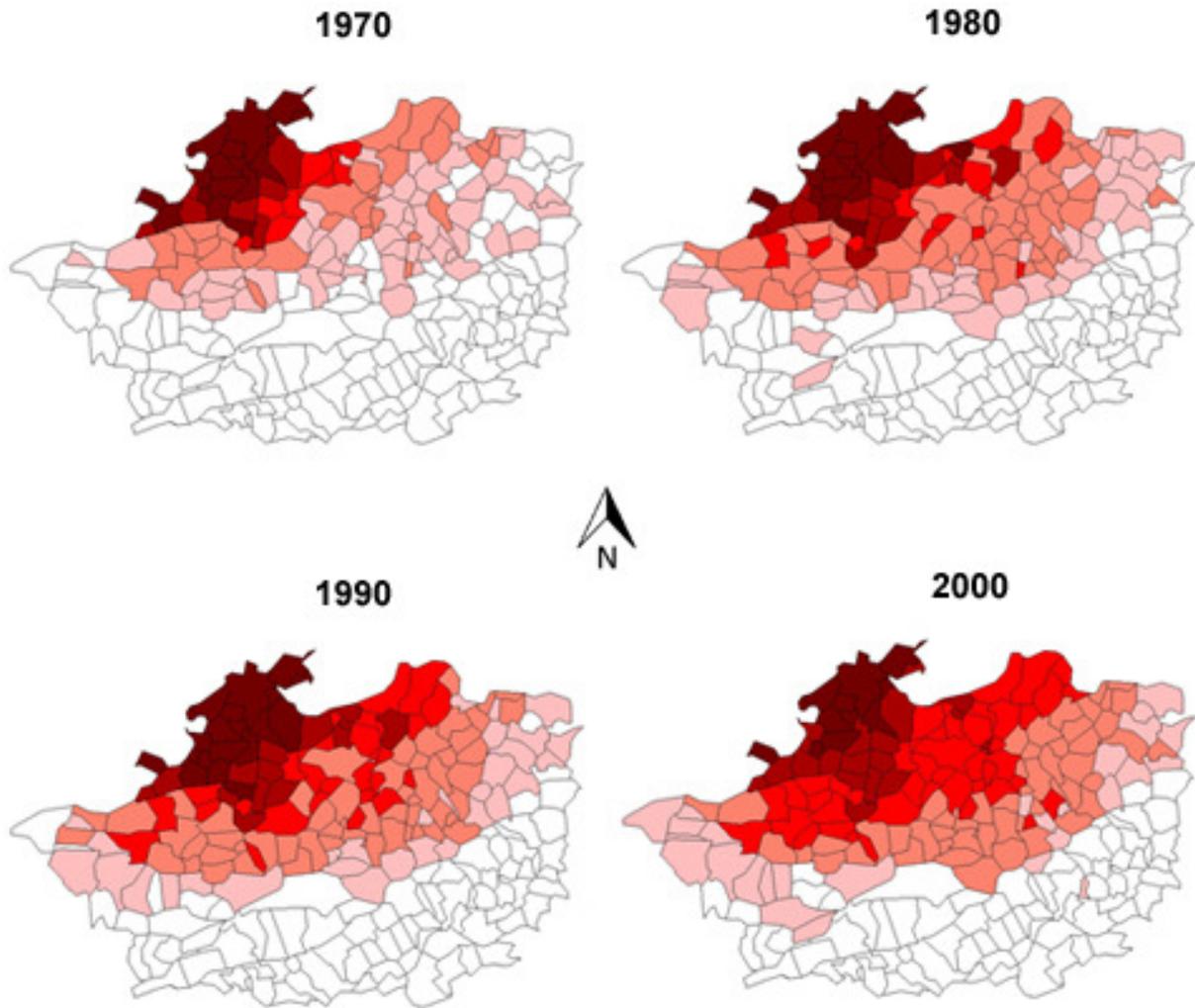


Abbildung 7 Entwicklung Einzugsgebiet Genf

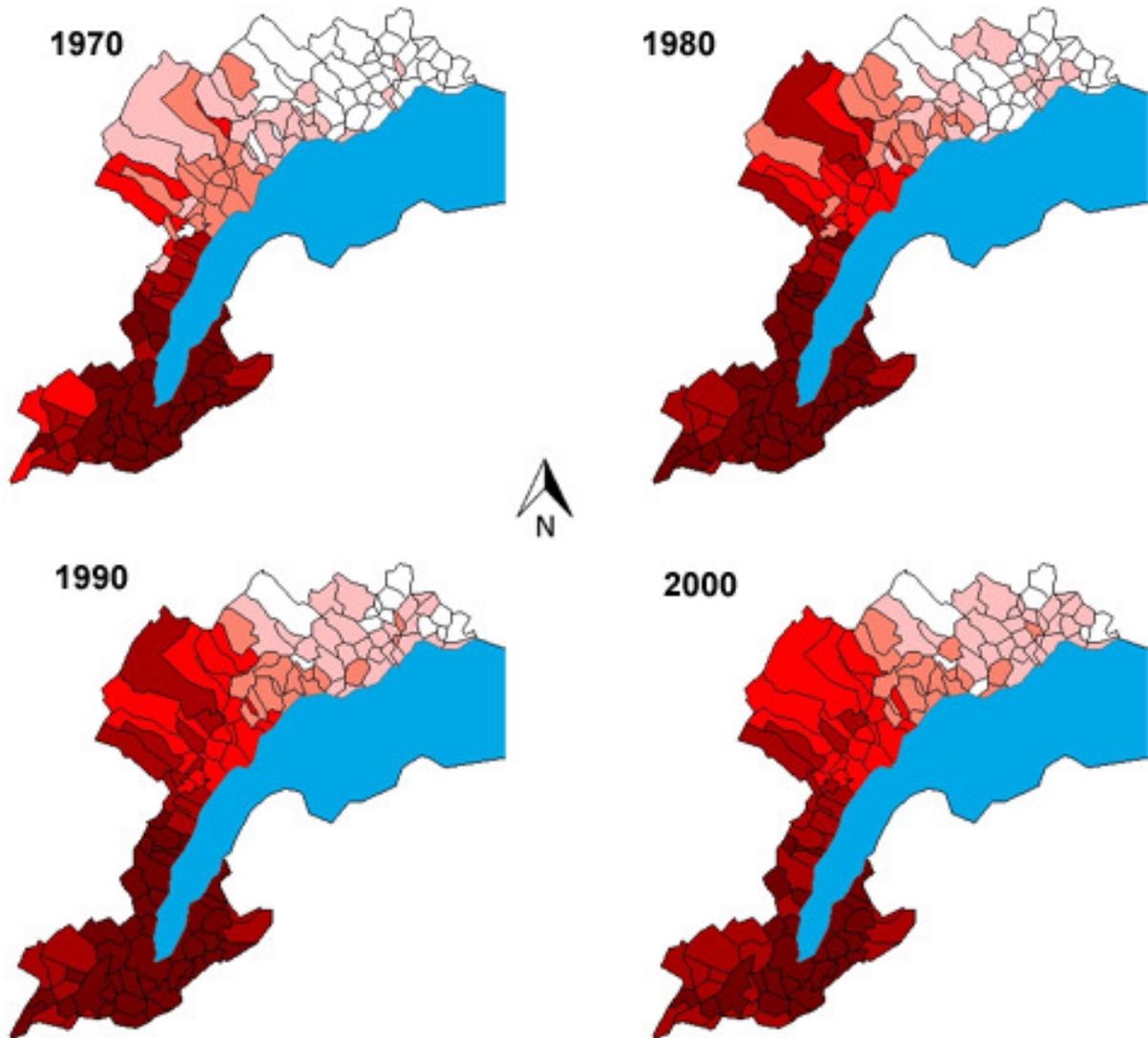
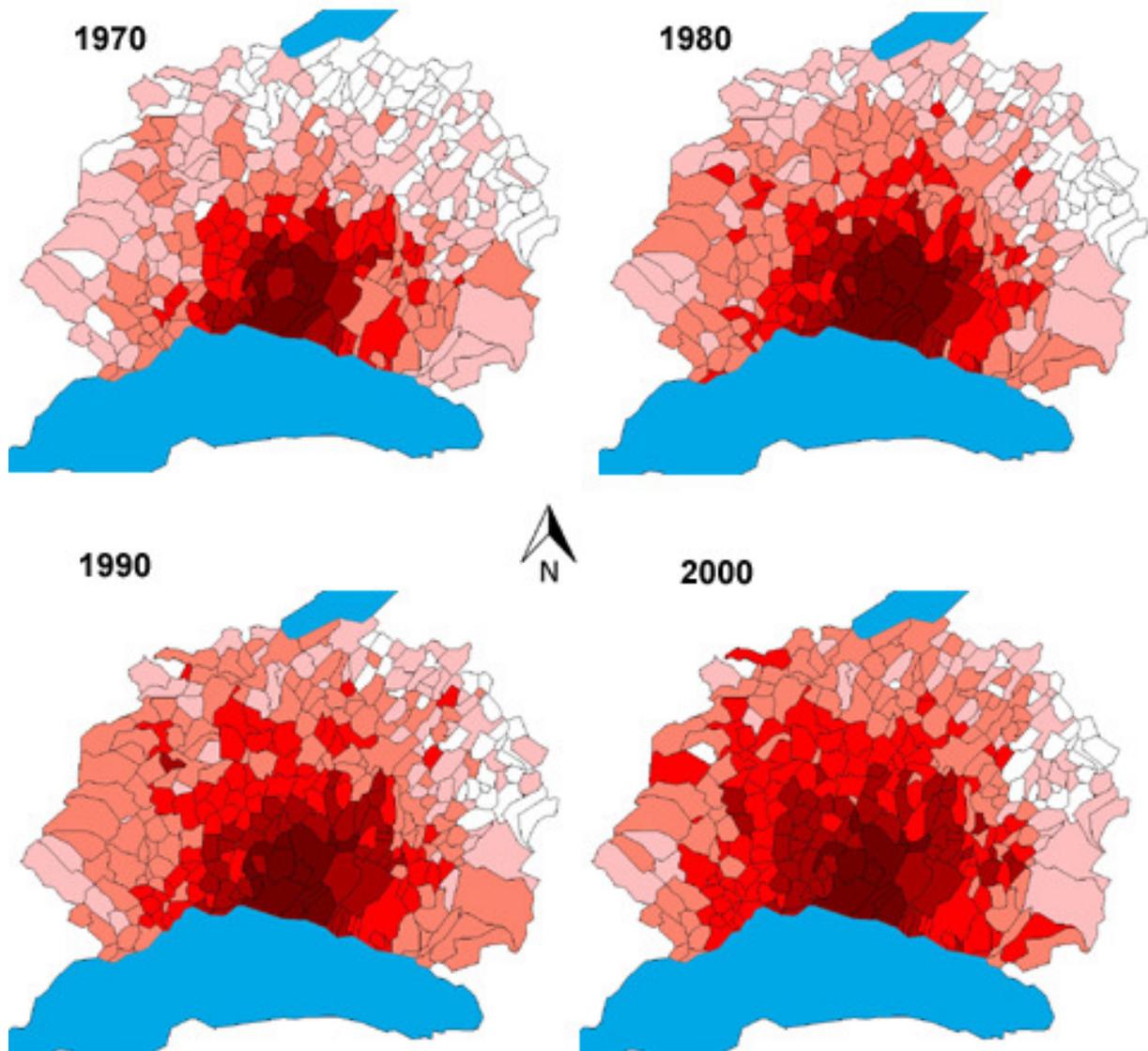


Abbildung 8 Entwicklung Einzugsgebiet Lausanne



### 3.3 Definition der zu untersuchenden Variablen

In einem zweiten Schritt werden die zu untersuchenden Variablen definiert. Um eine möglichst genaue, aber dennoch nicht zu komplexe linearisierte Form des Gravitationsmodells zu erhalten, sollen nur die wichtigsten Faktoren in die Berechnung einbezogen werden.

Im Hinblick auf das Ziel, die Parameter des Raumwiderstands zu ermitteln und unter den einzelnen Ballungsräumen zu vergleichen, muss zuerst definiert werden, was genau der Raumwiderstand ist. In vorliegender Arbeit wird der Raumwiderstand als

$$k_1 * \text{Reisezeit} + k_2 * \text{Sprachgrenzenübertritt} + k_3 * \text{Kantonsgrenzenübertritt} + C$$

verstanden. Dieser Term entspricht dem in Kapitel 2 definierten Gravitationsmodell. Eine detailliertere Definition findet sich im Kapitel 3.3.1.

Der Raumwiderstand kann über die Auspendlerintensität abgeleitet werden und wird von verschiedenen Variablen beeinflusst, im Folgenden sollen aber nur die Wichtigsten im Bezug auf die im Kapitel 1 gestellte Frage betrachtet werden. Tabelle 3 gibt eine kurze Übersicht über die gewählten Variablen.

Tabelle 3 Variablenwahl

Variable	Beschreibung	Einheit
Auspendlerintensität (API)	Auspendlerintensität; je höher die Intensität einer beliebigen Quell-Ziel-Gemeinden-Kombination, desto geringer ist der Raumwiderstand	[%]
Reisezeit (RZ)	Reisezeit zwischen Quell- und Zielgemeinde	[min]
Sprachgrenzenübertritt (SG)	Gibt an, ob Quell- und Zielgemeinde unterschiedliche Muttersprachen aufweisen (0 = gleiche Sprache, 1 = unterschiedliche Sprache)	0 oder 1
Kantonsgrenzenübertritt (KG)	Gibt an, ob Quell- und Zielgemeinde im selben Kanton liegen oder nicht (0 = im selben Kanton, 1 = unterschiedliche Kantone)	0 oder 1

Die aus der Variablenwahl resultierende Funktion entspricht dem Gravitationsmodell und hat die allgemeine Form

$$\text{API} \sim k_1 * \text{RZ} + k_2 * \text{SG} + k_3 * \text{KG}$$

Mittels linearer Regression wird die linearisierte Form des Gravitationsmodells und die zugehörigen Parameter für jeden Ballungsraum (und jedes Jahrzehnt) ermittelt (Kapitel 4) und später verglichen (Kapitel 5).

### 3.3.1 Raumwiderstand

Der Raumwiderstand wird von vielen Faktoren beeinflusst und gründet letztendlich auf einer subjektiven Wahrnehmung und Gewichtung dieser Faktoren durch die einzelnen Akteure (in diesem Fall der Pendler). Dies führt dazu, dass der Raumwiderstand an und für sich keine messbare Grösse ist, sondern vielmehr ein Erklärungsansatz für individuell-motivierte Pendlerströme darstellt.

Um den Raumwiderstand trotzdem als dimensionierten Wert und nicht nur als psychologischen Effekt erfassen zu können, muss versucht werden, der Raumwiderstand über eine messbare Variable zu definieren. Diese Variable muss zwingend direkt vom Raumwiderstand abhängen, damit von Veränderungen der Variable auf Veränderungen im Raumwiderstand geschlossen werden kann. Als Naheliegendste, aber auch Effektivste bietet sich hier die Auspendlerintensität an. Sie berechnet sich aus

$$\text{Auspendlerintensität}_i = \frac{100 * (\text{Anzahl erwerbstätige Pendler von } A_i \text{ nach } B_i)}{(\text{Total Erwerbstätige in } A_i)}$$

und gibt den prozentualen Anteil der Erwerbstätigen einer Gemeinde  $A_i$ , welcher in einer bestimmten Zielgemeinde  $B_i$  arbeitet, wieder. Die Auspendlerintensität<sub>i</sub> hängt direkt vom Raumwiderstand ab, je grösser der wahrgenommene Raumwiderstand für die Strecke  $A_i - B_i$ , desto kleiner wird die entsprechende Auspendlerintensität sein.

### 3.3.2 Reisezeit

Da die Reisezeiten im ÖV und im MIV grösstenteils korrelieren (siehe Tabelle 4), würde ein Verwenden beider Variablen die Regressionsergebnisse verzerren. Der Einfluss der Reisezeit auf den Raumwiderstand wird aus diesem Grund mittels den zwei folgenden Methoden untersucht:

- Die Reisezeit wird lediglich über die Variable  $rz\_miv$  (Reisezeit im MIV) gemessen. Diese Vereinfachung kann vorgenommen werden, da die Reisezeiten im ÖV und MIV etwa konstant zueinander verlaufen.

- Die beiden Variablen *rz\_miv* und *rz\_oev* (Reisezeit im ÖV) werden mittels einer Faktorenanalyse faktorisiert. Faktoranalysen werden angewendet, um von sichtbaren Erscheinungen (in diesem Fall den Reisezeiten) auf die zugrunde liegenden unbeobachtbaren Ursachen zu schliessen (Backhaus et. al (2005)). Für die Regression werden dann anstatt der direkten Reisezeiten die beiden Faktoren verwendet. Dieses Verfahren ist genauer als die erste Methode, sollte aber im grossen und ganzen die gleichen Resultate liefern.

Tabelle 4 Korrelation der Reisezeiten im MIV und ÖV für das Jahr 2000

Ballungsraum	Korrelationskoeffizient
Basel	0.758 **
Bern	0.671 **
Genf	0.783 **
Glatttal	0.780 **
Lausanne	0.710 **
Limmattal	0.743 **
Zürich	0.741 **

\*\* Signifikanzniveau 0.01

### 3.3.3 Sprachgrenzenübertritt

Wie bereits in Kapitel 3.3.1 erwähnt basiert der Raumwiderstand auf einer subjektiven Wahrnehmung und Gewichtung verschiedener Faktoren durch die Akteure. Es stellt sich die Frage, wie stark kulturelle Faktoren den Raumwiderstand beeinflussen. Kulturelle Unterschiede in einer inhomogenen Gesellschaft zu erfassen ist allerdings ähnlich schwierig wie die Messung des Raumwiderstands an und für sich. Zu gross sind die Unterschiede allein innerhalb einer Gemeinde.

Einfacher scheint es, den Einfluss kultureller Unterschiede auf den Raumwiderstand anhand grossskaligerer Merkmale zu untersuchen. Einerseits anhand der Amtsprache der jeweiligen Gemeinde, andererseits anhand ihrer Kantonzugehörigkeit (Kapitel 3.3.4). Gerade diese beiden Merkmale scheinen immer wieder für intranationale Konflikte zu sorgen, der Röstigraben oder der Kantönligeist sind nur zwei Beispiele.

Der Einfluss der Amtssprache einer Gemeinde wird über die Variable Sprachgrenzenübertritt untersucht. Sie ist eine sogenannte Dummy-Variable, die nur die Werte 0 oder 1 annehmen kann. Falls die Muttersprachen der Quell- und Zielgemeinde identisch sind, nimmt sie den Wert 0 an, bei unterschiedlicher Sprache den Wert 1.

Für jede Gemeinde in den Einzugskantonen der Ballungsräume wird die jeweilige Amtssprache festgehalten. Für die meisten Kantone gilt, dass alle zugehörigen Gemeinden die selbe Muttersprache haben (Beispiel Zürich oder Genf). Die Kantone Bern und Freiburg sind allerdings zweisprachig. In diesen beiden Fällen wird die Sprache für jede Gemeinde einzeln festgelegt, die nötigen Daten sind auf den offiziellen Webauftritten der beiden Kantone erhältlich. Es gibt aber auch Gemeinden, die bilingue sind, wie zum Beispiel Biel. In solchen Fällen wurde die Hauptsprache als Amtssprache festgelegt.

