

Zusammenhänge zwischen Raumnutzung und Erreichbarkeit am Beispiel der Region St.Gallen zwischen 1950 und 2020

Balz Bodenmann

Referent: Prof. Dr. K.W. Axhausen, IVT ETH Zürich
Korreferent: J. Barth, ARE Kanton St.Gallen
Betreuung: P. Keller und M. Tschopp, IVT ETH Zürich

**Nachdiplomarbeit im Rahmen des
Nachdiplomstudiums in Raumplanung an der ETH Zürich**

August 2003

Danksagung

Ich möchte mich bei den folgenden Personen und Instituten für die Unterstützung während der Durchführung meiner Nachdiplomarbeit herzlich bedanken:

Professor K.W. Axhausen vom Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) der ETHZ für die Annahme des Referates, die wertvollen Inputs und Anregungen.

Peter Keller und **Martin Tschopp** des IVT für die intensive Betreuung und lehrreichen Gespräche während der ganzen Nachdiplomarbeit.

Philipp Fröhlich und **Milenko Vrtic** für die technische und methodische Unterstützung.

Dem ganzen **IVT-Team** für die freundliche und kollegiale Aufnahme während den Arbeiten am Institut.

Ueli Strauss, Leiter des Amtes für Raumentwicklung des Kantons St.Gallen (ARE SG) für die Unterstützung während des ganzen Studiums.

Johann Barth vom ARE SG für die Annahme des Korreferats, die intensive Unterstützung und die vielen Ideen und konstruktiven Gespräche.

Meinen **Kollegen im Amt für Raumentwicklung des Kantons St.Gallen**, die mich in den letzten Monaten meiner Nachdiplomstudienzeit nicht mehr oft im Büro antrafen.

Ein besonderer Dank geht an **Nicole Niedermann** für ihre vielfältige Hilfe und die Aufmunterungen in den vergangenen zwei Jahren.

Inhaltsverzeichnis

1	Raumplanung, Raumnutzung und Erreichbarkeit	1
2	Ausgangslage	4
2.1	Grundsätzliches zur Erreichbarkeit.....	4
2.2	Die funktionale Region St.Gallen.....	8
2.3	Das Zeitfenster 1950 – 2020	10
2.4	Zentrale Fragen	12
3	Grundlagen und Datenlage	13
3.1	Verkehrsnetze und Reisezeiten.....	13
3.2	Wohnbevölkerung.....	23
3.3	Beschäftigte	27
4	Methoden / Untersuchungen	29
4.1	Berechnung der Reisezeiten	29
4.2	Berechnung der Erreichbarkeit.....	35
4.3	Datenanalysen und Prognose	37
5	Untersuchungsergebnisse.....	42
5.1	Entwicklungen 1950 - 2000	42
5.2	Vergleich einzelner Gemeinden	56
5.3	Wechselwirkungen.....	67
5.4	Modellierung der Raumnutzungen	75
5.5	Projektion in die Zukunft	86
6	Schlussfolgerungen und Ausblick.....	93
7	Literaturverzeichnis	100
8	Glossar	105
	Anhang.....	A-1
A	Betrachtete Gemeinden.....	A-1
B	Digitalisierung des Verkehrsnetzes ÖV	A-5
C	Parameter Umlegungsverfahren in VISUM	A-13
D	Resultate der multiplen linearen Regression.....	A-16

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Durchschnittsgeschwindigkeiten nach Strassentypen und Jahr [km/h] .13
Tabelle 2	Infrastrukturprojekte der kantonalen Richtpläne im MIV-Netz 202016
Tabelle 3	Digitalisierte Regionalverbindungen mit Kursbuchnummern nach Jahr.19
Tabelle 4	Erklärung der Entwicklung der Wohnbevölkerung.....80
Tabelle 5	Erklärung der Entwicklung der Beschäftigten im 2. Sektor.....81
Tabelle 6	Erklärung der Entwicklung der Beschäftigten im 3. Sektor.....83
Tabelle 7	Erklärung der Entwicklung der Raumnutzung85
Tabelle 8	Gemeinden im betrachteten Perimeter A-2
Tabelle 9	Zuweisung von Gemeindenummern, die bis und mit 1998 nicht vorkommen..... A-8
Tabelle 10	Erklärung der Entwicklung der Wohnbevölkerung mit Regions-Dummy- Variablen, Erreichbarkeit nach Verkehrsnetz, additives Modell..... A-18
Tabelle 11	Erklärung der Entwicklung der Wohnbevölkerung mit Regions-Dummy- Variablen, Erreichbarkeit nach Verkehrsnetz, multiplikatives Modell. A-19
Tabelle 12	Erklärung der Entwicklung der Wohnbevölkerung mit Regions-Dummy- Variablen, multiplikatives Modell..... A-20
Tabelle 13	Sensitivitätstest zur Erklärung der Entwicklung der Wohnbevölkerung A-21
Tabelle 14	Vergleich Modell und Sensitivitätstest zur Erklärung der Entwicklung der Wohnbevölkerung..... A-22
Tabelle 15	Sensitivitätstest zur Erklärung der Entwicklung der Beschäftigten im 2. Sektor A-23
Tabelle 16	Vergleich Modell und Sensitivitätstest zur Erklärung der Entwicklung der Beschäftigten im 2. Sektor A-24
Tabelle 17	Sensitivitätstest zur Erklärung der Entwicklung der Beschäftigten im 3. Sektor A-25
Tabelle 18	Vergleich Modell und Sensitivitätstest zur Erklärung der Entwicklung der Beschäftigten im 3. Sektor A-26
Tabelle 19	Sensitivitätstest zur Erklärung der Entwicklung Raumnutzung..... A-27
Tabelle 20	Vergleich Modell und Sensitivitätstest zur Erklärung der Entwicklung der Raumnutzung A-28

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Prinzip des Potentialansatzes.....	6
Abbildung 2	Funktionale Region St.Gallen	9
Abbildung 3	Bevölkerungsentwicklung in der Region St.Gallen 1850-2000	11
Abbildung 4	Übersicht des Autobahn- und Schnellstrassennetzes im Jahr 2000.....	14
Abbildung 5	Modellierte Infrastrukturausbauten MIV 2020 in der Region St.Gallen ..	17
Abbildung 6	Das geplante Knotensystem im Bodan-Raum	20
Abbildung 7	Modellfahrzeiten mit der Bahn nach BODAN-RAIL 2020	22
Abbildung 8	Bevölkerungsentwicklung bis 2010 aufgrund Altersstruktur	25
Abbildung 9	Verkehrsaufkommen im Tagesablauf an Werktagen im Jahr 2000	31
Abbildung 10	Entwicklung der Erreichbarkeit im Perimeter (effektive Werte).....	42
Abbildung 11	Die Entwicklung der Erreichbarkeit im Perimeter (indexiert ab 1950)....	44
Abbildung 12	Erreichbarkeit über das MIV- und das ÖV-Netz im Jahr 1950.....	45
Abbildung 13	Entwicklung der Erreichbarkeit in 10-Jahresschritten.....	46
Abbildung 14	Erreichbarkeit über das MIV- und das ÖV-Netz im Jahr 2000.....	48
Abbildung 15	Entwicklung der Raumnutzungen im Perimeter (effektive Werte)	49
Abbildung 16	Entwicklung der Raumnutzungen im Perimeter (Indexiert ab 1950).....	50
Abbildung 17	Entwicklung der Wohnbevölkerung in 10-Jahresschritten	52
Abbildung 18	Entwicklung der Beschäftigten in 10-Jahresschritten	54
Abbildung 19	Verteilung der Erreichbarkeit in der Schweiz	56
Abbildung 20	Verteilung der Erreichbarkeit in der Region St.Gallen	57
Abbildung 21	Rang und Erreichbarkeit der Gemeinden Rickenbach und Andwil	58
Abbildung 22	Entwicklung der Raumnutzungen und Erreichbarkeit in Rickenbach.....	59
Abbildung 23	Entwicklung der Raumnutzungen und Erreichbarkeit in Andwil.....	60
Abbildung 24	Rang und Erreichbarkeit der Gemeinden Tübach und Walzenhausen..	61
Abbildung 25	Entwicklung der Raumnutzungen und Erreichbarkeit in Tübach	62
Abbildung 26	Entwicklung der Raumnutzungen und Erreichbarkeit in Walzenhausen.....	63
Abbildung 27	Rang und Erreichbarkeit der Gemeinden Alt St.Johann und Rorschacherberg.....	64
Abbildung 28	Entwicklung der Raumnutzungen und Erreichbarkeit in Alt St.Johann ..	65

Abbildung 29	Entwicklung der Raumnutzungen und Erreichbarkeit in Rorschacherberg	66
Abbildung 30	Abhängigkeit der Entwicklung der Raumnutzung von der Erreichbarkeit in den Dekaden 1950-2000 in Rickenbach	67
Abbildung 31	Abhängigkeit der Entwicklung der Raumnutzung von der Erreichbarkeit in den Dekaden 1950-2000 in Andwil, Tübach, Walzenhausen, Alt St.Johann, Rorschacherberg	69
Abbildung 32	Abhängigkeit der Entwicklung der Raumnutzung von der Erreichbarkeit aufgrund der Wohnbevölkerung und der Beschäftigten in den Dekaden 1950-2000	70
Abbildung 33	Abhängigkeit der Entwicklung der Raumnutzung von der Erreichbarkeit in 20-Jahres-Schritten von 1950 bis 2000 in Rickenbach, Walzenhausen und Alt St.Johann	71
Abbildung 34	Abhängigkeit der Entwicklung der Raumnutzung von der Erreichbarkeit in der Region St.Gallen von 1950-2000	72
Abbildung 35	Abhängigkeit der Entwicklung der Raumnutzung von der Erreichbarkeit in der Region St.Gallen von 1950-1960, 1960-1970	73
Abbildung 36	Abhängigkeit der Entwicklung der Raumnutzung von der Erreichbarkeit in der Region St.Gallen von 1970-1980, 1980-1990, 1990-2000	74
Abbildung 37	Untersuchte Variablen zur Erklärung der Raumnutzungen	76
Abbildung 38	Entwicklung der Erreichbarkeit bis ins Jahr 2020	87
Abbildung 39	Siedlungsdruck bis 2020 aufgrund geplanter Infrastrukturausbauten....	89
Abbildung 40	Siedlungsdruck bis 2020 ohne Infrastrukturausbauten	90
Abbildung 41	Effekt der geplanten Infrastrukturausbauten	92
Abbildung 42	Variablen zur Modellierung des Siedlungsdruckes.....	94
Abbildung 43	Erwarteter Siedlungsdruck aufgrund der Erreichbarkeitsentwicklung....	96
Abbildung 44	Gemeinden im betrachteten Perimeter	A-1
Abbildung 45	Empfundene Reisezeiten im Vergleich: Hundwil nach Waldstatt	A-10
Abbildung 46	Empfundene Reisezeiten im Vergleich: Hundwil nach Herisau	A-11
Abbildung 47	Empfundene Reisezeiten im Vergleich: Hundwil nach Gossau	A-12
Abbildung 48	Print-Screen VISUM: Parameter für Umlegungsverfahren MIV.....	A-13
Abbildung 49	Print-Screen VISUM: Parameter für Umlegungsverfahren ÖV	A-14
Abbildung 50	Alle in Betracht gezogenen Variablen zur Zeitreihenanalyse	A-17

Abkürzungen

AöV SG	Amt für öffentlichen Verkehr des Kantons St.Gallen
ARE	Bundesamt für Raumentwicklung
ARE SG	Amt für Raumentwicklung des Kantons St.Gallen
ARP TG	Amt für Raumplanung des Kantons Thurgau
ARV ZH	Amt für Raumordnung und Vermessung des Kantons Zürich
ASTRA	Bundesamt für Strassen
BAV	Bundesamt für Verkehr
BBW	Bundesamt für Bildung und Wissenschaft
BFS	Bundesamt für Statistik
BZ	Eidgenössische Betriebszählung
COST	European cooperation in the field of scientific and technical research
DVIS VS	Departement für Volkswirtschaft, Institutionen und Sicherheit, Kanton Wallis
ESPOP	Statistik des jährlichen Bevölkerungsstandes (estimation de la population)
GEOSTAT	Servicestelle des Bundes für geographische Daten
GROSG	Grundzüge der räumlichen Entwicklung des Kantons St.Gallen
IVT	Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme, ETHZ
LV	Langsamverkehr
MIV	Motorisierter Individualverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PA AR	Planungsamt des Kantons Appenzell Ausserrhoden
RP	(kantonaler) Richtplan
RPA AI	Raumplanungsamt des Kantons Appenzell Innerrhoden
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
SNF	Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung
SPöV	Strategieplan öffentlicher Verkehr des Kantons St.Gallen
STATINF	Statistische Datenbank der Schweiz (über eine Telnet-Verbindung abrufbar)
STATWEB	Statistische Datenbank der Schweiz (über Internet abrufbar)
TBA SG	Tiefbauamt des Kantons St.Gallen
VD SG	Volkswirtschaftsdepartement des Kantons St.Gallen
VZ	Eidgenössische Volkszählung

Nachdiplomarbeit im Rahmen des Nachdiplomstudiums in Raumplanung an der ETH Zürich

Zusammenhänge zwischen Raumnutzung und Erreichbarkeit am Beispiel der Region St.Gallen zwischen 1950 und 2020

Balz Bodenmann
Im Spittel 1
CH-9100 Herisau

Telefon: +41 (0)71 352 50 42
balz@bodenmann.info

August 2003

Kurzfassung

Das Ziel dieser Nachdiplomarbeit ist die Erörterung der Zusammenhänge zwischen Raumnutzung und Erreichbarkeit. Am Beispiel der Region St.Gallen wird die Zunahme der Erreichbarkeit zwischen 1950 und 2000 mit der Entwicklung der Wohnbevölkerung bzw. der Beschäftigten verglichen und miteinander in Beziehung gebracht. Mit einer Zeitreihenanalyse können die Resultate aufgrund der geplanten Infrastrukturausbauten im Strassennetz sowie der geplanten Netzverbesserungen im öffentlichen Verkehr anschliessend in die Zukunft projiziert werden. Der so erhaltene Siedlungsdruck gibt wichtige Anhaltspunkte für die Raumplanung in der Region St.Gallen: ohne flankierende Massnahmen werden einerseits etliche Gemeinden nach der Realisation der in den kantonalen Richtplänen definierten Projekten unter beträchtlichen Siedlungsdruck geraten – andererseits verhindern die gleichen Projekte in anderen Gemeinden die Abwanderung der Wohnbevölkerung und Arbeitsplätze. Das vorgestellte Modell kann zudem bei der Überprüfung von Varianten und Szenarien für die räumlichen Auswirkungen potenzieller Massnahmen im Verkehrsnetz eingesetzt werden.

Schlagworte

Zusammenhang, Erreichbarkeit, öffentlicher Verkehr, Individualverkehr, Raumnutzung, Bevölkerung, Arbeitsplätze, St. Gallen, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), Nachdiplomstudium in Raumplanung, ETH Zürich

1 Raumplanung, Raumnutzung und Erreichbarkeit

Eine der zentralen Fragen der Raumplanung ist die Nutzung des Raumes. Die Anzahl und Verteilung der Bewohner und Arbeitsplätze beeinflussen die Standortattraktivität für private Nutzungen wie Dienstleistungsbetriebe, Industrie oder Wohnen. Deren Entwicklung schafft wiederum neue Bedürfnisse hinsichtlich verschiedener öffentlicher Aufgaben (z.B. Wasser- und Energieversorgung, Schulen und andere zentrale Einrichtungen). Das Verständnis, wie und weshalb sich Menschen oder Firmen an einem bestimmten Ort ansiedeln, ist um so wichtiger, als damit einerseits die Siedlungsentwicklung massgeblich beeinflusst und andererseits die Stellung der ansässigen Wirtschaft gestärkt werden kann.

Die verschiedenen Nutzer des Raumes werden bei ihrer Standortwahl durch verschiedene positive und negative Faktoren beeinflusst. Einige sind auf den ersten Blick sichtbar – z.B. eine wunderschöne Aussicht auf einen See oder die Alpen. Andere sind hörbar – z.B. die landenden Flugzeuge in der Nähe eines Flughafens. Etliche wichtige Einflüsse sind aber weder sicht-, hör- noch riechbar: die Steuerfüsse, die gesetzlichen Rahmenbedingungen und last but not least die sogenannte Erreichbarkeit¹.

Die unterschiedlichen Nutzungen bewerten zudem die oben erwähnten Einflüsse auf unterschiedliche Weise. Während die Wohnnutzung im Wesentlichen auf Standorteigenschaften wie Aussicht, Lärm und die gute Erreichbarkeit von Schulen, Arbeitsplätzen, Läden und weitere zentralörtliche Einrichtungen Wert legt (Geiger, 2000; Wiegand *et al.*, 1986), so sind Dienstleistungs- und Industriebetriebe in erster Linie auf eine gute Erreichbarkeit von Kunden, Mitarbeitern oder Partnern angewiesen (Geiger, 1973). Dieser Umstand ergibt beispielsweise im Modell von Johann Heinrich von Thünen die charakteristischen „Thünenschen Ringe“ aufgrund der unterschiedlichen Rentenbiefunktionen der Bodennutzungen (Frey und Schaltegger, 2002).

Allerdings existieren in der Schweiz keine Verhältnisse wie im Modell von von Thünen mit einem einzigen städtischen Zentrum und unendlich frei verfügbarem Land darum herum. Neben den vielen Zentren und Subzentren wird das Modell zudem durch Autobahnen und andere Verkehrsnetze bis zur Unkenntlichkeit verzogen. So entsteht in der realen Schweiz ein Flickenteppich von verschiedenen Nutzungen – nur an aussergewöhnlichen Orten wie

¹ Der Begriff der Erreichbarkeit wird im Kapitel 2.1 ab Seite 4 eingehend diskutiert und definiert.

Autobahnanschlüssen oder Stadtzentren wird die Spitze des Modells der Thünenschen Ringe sichtbar. Wir beobachten an diesen Kristallisationspunkten teilweise einen regelrechten Bauboom von Einkaufs- und Freizeitzentren, Bürokomplexen und Wohnsiedlungen – trotz Wirtschaftsflaute.

Diese Entwicklung der Besiedelung unseres Raumes ist anhand verschiedener Daten (Bevölkerung, Arbeitsplätze, Verkehrsnetze) relativ gut und ausführlich beschrieben und wird in zahlreichen Arbeiten dokumentiert – eine Verknüpfung der entsprechenden Entwicklungen fehlt indes noch weitgehend.

Die Nachdiplomarbeit befasst sich mit dieser Abhängigkeit zwischen Siedlungs- und Verkehrsnetzentwicklung (MIV und ÖV), indem sie die Entwicklungen in der Raumnutzung und der Erreichbarkeit am Beispiel der Region St.Gallen zwischen 1950 und 2000 untersucht. Im Anschluss wird, auf den vorhergehenden Resultaten aufbauend, ein Ausblick anhand geplanter Infrastrukturanlagen bis 2020 gewagt.

Die vorliegende Arbeit steht im Zusammenhang mit zwei weiteren Projekten: Einerseits dem Forschungsprojekt „Entwicklung des Transitverkehrs-Systems und dessen Auswirkungen auf die Raumnutzung in der Schweiz“ unter der Leitung des Institutes für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) an der ETH Zürich und andererseits dem Teilbericht der Raumbeobachtung des Kantons St.Gallen zum Thema „Verkehr und Erreichbarkeit“.