### **3.3.4 Kantonsgrenzenübertritt**

Der Einfluss der Kantonsangehörigkeit einer Gemeinde wird über die Dummy-Variable Kantonsgrenzenübertritt untersucht. Liegen Quell- und Zielgemeinde im selben Kanton hat sie den Wert 0, falls nicht, den Wert 1.

Eine Ausnahme bilden die Halbkantone Basel-Land und Basel-Stadt. Diese wurden für die Untersuchung zu einem Kanton zusammengefasst. Grund dafür ist, dass Basel-Stadt lediglich aus drei Gemeinden besteht und bei einer strikten Trennung der beiden Halbkantone eine Verzerrung zugunsten des Einflusses der Kantonszugehörigkeit auftritt.

### **3.3.5 Erwartungen**

Es wird erwartet, dass die drei Variablen Reisezeit, SG und KG die Auspendlerintensität negativ beeinflussen. Das bedeutet, dass mit zunehmender Reisezeit die Auspendlerintensität abnehmen sollte. Zudem wird erwartet, dass bei unterschiedlicher Muttersprache oder einem Kantonsgrenzenübertritt die Auspendlerintensität ebenfalls signifikant zurückgeht.

### 3.4 Veränderung der Mobilität

Durch immer schnellere Verkehrsmittel, bessere Anbindungen und feinere Verkehrsnetze verkürzten sich die Reisezeiten und Distanzen zwischen zwei Gemeinden in den letzten 40 Jahren konstant. Tabelle 5 zeigt die relativen und absoluten Veränderungen der durchschnittlichen Reisezeiten im Individualverkehr zwischen 1970 und 2000 für die zu untersuchenden Ballungsräume, Tabelle 6 die Veränderungen im ÖV. Für die Glatttal- und Limmattalstadt wird der Durchschnitt über alle Teilgemeinden zusammen berechnet. Zu beachten ist, dass in den beiden Tabellen nicht die durchschnittlichen Reisezeiten von den Einzugsgebieten in die Ballungszentren berechnet wurde, sondern die durchschnittlichen Reisezeiten aus der gesamte Schweiz in ein bestimmtes Ballungszentrum. Die Veränderungen in den einzelnen Einzugsgebiete sind in Tabelle 14 festgehalten.

Tabelle 5 Veränderung der individuellen Mobilität

Ballungsraum	Reisezeit (min)		relative Veränderung (%)	absolute Veränderung (min)
	1970	2000		
Zürich	111	92	-20.7	-19
Bern	101	81	-24.7	-20
Basel	120	93	-29.0	-27
Genf	165	144	-14.6	-21
Lausanne	132	111	-18.9	-21
Glatttalstadt	120	96	-25.0	-24
Limmattalstadt	110	90	-22.2	-20

Tabelle 6 Veränderungen im öffentlichen Verkehr

Ballungsraum	Reisezeit (min)		relative Veränderung (%)	absolute Veränderung (min)
	1970	2000		
Zürich	158	154	-2.6	-4
Bern	152	153	0.7	1
Basel	174	180	3.3	6
Genf	229	227	-0.9	-2
Lausanne	182	185	1.6	3
Glatttaldstadt	189	176	-7.4	-13
Limmattaldstadt	179	171	-4.7	-8

Während sich die Reisezeiten im Individualverkehr zwischen 1970 und 2000 um 14.6% bis 29% verkürzten, nahmen die Reisezeiten im öffentlichen Verkehr nicht wirklich spürbar ab (um maximal 7.4%), in einigen Fällen nahm die Reisezeit sogar zu. Der Grund für die nur minimale Abnahme im ÖV könnte darin liegen, dass das ÖV-Netz bereits gut ausgebaut ist, was sich ändert sind also nicht die Reisezeiten, sondern die Taktfrequenz (also z.B. Erhöhung von einer Verbindung jede Stunde auf zwei). Obwohl die Reisezeiten mehr oder weniger konstant bleiben, kann der Raumwiderstand durch die nun häufiger verfügbaren öffentlichen Verkehrsmittel gesenkt werden. Im MIV spielt die Taktfrequenz keine Rolle, da die Abfahrtszeiten individuell festgelegt werden können.

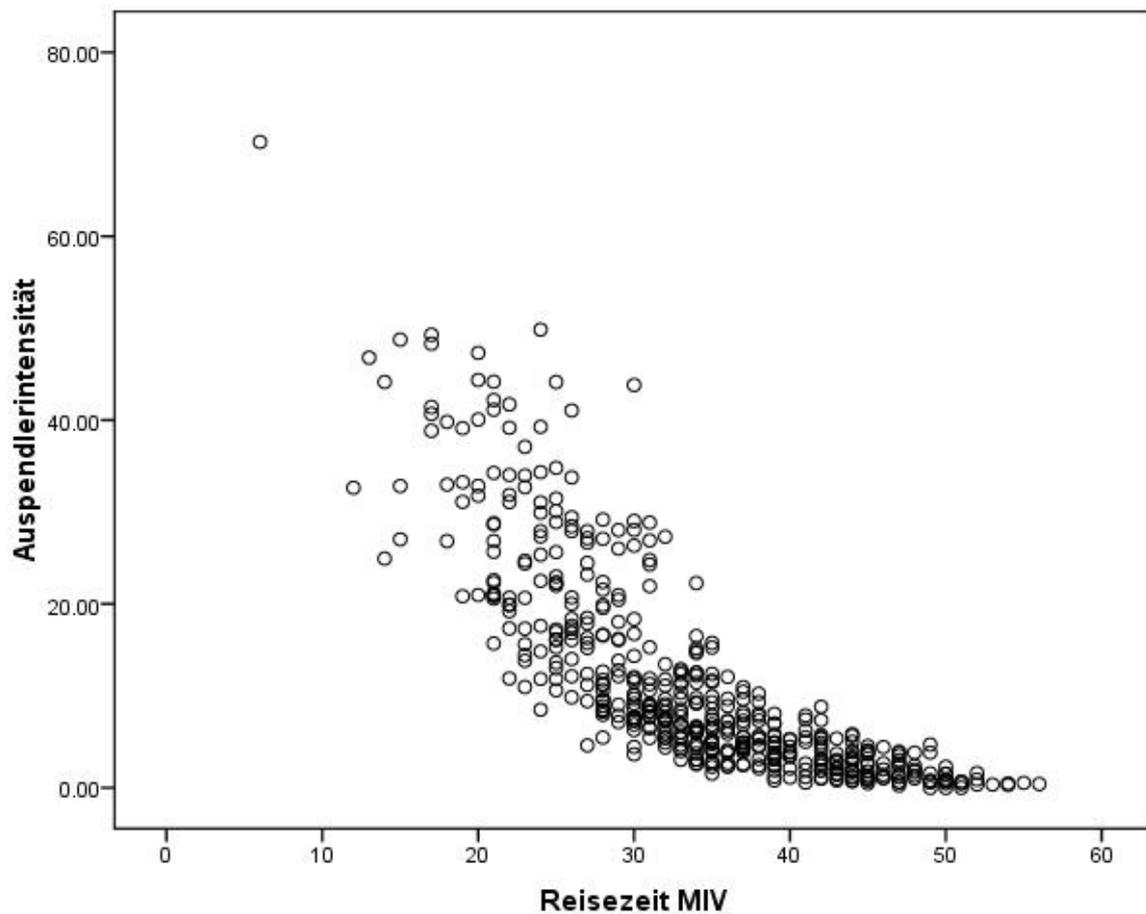
### 3.5 Auspendlerintensität vs. Reisezeit

Ziel der Arbeit ist es, eine linearisierte Form des Gravitationsmodells zu schätzen. Die Berechnung der einzelnen Parameter des Modells geschieht mittels linearer Regression. Bedingung für die Durchführung der Regression ist ein linearer Zusammenhang zwischen der abhängigen (API) und den unabhängigen (nur RZ; SG und KG sind Dummy-Variablen) Variablen.

In vorliegendem Kapitel wird der lineare Zusammenhang zwischen der Auspendlerintensität und der Reisezeit im Individualverkehr gesucht. Für den öffentlichen Verkehr gilt die gleiche Abhängigkeit wie für den MIV. Für die Analyse wurden die Pendlerdaten für den Ballungsraum Zürich für das Jahr 2000 ausgewertet.

Im einfachsten Fall hängt die Auspendlerintensität proportional von der Reisezeit ab. Abbildung 9 untersucht diesen Zusammenhang.

Abbildung 9 Auspendlerintensität vs. Reisezeit im MIV für Zürich (2000)



Da die Auspendlerintensität offensichtlich nicht direkt linear von der Reisezeit abhängt, werden weitere mögliche funktionale Formen untersucht, indem die Reisezeit mittels linearen Funktionen verarbeitet und erneut der Auspendlerintensität gegenübergestellt wird. Abbildung 10 untersucht den Zusammenhang mit der Funktion

$$\frac{1}{\text{Reisezeit}}$$

Abbildung 11 untersucht den Zusammenhang mit der Funktion

$$\frac{1}{\sqrt{\text{Reisezeit}}}$$

Abbildung 12 untersucht den Zusammenhang mit der Funktion

$$\text{Reisezeit} + \text{Reisezeit}^2$$

Abbildung 13 untersucht den Zusammenhang zwischen der Reisezeit und der Funktion

$$\ln\left(\frac{\text{Auspendlerintensität}}{(1 - \text{Auspendlerintensität})}\right)$$

Abbildung 10 Auspendlerintensität vs. 1 / Reisezeit für Zürich (2000)

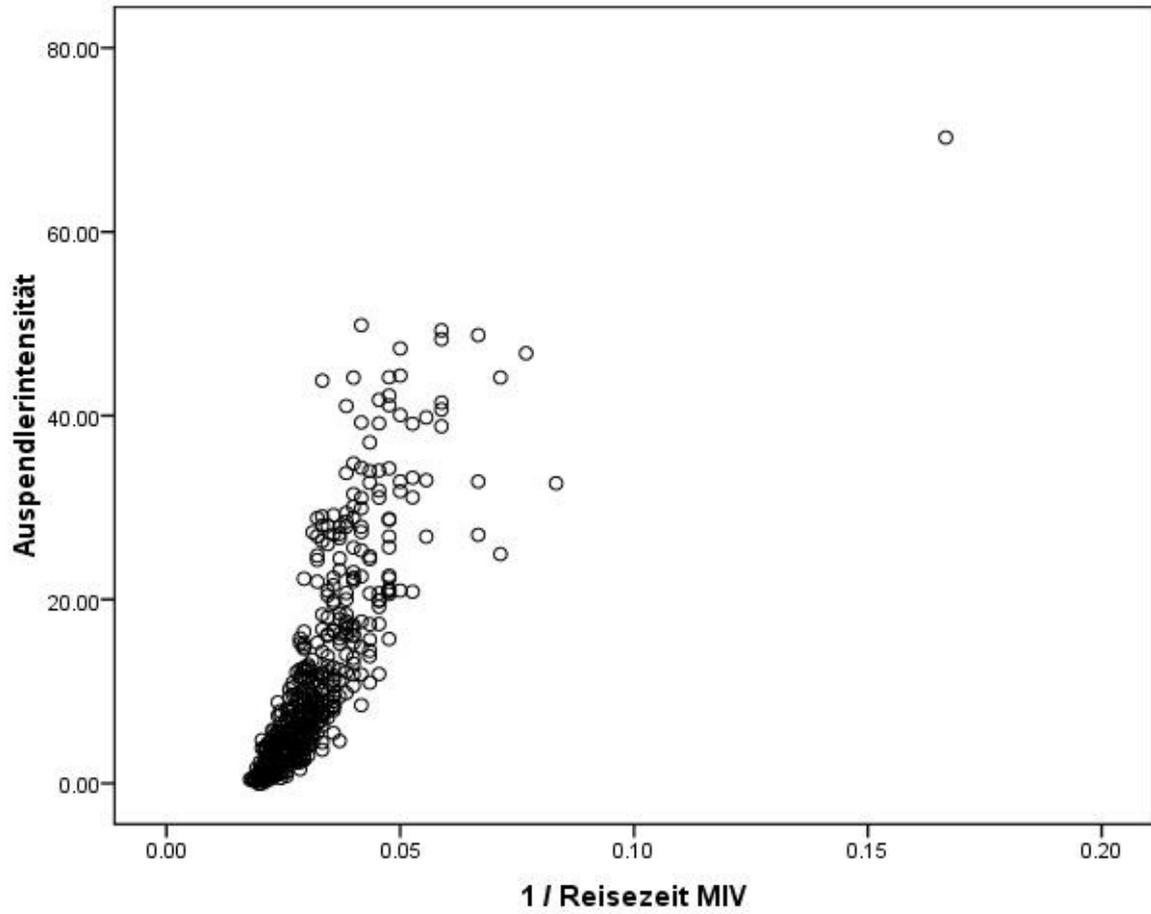


Abbildung 11 Auspendlerintensität vs.  $1 / \text{Wurzel}(\text{Reisezeit MIV})$  für Zürich (2000)

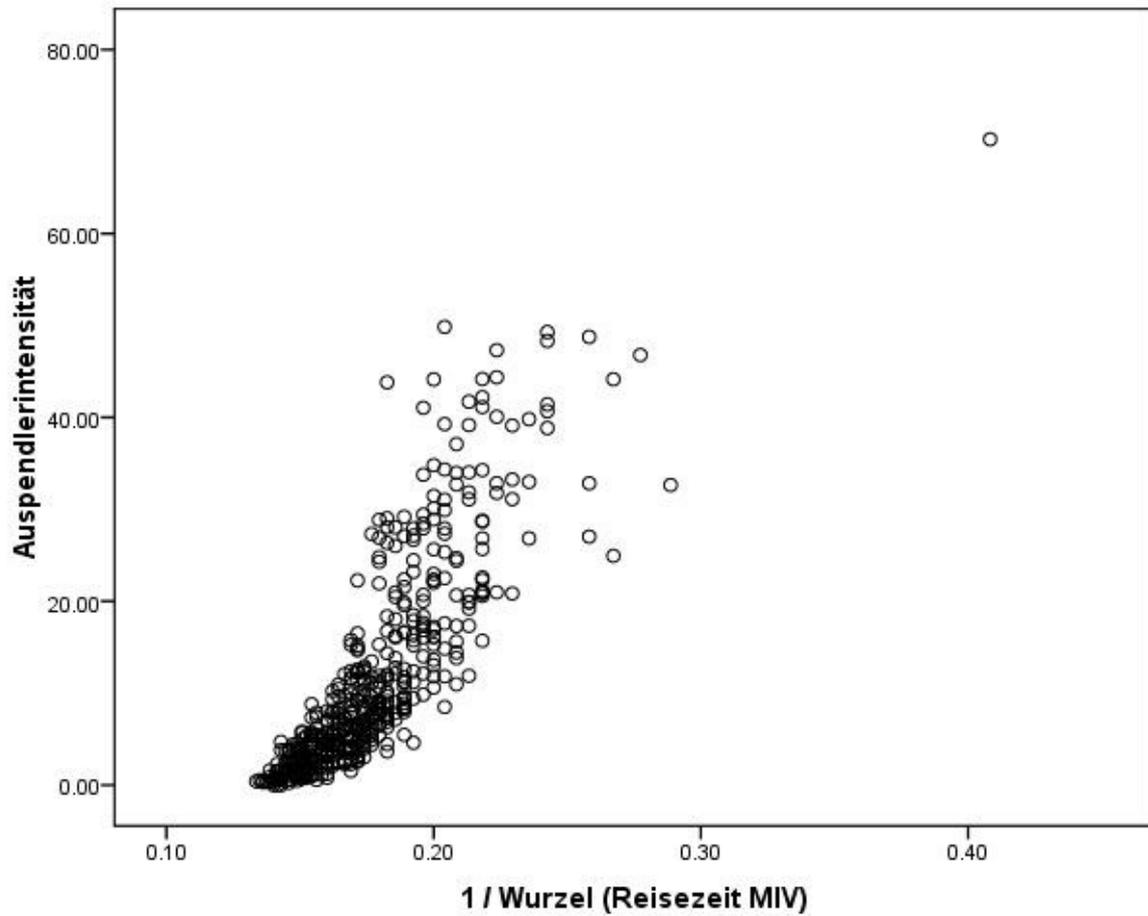


Abbildung 12 Auspendlerintensität vs. Reisezeit + Reisezeit<sup>2</sup> für Zürich (2000)

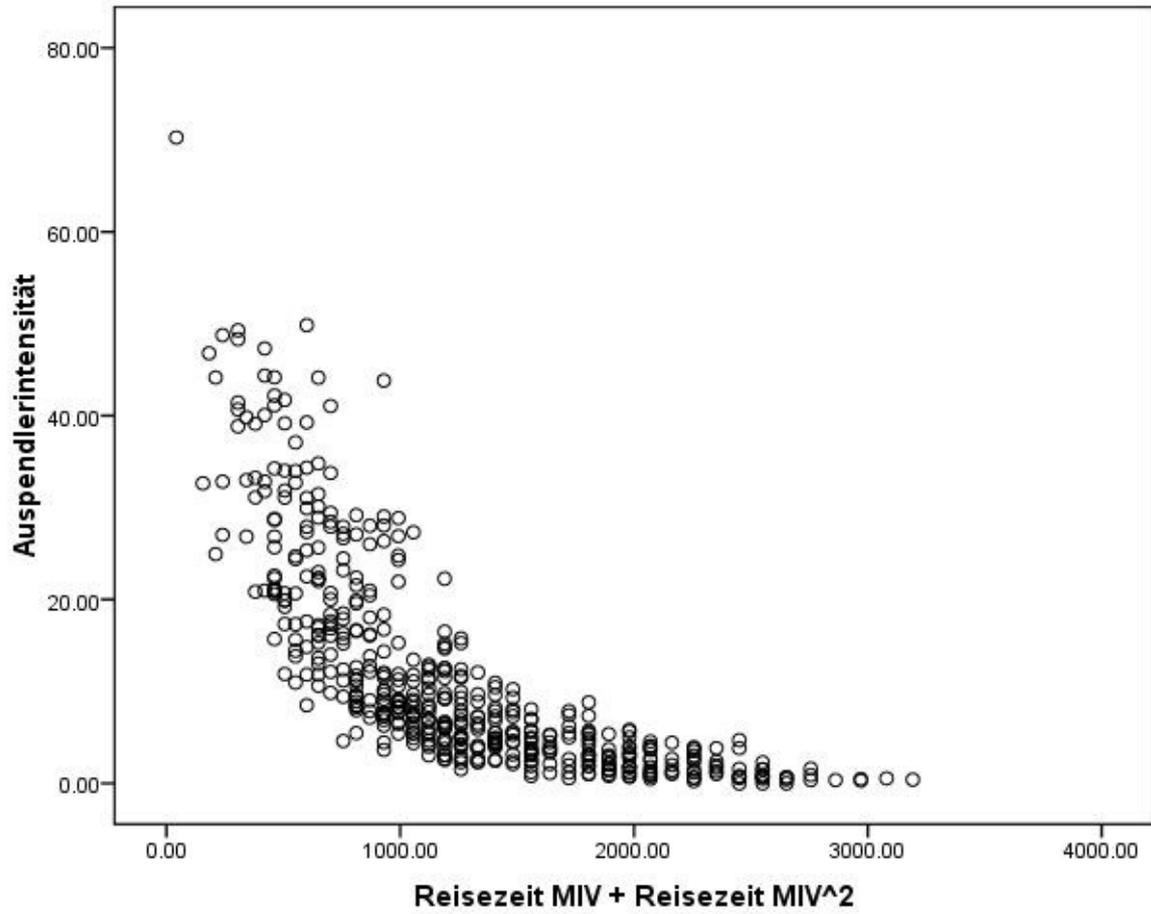


Abbildung 13  $\ln(\text{Auspendlerintensität}/(1 - \text{Auspendlerintensität}))$  vs. Reisezeit für Zürich (2000)