Das oben erwähnte Forschungsprojekt unter der Leitung des IVT findet im Rahmen der COST-Aktion 340 „Towards a European Intermodal Transport Network, Lessons from History“ statt (IVT, 2003). Im Auftrag des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (SNF) und des Bundesamtes für Bildung und Wissenschaft (BBW) sollen die Zusammenhänge zwischen den langfristigen Entwicklungen der eng miteinander verbundenen Systeme Verkehr und Raum und jener der Erreichbarkeit geklärt und die Grundlagen für aussagekräftige ex-post und ex-ante Wirkungsanalysen verbessert werden (Keller, 2002; IVT, 2003).

Mit dem neuen Richtplan erhielt das Amt für Raumentwicklung des Kantons St.Gallen (ARE SG) von der Regierung den Auftrag, eine Raumbeobachtung im Sinne eines Frühwarnsystems und eines Controllinginstrumentes für den Richtplan aufzubauen (ARE SG, 2002). Ein Teilbericht zum Thema „Verkehr und Erreichbarkeit“ soll die Indikatoren in diesem Bereich erarbeiten und hinsichtlich Aussagekraft überprüfen. Zudem erhofft sich das Amt Aussagen zum neu entstehenden Siedlungsdruck aus den Verbesserungen im Verkehrsnetz und Hinweise auf zukünftige Entwicklungen und Probleme.

Im **Kapitel 2** wird in einem ersten Unterkapitel der Begriff der Erreichbarkeit und der Stand der Forschungsarbeiten erläutert. Danach wird der Untersuchungsperimeter sowie das betrachtete Zeitfenster beschrieben und festgelegt. Im letzten Unterkapitel werden die zu behandelnden Fragen und Hypothesen dargestellt.

Im **Kapitel 3** werden die beigezogenen Daten und Grundlagen einerseits zur Modellierung der Erreichbarkeit und andererseits der Raumnutzung vorgestellt. Etliche Daten wurden bereits vom Institut für Verkehr- und Transporttechnik (IVT) der ETH Zürich oder von anderen Institutionen berechnet. Die Annahmen auf denen diese Datenaufbereitung und Berechnungen basieren sind in den Unterkapiteln zu den entsprechenden Datensätzen vermerkt.

Das **Kapitel 4** beschreibt die angewendeten Methoden und Untersuchungen. In einem ersten Schritt geht es um die Berechnung der Reisezeiten. Darauf aufbauend werden die Erreichbarkeiten berechnet. Zudem werden die Analysemethoden und das Vorgehen zur Bestimmung der Zeitreihen erläutert. Die Annahmen zu den Arbeitsschritten sind ebenfalls in diesem Kapitel vermerkt.

Kapitel 5 präsentiert die Untersuchungsergebnisse: zu Beginn wird die Entwicklung der Erreichbarkeit und der Raumnutzungen in der Region räumlich und zeitlich besprochen. Anschliessend werden einzelne Gemeinden gesondert betrachtet, um, darauf aufbauend, eine direkte Wechselwirkung von Erreichbarkeit und Raumnutzung zu besprechen. Am Ende des Kapitels wird eine Zeitreihe zur Simulation des Siedlungsdrucks modelliert und aufgrund der heute geplanten Infrastrukturprojekte in die Zukunft projiziert.

Das **Kapitel 6** fasst die wichtigsten Erkenntnisse hinsichtlich der Eingangs gestellten Fragen nochmals kurz zusammen. Zudem wird die Plausibilität der Resultate besprochen und ein Ausblick gegeben.

Das Literaturverzeichnis ist im **Kapitel 7** zu finden und im **Kapitel 8** wurde ein Glossar zu den wichtigsten Begriffen zusammengestellt.

2 Ausgangslage

2.1 Grundsätzliches zur Erreichbarkeit

Der Begriff der Erreichbarkeit kommt in unterschiedlichen Ausprägungen (Zentralität, Transportkosten, Vernetzung, Beziehungspotential) in den verschiedensten Modellen zur Raumentwicklung vor. Das oben erwähnte Landschaftsstrukturmodell von von Thünen (Muggli, 1980), die Industriestandorttheorie von Weber (Muggli, 1980), das Modell der Zentralen Orte von Christaller (Frey, 1990), der Ansatz der Daseinsgrundfunktionen nach Partzsch (1970), die Standort-, Nutzungs- und Landwerttheorie von Geiger (1973, 1999) sowie das Stadtstrukturmodell von Frey (1990) benutzen unter anderem die Erreichbarkeit um die Phänomene der Raumnutzung zu erklären. Diese bereits sehr breite Palette an Modellen ist bei weitem nicht abschliessend. Trotzdem zeigt sie deutlich, wie unterschiedlich der Begriff „Erreichbarkeit“ umschrieben und definiert wird. Die vorliegende Arbeit stützt sich im Folgenden auf die Definition von Geurs und Ritsema van Eck (2001):

[Accessibility is]... “the extent to which the land-use transport system enables (groups of) individuals or goods to reach activities or destinations by means of a (combination of) transport mode(s)”²

Die Erreichbarkeit ist somit immer in Bezug zu **Akteuren** (Menschen oder Unternehmen) zu verstehen, die von gewissen **Aktivitäten** (Wohnen, Arbeiten, Bildung, Konsum etc.) abhängig sind oder diese als positiv bewerten. Diese Akteure bewegen sich mit Hilfe eines oder verschiedener **Verkehrsmittel** (zu Fuss, Auto, Bus oder Bahn), die wiederum eine bestimmte **Infrastruktur** (Strasse, Autobahn, Schiene etc.) nutzen.

Eines der schwierigsten Probleme ist indes die Quantifizierung der Erreichbarkeit. Die wohl einfachste Methode ist die Untersuchung der **Strassennetzdichte** (Arlt *et al.* 2001) oder die Gesamtlänge des Strassennetzes eines Kantons, wie sie beispielsweise in der Raumbeobachtung des Kantons Wallis Verwendung findet (DVIS VS, 2000). Die entsprechende Datenlage ist sehr gut, über die Aussagekraft eines solchen Indikators lässt sich allerdings streiten.

² Quelle: Geurs und Ritsema van Eck (2001) 36.

Der Ansatz von Bill Hillier (1996) arbeitet mit sich **schneidenden Sichtbezügen** – was in städtischen Gebieten zu interessanten Ergebnissen führt, auf dem Land dürfte die Interpretation der Resultate allerdings nicht sehr ergiebig sein.

Deutlich interessanter sind hingegen Ansätze, die mit **generalisierten Reisekosten** arbeiten. Die drei bekanntesten Messmethoden für die Erreichbarkeit sind diesbezüglich der Zentrale-Orte-Ansatz, der Isochronenansatz und der Potentialansatz.

Der **Zentrale-Orte-Ansatz** baut auf dem Modell von Christaller auf und misst die generalisierten Reisekosten von einem gegebenen Ort zu ausgewählten Orten mit zentralörtlichen Funktionen. Dieser Ansatz ist einfach berechenbar und verständlich. Die Resultate sind allerdings nicht flächendeckend und das Verkehrsverhalten wird nicht berücksichtigt. Im Rahmen der Raumbbeobachtung des Kantons St.Gallen (ARE SG, 2001), zeigte sich zudem, dass es sehr schwierig ist, die Zentralen Orte zu definieren – gleichzeitig beeinflusst aber deren Definition massgeblich die Resultate (Keller und Fröhlich, 2002).

Der **Isochronenansatz** misst die Anzahl Aktivitäts-Punkte innerhalb einer bestimmten Reisezeit um einen betrachteten Ausgangsort. Dieser Ansatz wird oft im Zusammenhang mit dem Bau von Einkaufszentren oder Arbeitsplatzstandorten verwendet: dabei werden die Anzahl potentieller Kunden oder Arbeitnehmer (Einwohner) im Umkreis von 30 bzw. 60 Minuten berechnet und die möglichen Standorte entsprechend bewertet (Aliesch *et al.* 2000; Keller und Fröhlich, 2002). Dieser Ansatz ist ebenfalls einfach berechenbar und leicht verständlich. Es werden aber alle Aktivitätspunkte innerhalb der betrachteten Reisezeit gleich behandelt. Damit findet keine Unterscheidung statt, ob ein Aktivitätspunkt im Nachbarhaus angesiedelt ist oder in 25 Minuten Entfernung liegt. Umgekehrt werden sämtliche Attraktivitätspunkte ausserhalb des betrachteten Perimeters gänzlich ausser Acht gelassen.