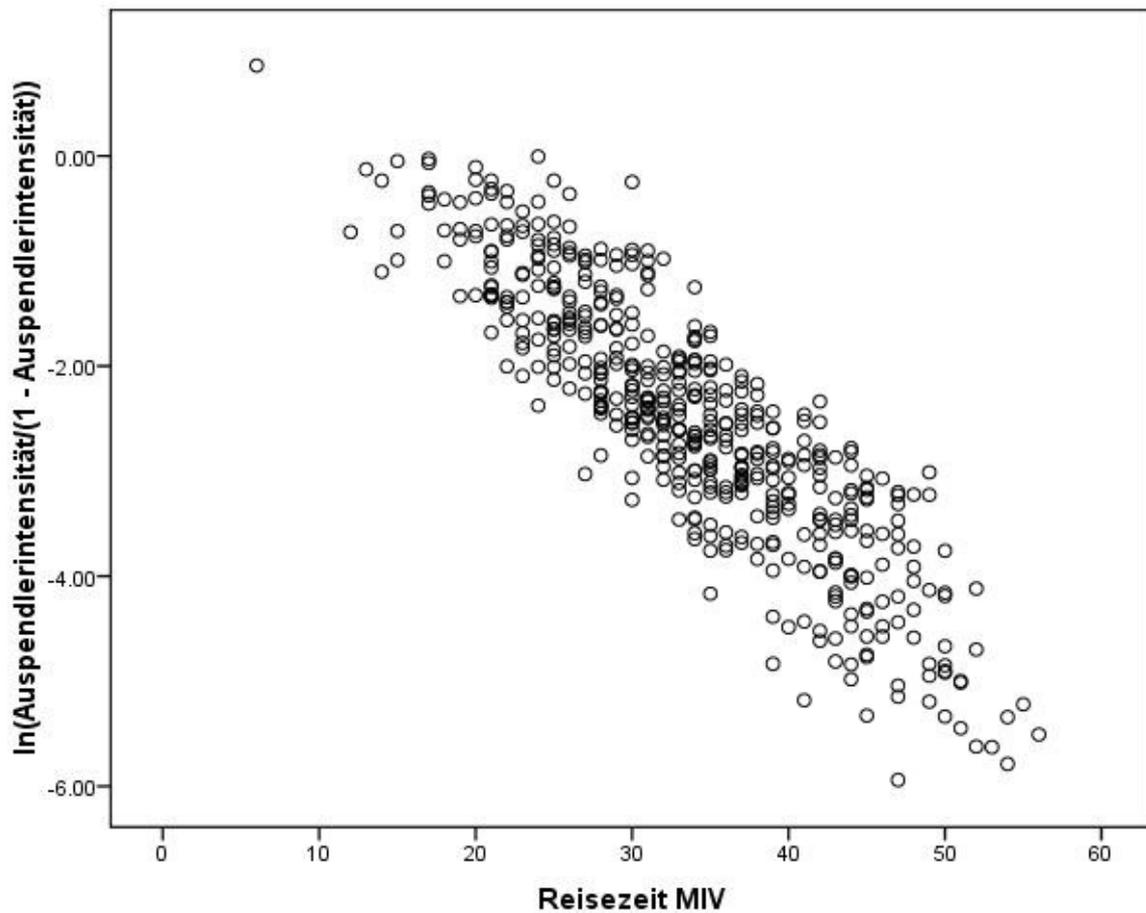


Abbildung 13 zeigt, dass zwischen der Logit-Transformierten Auspendlerintensität und der Reisezeit ein linearer Zusammenhang besteht, die Bedingung für die Durchführung einer linearen Regression ist somit erfüllt.

### **3.6 Analyse der Dummy-Variablen**

Die Tatsache, dass ein Sprachgrenzenübertritt meist auch mit einem Kantonsgrenzenübertritt einher geht, führt zur Frage, ob es überhaupt Sinn macht, diese beiden Erscheinungen in verschiedenen Variablen zu messen. Mittels Boxplots soll die Verteilung der Auspendlerintensität für alle vier möglichen Kombinationen der Variablen ( $KG = 0$  oder  $1$ ,  $SG = 0$  oder  $1$ ) dargestellt werden. Messen die beiden Variablen unterschiedliche Effekte, ergibt die Auswertung vier verschiedene Boxplots (einen für jede Möglichkeit), wird allerdings der selbe Effekt gemessen, so gleichen sich die Plots für  $SG = 0$  und  $SG = 1$ . Durch die Definition der Einzugsgebiete treten lediglich in den Ballungsräumen Bern und Basel Sprachgrenzenübertritte auf, aus diesem Grund wird auch nur die Verteilung in diesen Räumen untersucht. Abbildung 14 zeigt die Boxplots für Bern, Abbildung 15 diejenigen für Basel.

Abbildung 14 Boxplots für Bern für das Jahr 2000

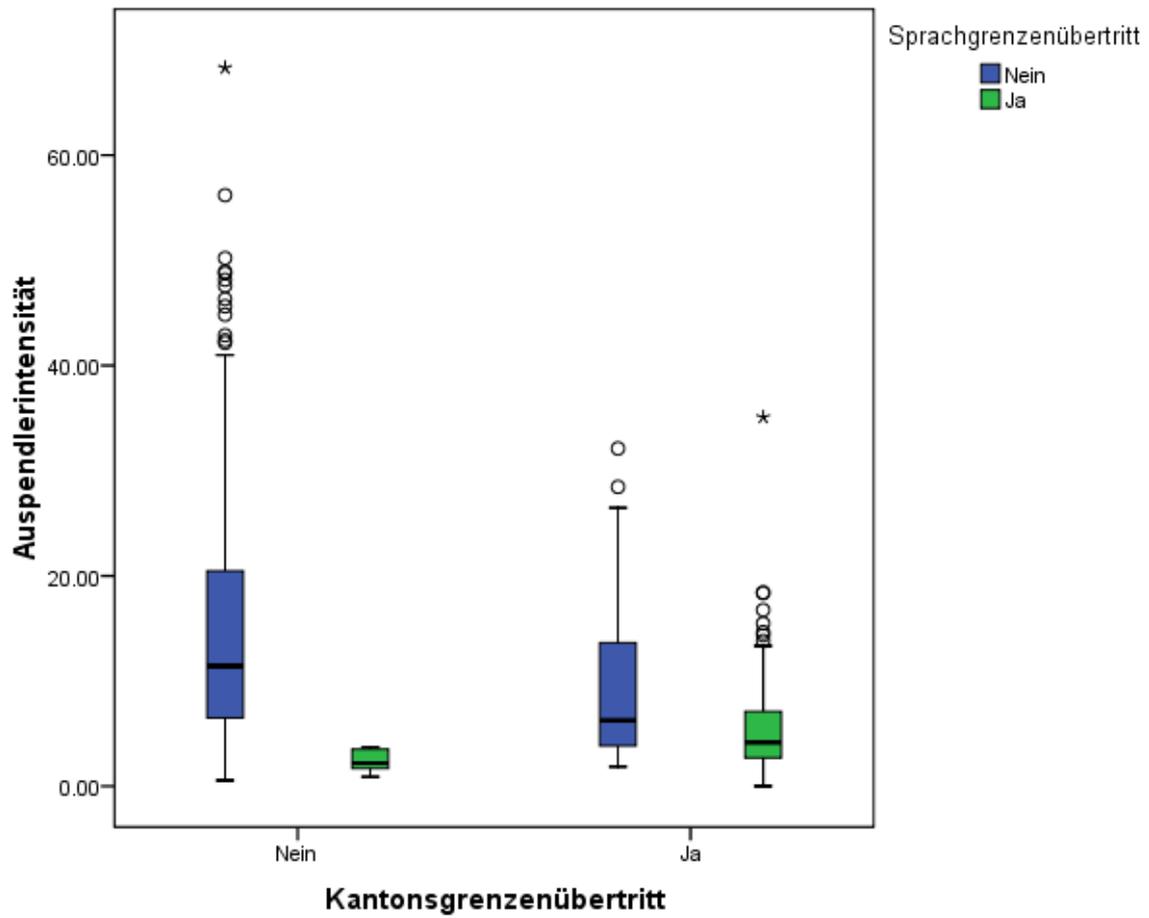
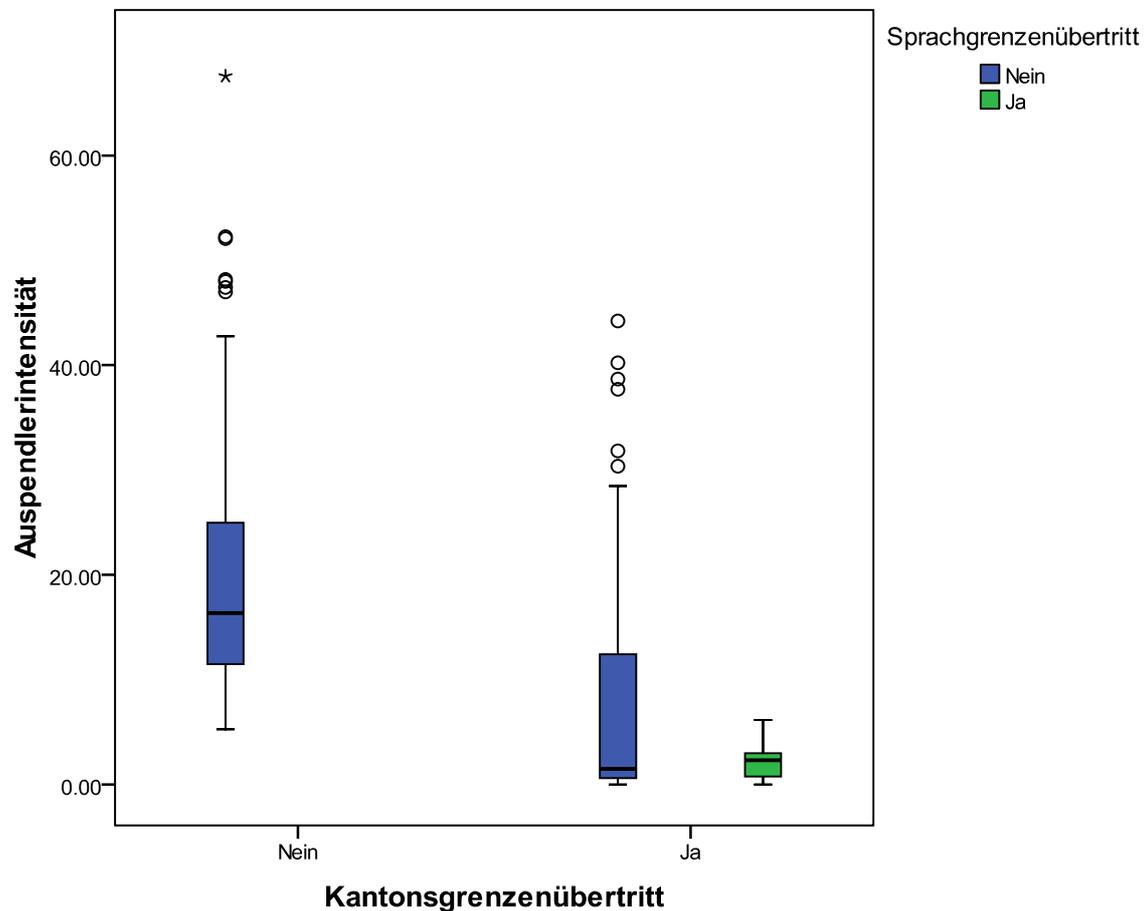


Abbildung 15 Boxplots für Basel für das Jahr 2000



Wie aus den Boxplots ersichtlich ist, weisen die beiden Variablen eine unterschiedliche Verteilung auf, was bedeutet, dass sie unabhängig voneinander sind und deshalb auch als separate Variablen in das Gravitationsmodell aufgenommen werden müssen.

In Abbildung 14 tritt eine interessante Beobachtung auf. Die durchschnittliche Auspendlerintensität von französischsprachigen Gemeinden im Kanton Bern selbst ist niedriger als die durchschnittliche Auspendlerintensität von französischsprachigen Gemeinden aus anderen Kantonen (siehe auch Tabelle 7). Diese Beobachtung könnte darauf zurückzuführen sein, dass die meisten französischsprachigen Gemeinden im Kanton Bern in der Region von Biel liegen und die Erwerbstätigen deshalb vorzugsweise in der bilingualen Region Biel eine Arbeitsstelle suchen als im deutschsprachigen Bern.

Tabelle 7 zeigt für die vier verschiedenen Kombinationen der beiden Dummy-Variablen die durchschnittlichen Auspendlerintensitäten je Ballungsraum an für das Jahr 2000 an.

Tabelle 7 Durchschnittliche API [%] je Ballungsraum in Abhängigkeit der Dummy-Variablen im Jahr 2000

	Sprachgrenzenübertritt				Durchschnitt	Anzahl Fälle
	Nein		Ja			
	Kantonsgrenzenübertritt					
	Nein	Ja	Nein	Ja		
Zürich	22.27	6.43			11.8	493
Limmattalstadt	2.71	1.74			2.01	561
Glatttalstadt	9.53	1.49			3.62	646
Bern	15.18	9.36	2.4	6.04	12.38	400
Basel	20.72	7.19		2.39	12.05	230
Lausanne	18.35	6.79			16.1	318
Genf	41.22	13.23			22.56	135
Durchschnitt	15.15	4.71	2.4	7.33		

### 3.7 Verwendete Software

Für die Datenaufbereitung und -analyse wird die Statistik-Software PASW Statistics 17 von SPSS verwendet. Der Grund für die Wahl liegt in den vielen Vorteilen der Software. Mittels PASW lassen sich die zu verarbeitenden Daten aus den vorhandenen Microsoft Excel Dateien importieren, verarbeiten und letztendlich auch analysieren. Gerade für die Analyse stehen in PASW umfangreiche Methoden und Funktionen zur Verfügung (siehe auch Kapitel 3.8). Die Möglichkeit auf grafische Darstellungen zurückzugreifen erleichtert zudem die Untersuchung, Auswertung und Interpretation der Basisdaten sowie der Resultate.

Für die Darstellung der Pendlerveränderungen in den letzten 40 Jahren wird das Softwarepaket ArcGIS Desktop von ESRI verwendet, insbesondere die Funktion ArcMap.

## 3.8 Methodik

### 3.8.1 Datenaufbereitung

Die im Folgenden aufgeführten Schritte basieren auf Daten, welche meist in Form von Microsoft Excel-Dateien (einige Ausnahmen sind SPSS-Dateien) vorliegen. Diese Dateien müssen zuerst in PASW (siehe Kapitel 3.7) importiert werden, bevor die Daten verwendet werden können. Explizit müssen die Dateien mit den Daten zur Raumstruktur der einzelnen Gemeinden sowie der Reisezeiten im MIV und ÖV ins SPSS-Format (.sav) konvertiert werden.

Sind die Dateien alle im richtigen Format, können die Datensätze für die Regressionen zusammengestellt werden. In einem ersten Schritt werden für jeden Ballungsraum 4 Dateien erstellt (für jedes zu untersuchende Jahr eine), welche die jeweiligen Gemeinden der in Kapitel 3.2.2 definierten Einzugsgebiete der Ballungsräume enthalten (siehe Tabelle 8).

Im zweiten Schritt werden die Dateien um die Raumstruktur der Einzugsgebiete erweitert. Insbesondere interessiert hier die Anzahl Erwerbstätige und die Amtssprache einer Gemeinde. Die Anzahl der Erwerbstätigen wird für die Berechnung der Auspendlerintensität benötigt, die Amtssprache zur Bestimmung ob eine Sprachgrenze überschritten wird oder nicht. Wie aus Tabelle 8 ersichtlich wird werden nur die Sprachen Deutsch und Französisch berücksichtigt. Da die Einzugsgebiete nur Gemeinden mit einer dieser beiden Amtssprachen umfassen ist diese Vereinfachung zulässig.

Als nächstes werden die Reisezeiten im MIV und ÖV hinzugefügt. Da die grossen Schweizer Städte in ihre Quartiere/Kreise aufgeteilt sind, muss dort zuerst die durchschnittliche Reisezeit berechnet werden. Allgemein gilt, dass die Reisezeit die benötigte Zeit um von der Ausgangsgemeinde im Einzugsgebiet in die Ballungsraumgemeinde (Zielgemeinde) zu gelangen wiedergibt. Die Ballungsraumgemeinden können in zwei Typen unterteilt werden. Ist der Ballungsraum eine Stadt (also z.B. Bern oder Genf), so wird unter Zielraumgemeinde das Kernquartier/der Kernkreis verstanden, für Zürich ist das z.B. der Kreis 1. Widerspiegelt der Ballungsraum allerdings eine Region, wie dies für die Limmat- und die Glatttalstadt der Fall ist, so wird die Ballungsraumgemeinde als Durchschnitt aller betroffenen Gemeinden (siehe Tabelle 1) definiert, d.h., es wird die durchschnittliche Reisezeit von einer Quellgemeinde zu den Zielgemeinden berechnet.

Im vierten Schritt wird die Anzahl der Pendler von der Quellgemeinde A in die Zielgemeinde B hinzugefügt. Die benötigten Informationen sind aus der Pendlerdatenbank ersichtlich. Nach diesem Schritt sind alle benötigten Daten aggregiert, aus den Ausgangsdaten lassen sich nun weiterführende Variablen berechnen.

Dies geschieht im fünften und letzten Schritt. Aus dem Verhältnis der Gesamtzahl der Erwerbstätigen und der Anzahl der Pendler lässt sich die Auspendlerintensität einer Gemeinde berechnen (Kapitel 3.3.1). Die beiden Dummy-Variablen Kantons- und Sprachgrenzenübertritt lassen sich aus dem Kantonscode bzw. der Amtssprache ableiten. Unterscheiden sich der Kantonscode resp. die Amtssprache der Quell- und der Zielgemeinde, so hat ein Übertritt stattgefunden und die Variable nimmt den Wert 1 an. Sind die Werte für die Quell- und Zielgemeinde identisch, fand kein Grenzübergang statt und die Dummy-Variable erhält den Wert 0. Abschliessend wird eine Faktoranalyse über die beiden Variablen Reisezeit MIV und Reisezeit ÖV durchgeführt (Kapitel 3.8.2 und 4.2.1), die beiden berechneten Faktoren werden als neue Variablen festgehalten.

Tabelle 8 Arbeitsschritte der Datenaufbereitung

		Variable	Beschreibung
1. Schritt	Dateien mit Einzugsgebiet des jeweiligen Ballungsraums erstellen	Gemeindecod	Zahl zwischen 1 und 6806, ID einer Gemeinde
		Kantonscode	Zahl zwischen 1 und 26, ID des Kantons einer Gemeinde
		Name	Gemeindenname
2. Schritt	Erweitern um Raumstruktur	Anzahl Erwerbstätige	Gesamtzahl der Erwerbstätigen einer Gemeinde
		Amtssprache	Amtssprache der Gemeinde, 1 = deutsch, 2 = französisch
3. Schritt	Erweitern um Reisezeiten MIV und ÖV	Reisezeit MIV	Reisezeit im MIV von Quellgemeinde A nach Zielgemeinde B in Minuten
		Reisezeit ÖV	Reisezeit im ÖV von Quellgemeinde A nach Zielgemeinde B in Minuten
4. Schritt	Hinzufügen der Anzahl Pendler von A nach B	Anzahl Pendler	Anzahl der Erwerbstätigen, die von der Quellgemeinde A in die Zielgemeinde B pendeln
5. Schritt	Verarbeitung der Daten	Auspenderintensität	Anteil der Erwerbstätigen einer Gemeinde, die in eine bestimmte Zielgemeinde pendeln
		Kantonsgrößenübertritt	Dummy-Variable, 0 falls kein Übertritt, 1 falls Übertritt stattfindet
		Sprachgrößenübertritt	Dummy-Variable, 0 falls kein Übertritt, 1 falls Übertritt stattfindet
		Faktor 1	Die aus der Faktorenanalyse resultierenden Faktoren, werden für jede Gemeinde berechnet
Faktor 2			

### 3.8.2 Datenauswertung

Die Schätzung der linearisierten Form des Gravitationsmodells erfolgt mittels linearer Regression. Die Regression wird auf zwei unterschiedliche Varianten, bzw. für zwei verschiedene Gravitationsmodelle durchgeführt (siehe auch Kapitel 3.3.2):

Modell 1:

Auspendlerintensität ~ Reisezeit MIV + Sprachgrenzenübertritt + Kantonsgrenzenübertritt

Modell 2:

Auspendlerintensität ~ Faktor 1 + Faktor 2 + Sprachgrenzenübertritt + Kantonsgrenzenübertritt

Der Unterschied in den beiden Modellen liegt in der Art und Weise, wie die Reisezeit einbezogen wird. Da die Korrelation der Reisezeiten im MIV und ÖV relativ hoch ist (Tabelle 4), würde das verwenden beider Variablen im selben Modell zu Verzerrungen führen. Aufgrund der Korrelation wird im ersten Modell lediglich die Reisezeit im MIV in die Regression einbezogen. Für die zweite Variante werden die beiden Variablen Reisezeit MIV und Reisezeit ÖV mittels Faktorenanalyse faktorisiert, für das Gravitationsmodell werden die resultierenden Faktoren verwendet.

#### **Faktorenanalyse**

In PASW findet sich die Faktorenanalyse unter den Analysetools bei den Funktionen zur Dimensionenreduktion. Für die Durchführung der Faktoranalyse werden grösstenteils die Standardeinstellungen übernommen, lediglich die Option 'Anzahl der Faktoren' wird manuell gewählt und mit zwei beziffert.

Die zu analysierenden Variablen sind Reisezeit MIV und Reisezeit ÖV, eine Selektionsvariable wird nicht verwendet.

## **Lineare Regression**

Die lineare Regression ist eine weitere Funktion der Analysetools in PASW und findet sich unter den Regressionsfunktionen. Wie schon bei der Faktorenanalyse werden auch bei der linearen Regression ein Grossteil der Voreinstellungen übernommen.

Die Auspendlerintensität wird als abhängige Variable deklariert, als Unabhängige die Dummy-Variablen Kantons- und Sprachgrenzenübertritt sowie Reisezeit MIV (Modell 1) bzw. Faktor 1 und Faktor 2 (Modell 2). Eine Auswahlvariable oder Fallbeschriftungen werden nicht verwendet, die WLS-Gewichtung wird durch die Variable Anzahl Pendler vorgenommen.

## **4 Ergebnisse**

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Faktorenanalyse, der linearen Regression sowie der grafischen Auswertungen der Resultate für die beiden Gravitationsmodelle seperat dargestellt.

### **4.1 Ergebnisse Gravitationsmodell 1**

#### **4.1.1 Regressionsergebnisse**

Tabelle 9 zeigt die Regressionsergebnisse für das Gravitationsmodell 1 mit der Auspendlerintensität als abhängige Variable. Die Ergebnisse sind nach Ballungsraum und Jahr sortiert. Der Übersichtlichkeit wegen sind die Signifikanzen (falls vorhanden) der einzelnen Werte durch Sterne (\*) angegeben.

Tabelle 10 zeigt die Regressionsergebnisse für das Gravitationsmodell 1 mit der Logit-Transformierten Auspendlerintensität als abhängige Variable.

Abbildung 16 zeigt die zeitliche Veränderung des Parameters für die Reisezeit für die einzelnen Ballungszentren seit 1970 für die Ergebnisse aus Tabelle 9.

Abbildung 17 zeigt die zeitliche Veränderung des Parameters für die Reisezeit für die einzelnen Ballungszentren seit 1970 für die Ergebnisse aus Tabelle 10.

Tabelle 9 Regressionsergebnisse für das Gravitationsmodell 1, abhängige Variable ist API

		ber. R <sup>2</sup>	Konstante <sup>1</sup>		Reisezeit <sup>2</sup>		Kantonsgrenze <sup>2</sup>		Sprachgrenze <sup>2</sup>
Zürich	1970	0.918	110.803 ****		-0.995 ****		0.074 ****		
	1980	0.898	114.555 ****		-0.934 ****		-0.029 *		
	1990	0.867	90.630 ****		-0.933 ****		0.003		
	2000	0.900	81.385 ****		-0.958 ****		0.016		
Glattal	1970	0.447	105.845 ****		-0.756 ****		0.208 ****		
	1980	0.379	89.910 ****		-0.681 ****		0.129 ***		
	1990	0.362	74.309 ****		-0.691 ****		0.143 ***		
	2000	0.398	58.455 ****		-0.745 ****		0.173 ****		
Limmattal	1970	0.675	80.335 ****		-0.808 ****		-0.062 *		
	1980	0.597	82.066 ****		-0.754 ****		-0.080 **		
	1990	0.534	62.928 ****		-0.724 ****		-0.035		
	2000	0.500	47.122 ****		-0.705 ****		-0.019		
Bern	1970	0.905	109.531 ****		-0.982 ****		0.054 ***	0.037 *	
	1980	0.882	114.310 ****		-0.951 ****		0.008	0.033	
	1990	0.907	94.791 ****		-0.948 ****		-0.006	-0.010	
	2000	0.928	80.045 ****		-0.960 ****		-0.005	-0.007	
Basel	1970	0.835	105.557 ****		-0.948 ****		0.056	0.051	
	1980	0.805	101.227 ****		-0.877 ****		-0.077 **	0.086 ***	
	1990	0.807	82.877 ****		-0.858 ****		-0.099 ***	0.050	
	2000	0.852	77.780 ****		-0.920 ****		-0.022	0.047 *	
Genf	1970	0.777	93.830 ****		-0.907 ****		0.047		
	1980	0.801	85.398 ****		-0.867 ****		-0.052		
	1990	0.846	70.215 ****		-0.824 ****		-0.143 ***		
	2000	0.787	60.826 ****		-0.798 ****		-0.127 **		
Lausanne	1970	0.734	109.982 ****		-0.882 ****		0.092 ***		
	1980	0.737	106.686 ****		-0.872 ****		0.056 *		
	1990	0.804	85.374 ****		-0.909 ****		0.047		
	2000	0.829	70.570 ****		-0.920 ****		0.034		

<sup>1</sup> unstandardisierter Koeffizient B<sup>2</sup> standardisierter Koeffizient Beta

Signifikanzniveaus: 10% \*, 5% \*\*, 1% \*\*\*, 0.1% \*\*\*\*

Tabelle 10 Regressionsergebnisse für das Gravitationsmodell 1, abhängige Variable ist Logit-Transformierte API

		ber. R <sup>2</sup>	Konstante <sup>1</sup>		Reisezeit <sup>2</sup>		Kantonsgrenze <sup>2</sup>		Sprachgrenze <sup>2</sup>
Zürich	1970	0.926	3.506 ****		-0.974 ****		0.023		
	1980	0.907	3.603 ****		-0.915 ****		-0.075 ****		
	1990	0.705	1.609 ****		-0.777 ****		-0.092 ***		
	2000	0.906	1.425 ****		-0.896 ****		-0.092 ****		
Glattal	1970	0.558	4.083 ****		-0.796 ****		0.097 **		
	1980	0.496	2.850 ****		-0.699 ****		-0.011		
	1990	0.520	1.993 ****		-0.719 ****		-0.005		
	2000	0.605	1.269 ****		-0.798 ****		0.028		
Limmattal	1970	0.835	2.967 ****		-0.920 ****		0.033		
	1980	0.767	3.503 ****		-0.882 ****		0.029		
	1990	0.749	2.285 ****		-0.881 ****		0.085 ****		
	2000	0.741	1.303 ****		-0.871 ****		0.067 ***		
Bern	1970	0.929	3.586 ****		-0.987 ****		0.055 ***	0.003	
	1980	0.916	3.695 ****		-0.959 ****		0.004	0.001	
	1990	0.919	2.214 ****		-0.930 ****		-0.033 *	-0.050 ***	
	2000	0.932	1.464 ****		-0.935 ****		-0.038 **	-0.049 ***	
Basel	1970	0.846	3.200 ****		-0.948 ****		0.049	0.021	
	1980	0.816	2.757 ****		-0.876 ****		-0.082 **	0.052 ***	
	1990	0.828	1.528 ****		-0.844 ****		-0.124 ****	-0.007	
	2000	0.883	1.316 ****		-0.903 ****		-0.063 **	-0.009	
Genf	1970	0.778	2.176 ****		-0.890 ****		0.012		
	1980	0.792	1.661 ****		-0.849 ****		-0.074		
	1990	0.825	0.870 ****		-0.773 ****		-0.196 ****		
	2000	0.784	0.478 ****		-0.739 ****		-0.200 ****		
Lausanne	1970	0.782	3.219 ****		-0.906 ****		0.077 ***		
	1980	0.783	2.859 ****		-0.893 ****		0.030		
	1990	0.842	1.640 ****		-0.919 ****		0.002		
	2000	0.862	0.964 ****		-0.923 ****		-0.020		

<sup>1</sup> unstandardisierter Koeffizient B<sup>2</sup> standardisierter Koeffizient Beta

Signifikanzniveaus: 10% \*, 5% \*\*, 1% \*\*\*, 0.1% \*\*\*\*

Abbildung 16 Parameterentwicklung der Reisezeit seit 1970 für das Gravitationsmodell 1 basierend auf den Ergebnissen aus Tabelle 9

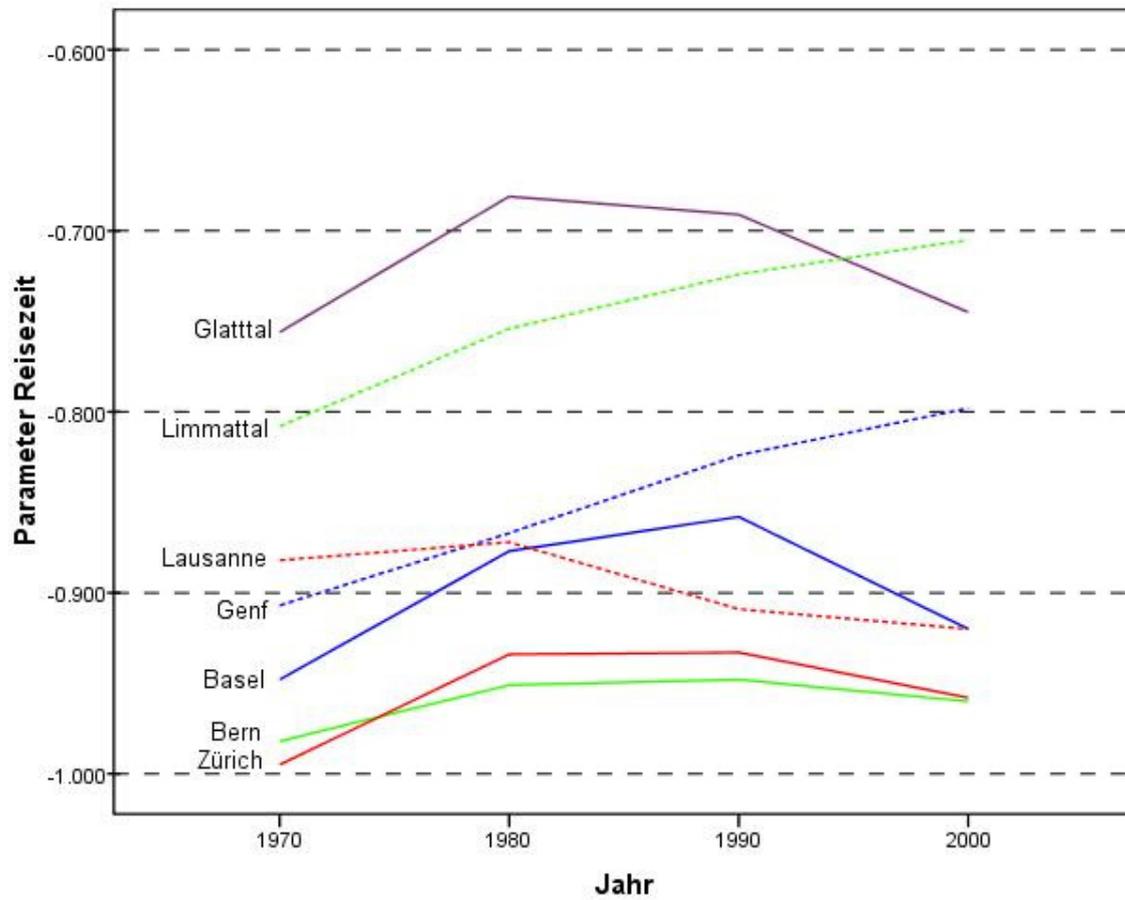
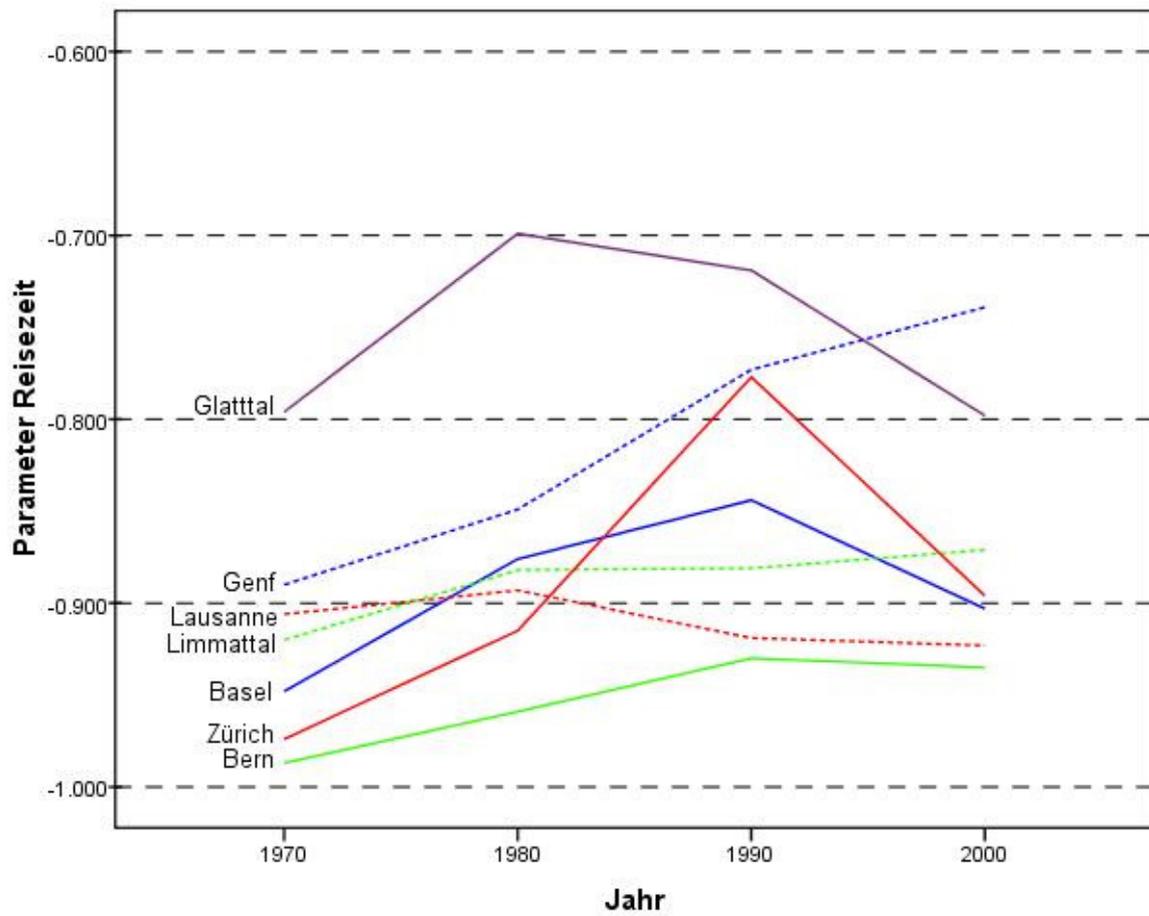


Abbildung 17 Parameterentwicklung der Reisezeit seit 1970 für das Gravitationsmodell 1 basierend auf den Ergebnissen aus Tabelle 10



#### **4.1.2 Histogramme und Teststatistik der Residuen**

Histogramme helfen bei der optischen Überprüfung ob die Residue der Normalverteilung folgen. Abbildung 18 zeigt die Histogramme zu den Regressionen für Basel, sie bilden die Häufigkeitsverteilung der (unstandardisierten) Residuen ab. Ebenfalls eingezeichnet sind die jeweiligen Normalverteilungskurven. Die Histogramme für die anderen Ballungsräume weisen meist eine ähnliche Verteilung auf wie diejenigen für Zürich und werden deshalb nicht alle abgebildet. Einzige Ausnahme ist die Verteilung für die Glatttalstadt, welche eher linksschief ist.

Des Weiteren wurde der Kolmogoroff-Smirnov-Test für die unstandardisierten Residuen der Regressionen aus Tabelle 9 durchgeführt, die Teststatistik ist in Tabelle 11 dargestellt. Sind die Werte in der Spalte Signifikanz signifikant (auf dem 5%-Niveau), so kann eine signifikante Abweichung von der Normalverteilung angenommen werden.

Die Auswertung der Histogramme und des Komogoroff-Smirnov-Tests findet im Kapitel 5.2.1 statt.