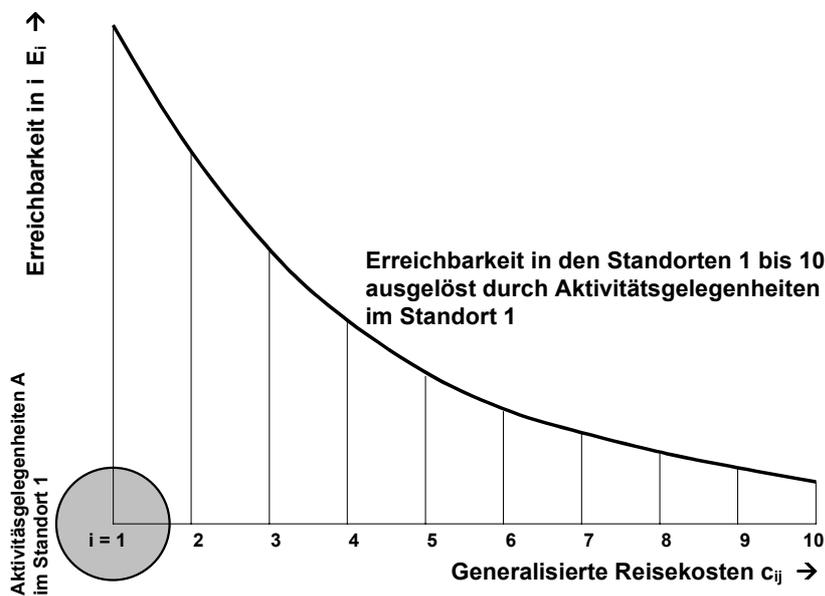
Im **Potential-Ansatz** werden die Aktivitäts-Punkte nach ihrer Attraktivität (Anzahl und generalisierte Reisekosten) gewichtet. Die Gewichtung der Attraktivität verhält sich nach dem Modell des „homo economicus“ der klassischen ökonomischen Theorie (Axhausen *et al.* 2000). Dieses Modell geht davon aus, dass Menschen sich rational verhalten und stets danach trachten, ihren Nutzen zu maximieren. Die entsprechende Gewichtung erfolgt mit einer negativen Exponential-Funktion. Aktivitäten in unmittelbarer Nähe des betrachteten Punktes werden deshalb sehr viel stärker gewichtet als Punkte in grösserer Entfernung (immer in generalisierten Reisekosten gerechnet).

Verschiedene Forschungsarbeiten konnten mit dem Potential-Ansatz eine gute Abbildung der Realität nachweisen. So korrelieren verschiedene quantifizierbare Phänomene wie Landpreise, Mietzinse oder Bautätigkeiten mit der so berechneten Erreichbarkeit (Geiger,

1973, 2000; Frey *et al.* 2002). Die Ergebnisse sind hingegen für ein breites Publikum schwer vermittelbar: Während die Resultate beim Isochronen-Ansatz in Personen bzw. im Zentrale-Orte-Ansatz in Minuten gemessen werden, erhält man beim Potentialansatz nur eine Zahl, die notabene durch eine verhältnismässig komplexe Berechnung zu Stande kommt.

Die **Idee des Potential-Ansatzes** beruht auf folgenden Beobachtungen (vgl. Abbildung 1): Wenn wir auf einem bestimmten Standort 1 eine sehr grosse Anzahl Aktivitätsgelegenheiten (zum Beispiel 60'000 Arbeitsplätze) und von diesem Standort ausgehend eine Transportachse (zum Beispiel eine Autobahn) haben, an der neun weitere Standorte liegen, dann beobachten wir, dass sich am Standort 1 am meisten arbeitssuchende Wohnbevölkerung ansiedelt, am Nachbarstandort 2 schon deutlich weniger, auf dem Standort 3 noch etwas weniger usw., bis die Abnahme von Standort zu Standort (auf sehr tiefem Niveau) nur noch sehr gering ist. In ähnlicher Weise nehmen die Landpreise, die Mietzinse und die Bautätigkeit ab, die auf dieser Strecke bezahlt werden.³

Abbildung 1 Prinzip des Potentialansatzes



Quelle: nach Geiger (1999) 15

³ Das aufgeführte Beispiel basiert auf den Erläuterungen von Geiger (1999). Die Begriffe wurden allerdings angepasst. In der Standort-, Nutzungs- und Landwerttheorie von Geiger (1973) werden die Begriffe Beziehungspotential, Masse und Transportaufwand für die in dieser Arbeit verwendeten Begriffe Erreichbarkeit, Aktivitätsgelegenheit und generalisierte Reisekosten verwendet. Grundsätzlich sind die Modelle aber ähnlich und arbeiten mit der selben Gewichtung der Reisekosten (negative Exponentialkurve).

Damit steigt also die Erreichbarkeit E im Ausgangsort i mit zunehmender Anzahl Aktivitätsgelegenheiten A in den Zielorten j und möglichst geringen Reisekosten c zum Zielort j . Da von jedem Standort aus auch mehrere Orte mit Aktivitätsgelegenheiten erreicht werden können setzt sich die Erreichbarkeit E aus der Summe aller Erreichbarkeiten, die durch die verschiedenen Aktivitätsgelegenheiten erzeugt werden, zusammen:

$$E_i = \sum_{j=1}^{j=n} A_j * \exp(-\beta * c_{ij})$$

E_i	Erreichbarkeit vom Ort i aus
i	Ausgangsort, $i = 1, 2, \dots, n$
j	Zielort; $j = 1, 2, \dots, n$
n	Anzahl Gemeinden in der Schweiz
A_j	Aktivitäts-Punkte (-Gelegenheiten) am Ort j
c_{ij}	Generalisierte Kosten der Reise von i nach j
β	Gewichtungsfaktor

Die vorliegende Arbeit wird sich wie die Forschungsarbeiten des COST-Projektes im IVT auf den Potentialansatz stützen. Die betrachteten Orte sind ebenfalls die Schweizer Gemeinden, was der Datenlage und der verfügbaren Rechenleistung gerecht wird. Die detaillierte Berechnung der Erreichbarkeit für die verschiedenen Aktivitäten und Verkehrssysteme sowie die entsprechenden Annahmen werden im Kapitel 4 ausführlich behandelt.

2.2 Die funktionale Region St.Gallen

Aufgrund des in der Publikation *Grundzüge der Raumordnung Schweiz* beschriebenen vernetzten Städtenetz Schweiz (ARE, 1996) wurde in den meisten Richtplänen eine ähnliche **Systematik** zur Beschreibung der Siedlungsstruktur und der funktional zusammenhängenden Räume erarbeitet. Eine grenzübergreifende Zusammenstellung zum Thema Siedlungsstruktur wurde anlässlich des INTERREG-II-Projektes BODAN-RAIL 2020 erarbeitet (Kluth *et al.*, 2001a, 2001b). Hinsichtlich der funktionalen Räume gibt es keine entsprechende Untersuchung. Der Fokus der einzelnen kantonalen Richtpläne bleibt meist auf den eigenen Kanton gerichtet.

Um den Perimeter für die vorliegende Nachdiplomarbeit festlegen zu können, wurden deshalb die Überlegungen der Richtpläne der Kantone St.Gallen, Thurgau und beider Appenzell sowie der Projektstudie BODAN-RAIL 2020 zusammengeführt (ARE SG, 2002; ARP TG, 1996; PA AR, 2001; RPA AI, 2002; Kluth *et al.*, 2001a, 2001b).

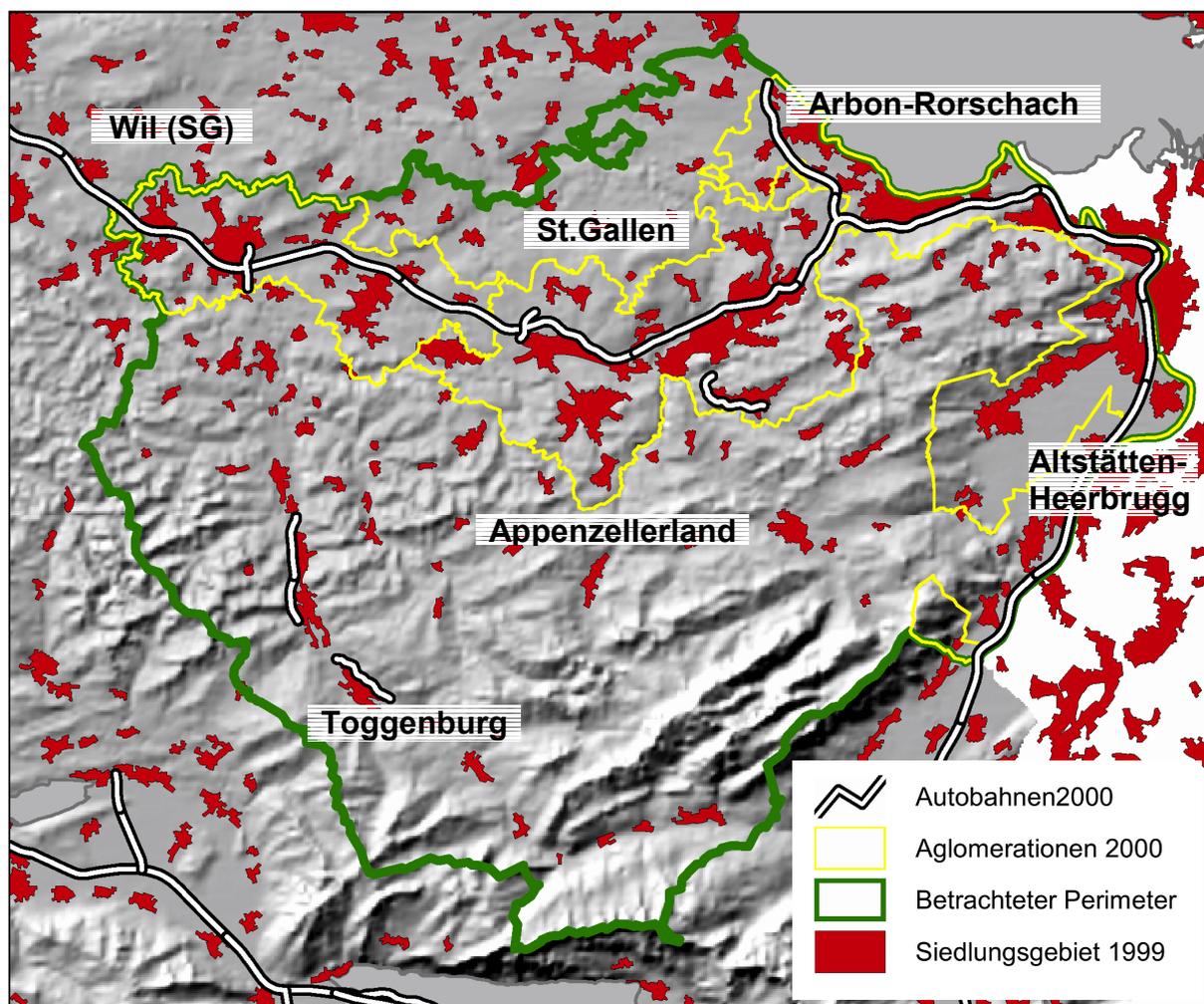
Unter Berücksichtigung der Verkehrs- und Siedlungsachsen wird die Begrenzung des betrachteten Perimeters gegen **Norden** nachvollziehbar: Während Rorschach schon seit dem Mittelalter sehr nahe mit der Stadt St.Gallen verbunden ist, sind die Beziehungen zur Stadt Arbon schon deutlich kleiner. Die Grenzziehung in diesem Bereich scheint deshalb nicht zufällig. Wer mit dem Auto von St.Gallen nach Romanshorn fährt, kann sehr gut nachvollziehen, dass dieser Weg für Wirtschaftsbeziehungen nicht mehr interessant ist und die Städte entlang der Achse Romanshorn, Amriswil, Weinfelden sich Richtung Konstanz ausrichten.

Gegen **Westen**, entlang der Achse St.Gallen - Winterthur ist der Übergang fließend. Ähnlich zum Richtplan St.Gallen wird der Schnitt nach der Agglomeration Wil gemacht.

Im **Süd-Westen** und **Süden** sind die beiden Halbkantone Appenzell und das Toggenburg wirtschaftlich sehr eng mit der Stadt St.Gallen verflochten. Während Jahrhunderten lieferten diese Gebiete im Sinne eines klassischen Hinterlandes der Stadt Nahrungsmittel, Söldner und Arbeitskräfte. Die starke Anbindung der Region Toggenburg und der beiden Appenzell hat einen topographischen Hintergrund. Beide stehen gewissermassen mit dem Rücken zur Wand: Der Alpstein wie auch die Churfürsten bilden noch heute eine nur zu Fuss überwindbare Grenze Richtung Süden.

Im **Osten** sind die Grenzen der funktionalen Region St.Gallen wiederum nicht genau bestimmbar. Wie im Westen bei Wil wurde deshalb die Agglomeration Altstätten - Heerbrugg in den Perimeter mit einbezogen.

Abbildung 2 Funktionale Region St.Gallen



Der betrachtete Perimeter ist mit 96 Gemeinden, 400'000 Einwohnern (VZ 2000: BFS 2002b), 200'000 Arbeitsplätzen (BZ 2001: BFS, 2003) so gross wie ein durchschnittlicher Schweizer Kanton und deutlich grösser als die in den Richtplänen der Kantone ausgeschiedenen funktionalen Räume.

Eine detaillierte Übersicht mit einer Karte und weiteren Angaben zu den Gemeinden im betrachteten Perimeter ist im Anhang A zusammengestellt.

2.3 Das Zeitfenster 1950 – 2020

Das betrachtete Zeitfenster teilt sich in zwei Perioden: Einerseits die Zeit von 1950 bis 2000 und andererseits die Zeit von 2000 bis 2020.

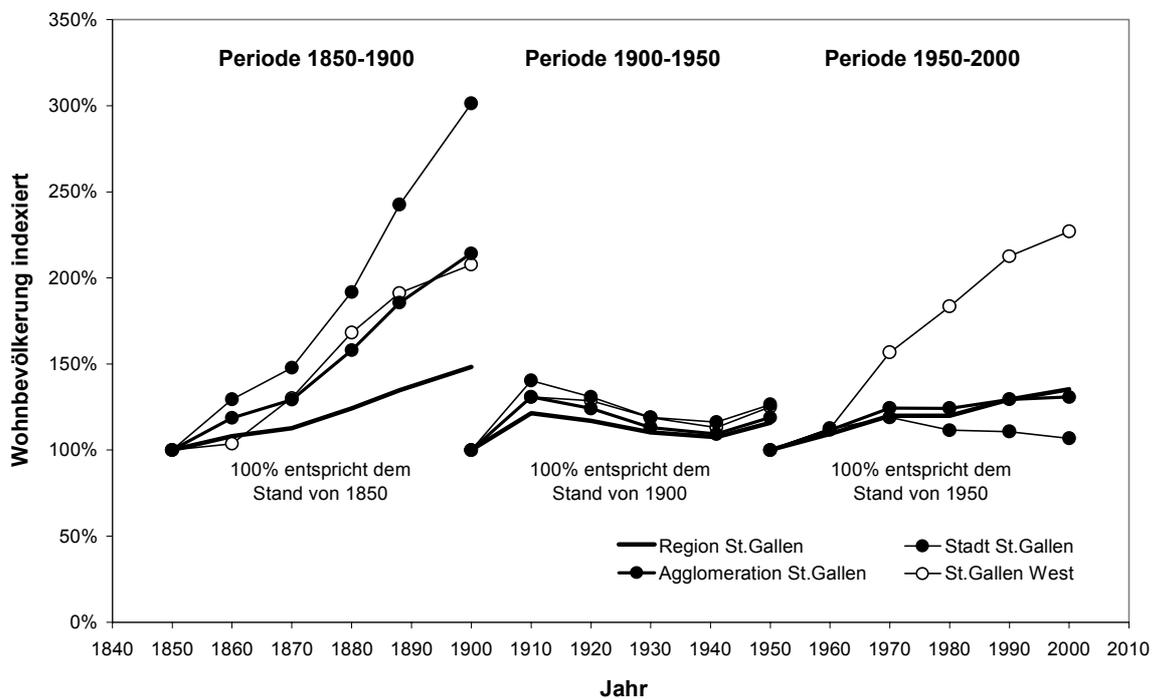
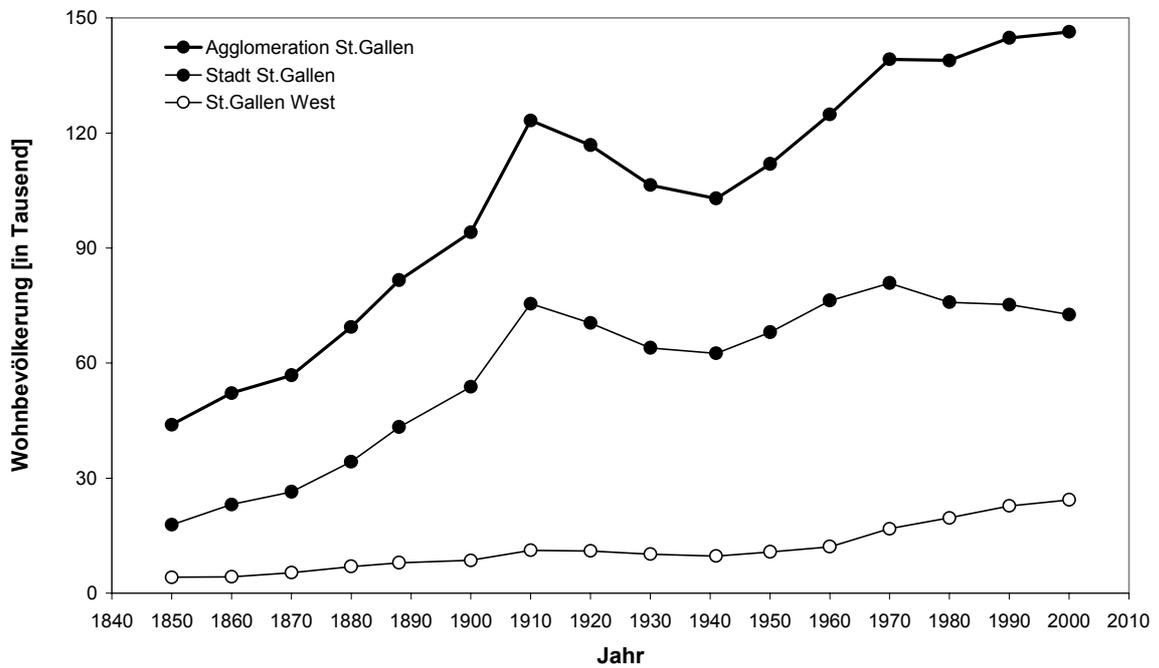
Die Abbildung 3 zeigt die **bisherige Entwicklung** der Wohnbevölkerung in der Agglomeration und der Stadt St.Gallen von 1850 bis 2000. In den vergangenen 150 Jahren gab es zwei Perioden mit einem verstärkten Bevölkerungswachstum: einerseits zwischen 1850 und 1910, vermutlich aufgrund des verstärkten Ausbaus des Eisenbahnnetzes, und andererseits im Agglomerationsgürtel (z.B. St.Gallen West) seit 1950 aufgrund der Anschlüsse an das Autobahnnetz. Eine Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Verkehrsinfrastrukturausbau und Siedlungsentwicklung muss somit mindestens eine dieser beiden Perioden umfassen.

Da die Daten der Betriebszählungen erst seit 1955 und die Erhebungen der Verkehrsnetze durch das IVT ab 1950 vorliegen, wird sich die vorliegende Arbeit ebenfalls auf die Periode ab 1950 beschränken.

Der Zeithorizont für die **zukünftigen Entwicklungen** wurde auf die in den kantonalen Richtplänen und den entsprechenden Sachplänen des Bundes ausgerichtet. Da deren Planungshorizont auf etwa 15 Jahre ausgelegt ist, werden die erhaltenen Resultate (grosszügig gerechnet) in das Jahr 2020 projiziert. Grundsätzlich ist darauf hinzuweisen, dass es weniger um das Jahr 2020 geht, sondern vielmehr um die Frage: Welcher Siedlungsdruck entsteht, wenn die heute geplanten Verkehrsinfrastrukturausbauten fertiggestellt sein werden?