Abbildung 18 Histogramme der unstandardisierten Residuen für Zürich, 1970 - 2000

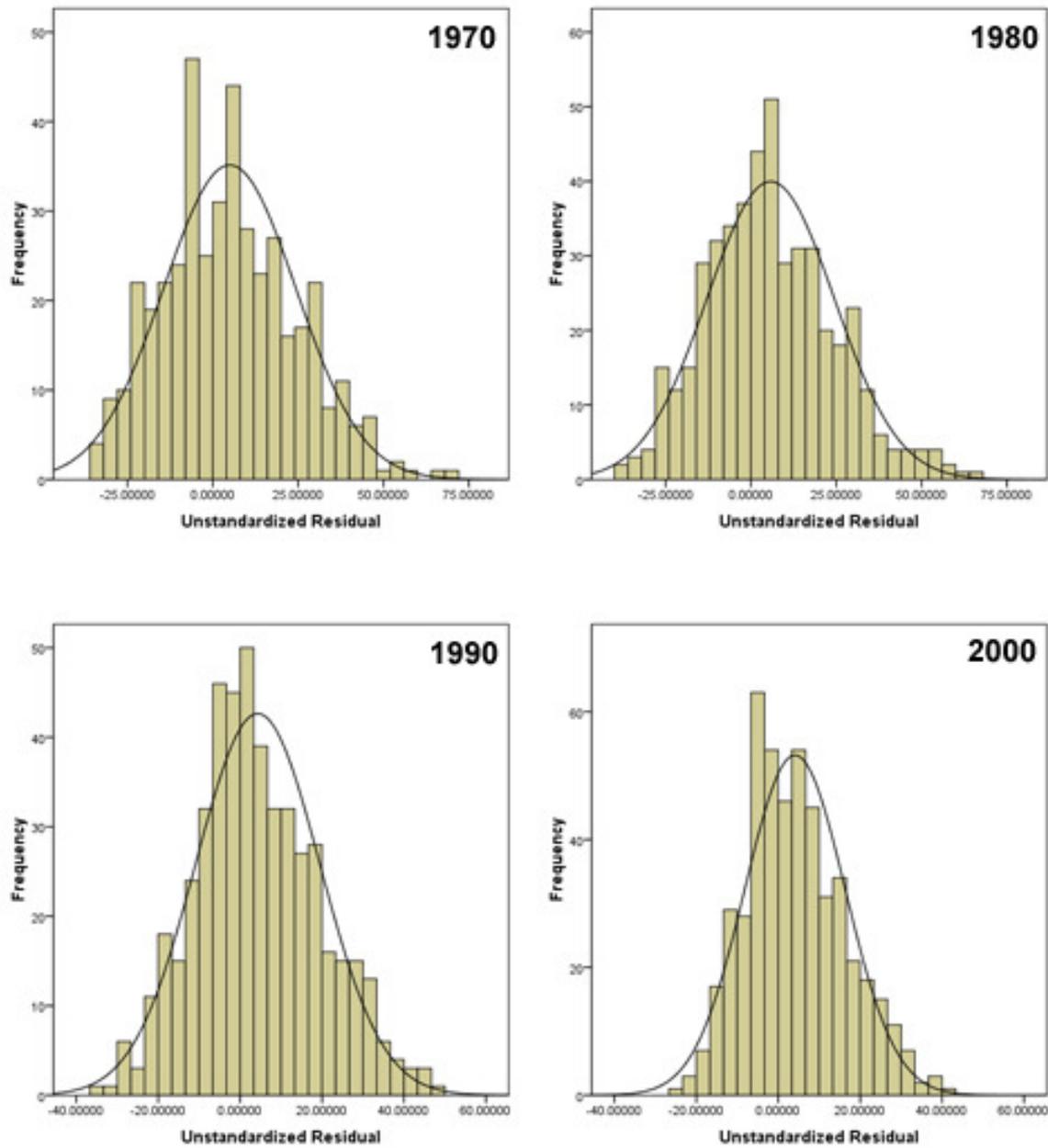


Tabelle 11 Ergebnisse des Kolmogoroff-Smirnov-Test

		K-S	Signifikanz	max. Abweichung (absolut)	N
Zürich	1970	0.955	0.321	0.046	428
	1980	1.114	0.167	0.051	468
	1990	1.246	0.090	0.057	486
	2000	1.122	0.161	0.051	490
Glatttal	1970	1.753	0.004	0.096	332
	1980	1.558	0.016	0.074	438
	1990	1.681	0.007	0.072	546
	2000	2.033	0.001	0.084	590
Limmattal	1970	1.234	0.095	0.073	285
	1980	1.235	0.095	0.066	349
	1990	1.080	0.194	0.051	447
	2000	1.037	0.232	0.047	497
Bern	1970	1.136	0.151	0.061	347
	1980	1.246	0.090	0.065	370
	1990	1.484	0.024	0.075	392
	2000	1.709	0.006	0.086	394
Basel	1970	1.444	0.031	0.106	186
	1980	1.063	0.209	0.074	207
	1990	1.391	0.042	0.095	214
	2000	1.570	0.014	0.106	220
Genf	1970	1.065	0.207	0.097	121
	1980	0.603	0.861	0.052	132
	1990	0.922	0.363	0.080	132
	2000	0.916	0.371	0.079	134
Lausanne	1970	1.573	0.014	0.096	269
	1980	1.127	0.157	0.066	293
	1990	1.039	0.230	0.059	307
	2000	0.892	0.404	0.051	310

## 4.2 Ergebnisse Gravitationsmodell 2

### 4.2.1 Faktorenanalyse

Tabelle 12 zeigt die Ergebnisse der Faktorenanalyse für die Variablen Reisezeit MIV und Reisezeit ÖV. Die Spalte Eigenwerte gibt die Eigenwerte und die Varianzanteile der Faktoren vor und nach der Extraktion wieder. Da aus zwei Variablen zwei Faktoren extrahiert wurden, entsprechen sich die Werte von vor und nach der Extraktion und können somit in einer Spalte zusammengefasst werden. F1 bzw. F2 stehen für Faktor 1 bzw. Faktor 2.

Tabelle 13 gibt die Minima und Maxima der Faktoren 1 und 2 sowie der Auspendlerintensität an, für letztere ist zudem noch der Durchschnittswert angegeben. Da die Faktoren 1 und 2 standardisiert sind ist deren Durchschnitt stets null.

Die Spalte Faktorenmatrix gibt das Ladungsmuster der Faktoren an. Die Ladung eines Faktors gibt Auskunft darüber, wie stark eine Variable auf den Faktor wirkt, bzw. wie hoch eine Variable auf den Faktor lädt. RZ MIV bzw. RZ ÖV stehen für die beiden Variablen Reisezeit MIV und Reisezeit ÖV.

### 4.2.2 Regressionsergebnisse

Tabelle 14 zeigt die Regressionsergebnisse für das Gravitationsmodell 2 mit der Auspendlerintensität als abhängige Variable, Tabelle 15 die Ergebnisse mit der Logit-Transformierten Auspendlerintensität. Die Ergebnisse sind nach Ballungsraum und Jahr sortiert. Der Übersichtlichkeit wegen sind die Signifikanzen (falls vorhanden) der einzelnen Werte durch Sterne (\*) angegeben. Tabelle

Tabelle 12 Resultate der Faktorenanalyse für Reisezeit MIV und Reisezeit ÖV

		Eigenwerte				Faktorenmatrix			
		Gesamt		% der Varianz		Faktor 1		Faktor 2	
		F1	F2	F1	F2	RZ MIV	RZ ÖV	RZ MIV	RZ ÖV
Zürich	1970	1.610	0.390	80.485	19.515	0.897	0.897	-0.442	0.442
	1980	1.736	0.264	86.800	13.200	0.932	0.932	-0.363	0.363
	1990	1.732	0.268	86.591	13.409	0.931	0.931	-0.366	0.366
	2000	1.741	0.259	87.026	12.974	0.933	0.933	-0.360	0.360
Glatttal	1970	1.820	0.180	91.017	8.983	0.954	0.954	-0.300	0.300
	1980	1.815	0.185	90.771	9.229	0.953	0.953	-0.304	0.304
	1990	1.795	0.205	89.739	10.261	0.947	0.947	-0.320	0.320
	2000	1.780	0.220	88.989	11.011	0.943	0.943	-0.332	0.332
Limmattal	1970	1.614	0.386	80.677	19.323	0.898	0.898	-0.440	0.440
	1980	1.683	0.317	84.146	15.854	0.917	0.917	-0.398	0.398
	1990	1.734	0.266	86.695	13.305	0.931	0.931	-0.365	0.365
	2000	1.743	0.257	87.159	12.841	0.934	0.934	-0.358	0.358
Bern	1970	1.700	0.300	85.009	14.991	0.922	0.922	-0.387	0.387
	1980	1.696	0.304	84.801	15.199	0.921	0.921	-0.390	0.390
	1990	1.725	0.275	86.243	13.757	0.929	0.929	-0.371	0.371
	2000	1.671	0.329	83.572	16.428	0.914	0.914	-0.405	0.405
Basel	1970	1.766	0.234	88.286	11.714	0.940	0.94	-0.342	0.342
	1980	1.648	0.352	82.393	17.607	0.908	0.908	-0.420	0.420
	1990	1.724	0.276	86.212	13.788	0.929	0.929	-0.371	0.371
	2000	1.758	0.242	87.906	12.094	0.938	0.938	-0.348	0.348
Genf	1970	1.795	0.205	89.745	10.255	0.947	0.947	-0.320	0.320
	1980	1.809	0.191	90.473	9.527	0.951	0.951	-0.309	0.309
	1990	1.779	0.221	88.947	11.053	0.943	0.943	-0.332	0.332
	2000	1.783	0.217	89.155	10.845	0.944	0.944	-0.329	0.329
Lausanne	1970	1.654	0.346	82.692	17.308	0.909	0.909	-0.416	0.416
	1980	1.646	0.354	82.289	17.711	0.907	0.907	-0.421	0.421
	1990	1.697	0.303	84.826	15.174	0.921	0.921	-0.390	0.390
	2000	1.710	0.290	85.496	14.504	0.925	0.925	-0.381	0.381

Tabelle 13 Minimum- und Maximumwerte für F1, F2 und die Auspendlerintensität

		F1		F2		Auspendlerintensität		
		min	max	min	max	min	max	Ø
Zürich	1970	-2.529	2.710	-2.980	3.296	0	91.93	8.18
	1980	-2.496	2.873	-3.482	2.552	0	90.80	10.47
	1990	-2.333	2.496	-2.985	2.572	0	75.42	11.51
	2000	-2.376	2.758	-2.830	3.319	0	70.26	11.80
Glatttal	1970	-2.242	2.385	-2.906	3.246	0	66.61	1.64
	1980	-2.387	2.387	-3.313	3.025	0	69.05	2.37
	1990	-2.332	2.740	-4.065	2.606	0	64.39	3.20
	2000	-2.246	2.844	-2.962	2.843	0	54.00	3.75
Limmattal	1970	-2.718	2.858	-2.753	2.673	0	59.58	1.29
	1980	-2.554	2.588	-2.841	2.603	0	54.36	1.46
	1990	-2.499	3.446	-2.929	3.403	0	48.19	1.86
	2000	-2.481	2.941	-2.892	2.700	0	41.58	2.01
Bern	1970	-2.617	4.807	-2.552	2.620	0	92.76	6.44
	1980	-2.553	4.585	-3.006	2.755	0	90.90	9.03
	1990	-2.391	4.521	-2.618	3.907	0	75.94	10.94
	2000	-2.705	3.625	-2.945	3.189	0	68.31	12.40
Basel	1970	-2.505	1.902	-2.649	2.818	0	91.57	8.19
	1980	-2.229	2.169	-2.661	2.535	0	88.93	10.98
	1990	-2.302	2.524	-2.928	3.033	0	71.29	12.09
	2000	-2.199	2.467	-2.902	3.391	0	67.56	12.05
Genf	1970	-2.331	1.897	-2.664	2.860	0	85.11	18.48
	1980	-2.546	1.930	-2.831	3.173	0	80.89	23.83
	1990	-2.710	1.976	-2.729	2.858	0	67.16	24.56
	2000	-2.342	2.129	-2.512	2.340	0	58.88	22.56
Lausanne	1970	-2.691	2.756	-3.182	3.624	0	87.84	9.66
	1980	-2.852	1.994	-3.500	2.671	0	83.85	12.71
	1990	-2.751	2.232	-3.490	2.492	0	68.44	14.44
	2000	-2.652	2.235	-3.137	2.856	0	60.52	16.10

Tabelle 14 Regressionsergebnisse für das Gravitationsmodell 2, API als abhängige Variable

		Reisezeit <sup>2</sup>						
		ber. R <sup>2</sup>	Konstante <sup>1</sup>	Faktor 1	Faktor 2	KG <sup>2</sup>	SG <sup>2</sup>	
Zürich	1970	0.920	-1.168	-0.490 ****	0.540 ****	0.056 ****		
	1980	0.901	11.882 ****	-0.456 ****	0.525 ****	-0.055 ***		
	1990	0.870	12.093 ****	-0.475 ****	0.512 ****	-0.036		
	2000	0.903	10.897 ****	-0.502 ****	0.500 ****	-0.022		
Glatttal	1970	0.530	-87.901 ****	-0.848 ****	0.018 ****	0.280 ****		
	1980	0.462	-49.869 ****	-0.790 ****	0.034	0.226 ****		
	1990	0.373	-23.853 ****	-0.710 ****	0.162 ****	0.189 ****		
	2000	0.397	-12.724 ****	-0.689 ****	0.220 ****	0.180 ****		
Limmattal	1970	0.716	-34.675 ****	-0.847 ****	0.001	-0.001		
	1980	0.635	-24.654 ****	-0.788 ****	0.005	-0.036		
	1990	0.579	-16.925 ****	-0.769 ****	-0.004	0.019		
	2000	0.552	-9.859 ****	-0.762 ****	-0.021	0.050		
Bern	1970	0.924	6.679 ****	-0.393 ****	0.434 ****	0.028	0.033 *	
	1980	0.884	7.618 ****	-0.561 ****	0.431 ****	-0.001	0.033	
	1990	0.907	10.094 ****	-0.622 ****	0.299 ****	-0.008	-0.005	
	2000	0.931	13.980 ****	-0.571 ****	0.251 ****	-0.025	-0.009	
Basel	1970	0.882	4.404	-0.314 ****	1.561 ****	-0.018	0.057 **	
	1980	0.813	18.585 ****	-0.435 ****	2.108 ****	-0.116 ***	0.090 ***	
	1990	0.807	10.819 ****	-0.676 ****	1.518 ****	-0.103 ***	0.051	
	2000	0.857	7.747 ****	-0.621 ****	0.936 ****	-0.040	0.049 *	
Genf	1970	0.885	4.637 *	-0.931 ****	1.059	-0.039		
	1980	0.888	24.251 ****	-0.895 ****	0.736	-0.124 ****		
	1990	0.883	30.995 ****	-0.811 ****	0.513 **	-0.190 ****		
	2000	0.820	25.096 ****	-0.791 ****	0.649	-0.131 ***		
Lausanne	1970	0.822	16.223 ****	-0.217 ****	1.087 ****	0.034		
	1980	0.819	15.863 ****	-0.354 ****	0.693 ****	0.320		
	1990	0.855	15.826 ****	-0.445 ****	0.562 ****	0.021		
	2000	0.868	16.774 ****	-0.464 ****	0.414 ****	0.008		

<sup>1</sup> unstandardisierter Koeffizient B<sup>2</sup> standardisierter Koeffizient Beta

Signifikanzniveaus: 10% \*, 5% \*\*, 1% \*\*\*, 0.1% \*\*\*\*

Tabelle 15 Regressionsergebnisse für das Gravitationsmodell 2, Logit-Transformierte API

		Reisezeit <sup>2</sup>								
		ber. R <sup>2</sup>	Konstante <sup>1</sup>		Faktor 1		Faktor 2		KG <sup>2</sup>	SG <sup>2</sup>
Zürich	1970	0.926	-3.144	****	-0.559	****	0.459	****	0.025	****
	1980	0.907	-2.221	****	-0.502	****	0.465	****	-0.086	****
	1990	0.870	-2.091	****	-0.545	****	0.405	****	-0.086	****
	2000	0.906	-2.106	****	-0.549	****	0.365	****	-0.081	****
Glatttal	1970	0.628	-10.289	****	-0.865	****	0.055		0.169	*
	1980	0.564	-7.060	****	-0.788	****	0.065	**	0.077	
	1990	0.526	-5.135	****	-0.719	****	0.193	****	0.031	
	2000	0.604	-4.386	****	-0.713	****	0.226	****	0.019	***
Limmattal	1970	0.852	-7.571	****	-0.872	****	0.119	****	0.072	**
	1980	0.783	-6.882	****	-0.854	****	0.112	****	0.058	****
	1990	0.774	-6.193	****	-0.879	****	0.095	****	0.125	****
	2000	0.771	-5.543	****	-0.875	****	0.082	****	0.120	**
Bern	1970	0.924	-2.827	****	-0.432	****	0.658	****	0.034	0.001
	1980	0.917	-2.630	****	-0.579	****	0.550	****	-0.003	0.001
	1990	0.925	-2.393	****	-0.693	****	0.374	****	-0.009	* -0.048 ***
	2000	0.933	-2.043	****	-0.650	****	0.407	****	-0.030	-0.08 ***
Basel	1970	0.885	-2.858	****	-0.344	****	0.648	****	-0.018	*** 0.028
	1980	0.819	-1.946	****	-0.480	****	0.436	****	-0.109	**** 0.55 *
	1990	0.827	-2.034	****	-0.678	****	0.238	****	-0.125	** -0.006
	2000	0.882	-2.268	****	-0.672	****	0.322	****	-0.068	** -0.009
Genf	1970	0.899	-2.271	****	-0.925	****	-0.052		-0.080	****
	1980	0.883	-1.260	****	-0.883	****	-0.062	*	-0.147	****
	1990	0.676	-0.726	****	-0.543	****	0.153	***	-0.344	****
	2000	0.811	-1.115	****	-0.730	****	0.060		-0.204	
Lausanne	1970	0.859	-2.023	****	-0.256	****	0.753	****	0.023	
	1980	0.854	-1.864	****	-0.385	****	0.683	****	0.007	
	1990	0.880	-1.761	****	-0.482	****	0.591	****	-0.020	**
	2000	0.888	-1.655	****	-0.500	****	0.557	****	-0.043	****

<sup>1</sup> unstandardisierter Koeffizient B<sup>2</sup> standardisierter Koeffizient Beta

Signifikanzniveaus: 10% \*, 5% \*\*, 1% \*\*\*, 0.1% \*\*\*\*

Abbildung 19 zeigt die zeitliche Veränderung des Parameters für den Faktor 1 für die einzelnen Ballungszentren seit 1970 auf Basis der Ergebnisse aus Tabelle 14.