In diesem **Zeitfenster** sind somit die grössten allgemeinen Bevölkerungsentwicklungen (1950 - 1970), der Bau der Autobahn (1960 - 1990), die extremen Siedlungsentwicklungen um die Autobahnanschlüsse (1970 - heute) und die Fertigstellung der heute beschlossenen Projekte zur Verbesserung des Verkehrsnetzes (2020) einbezogen.

Abbildung 3 Bevölkerungsentwicklung in der Region St.Gallen 1850-2000



St.Gallen West: westlicher Teil der Agglomeration St.Gallen: Gossau und Gaiserwald.
Agglomeration St.Gallen: Stand 2000 (ARE, 2003).
Region St.Gallen: funktionale Region St.Gallen, Perimeter gemäss Kapitel 2.2 ab Seite 8.

Quelle: Volkszählungen 1850-2000: BFS (2002b) 186-218

2.4 Zentrale Fragen

Im Rahmen einer **ex-post Analyse** wird die Auswirkung der veränderten Verkehrsinfrastruktur und Transportdienstleistungen und somit der veränderten Erreichbarkeit im Grossraum St. Gallen dokumentiert und analysiert. Dabei sollen die Veränderungen in der Strassen- und Schieneninfrastruktur, die Entwicklung der Erreichbarkeit und der Raumnutzung aufgezeigt werden.

Zur Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Raumnutzung und Erreichbarkeit geht die vorliegende Nachdiplomarbeit von der folgenden **Arbeitshypothese** aus:

Die Raumnutzung innerhalb einer Gemeinde wird durch deren Erreichbarkeit derart beeinflusst, dass bei einer überdurchschnittlichen Verbesserung der Erreichbarkeit einer Gemeinde auch die Wohnbevölkerung und die Anzahl Beschäftigten in dieser Gemeinde entsprechend wächst.

Daraus ergeben sich drei **zentrale Fragen**, die am Beispiel der funktionalen Region St.Gallen im Zeitfenster 1950-2020 behandelt werden sollen:

1. Welche **Zusammenhänge** können nachgewiesen werden?
2. Wie gross ist die zeitliche **Verzögerung** und die **Abhängigkeit**?
3. Welche Aussagen lassen sich für die **zukünftige Siedlungsentwicklung** machen?

3 Grundlagen und Datenlage

3.1 Verkehrsnetze und Reisezeiten

3.1.1 Strassennetz 1950 - 2000

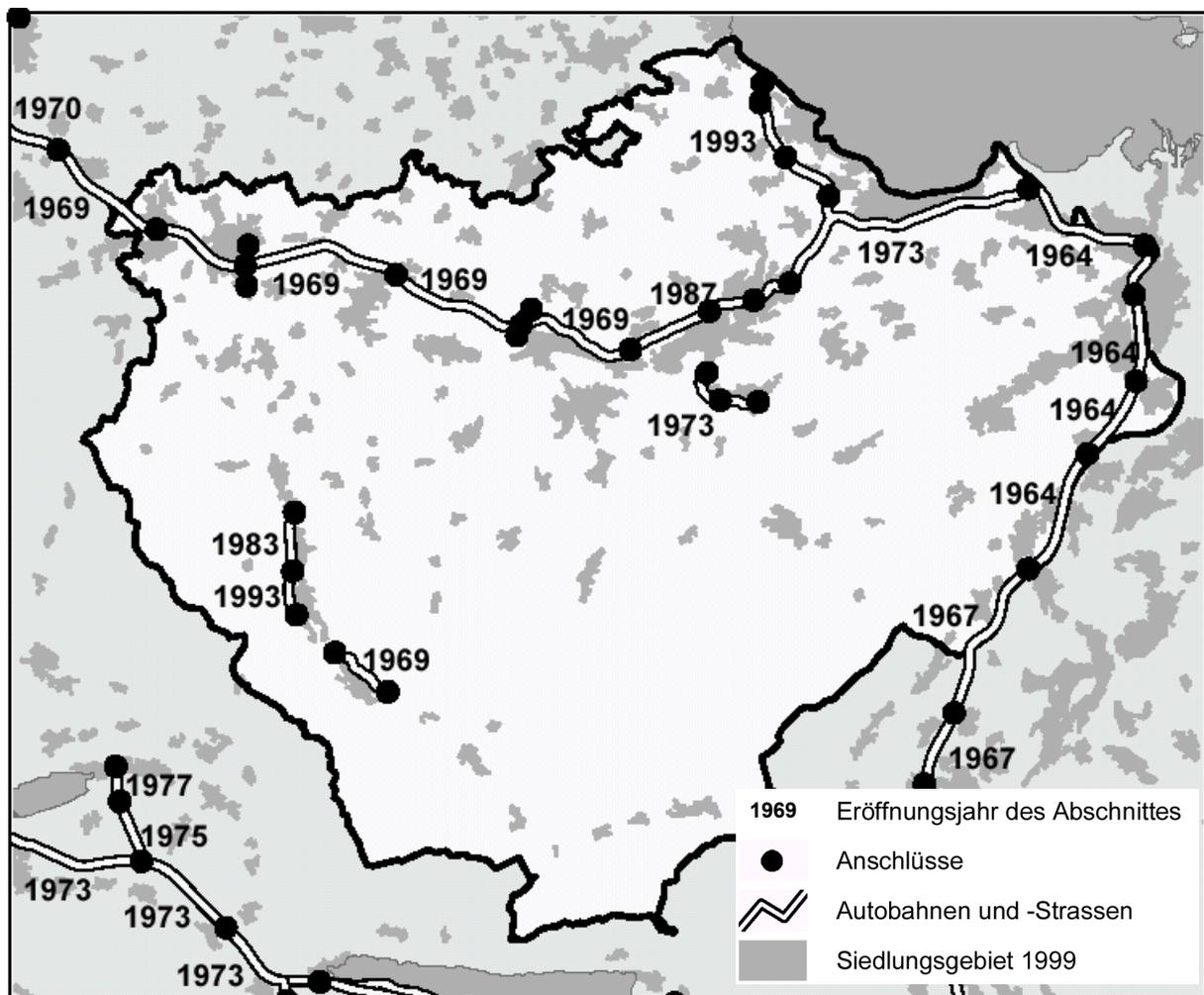
Die Reisezeiten im Individualverkehr für die Jahre 1950 bis 2000 wurden im Rahmen des Projektes COST 340 durch das IVT berechnet (Fröhlich und Axhausen, 2002). Als Basis diente das Strassennetz des Jahres 2000 mit rund 15'000 Knoten und 20'000 Strecken. Um die Jahre 1990 bis 1950 zu modellieren wurden einerseits die Autobahnen je nach Eröffnungsjahr entfernt und andererseits die Durchschnittsgeschwindigkeiten auf den Strecken in Abhängigkeit zum Strassentyp angepasst (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1 Durchschnittsgeschwindigkeiten nach Strassentypen und Jahr [km/h]

Strassentyp	Jahr					
	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Autobahn 120km/h	85	95	110	112	114	114
Autobahn / Schnellstrasse 100km/h	85	95	90	92	94	94
Autobahn / Schnellstrasse 80km/h	85	95	75	77	79	79
Autobahnzubringer	30	30	30	30	30	30
Hauptverkehrsstrassen	40	45	55	65	70	70
Verbindungsstrasse	35	40	50	60	60	60
Sammelstrassen	30	35	45	50	50	50
Erschliessungs- / Quartierstrassen	25	25	35	40	40	40
Alpine Transitstrassen	35	40	50	60	60	60
Alpine Hauptverkehrsstrassen	30	35	45	50	50	50
Alpine Sammelstrassen	25	25	35	40	40	40
Alpine Erschliessungsstrassen	15	20	25	30	30	30
Städtische Hauptverkehrsstrassen	22	22	22	22	22	22
Städtische Sammelstrassen	17	17	17	17	17	17

Quelle: Fröhlich und Axhausen (2002) 3

Abbildung 4 Übersicht des Autobahn- und Schnellstrassennetzes im Jahr 2000



Quelle: TBA SG (2003) 1

Zur Berechnung der Fahrzeiten von jeder Gemeinde zu den übrigen Schweizer Gemeinden wurde die Software VISUM der Firma PTV Planung Transport Verkehr AG eingesetzt (PTV, 2001). Dabei wurde der schnellste Weg ohne Berücksichtigung der erwarteten Verkehrsmengen berechnet, was in einigen Abschnitten zu unrealistisch schnellen Verbindungen führte. Mit Hilfe der unterschiedlichen mittleren Geschwindigkeiten wurde diesem Umstand Rechnung getragen und beispielsweise belastete Verkehrsachsen in den Städten entsprechend verlangsamt.

Als Start- beziehungsweise Zielpunkt wurde derjenige Knoten des digitalisierten Verkehrsnetzes in VISUM gewählt, der der Zentrumsordinate der entsprechenden Gemeinde am nächsten liegt. Die Zentrumskoordinaten sind die Koordinaten der Mittelpunkte der Hauptorte der Gemeinden. Sie wurden vom Bundesamt für Statistik erfasst und mit Hilfe verschiedener Plan- und Kartengrundlagen von Hand positioniert (BFS, 2000).

Es wurden keine zusätzlichen Zugangs- bzw. Abgangszeiten zwischen der Zentrumsordinate der Gemeinde und dem Verkehrsnetz addiert. Die berücksichtigten Zeiten spiegeln somit den schnellsten Weg zwischen den Knoten des Modell-Verkehrsnetzes, die jeweils am nächsten bei der Zentrumsordinate der Start- bzw. Zielgemeinde liegen.

Die Gemeinden im Modell entsprechen dem Stand im Jahr 2000. Dies kann mit den neueren Daten der Volks- und Betriebszählung vor allem in den Kantonen Baselland und Thurgau zu Ungereimtheiten führen. Durch die Zusammenlegung oder Teilung von Gemeinden entstehen vereinzelt Zentrumskoordinaten ohne Daten oder mit falscher Lage. Da die betroffenen Aktivitätspunkte allerdings nicht verloren gehen, wurden in den Erreichbarkeitsberechnungen diese Fehler vernachlässigt (Fröhlich und Axhausen, 2002).

3.1.2 Strassennetz 2020

Um das Verkehrsnetz für den MIV im Jahr 2020 zu erstellen, wird im Rahmen dieser Nachdiplomarbeit das entsprechende Netz des Jahres 2000 mit den heute absehbaren Schnellstrassen und Autobahnen ergänzt. Die **Richtpläne** der Ostschweizer Kantone enthalten die wichtigsten Infrastrukturprojekte für den betrachteten Perimeter (ARE SG, 2003; ARP TG, 1996; ARV ZH 1995; PA AR, 2001; RPA AI 2002). Für das Verkehrsnetz 2020 werden einerseits die geplanten Neubauten von Umfahrungen, Schnellstrassen und Autobahnen im Perimeter berücksichtigt. Andererseits werden neue Schnellstrassen und Autobahnen im Umkreis von 25 km um den Perimeter, die eine Verbindungsfunktion von und nach den Gemeinden im Untersuchungsgebiet haben, ebenfalls in das neue Netz aufgenommen. Die neu digitalisierten Netzergänzungen sind in der Tabelle 2 und der Abbildung 5 zusammengefasst.

Tabelle 2 Infrastrukturprojekte der kantonalen Richtpläne im MIV-Netz 2020

Projekt	Kanton	Geschwindigkeits- beschränkung	Nr. *
Oberlandautobahn Uster bis Betzholz	ZH	120 km/h	1
Jona-Eschenbach-Schmerikon (H8)	SG	100 km/h	2
Verkehrsentlastung Rapperswil/Jona	SG	60 km/h	3
Anschluss Wil-West zur N1**	TG / SG	80 km/h	4
Grünaustrasse in Wil (SG)	SG	60 km/h	5
Umfahrung Bazenhaid	SG	80 km/h	6
Umfahrung Bütschwil	SG	80 km/h	7
Umfahrung Wattwil, 2. Etappe (bis Ebnet-Kappel)**	SG	80 km/h	8
Umfahrung Bischofszell**	TG	80 km/h	9
Autobahnzubringer Appenzellerland N1	AR / SG	100 km/h	10
Kreuzlingen bis Frasnacht T13 (bis N1 Zubringer)	TG	100 km/h	11
Umfahrung Widnau	SG	80 km/h	12
Umfahrung Altstätten (Ost und Süd)	SG	80 km/h	13

* Nummern in Abbildung 5 (Nr. 1 und 3 sind ausserhalb des gezeigten Ausschnittes)

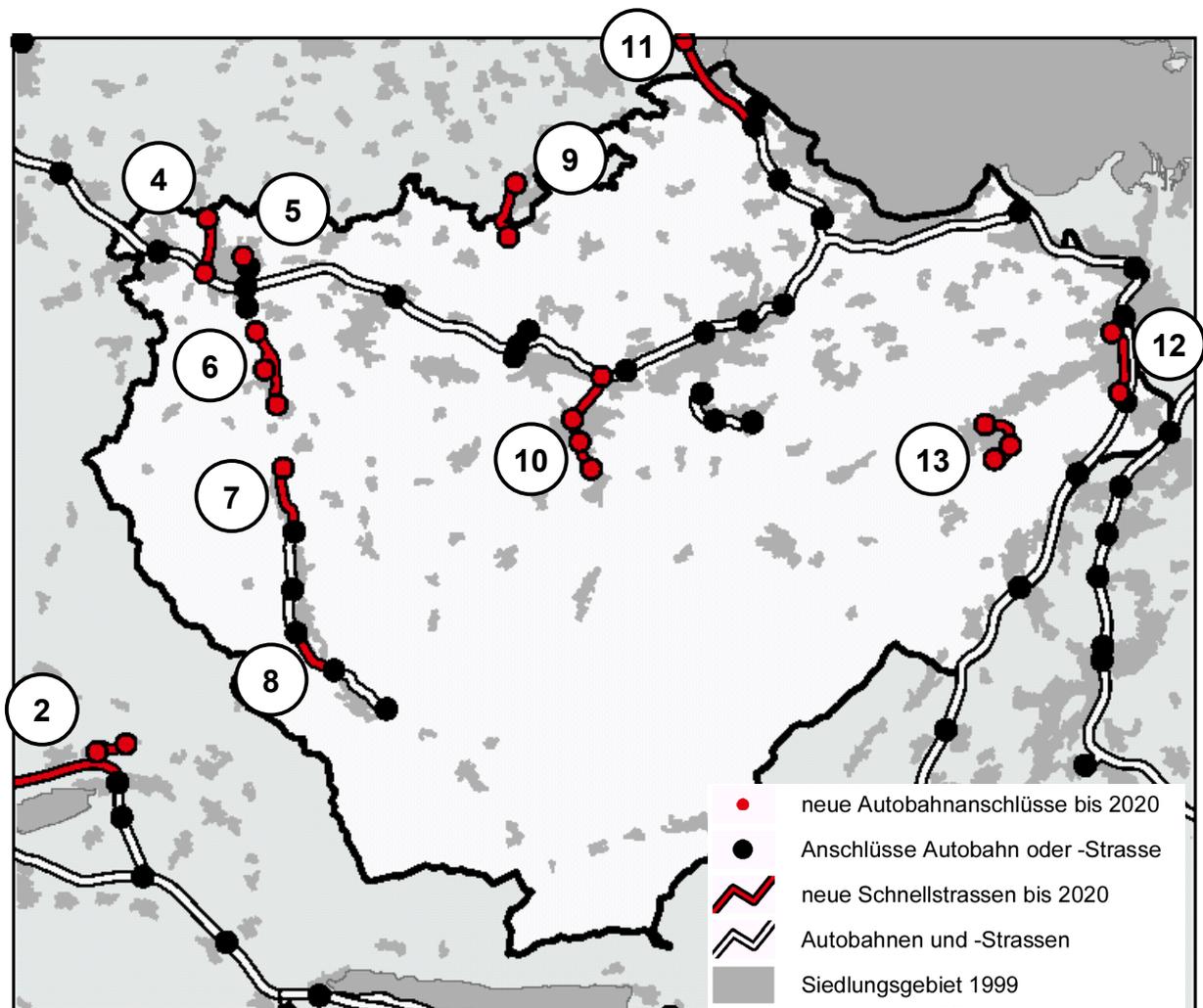
** Digitalisierte Projekte mit Koordinationsstand Vororientierung

Quellen: ARE SG (2003) VI 21 1-3; ARP TG (1996) 11; ARV ZH (1995) 84; PA AR (2001) 55-62

Nicht berücksichtigt werden die zur Vororientierung aufgeführten Projekte – ausser den mit ** bezeichneten Projekten in Tabelle 2. Die Realisation dieser Neubaustrecken scheint heute (Sommer 2003) ebenfalls gesichert. Da das Ausland nicht im Modell einbezogen wird, wird die geplante Verbindung von St.Margrethen/Au (N13) in Richtung Bregenz (S18) nicht eingerechnet (ARE SG, 2003).

Grundsätzlich werden die gleichen Fahrgeschwindigkeiten wie im Jahr 2000 angenommen (siehe Kapitel 3.1.1). Die Geschwindigkeitsbeschränkungen auf den neuen Abschnitten sind anhand der Trassenführung geschätzt, die im Modell durchschnittlich gefahrenen Geschwindigkeiten auf den Teilstrecken entsprechen den Geschwindigkeiten im Verkehrsnetz aus dem Jahr 2000 (siehe Tabelle 1).

Abbildung 5 Modellerte Infrastrukturausbauten MIV 2020 in der Region St.Gallen



Nummern: vergleiche Tabelle 2 auf Seite 16.

Quellen: ARE SG (2003) VI 21 1-3; ARP TG (1996) 11; PA AR (2001) 55-62

Wie die Entwicklung der durchschnittlichen Reisegeschwindigkeiten aus den Erhebungen des Mikrozensus zum Verkehrsverhalten zeigt, nahm die durchschnittlich gefahrene Geschwindigkeit mit dem Auto zwischen 1994 und 2000 um 8.5% ab (ARE und BFS, 2002). Damit dürften die angenommenen durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeiten sowohl für das Jahr 2000 als auch für 2020 eher zu hoch sein.

3.1.3 Öffentlicher Verkehr 1950 - 2000

Im Gegensatz zum Individualverkehr liegen für den öffentlichen Verkehr zu Beginn dieser Nachdiplomarbeit noch keine berechneten Reisezeiten vor. Hingegen wurden im Rahmen des Forschungsprogramms COST 340 bereits die Schnellzüge in der Schweiz und die wichtigsten Verbindungen in Europa für die Jahre 1950, 1960, 1970, 1980, 1990 und 2000 mit VISUM erfasst (PTV, 2001). Im Rahmen dieser Arbeit werden diese Datensätze mit sämtlichen Bahnverbindungen und den wichtigen Buslinien⁴ im betrachteten Perimeter der Region St.Gallen ergänzt (vgl. Tabelle 3).

Grundsätzlich sind nur die Verbindungen an Werktagen berücksichtigt, diese sind allerdings fahrplanfein und ermöglichen deshalb die genaue Modellierung der verschiedenen Verbindungen mit Berücksichtigung von Umsteigezeiten, Bedienungshäufigkeiten und unterschiedlichen Abfahrzeiten. Die Details zur Datenerhebung mit VISUM sind im Anhang B erläutert.