Abbildung 19 Parameterentwicklung für den Faktor 1 seit 1970 basierend auf den Ergebnissen aus Tabelle 14

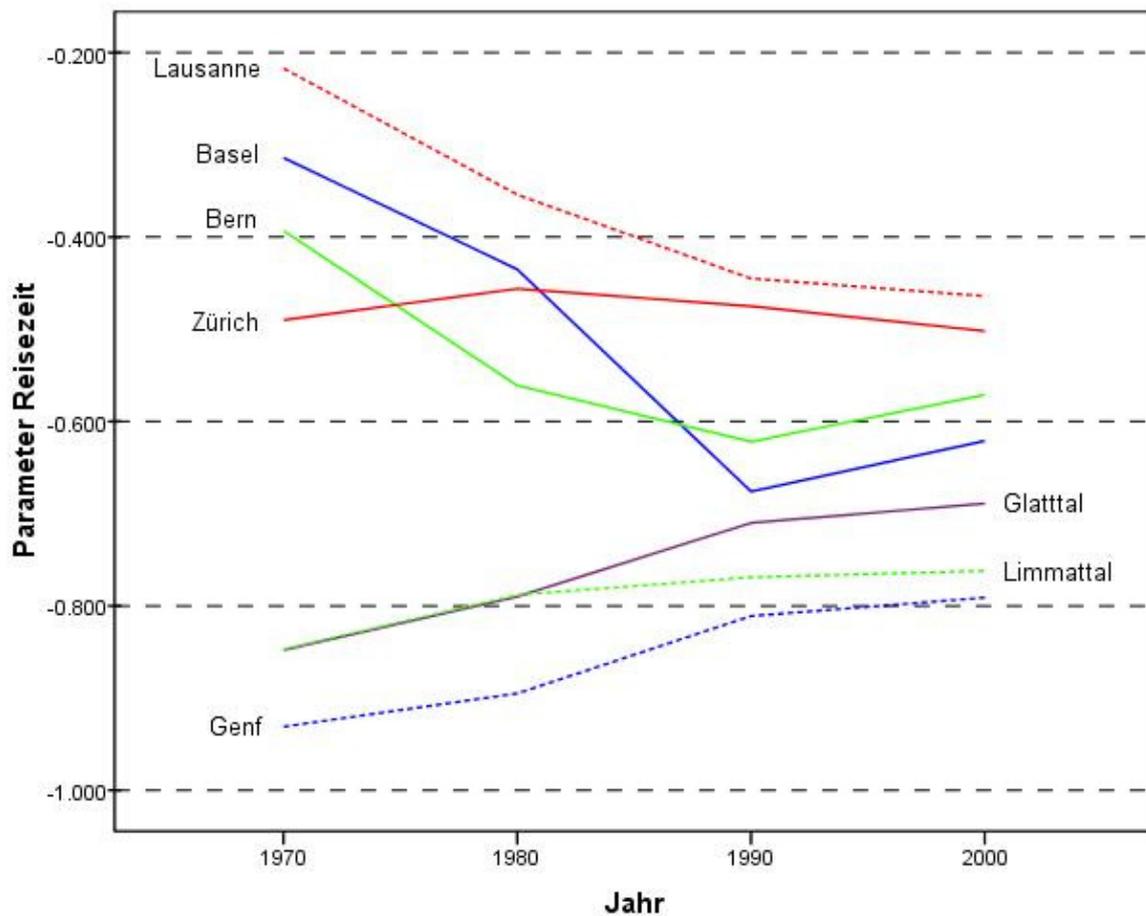
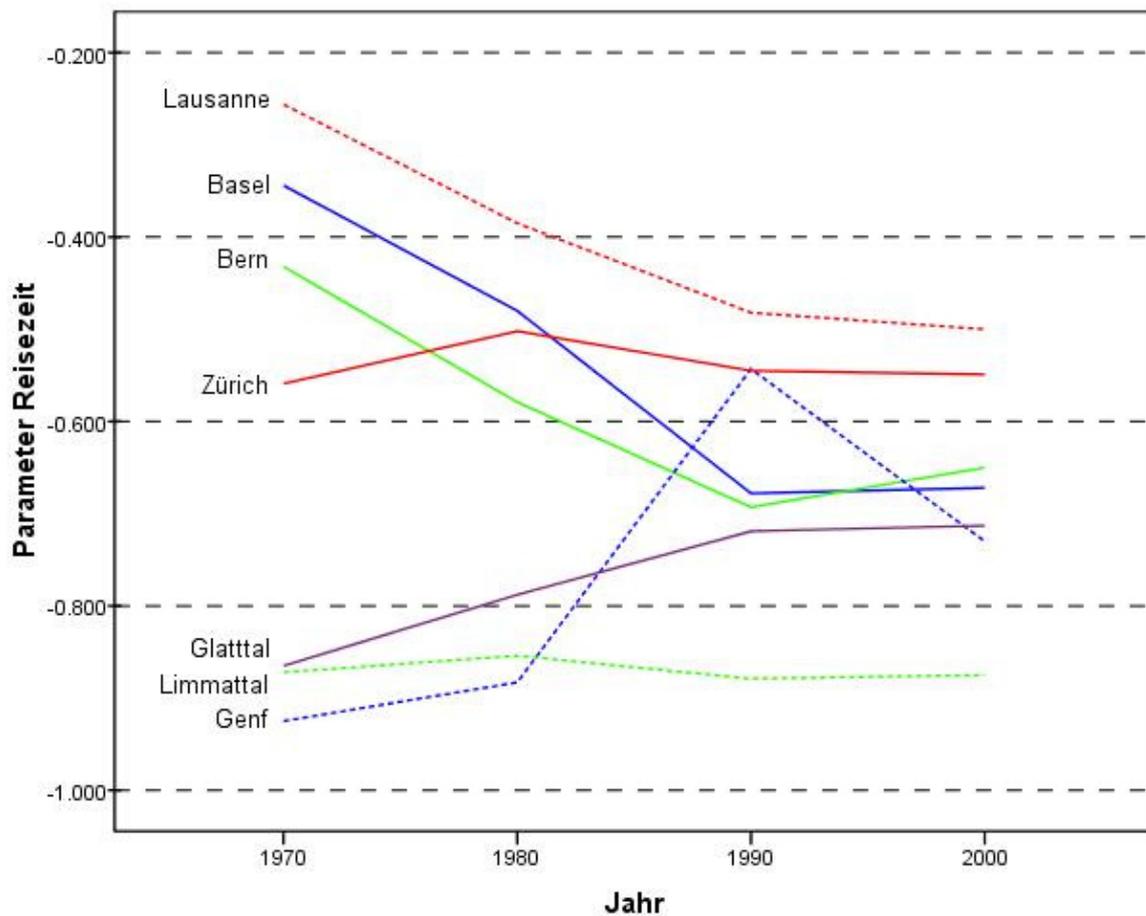


Abbildung 20 zeigt die zeitliche Veränderung des Parameters für den Faktor 1 für die einzelnen Ballungszentren seit 1970 auf Basis der Ergebnisse aus Tabelle 15.

Abbildung 20 Parameterentwicklung für den Faktor 1 seit 1970 basierend auf den Ergebnissen aus Tabelle 15



## **5 Bewertung und Ausblick**

### **5.1 Diskussion der Methoden und Verfahren**

Im Grossen und Ganzen haben sich die gewählten Methoden und Verfahren für eine Arbeit in diesem Rahmen bewährt. Die Gravitationsmodelle wurden bewusst auf wenige Variablen beschränkt. Mit einem grösseren Zeitbudget könnten die Modelle um einige Variablen erweitert und somit verfeinert werden. Die Anzahl PKW's pro 1000 Einwohner einer Gemeinde hätten zum Beispiel ebenso mit einbezogen werden können wie auch die Erreichbarkeit. Mit der in Kapitel 3.3 getroffenen Wahl wurde auf die für die Problemstellung relevantesten Variablen fokussiert. Die Variable Sprachgrenzenübertritt hat allerdings durch die Definition der Einzugsgebiete stark an Aussagekraft verloren. Dadurch, dass lediglich für die Ballungsräume Bern und Basel Sprachgrenzenübertritte registriert wurden, lassen sich die Ergebnisse nur schlecht vergleichen bzw. interpretieren.

### **5.2 Diskussion der Ergebnisse**

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse diskutiert. Es gilt, die Plausibilität der ermittelten Parameter zu überprüfen, zu interpretieren und mit den verschiedenen Ballungsräumen zu vergleichen. Tabelle 16 soll zum Verständnis der Kapitel 5.2.1 bis 5.2.4 beitragen, da dort immer wieder auf die hier dargestellten Zahlen zurückgegriffen wird. Die Spalten Reisezeit MIV und ÖV zeigen die durchschnittlichen Reisezeiten im Einzugsgebiet der Ballungsräume (im Vergleich zu Tabellen 5 und 6, welche alle Schweizer Gemeinden umfassen). Die Spalte Total Erwerbstätige gibt an, wie viele Erwerbstätige aus dem Einzugsgebiet und dem Ballungszentrum selbst im Ballungszentrum beschäftigt sind. Dieser Wert ist nicht gleichzusetzen mit der totalen Anzahl an Arbeitsplätzen in den jeweiligen Ballungszentren. Nicht enthalten sind Arbeitsplätze die von Erwerbstätigen ausserhalb des Einzugsgebiets besetzt werden. Die Spalte Einpendler gibt an, wie viele Erwerbstätige von der Gesamtzahl ins Ballungszentrum einpendeln, also aus dem Einzugsgebiet stammen.

Tabelle 16 Mittlere Reisezeiten, Anzahl Erwerbstätiger und Anzahl Einpendler seit 1970

		Reisezeit MIV	Reisezeit ÖV	Total Erwerbstätige <sup>1</sup>	davon Einpendler <sup>1</sup>
Zürich	1970	40	67	299	89
	1980	34	61	301	125
	1990	34	59	303	150
	2000	34	64	302	161
Glatttal	1970	50	95	38	15
	1980	42	88	49	25
	1990	40	82	67	41
	2000	40	91	76	53
Limmattal	1970	42	85	21	76
	1980	38	79	25	10
	1990	36	74	33	19
	2000	36	81	33	22
Bern	1970	31	58	117	39
	1980	26	55	123	57
	1990	26	54	127	72
	2000	26	64	125	77
Basel	1970	38	64	144	42
	1980	31	61	134	53
	1990	29	62	127	61
	2000	29	66	111	55
Genf	1970	28	61	121	39
	1980	29	58	120	54
	1990	29	56	121	60
	2000	29	60	111	57
Lausanne	1970	28	61	83	22
	1980	26	52	80	28
	1990	25	56	83	38
	2000	26	58	76	40

<sup>1</sup> in Tausend

### 5.2.1 Diskussion der Ergebnisse zu Gravitationsmodell 1 (Tabelle 9)

Das Bestimmtheitsmass  $R^2$  ist ein Mass für den linearen Zusammenhang zwischen den Variablen, es misst den Anteil der erklärten Streuung an der gesamten Streuung. Die Werte von  $R^2$  liegen zwischen 0 und 1, wobei 1 einen perfekten linearen Zusammenhang und 0 überhaupt keinen Zusammenhang bedeuten.

Nach Analyse der Linearität in Kapitel 3.5 wurden für die Bestimmtheitsmasse der einzelnen Regressionen eher hohe Werte erwartet (da eine Linearität gefunden wurde). Betrachtet man nun die Ergebnisse, so sieht man dass mit Ausnahme von den Ballungszentren Glatt- und Limmattalstadt für alle Regressionen Werte von  $>0.734$  erzielt wurden. Dies bedeutet, dass jeweils mindestens 73,4% der Streuung durch die untersuchten Variablen erklärt werden können und deckt sich somit mit den Erwartungen.

Die  $R^2$ -Werte für die Glatt- und Limmattalstadt sind deutlich tiefer, sie liegen zwischen 0.362 und 0.675. Weiter fällt auf dass im Vergleich zu den anderen Ballungszentren die  $R^2$ -Werte im Laufe der Zeit abgenommen haben. Dieser Effekt könnte dadurch zustande gekommen sein, dass für diese beiden Ballungszentren mit Durchschnittsreisezeiten sowie der Summe der Anzahl Erwerbstätigen und der Anzahl Pendler gerechnet wurde, da sich diese Ballungszentren aus verschiedenen Gemeinden zusammensetzen, und nicht aus einer einzigen Kernstadt bestehen.

Die Ergebnisse des Kolmogoroff-Smirnov-Tests (Tabelle 11) zeigen, dass die Residuen grösstenteils der Normalverteilung folgen. Für die Glatttalstadt und Basel scheint die Annahme der Normalverteilung jedoch nicht gerechtfertigt. In Basel könnte die Ursache darin liegen, dass für die Untersuchung nur Schweizer Gemeinden berücksichtigt wurden. Die Nähe Basels zu Deutschland und Frankreich könnte die beobachtete Verteilung erklären. Die Ursache für die Verteilung für die Glatttalstadt bleibt unklar. Für eine genauere Untersuchung der Ursachen fehlte allerdings die Zeit und muss in einer weiteren Arbeit untersucht werden

Die Histogramme in Kapitel 4.1.2 bilden die Häufigkeitsverteilung der unstandardisierten Residuen ab. Die Histogramme zeigen, dass vor allem für die Glatttal- und Limmattalstadt eine eher linkslastige Verteilung zu erkennen ist, die Abweichung ist allerdings nicht so dramatisch als dass die Annahme der Normalverteilung verworfen werden müsste.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der einzelnen Ballungsräume analysiert und miteinander verglichen. Wichtig für das Verständnis ist der Zusammenhang zwischen den Parametern und dem Raumwiderstand. Nehmen die Parameter über die Zeit ab, so steigt der Raumwiderstand.

## **Zürich**

Betrachten wir die Ergebnisse für den Ballungsraum Zürich, so stellen wir für den Zeitraum von 1970 bis 1990 eine Zunahme für den Beta-Wert der Variable Reisezeit MIV fest, danach sinkt er wieder. Die Zunahme zwischen 1970 und 1980 kann wohl durch den Bau von Autobahnen erklärt werden, welche vor allem in den 70er-Jahren flächendeckend erbaut wurden. Sie verkürzten die Reisezeiten im MIV vor allem für weiter entfernte Gemeinden massiv. 1970 lag die durchschnittliche Distanz (gemessen in Reisezeit im MIV) der Gemeinden im Einzugsgebiet zum Ballungsraum noch bei 40 Minuten, 1980 waren es noch 34 Minuten (-15%). Dieses Näherrücken der Gemeinden zum Ballungszentrum hin führte dazu, dass auch aus weiter entfernten Gemeinden immer mehr Erwerbstätige nach Zürich pendelten (siehe Tabelle 16). Mit anderen Worten formuliert hat der Raumwiderstand durch den Bau von Autobahnen abgenommen. Zwischen 1980 und 1990 bleibt der Beta-Wert mehr oder weniger konstant. Diese Stagnation könnte auf die sich ebenfalls nicht (oder nur minimal) verändernde Reisezeit zurückzuführen sein. Dies erklärt aber noch nicht die Zunahme des Raumwiderstandes zwischen 1990 und 2000.

Ab 1980 sind andere Effekte als die Veränderung der Reisezeit für das Verhalten der Beta-Werte verantwortlich. Durch die Entwicklung der Glatttal- und Limmattalstadt bildeten sich zwei neue Ballungszentren in der Agglomeration von Zürich. Diese beiden Ballungsräume erlebten zwischen 1970 und 2000 zusammengenommen einen beinahe gleichstarken Zuwachs an Einpendlern wie das Ballungszentrum Zürich. Die Glatttal- und Limmattalstadt konnten an Attraktivität gewinnen und führten so zu einer veränderten Wahrnehmung des Raumwiderstandes im Einzugsgebiet von Zürich. Diese Änderung in der Wahrnehmung bewirkte nach 1980, dass der positive Effekt der abnehmenden Reisezeiten auf den Raumwiderstand zunehmend abgeschwächt und nach 1990 sogar völlig aufgehoben wurde, was zu der Abnahme des Beta-Wertes führte.

Die Entstehung der beiden Ballungszentren Glatt- und Limmattalstadt führten zudem zu einem Wandel in der Raumstruktur von Zürich. Arbeiteten 1970 noch rund 92% der Zürcher Erwerbstätigen in der Stadt selbst, waren es 2000 nur noch 70.2%. Auch für das gesamte Einzugsgebiet betrachtet ergibt sich ein ähnliches Bild. 1970 stammten 70.2% der in Zürich arbeitnehmenden Erwerbstätigen aus der Stadt selbst, im Jahr 2000 waren es nur noch 46.6%.

Dies impliziert eine Zunahme der Einpendler (Vergleiche mit Tabelle 16), da die Gesamtzahl der im Ballungszentrum Zürich arbeitenden Erwerbstätigen (Einpendler und ansässige Erwerbstätige) über die Jahre konstant blieb. In welchem Masse die Veränderung der Raumstruktur Einfluss auf den Raumwiderstand hat bleibt zu untersuchen. Ich kann mir aber vorstellen, dass sich vor allem die Tatsache dass die Gesamtzahl der in Zürich arbeitenden Erwerbstätigen über die Jahre konstant blieb, negativ auf den Raumwiderstand auswirkte, denn letztendlich bedeutet dies nichts anderes als dass im Zeitraum 1970 - 2000 keine neuen Arbeitsplätze geschaffen wurden, es fand nur eine Verlagerung zugunsten der Einpendler statt.

Ein weiterer Grund für die Zunahme des Raumwiderstandes könnte in der Entwicklung der Beta-Werte für die Kantonsgrenzenüberschreitung gesehen werden. Die signifikanten Werte aus den Jahren 1970 und 1980 deuten einen Trend zu einem negativen Wert hin an. Hält dieser Trend nach 1980 an, so führt ein zunehmend negativer Wert dazu, dass der Raumwiderstand jenseits der Kantonsgrenzen je länger je mehr zunimmt. Da rund zwei Drittel der Gemeinden im Einzugsgebiet von Zürich in anderen Kantonen liegen, könnte dieser Effekt auch Auswirkungen auf die Entwicklung der Beta-Werte der Variable Reisezeit MIV gehabt haben.

### **Glatt- und Limmattalstadt**

Betrachten wir die Ergebnisse für die die beiden Ballungsräume Glatttal- und Limmattalstadt, so stellen wir fest, dass sowohl die absoluten Beta-Werte der Variable Reisezeit MIV als auch die Bestimmtheitsmasse der Regressionen deutlich tiefer sind als bei den restlichen Ballungszentren. Der Grund für die niedrigen  $R^2$ -Werte könnte wie weiter oben bereits beschrieben in den verwendeten Durchschnittswerten liegen (da die Ballungsräume mehrere Gemeinden umfassen). Die niedrigen Beta-Werte deuten im Vergleich zu den Ballungszentren mit einer Kernstadt einen generell niedrigeren Raumwiderstand an. Grund für diesen Unterschied könnte die unterschiedliche Entwicklungsgeschichte der Ballungsräume sein. Die Ballungsräume mit einer Kernstadt bestehen seit Jahrhunderten, die Einzugsgebiete haben sich vor allem in den letzten 40 Jahren mit den Ballungszentren zusammen entwickelt. Die Glatttal- und Limmattalstadt aber entwickelten sich erst in den letzten 40 Jahren zu Ballungsräumen. Sie hatten somit den Vorteil, dass sie einerseits auf bereits bestehende Infrastrukturen (Strassen und Schienen) und Verhaltensformen (wie zum Beispiel dem Pendlerverhalten) aufbauen konnten und dass sie andererseits von ihrer geografischen Lage her von der Vorarbeit des Ballungszentrums Zürich profitieren konnten, da sich sowohl die Glatttal- als auch die Limmattalstadt in bereits in Bezug auf Zürich gut

entwickelten Agglomerationsräumen befinden (siehe auch Kapitel 3.2.3). Für viele Erwerbstätige im Einzugsgebiet erscheinen nun die Glatttal- oder Limmattalstadt attraktiver als Zürich, da dort erstens durch die rasante Entwicklung immer mehr Arbeitsplätze entstehen (es scheint fast so als ob die Schaffung von Arbeitsplätzen von Zürich in die Glatt- und Limmattalstadt ausgelagert wurden) und zweitens die Reisezeiten für viele Pendler kürzer sind, da sich die beiden Ballungsräume an bestehenden Hauptverkehrsachsen sowohl des Strassen- als auch des Schienenverkehrs nach Zürich befinden. Letztendlich führt die hohe Attraktivität der Glatttal- und Limmattalstadt zu einem im Vergleich zu den Ballungsräumen mit Kernstadt sehr niedrigen Raumwiderstand.

Die Entwicklung der Raumwiderstände für die beiden Ballungsräume deutet aber darauf hin, dass diese Vorteile im Laufe der Zeit wohl wieder abgebaut und sich die Raumwiderstände in den nächsten Jahrzehnten denjenigen der Ballungsräume mit Kernstadt annähern werden. Nach einer einmaligen Abnahme zwischen 1970 und 1980 steigt in der Glatttalstadt der Raumwiderstand kontinuierlich an, ab 1980 zuerst langsam, nach 1990 aber schon deutlich schneller. Hält dieser Trend an, dürfte der Raumwiderstand der Glatttalstadt bereits in rund 20 Jahren an die höheren Werte angepasst sein.

Für die Limmattalstadt nimmt zwar der Raumwiderstand über die betrachteten Jahre stets ab, es lässt sich aber eine deutliche Verlangsamung der Abnahme feststellen. Hält der Trend an und entwickelt sich ähnlich wie bei der Glatttalstadt, so wird sich der Raumwiderstand wohl dahingehend entwickeln, dass er von 2000 bis 2010 etwa konstant bleibt und danach wieder kontinuierlich ansteigt bis er sich ebenfalls an die höheren Werte der Ballungsräume mit Kernstadt angepasst hat. Ob sich die Raumwiderstände allerdings tatsächlich so verhalten bleibt abzuwarten und wird zu einem späteren Zeitpunkt eruiert werden müssen.

Betrachten wir die Beta-Werte der Variable Kantonsgrößenübertritt, so ergeben sich für die beiden Ballungsräume zwei unterschiedliche Bilder. Die signifikanten Werte für die Limmattalstadt stimmen mit den (negativen) Erwartungen überein, die positiven Werte für die Glatttalstadt scheinen auf den ersten Blick nicht plausibel. Ein Grund für die Unterschiede könnte sein, dass sich die Limmattalstadt vollständig auf Zürcher Kantonsgebiet befindet, die Glatttalstadt allerdings nur zu einem Teil. Die Gemeinden Spreitenbach und Killwangen liegen im Kanton Aargau. Für die Analyse der Daten wurde die Glatttalstadt aber vollständig dem Kanton Zürich zugeordnet. Aargauer Erwerbstätigen in der Glatttalstadt wird folglich ein Kantonsgrößenübertritt angerechnet, auch wenn sie den Kanton nicht verlassen, hingegen werden die Arbeitnehmer aus dem Kanton Zürich so behandelt, als ob sie nie den Kanton verlassen würden (was für Killwangen und Spreitenbach falsch ist). Diese Vereinfachung der

Realität könnte zu den vorliegenden Unterschieden geführt haben. Die Entwicklung der Beta-Werte für die Glatttalstadt verläuft umgekehrt zu derjenigen der Beta-Werte für die Reisezeit. Dies scheint ebenfalls nicht wirklich plausibel zu sein, da eine Abnahme bei der Reisezeit eine Zunahme des Raumwiderstandes bedeutet, was sich meiner Meinung nach wiederum darin äussern müsste, dass die Grenzüberschritte eine hemmendere Wirkung haben (der Beta-Wert müsste also Abnehmen, tatsächlich nimmt er aber zu). Die Ursachen für diesen Verlauf bleiben zu untersuchen. Bei der Limmattalstadt sieht es anders aus. Das Vorzeichen ist negativ, wie es erwartet wurde. Der Verlauf der signifikanten Werte scheint aber auch hier nicht plausibel, er verhält sich umgekehrt zu meinen Erwartungen.

### **Bern**

Schauen wir uns die Ergebnisse für den Ballungsraum Bern an, so fällt auf, dass sich die Beta-Werte für die Variable Reisezeit MIV ähnlich wie bei Zürich verhalten. Zwischen 1970 und 1990 stellen wir eine Zunahme fest, wobei die grösste Rate auf den Zeitraum 1970 - 1980 fällt, nach 1990 beginnt der Raumwiderstand wieder zuzunehmen. Die Zunahme bis 1980 dürfte wohl ebenfalls auf den Bau von Autobahnen und allgemein den Ausbau des Strassennetzes zurückzuführen sein. Nach 1980 ist der Wert mehr oder weniger konstant (nur minimale Ab- bzw. Zunahme). Diese Erscheinung kann ev. durch Tabelle 14 erklärt werden. Nach 1980 fand in der durchschnittlichen Reisezeit kaum eine Veränderung statt, im MIV blieb sie gleich, für den ÖV nahm sie sogar zu. Ähnlich wie in Zürich blieb auch in Bern die totale Anzahl Erwerbstätiger aus dem Einzugsgebiet mehr oder weniger konstant, der starke Zuwachs an Einpendler konnte nur auf Kosten der Stadtberner gehen, welche ihren Arbeitsplatz immer häufiger ausserhalb von Bern haben. Ich kann mir vorstellen, dass hier eine ähnliche Entwicklung stattfindet wie in der Region Zürich. Die Stadt Bern selbst scheint arbeitsplatzmässig am Maximum angelangt, dafür entstehen immer mehr Arbeitsplätze in der nahen Agglomeration wie Ostermundigen oder Zollikofen. Dies bewirkt dass viele Erwerbstätige aus Bern nun in der Agglomeration arbeiten, da sich die Reisezeiten für sie oftmals kaum unterscheiden oder sogar kürzer sind (vor allem für Erwerbstätige am Stadtrand oder in der Nähe eines Autobahnanschlusses oder Bahnhofs). Im Gegenzug besetzen Erwerbstätige aus weiter entfernten Gemeinden aus dem Einzugsgebiet die Arbeitsplätze in Bern. Im Unterschied zu Zürich kann in Bern jedoch kein neuer Ballungsraum entdeckt werden, vielmehr scheint es sich hier um einen Effekt des Wachstums von Bern zu handeln, der ständig wachsende Platzmangel für Neubauten zwingt viele Unternehmen auf die Gemeinden der nahen Agglomeration auszuweichen.

Die (signifikanten) Beta-Werte für die Variablen Kantons- und Sprachgrenzenübertritt scheinen nicht wirklich plausibel, die Erwartungen (negatives Vorzeichen) konnten nicht erfüllt werden. Betrachtet man aber auch die nicht-signifikanten Werte, so fällt auf, dass sie sich immer mehr dem Wert null annähern. Folglich haben diese beiden Variablen seit 1970 konstant an Einfluss verloren. Auf die Erwerbstätigen im Einzugsgebiet gespiegelt bedeutet dies, dass der Einfluss der Kantonszugehörigkeit oder der Muttersprache auf die Arbeitsplatzortswahl zunehmend schwindet. Der Kantönligeist scheint zu verschwinden, das Denken findet zunehmend auf nationaler Ebene statt (Vereinheitlichung des Schulwesens etc.), durch das obligatorische Erlernen einer Fremdsprache in der Grundschule scheint auch die Sprachbarriere immer kleiner zu werden.

### **Basel**

Betrachten wir die Ergebnisse für den Ballungsraum Basel, so erkennen wir ein ähnliches Bild wie bei Zürich oder Bern, der Beta-Wert für die Variable Reisezeit MIV nimmt über die Jahre 1970 - 1990 zu, im Jahre 2000 fällt er wieder nach unten. Die Zunahme zwischen 1970 und 1980 kann wohl wieder durch den Bau von Autobahnen erklärt werden, die durchschnittliche Reisezeit reduzierte sich von 38 Minuten (1970) auf 31 Minuten (1980), das entspricht einer Abnahme von -18,4%. Die Zunahme zwischen 1980 und 1990 ist im Vergleich zum vorigen Jahrzehnt schwächer und ist wohl auf die weitere Reduktion der Reisezeiten zurückzuführen. Für dieses Jahrzehnt ist auch eine signifikante Veränderung des Einflusses der Variable Kantonsgrenzenübertritt festzustellen, es scheint als ob das Überschreiten der Kantonsgrenze zunehmend hemmender wirkt, der Raumwiderstand erhöht sich beim Grenzübertritt. Diese Entwicklung kann eventuell dadurch erklärt werden dass mit abnehmender Reisezeit auch immer mehr Pendler aus anderen Kantonen einpendeln und dadurch die Variable mehr Einfluss gewinnt (durch stärkere Gewichtung). Zwischen 1990 und 2000 ist eine Zunahme des Raumwiderstandes zu erkennen, welche sich in einer deutlichen Abnahme der Einpendler äussert. Diese Zunahme könnte dadurch ausgelöst worden sein, dass durch die stetige Abnahme des Raumwiderstandes zwischen 1970 und 1990 viele Gemeinden im Einzugsgebiet eine starke Bevölkerungszunahme verbuchen konnten. Dies könnte zu mehr Arbeitsplätze in den jeweiligen Gemeinden geführt haben, was sich letztendlich darin äussert, dass die Auspendlerintensität dieser Gemeinden wieder abgenommen hat.

Was die Beta-Werte der Variable Sprachgrenzübertritte betrifft, scheinen die Ergebnisse nicht wirklich plausibel. Erwartet wurde ein negativer Wert (da eine unterschiedliche Sprache als Hemmnis gewertet wurde), herausgekommen ist aber ein Positiver. Die Ergebnisse können

vielleicht mit der Nähe Basels zu Frankreich und dessen nationaler Bedeutung als Standort der Chemie- und Pharmaindustrie erklärt werden. Viele Unternehmen werden wahrscheinlich gezielt französischsprachige Mitarbeiter gesucht haben, unter anderem befindet sich der Flughafen Basel-Mulhouse auf französischem Staatsgebiet. Betrachtet man alle Beta-Werte (also auch die nicht signifikanten), so blieb der Einfluss der Amtssprache über die Jahre mehr oder weniger konstant. Die signifikanten Werte alleine sprechen aber für eine Abnahme des Einflusses, ob dies mit einer zunehmenden Zweisprachigkeit der Bevölkerung (obligatorischer Fremdsprachunterricht in der Grundschule und somit zunehmend abnehmendes Bedürfnis an Arbeitnehmern französischer Muttersprache) zusammenhängt, bleibt abzuklären.

### **Genf**

Betrachten wir die Ergebnisse für den Ballungsraum Genf, so erkennen wir über den gesamten Zeitraum eine konstante Zunahme des Beta-Wertes der Variable Reisezeit MIV um 3-5%, eine Wende scheint in absehbarer Zeit nicht einzutreffen, ein Trend bezüglich einer Verlangsamung der Abnahme des Raumwiderstands ist auch nicht zu erkennen. Der Grund für die stetige Abnahme des Widerstandes zu eruieren scheint schwierig, die Reisezeiten haben sich über den beobachteten Zeitraum kaum verändert, und wenn, dann haben sie zugenommen. Trotzdem nimmt der Beta-Wert mit der Zeit zu, was eine stetige Abnahme des Raumwiderstandes bedeutet.. Ein möglicher Grund für diesen scheinbar unplausiblen Verlauf kann in den Jahren vor 1970 gefunden werden. Zwischen Genf und Lausanne entstand bis 1964 die erste Autobahn der Schweiz, die grössten Veränderungen bezüglich der Reisezeiten haben also bereits zwischen 1960 und 1970 stattgefunden und konnten mit dem in dieser Arbeit gewählten Zeitraum nicht mehr beobachtet werden. Im Gegensatz zu Genf wurden der Grossteil der Autobahnabschnitte der anderen Ballungsräume erst ab den 70ern eröffnet, deshalb konnten für diese Regionen auch viel stärkere Abnahmen der Reisezeiten beobachtet werden. Dies erklärt zwar, warum die Änderung des Beta-Wertes zwischen 1970 und 1980 nicht auf die Änderung der Reisezeiten im selben Zeitraum zurückgeführt werden kann, den Verlauf nach 1980 erklärt das aber noch nicht. Ein möglicher Grund für die stetige Zunahme der Beta-Werte könnte in der Bedeutung Genfs für die Westschweiz liegen. Genf ist das bedeutendste Wirtschafts- und Verwaltungszentrum der Westschweiz und ist (europäischer) Hauptsitz vieler multinationaler Unternehmen und internationaler Organisationen. Dieser Status könnte dazugeführt haben, dass der Einfluss der Reisezeit auf den Raumwiderstand mit der Zeit abgenommen hat, bzw. der Einfluss der Reisezeit durch die steigende (wirtschaftliche und politische) Bedeutung des Ballungszentrums gedämpft wurde und somit der Raumwiderstand abgenommen hat.

Die signifikanten Beta-Werte der Variable Kantonsgrenzenübertritt deuten eine Abnahme ihres Einflusses auf den Raumwiderstand an, dennoch bleibt der Einfluss im Vergleich zu anderen Ballungszentren relativ hoch. Ein Grund könnte die geografische Lage von Genf sein, im Osten der Genfersee und im Westen und Süden die französische Grenze. Einziger direkt angrenzender Kanton ist Waadt, der mit Lausanne selbst über ein Wirtschaftszentrum nahe Genf verfügt. Diese interkantonale Konkurrenz könnte sich insofern negativ für Genf ausgewirkt haben, als dass der Raumwiderstand jenseits der Kantonsgrenze relativ stark zunimmt und so der Hauptanteil der Einpendler aus dem Kanton Genf selbst kommt.

### **Lausanne**

Im Zeitraum 1970 - 1980 nimmt für Lausanne der Beta-Wert der Variable Reisezeit MIV zwar zu, im Vergleich zu anderen Ballungsräumen aber nur relativ schwach. Nach 1980 sinkt der Wert konstant. Grund für die nur schwache Zunahme könnte wohl der gleiche sein wie bei Genf. Durch den Bau der Autobahn Genf-Lausanne in den 60er Jahren nahm der Raumwiderstand vor allem in dem Jahrzehnt vor der Beobachtungsreihe ab. Die minimale Zunahme der Beta-Werte bis 1980 kann wahrscheinlich durch den Anschluss Lausannes an weitere Autobahnabschnitte Ende der 70er und anfangs der 80er erklärt werden, die durchschnittliche Reisezeit vermochte dies jedoch nicht erheblich zu senken. Die ab 1980 eintretende Zunahme des Raumwiderstandes lässt sich wohl durch die gleichen Gründe erklären wie bereits in Basel, Bern oder Zürich. Durch die Abnahme des Raumwiderstandes bis zu Beginn der 80er Jahre stieg die Bevölkerung einiger Gemeinden im Einzugsgebiet rasant an. Dies führte zur Schaffung neuer Arbeitsplätze und der Bildung neuer Industriestandorte (ähnlich wie bei der Entstehung der Glatttal- und Limmattalstadt, nur in kleinerem Ausmass). Diese Gemeinden begannen nun selbst Erwerbstätige aus dem Einzugsgebiet Lausannes anzuziehen, durch die veränderte Verfügbarkeit von Arbeitsplätzen (aus geografischer Sicht) änderte sich auch die Wahrnehmungsempfindlichkeit gegenüber der Reisezeit, der Raumwiderstand stieg wieder an.

Die Ergebnisse bezüglich der Variable Kantonsgrenzenübertritt scheinen wieder unplausibel, da sie nicht mit den Erwartungen übereinstimmen. Dennoch lässt sich den signifikanten Werten ein abnehmender Verlauf entnehmen, somit scheint auch für Lausanne der Einfluss einer Kantonsgrenzenüberquerung auf den Raumwiderstand im Laufe der Zeit abzunehmen.

## 5.2.2 Diskussion der Ergebnisse zu Gravitationsmodell 1 (Tabelle 10)

Grundlage für dieses Kapitel ist das Kapitel 5.2.1. Viele Erkenntnisse und Interpretationsansätze die dort zu finden sind lassen sich auch hier anwenden. Es soll allerdings nicht alles nochmal wiederholt werden, sondern lediglich auf die Unterschiede in den Ergebnissen der Regressionen (Tabelle 9 und 10) eingegangen werden.

### **Zürich**

Im Grossen und Ganzen verhalten sich die Werte für Zürich in Tabelle 9 und 10 gleich. Die in Tabelle 9 aufgetretene Stagnation zwischen 1980 und 1990 kann nicht mehr beobachtet werden, es tritt eine weitere massive Zunahme des Beta-Wertes auf, welche wohl auf späte Auswirkungen des Autobahnbaus zurückzuführen sind. Die signifikanten Werte der Variable Kantonsgrößenübertritt scheinen die oben getroffene Vermutung bezüglich der Zunahme des Raumwiderstandes ab 1990 zu unterstützen, sie sind alle negativ.

### **Glatt- und Limmattalstadt**

Die Beobachtung aus Tabelle 9, dass die beiden Ballungsräume deutlich tiefere Bestimmtheitsmasse und Beta-Werte der Variable Reisezeit MIV aufweisen, kann in Tabelle 10 nur für die Glatttalstadt wiederholt werden. Die Limmattalstadt befindet sich von den Werten her im Bereich der anderen Ballungsräume. Der Grund für die Unterschiede könnte in der unterschiedlichen Grösse der Einzugsgebiete liegen (vergleiche Abbildung 3 und 4). Das Einzugsgebiet der Glatttalstadt ist deutlich grösser, was erstens zu dem niedrigeren Bestimmtheitsmass und zweitens zu dem allgemein niedrigeren Raumwiderstand geführt haben kann.

Die Entwicklung der Beta-Werte für die Reisezeit ist in Tabelle 9 und 10 sehr ähnlich, für die Variable Kantonsgrößenübertritt ergeben sich aber teils unterschiedliche Bilder. Der signifikante Wert (1970) für die Glatttalstadt ist zwar auch positiv, jedoch deutlich tiefer als in Tabelle 9. Die Werte für die Limmattalstadt lassen sich nicht direkt vergleichen, da Tabelle 9 signifikante Werte für 1970 und 1980 liefert, Tabelle 10 für 1990 und 2000. Es kann jedoch ein unterschiedliches Vorzeichen festgestellt werden. Während die Werte aus Tabelle 9 den Erwartungen entsprechen sind die Werte aus Tabelle 10 wie für die Glatttalstadt positiv. Die positiven Werte können ev. durch die Grösse der Einzugsgebiete erklärt werden.

## **Bern**

Die Werte verhalten sich in etwa gleich wie in Tabelle 9. Die Entwicklung der Beta-Werte für die Reisezeit ist identisch. Die signifikanten Werte bezüglich Kantonsgrenzenübertritt (1970) sind auch praktisch gleich. Die Regression mit der logit-transformierten Auspendlerintensität liefert aber noch zwei weitere signifikante Werte (1990 und 2000). Diese sind negativ und entsprechen somit den Erwartungen. Auch für die Variable Sprachgrenzenübertritt konnten in Tabelle 10 für 1990 und 2000 signifikante, negative Werte ermittelt werden. Im Vergleich zu Tabelle 9 sind die Ergebnisse also plausibel, Kantonszugehörigkeit und Muttersprache wirken sich negativ auf den Raumwiderstand aus, wenn auch nur minim.

## **Basel**

Die Werte aus Tabelle 9 und 10 sind beinahe identisch und es bedarf keiner weiteren Analyse an dieser Stelle.

## **Genf**

Wie bereits für Basel sind sich auch für Genf die Werte sehr ähnlich. Es fällt aber auf, dass die Beta-Werte für die Reisezeit in Tabelle 10 allgemein leicht höher sind. Für die Kantonszugehörigkeit sind die signifikanten Werte (1990 und 2000) deutlich tiefer (rund 50%) und bleiben mehr oder weniger konstant, während in Tabelle 9 eine Abnahme festgestellt werden konnte. Diese Unterschiede wirken sich allerdings nicht auf die oben erfolgte Interpretation aus und gilt deshalb auch für Tabelle 10.

## **Lausanne**

Für Lausanne gilt wieder das Gleiche wie schon für Basel. Die Ergebnisse sind beinahe identisch, eine weitere Analyse erübrigt sich also.

### **5.2.3 Diskussion der Ergebnisse zu Gravitationsmodell 2 (Tabelle 14)**

Die Ergebnisse der Faktorenanalyse (Tabelle 12) zeigen, dass der Faktor 1 zwischen 80-91% der Varianz der beiden Variablen Reisezeit MIV und ÖV erklärt. Sie zeigen auch, dass die beiden Faktoren jeweils von beiden Variablen gleich stark geladen werden. Dies bedeutet dass die Beta-Werte für die Faktoren 1 und 2 in den Regressionsergebnissen nicht mehr so einfach zu interpretieren sind wie dies mit der einzelnen Variable Reisezeit MIV (siehe Kapitel 5.2.1

und 5.2.2) der Fall war. Die Änderungen der Beta-Werte ist nun zu gleichen Teilen auf die Entwicklung sowohl der Variable Reisezeit MIV als auch der Variable Reisezeit ÖV zurückzuführen. Da sich die (durchschnittlichen) Reisezeiten im ÖV im Vergleich zum MIV kaum verändert haben (siehe Tabellen 5, 6 und 16) gehe ich aber davon aus, dass vor allem die Reisezeit MIV für die Entwicklung der Beta-Werte verantwortlich ist. Wie bereits im Kapitel 3.4 erwähnt denke ich dass der ÖV weniger durch schnellere, sondern vor allem durch häufigere Verbindungen Einfluss auf den Raumwiderstand ausübt. Tabelle 14 zeigt deutlich, dass sich die Reisezeiten im ÖV in den letzten 40 Jahren zwar ständig verändert haben, über den gesamten Zeitraum betrachtet aber keine wesentliche Abnahme festgestellt werden kann. Um den Einfluss des ÖVs zu messen müsste man also nicht nur die Reisezeit untersuchen, sondern auch die Anzahl Verbindungen pro Tag oder die Taktfrequenz.

Die Regressions-Ergebnisse des zweiten Gravitationsmodells werden aus diesem Grund nicht mehr so ausgiebig diskutiert wie dies für das erste Gravitationsmodell der Fall war, da im Endeffekt zweimal dasselbe untersucht wurde, einfach auf zwei verschiedene Varianten. Das zweite Gravitationsmodell ist durch den zusätzlichen Einbezug der Reisezeit im ÖV (bzw. der Faktorisierung der Reisezeiten im MIV und ÖV) detaillierter, lässt sich aber auch schwerer interpretieren. Es sollen in diesem Kapitel deshalb vor allem die Unterschiede der beiden Modelle in Bezug auf die Variablen Sprach- und Kantonsgrenzenübertritt untersucht werden.

Für Zürich ist die Entwicklung des Beta-Wertes der Variable Kantonsgrenzenübertritt für beide Modelle gleich.

Für die Glatttalstadt weisen die Modelle unterschiedliche Verläufe auf. Während im zweiten Modell der Beta-Wert stetig abnimmt, nimmt er im Ersten ab 1980 wieder zu. Wie bereits in der Diskussion zum ersten Modell erwähnt, erschien mir die Zunahme nicht plausibel. Der Verlauf des zweiten Modells folgt eher den Erwartungen (das positive Vorzeichen kann immer noch nicht erklärt werden) und scheint daher plausibler. Der Beta-Wert nimmt ab, d.h. er strebt gegen null, was der allgemeinen Beobachtung eines abnehmenden Einflusses der Kantonszugehörigkeit auf den Raumwiderstand entspricht (unabhängig davon ob der Einfluss positiv oder negativ ist).

Für die Limmattalstadt und Bern ergaben die Regressionen im zweiten Modell keine signifikanten Werte, aus diesem Grund ist eine Beurteilung oder Vergleich mit dem ersten Modell nicht möglich.

Für Basel entwickeln sich die signifikanten Beta-Werte entgegengesetzt. Während im ersten Modell eine Abnahme festgestellt wurde, ergab das zweite Modell eine Zunahme. Auffällig an den Werten ist, dass sie sich aufeinander zu bewegen und sich scheinbar bei einem bestimmten Wert treffen. Dies könnte den unterschiedlichen Verlauf erklären, falls es sich dabei tatsächlich um eine Entwicklung zu einem gemeinsamen Grenzwert hin handelt.

Für Genf verlaufen die Beta-Werte in beiden Modellen gleich, jedenfalls für die Jahre in welchen für beide Modelle signifikante Werte vorhanden sind. Im zweiten Modell weist der Verlauf zwischen 1980 und 1990 eine Abnahme auf. Der Grund für die Abnahme könnte in Lausanne liegen. Der Anschluss Lausannes an weitere Autobahnabschnitte (siehe Kapitel 5.2.1) eröffnete vielen Waadtländern den Zugang zu neuen Arbeitsplätzen bzw. verkürzte die Reisezeiten und reduzierte somit den Raumwiderstand bezüglich anderen Arbeitsmärkten. Die Zunahme der Beta-Werte ab 1990 könnte dann dadurch erklärt werden, dass sich das Einzugsgebiet mit der Zeit an diese "Störung" angepasst hat und weiter anpassen wird. Der Beta-Wert dürfte demzufolge in Zukunft weiter zunehmen.

Für den Ballungsraum Lausanne unterscheiden sich die Vorzeichen der Beta-Werte der beiden Modelle. Wie bereits schon für die Glatttalstadt konnte in Kapitel 5.2.1 das positive Vorzeichen nicht erklärt werden, insofern erscheint der Wert aus Modell 2 plausibler, da er den Erwartungen entspricht. Grund für die unterschiedlichen Vorzeichen könnten die verschiedenen hohen Detaillierungsgrade der beiden Modelle sein.

Zusammenfassend lassen sich für die Variable Kantonsgrößenübertritt teils erhebliche Unterschiede zwischen den beiden Modellen feststellen. Die Beta-Werte aus dem zweiten Modell scheinen im Zweifelsfalle aber plausibler.

Bezüglich der Variable Sprachgrößenübertritt lässt sich Folgendes feststellen. Sowohl für Bern als auch für Basel sind die signifikanten Beta-Werte in beiden Modellen etwa gleich hoch. Für Bern ist auch der Verlauf (unter Einbezug der nicht-signifikanten Werte) in beiden Modellen derselbe. Für Basel wurde mit dem zweiten Modell ein signifikanter Wert (1970) mehr gefunden als mit dem ersten Modell. Dieser Wert entspricht allerdings ebenfalls in etwa dem (nicht-signifikanten) Wert aus dem ersten Modell. Für die Variable Sprachgrößenübertritt lassen sich also keine generellen Unterschiede zwischen den beiden Modellen feststellen.

#### 5.2.4 Diskussion der Ergebnisse zu Gravitationsmodell 2 (Tabelle 15)

Auch hier sollen nur die Ergebnisse bezüglich der Variablen Kantons- und Sprachgrenzenübertritt diskutiert werden, die meisten Aussagen aus vorangegangenem Kapitel lassen sich auch hier machen, um nicht alles zu wiederholen wird allerdings darauf verzichtet.

Die Werte für Zürich ergänzen sich mit Tabelle 14 und entsprechen somit ebenfalls der bereits beobachteten Entwicklung.

Für die Glatttalstadt weisen die signifikanten Werte die gleiche Entwicklung wie in Tabelle 14 auf, die Werte sind aber deutlich tiefer.

Im Vergleich zu Tabelle 14 liefert die Regression mit der logit-transformierten abhängigen Variable für die Limmattalstadt signifikante Werte. Diese ähneln stark den Ergebnissen des ersten Gravitationsmodells (Tabelle 10), wenn auch die Höhe der Werte und die Entwicklung unterschiedlich ist. Da in Tabelle 10 allerdings nur 2 signifikante Werte gefunden wurden, ist es schwer, eine Entwicklung auszumachen, die Unterschiede können auch zufällig sein und müssen keinen Trend andeuten.

Die Werte für Bern sind sich in beiden Modellen sehr ähnlich, in Tabelle 15 lässt sich jedoch eine Zunahme des Beta-Wertes für den Einfluss der Sprachgrenzenübertritte feststellen. Alles in Allem können aber keine Widersprüche festgestellt werden.

Für Basel lässt sich feststellen, dass die Werte aus Tabelle 10 und 15 beinahe identisch sind.

Für Genf zeichnen die Beta-Werte ein unterschiedliches Bild. Während in Tabelle 10 die signifikanten Werte etwa konstant blieben, weist der Verlauf in Tabelle 15 starke Sprünge auf. Zwischen 1970 und 1990 hat der Wert konstant abgenommen, danach nahm er wieder zu. Im Jahr 2000 sind die Werte beinahe gleich, davor zeigen sich aber grosse Unterschiede. Es scheinen aber beide Ergebnisse plausibel zu sein.

Für Lausanne lassen sich die beiden Gravitationsmodelle nur schwer vergleichen, da im ersten Modell (Tabelle 10) nur 1970 und im zweiten Modell (Tabelle 15) nur 2000 ein signifikanter Wert gefunden wurde. Obwohl diese Werte unterschiedliches Vorzeichen aufweisen denke ich, dass wiederum beide Modelle plausibel sind. Auf den (positiven) signifikanten Wert von 1970 folgt eine unsignifikante Abnahme in den negativen Wertebereich hinein, dies deckt sich

mit der Entwicklung aus Tabelle 15 von einem unsignifikanten positiven Wert hin zum signifikanten, negativen Wert im Jahr 2000.

### 5.3 Schlussfolgerungen und Ausblick

Aus den in den vorangegangenen Unterkapiteln angestellten Überlegungen lassen sich nun Schlussfolgerungen für die Anfangs der Arbeit formulierte Problemstellung ziehen. Die zentrale Frage war, ob sich der teils rasante Wachstum von Gemeinden der Einzugsgebiete Schweizer Grossstädte sowohl auf die Infrastruktur als auch auf eine veränderte Wahrnehmung des Raumwiderstandes zurückführen lässt. Zudem interessierte, welche Faktoren einen Einfluss auf den Raumwiderstand haben und wie sich dieser Einfluss über die Zeit verändert hat.

Zusammenfassend haben die Ergebnisse gezeigt, dass das Wachstum der Gemeinden eng mit der Entwicklung des Raumwiderstandes und der Ballungszentren selbst zusammenhängt. Ferner zeigte sich, dass der Raumwiderstand grösstenteils von der Reisezeit abhängt und vor allem kurzfristig stark auf Veränderungen derselben reagiert. Psychologische und soziale Faktoren wie der Kantönligeist oder die Amtssprache einer Gemeinde haben durchaus einen Einfluss auf den Raumwiderstand, dieser scheint sich jedoch im Verlaufe der Zeit abzubauen.

Anhand der Bestimmtheitsmasse der Regressionen lässt sich sagen, dass der Raumwiderstand grösstenteils von den in dieser Arbeit untersuchten Variablen Reisezeit, Kantonszugehörigkeit und Amtssprache abhängt. Vor allem die Reisezeit vermag den Widerstand stark zu beeinflussen. Der Widerstand folgt kurzfristig den Reisezeiten, d.h. findet eine signifikante Verkürzung der Reisezeiten zwischen Einzugsgebiet und Ballungszentrum statt (wie dies für fast alle untersuchten Ballungszentren zwischen 1970 und 1980 der Fall war), so nimmt im gleichen Zeitraum auch der Raumwiderstand ab. Bleiben die Reisezeiten jedoch über einen längeren Zeitraum praktisch unverändert, so steigt mittel- und langfristig der Widerstand im Einzugsgebiet wieder an (mit Ausnahme des Ballungsraums Genf). Dies lässt den Schluss zu, dass sich das Einzugsgebiet selber auch entwickelt und nicht nur ein Bevölkerungswachstum durch hinzugezogene Pendler verzeichnet hat. Diese Entwicklung der Einzugsgebiete hat zu einer veränderten Wahrnehmung des Raumwiderstands geführt, denn einerseits haben sich die Reisezeiten ab den 80ern kaum noch verändert und andererseits sind in den immer grösser werdenden Gemeinden der Einzugsgebiete auch immer mehr Arbeitsplätze in den Agglomerationen selbst entstanden (neue Angebote liegen oft näher an der Quellgemeinde als das Ballungszentrum). Als Konsequenz darauf ist der Raumwiderstand bezüglich dem

Ballungszentrum wieder angestiegen. Diese Erkenntnisse führen zum Schluss, dass vor allem der Bau von Autobahnen der Auslöser für den abnehmenden Raumwiderstand und das damit verbundene Wachstum der Einzugsgebiete war, die Ballungszentren selbst haben mit ihrem Arbeitsmarkt nur einen indirekten Beitrag geleistet.

Ob zwischen der Quell- und Zielgemeinde eine Kantons- oder Sprachgrenze liegt, hat zwar auch einen Einfluss auf den Widerstand, im Vergleich zur Reisezeit ist er aber deutlich schwächer. Es konnte gezeigt werden, dass sich das Übertreten einer Kantonsgrenze meist in einer Zunahme des Raumwiderstandes äussert. Das bedeutet, dass in der Schweiz durchaus noch ein gewisser Kantönlicheist vorhanden ist. Der Verlauf der entsprechenden Beta-Werte deutet aber darauf hin, dass das nationale das kantonale Denken seit 1970 langsam verdrängt. Der Einfluss der Kantonszugehörigkeit auf den Raumwiderstand hat in den meisten Ballungszentren über den beobachteten Zeitraum hinweg abgenommen.

Für die Sprachgrenzenübertritte konnte festgestellt werden, dass sie den Raumwiderstand positiv beeinflussen. Der Widerstand nimmt bei unterschiedlicher Amtssprache in Quell- und Zielgemeinde ab. Diese Erkenntnis widerspricht den getroffenen Annahmen und ich kann mir dieses Phänomen nicht wirklich erklären. Denn laut den Ergebnissen wird eine unterschiedliche Amtssprache nicht wie angenommen als hindernd sondern scheinbar als förderlich empfunden. Die Entwicklung der Beta-Werte deutet darauf hin, dass der Einfluss der Amtssprache auf den Raumwiderstand im Laufe der Zeit immer schwächer wird. Grund für diesen Verlauf könnte wieder das zunehmende nationale Denken sein, vor allem das obligatorische Erlernen einer zweiten Schweizer Amtssprache in der Grundschule (nebst der Muttersprache) dürfte dem Faktor Amtssprache entgegenwirken. Diese zunehmende Zweisprachigkeit könnte eventuell auch der Grund für das positive Vorzeichen der Beta-Werte sein. Da nur für die Ballungsräume Bern und Basel Sprachgrenzübertritte im Einzugsgebiet festgestellt werden konnten, bedeutet dies, dass die Übertritte allesamt von französischsprachigen Gemeinden ausgegangen sind. Da Deutsch die meistgesprochene Sprache der Schweiz ist, könnte die Motivation in einer deutschsprachigen Gemeinde zu arbeiten das Erlernen bzw. Verbessern der deutschen Sprache sein. Ob diese Vermutung allerdings zutrifft muss in einer weiterführenden Arbeit untersucht. Ein weiterer Grund für die positiven Vorzeichen könnte im Kanton Jura liegen. Er zählt zu den drei Einkommensschwächsten der Schweiz, die Motivation in den Ballungszentren Basel oder Bern einen Job zu suchen liegt daher wohl höher als in (französischsprachigen) Kantonen mit höheren Einkommen. Auch dieser Effekt wird an dieser Stelle allerdings nicht weiter untersucht.

Im Zuge vorliegender Arbeit wurden weitere Fragen aufgeworfen, die nicht eindeutig geklärt werden konnten und somit Ausgangspunkt für neue Arbeiten darstellen. Die genauen Auswirkungen einer veränderten Raumstruktur auf den Raumwiderstand konnten nicht eruiert werden, d.h. die Frage, inwiefern ein erhöhtes Arbeitsplatzangebot im Einzugsgebiet den Raumwiderstand in Bezug auf das Ballungszentrum zu verändern mag bleibt zu untersuchen.

Für die Limmat- und Glatttalstadt wurden Prognosen für den Verlauf der Beta-Werte der Variable Reisezeit aufgestellt, welche frühestens in den nächsten Jahren überprüft werden können (wenn die Daten für das Jahr 2010 erhoben wurden).

Ein weiteres nur ungenügend gelöstes Problem ist das positive Vorzeichen bei den Beta-Werten für die Sprachgrenzübertritte. Die Werte scheinen nach wie vor unplausibel, es konnten nur Erklärungsansätze gefunden werden, eine zufriedenstellende Erklärung bleibt aber weiterhin offen.

Zuletzt bleibt noch die Frage nach dem Einfluss des ÖVs auf den Raumwiderstand. In dieser Arbeit wurde lediglich die Reisezeit untersucht, es hat sich aber herausgestellt, dass scheinbar auch andere Faktoren wie z.B. die Taktfrequenz einen Einfluss haben (müssen). Wie genau sich der ÖV auf den Raumwiderstand auswirkt und welche Faktoren zusammenspielen bleibt zu untersuchen, im Rahmen dieser Arbeit konnte ich lediglich Vermutungen treffen.

## 6 Literaturverzeichnis

- Statistik Stadt Zürich, *Glatttalstadt und Limmattalstadt im Vergleich zur Stadt Zürich* (2004)  
[http://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/prd/Deutsch/Statistik/Publikationsdatenbank/I\\_003\\_2004.pdf](http://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/prd/Deutsch/Statistik/Publikationsdatenbank/I_003_2004.pdf) (Stand: 07.01.2010)
- Amt für Gemeinden Freiburg, *Adressliste der Freiburger Gemeinden* (2009)  
[http://admin.fr.ch/shared/data/xls/scom/publipostage\\_2009.xls](http://admin.fr.ch/shared/data/xls/scom/publipostage_2009.xls) (Stand: 07.01.2010)
- Autobahnen.ch (2005) *Geschichte der Autobahnen*, <http://www.autobahnen.ch/forum/viewtopic.php?f=5&t=66> (Stand: 07.01.2010)
- Backhaus K., B. Erichson, W. Plinke und R. Weiber (2005) *Multivariate Analysemethoden*, 11. Auflage, Springer Verlag, Heidelberg
- Bredner, B. (2010) *Prüfung auf Normalverteilung*, <http://www.bb-sbl.de/tutorial/verteilungen/ueberpruefungnormalverteilung.html> (Stand: 07.01.2010)
- Bundesamt für Statistik (2005) *Agglomerationen und Gemeinden*,  
[http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/regionen/11/geo/analyse\\_regionen/04.parsys.0008.downloadList.00081.DownloadFile.tmp/14aggl0902000020405dt.xls](http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/regionen/11/geo/analyse_regionen/04.parsys.0008.downloadList.00081.DownloadFile.tmp/14aggl0902000020405dt.xls) (Stand: 9.03.2010)
- Geiser, C. (2003) *Faktorenanalyse mit SPSS*, <http://userpage.fu-berlin.de/~geiser/Faktorenanalyse.pdf> (Stand: 07.01.2010), Universität Magdeburg
- Kanton Bern (2010) *Einwohnergemeinden und Gemischte Gemeinden*,  
[http://www.jgk.be.ch/site/agr\\_gemeinden\\_gemeindedaten\\_liste\\_der\\_gemeinden\\_mit\\_amtsbezirken\\_und\\_sprache..xls](http://www.jgk.be.ch/site/agr_gemeinden_gemeindedaten_liste_der_gemeinden_mit_amtsbezirken_und_sprache..xls) (Stand: 07.01.2010)
- Killer, V. und K.W. Axhausen (2009) *Mapping overlapping commuting areas*, Institute for Transport Planning and Systems (IVT), ETH Zürich, Zürich
- Kortschak, B. H. (2004) Gravitationsmodelle und ihre Bedeutung in der Verkehrswissenschaft, *Zeitschrift für Kanada-Studien*, **24** (1), **139-143**
- Sutter, J., V. Deppen, S. Brugger und C. Dolci (2008) ArcGis, [http://www.gis.ethz.ch/Teaching/tutorial/ArcGIS/Anleitung\\_ArcGIS.pdf](http://www.gis.ethz.ch/Teaching/tutorial/ArcGIS/Anleitung_ArcGIS.pdf) (Stand: 07.01.2010)
- Universität Trier (2010) *Einführung in ArcMap*, [http://kws01.uni-trier.de:8000/p/d/eBook\\_Einfuehrung\\_ArcMap\\_v3c.pdf](http://kws01.uni-trier.de:8000/p/d/eBook_Einfuehrung_ArcMap_v3c.pdf) (Stand: 07.01.2010)