Als Grundlage, sowohl für die Digitalisierungsarbeiten des IVT (Schnellzüge) als auch für die ergänzenden Erhebungen für diese Nachdiplomarbeit (Regionalzüge und Postautoverbindungen), dienten die offiziellen Kursbücher der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB, 1950, 1959, 1970, 1980, 1990a, 1990b, 2000a, 2000b). In der Tabelle 3 sind die Nummern der berücksichtigten Fahrplanfelder der einzelnen Jahre aufgeführt.

Wie im Modell für den Individualverkehr wird mit dem Gemeindebestand aus dem Jahr 2000 gearbeitet. Es entstehen deshalb im Zusammenhang mit den neueren Daten der Volks- und Betriebszählung die gleichen Ungenauigkeiten wie im vorhergehenden Kapitel beschrieben (Fröhlich und Axhausen, 2002). Strukturbrüche aufgrund von Stilllegungen oder Neueröffnungen von Bahnverbindungen gibt es in der Region im betrachteten Zeitraum keine.

Nicht berücksichtigt sind neben den Verbindungen über das Wochenende und regelmässige Verspätungen auch allfällige private Werkbusse sowie Busse, die nur innerhalb einer Gemeinde verkehren (insbesondere die Busse der Stadt St.Gallen).

⁴ Es wurden nur die Buslinien berücksichtigt, die im Jahr 2000 etwa einen Stundentakt aufwiesen (mindestens 15 Kurse pro Tag). Bei 13 Gemeinden führt dies aufgrund der nicht erhobenen Verbindungen zu zu tiefen Werten der Erreichbarkeit. Während der Fehler in der Gemeinde selbst und in der Nachbargemeinde noch unbedeutend ist, wird er bei weiter entfernten Gemeinden entlang der nicht berücksichtigten Verbindung grösser. Bei grösseren Distanzen ist der Fehler wieder gering (Anhang B7).

Tabelle 3 Digitalisierte Regionalverbindungen mit Kursbuchnummern nach Jahr

Verbindung	Art	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Rheineck - Walzenhausen	Z	97c*	115d	115d	115d	858	858
Eschlikon - Wil - St.Gallen	Z	100	100	100	100	850	850
St.Gallen - Rorschach	Z	100	100	100	100	880	880
Wil - Münchwilen**	Z	103	103	103	103	841	841
St.Gallen - Sulgen**	Z	104	104	104	104	852	852
Wil - Nesslau - Neu St.Johann**	Z	105	105	105	105	853	853
Wil - Bronschhofen**	Z	106	106	106	106	830	830
Romanshorn - Rorschach	Z	109	109	109	109	820	845
Rorschach - Buchs	Z	110	110	110	110	880	880
Herisau - St.Gallen	Z	110b	110b	110b	110b	870	870
Rapperswil - St.Gallen - Romanshorn	Z	111	111	111	111	870	870
St.Gallen - Gais - Appenzell**	Z	113	113	113	113	855	855
Altstätten - Gais**	Z	114	114	114	114	856	856
Gossau - Appenzell - Wasserauen**	Z	115	115	115	115	854	854
St.Gallen - Speicher - Trogen**	Z	115a	115a	115a	115a	859	859
Rorschach - Heiden**	Z	115b	115b	115b	115b	857	857
Heerbrugg - Berneck**	B	129	129	129	129b	880.51	880.51
Herisau - Schwellbrunn**	B	736	736	736	736	870.50	870.50
Nesslau - Wildhaus - Buchs**	B	740a	740a	740a	740	853.70	853.70
St.Gallen - Arbon - Steinach**	B	745a	745a	745a	745a	880.15	880.15
St.Gallen - Wittenbach**	B	-	-	-	-	880.15	880.16
St.Gallen - Engelburg**	B	745b	745b	745b	745b	880.10	880.12
St.Gallen - Eggersriet - Heiden**	B	745c	745c	745c	735e	857.10	857.10
St.Gallen - Rehetobel - Heiden**	B	745d	745d	745d	735f	857.20	857.20
St.Gallen - Hundwil - Herisau**	B	745e	745e	745e	745e	880.20	880.20
St.Gallen - Untereggen - Rorschach**	B	-	745f	745	745	880.25	880.25
Goldach - Rorschach**	B	-	745f	745	745	880.30	880.30

* Nummer im Kursbuch

** Ergänzende Verbindungen zum überregionalen Modell

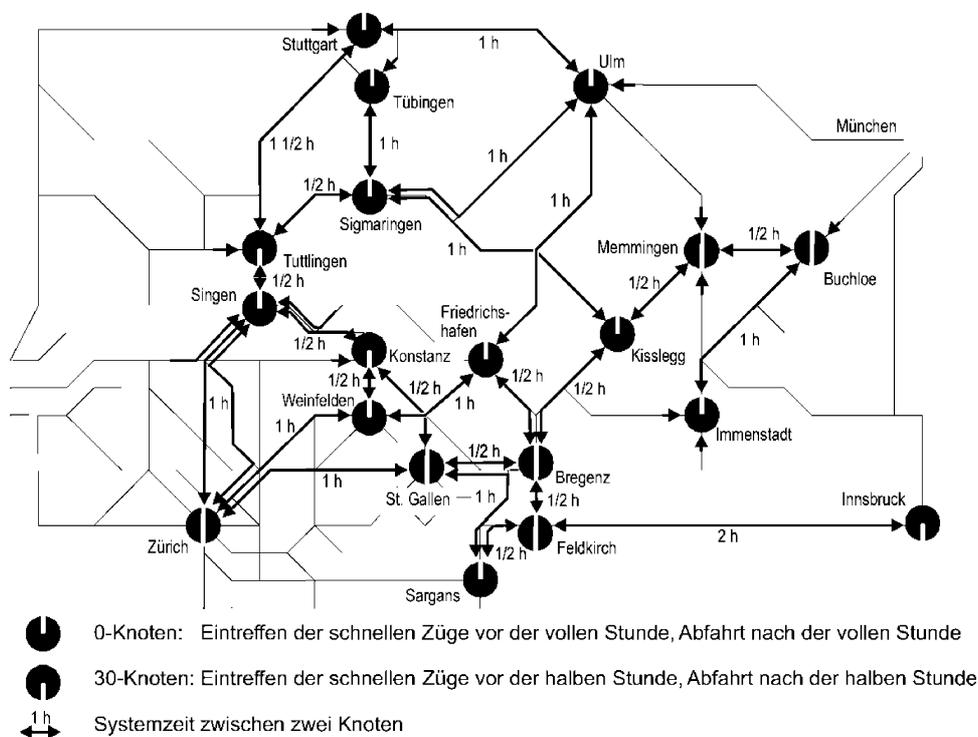
Art: Z Zug, B Bus und Postauto

3.1.4 Öffentlicher Verkehr 2020

Die in den **Richtplänen** der Ostschweizer Kantone formulierten Zielsetzungen und Stossrichtungen im öffentlichen Verkehr sind meist relativ vage und beschränken sich im Wesentlichen auf strategische Aussagen zum Modal-Split und der Anbindung des ländlichen Raumes (ARE SG, 2003; ARP TG, 1996; ARV ZH 1995; PA AR, 2001; RPA AI 2002).

Im Rahmen des Interreg-II-Projektes **BODAN-RAIL 2020** ist allerdings ein sehr präzises Bild des erwünschten zukünftigen Zustandes von Bahnnetz und Bahnbetrieb im Grossraum Bodensee ausgearbeitet worden (Kluth *et al.*, 2001a). Das Konzept zeigt Lage und Häufigkeit der geplanten Zugverbindungen und verweist auf die erforderlichen Infrastrukturausbauten. Zu den Trägern dieses Projektes gehören die Kantone Aargau, beide Appenzell, Graubünden, Schaffhausen, St.Gallen, Thurgau und Zürich sowie die Länder Baden-Württemberg, Bayern und Vorarlberg und das Fürstentum Liechtenstein. Der hohe Stellenwert dieses Konzeptes zeigt sich auch in der Tatsache, dass sich die neueren kantonalen Richtpläne auf diese Grundlage stützen (ARE SG, 2003; PA AR, 2001; RPA AI 2002).

Abbildung 6 Das geplante Knotensystem im Bodan-Raum



Quelle: Kluth *et al.* (2001b) 6

BODAN-RAIL 2020 ist grundsätzlich ein Angebotskonzept und wurde in Abstimmung mit der Raumordnung erstellt. Es verknüpft die Taktsysteme der deutschen, österreichischen und schweizerischen Bahnen so miteinander, dass auch an den Grenzen ein durchgängiges System entsteht. Zudem berücksichtigt sie die Planungen und Entwicklungen der letzten Jahre – insbesondere auch der Bahn 2000 – und ergänzt sie mit verschiedenen neuen Infrastrukturanlagen zu einem Gesamtnetz.

Das Konzept geht von einer Betriebsdauer zwischen 06.00 und 24.00 Uhr aus. Grundsätzlich verkehren die Züge im Stundentakt mit einheitlichen Ankünften und Abfahrten in den Umsteigebahnhöfen zur vollen bzw. halben Stunde. Innerhalb von Agglomerationen soll eine S-Bahn alle 30 Minuten einen Zug offerieren. In einigen wenigen Fernverkehrsrelationen können die Züge nur im 2-Stunden-Takt angeboten werden. Auf vielen Strecken ergeben sich durch Linienüberlagerungen noch dichtere Frequenzen (siehe Abbildung 6). Um eine entsprechende Verknüpfung zu erreichen, müssen die Teilstrecken zwischen den Städten und Umsteigebahnhöfen weniger als 60 bzw. 30 Minuten Fahrzeit aufweisen. Dies soll mit verbessertem Rollmaterial und mit verschiedenen Infrastrukturausbauten erreicht werden.

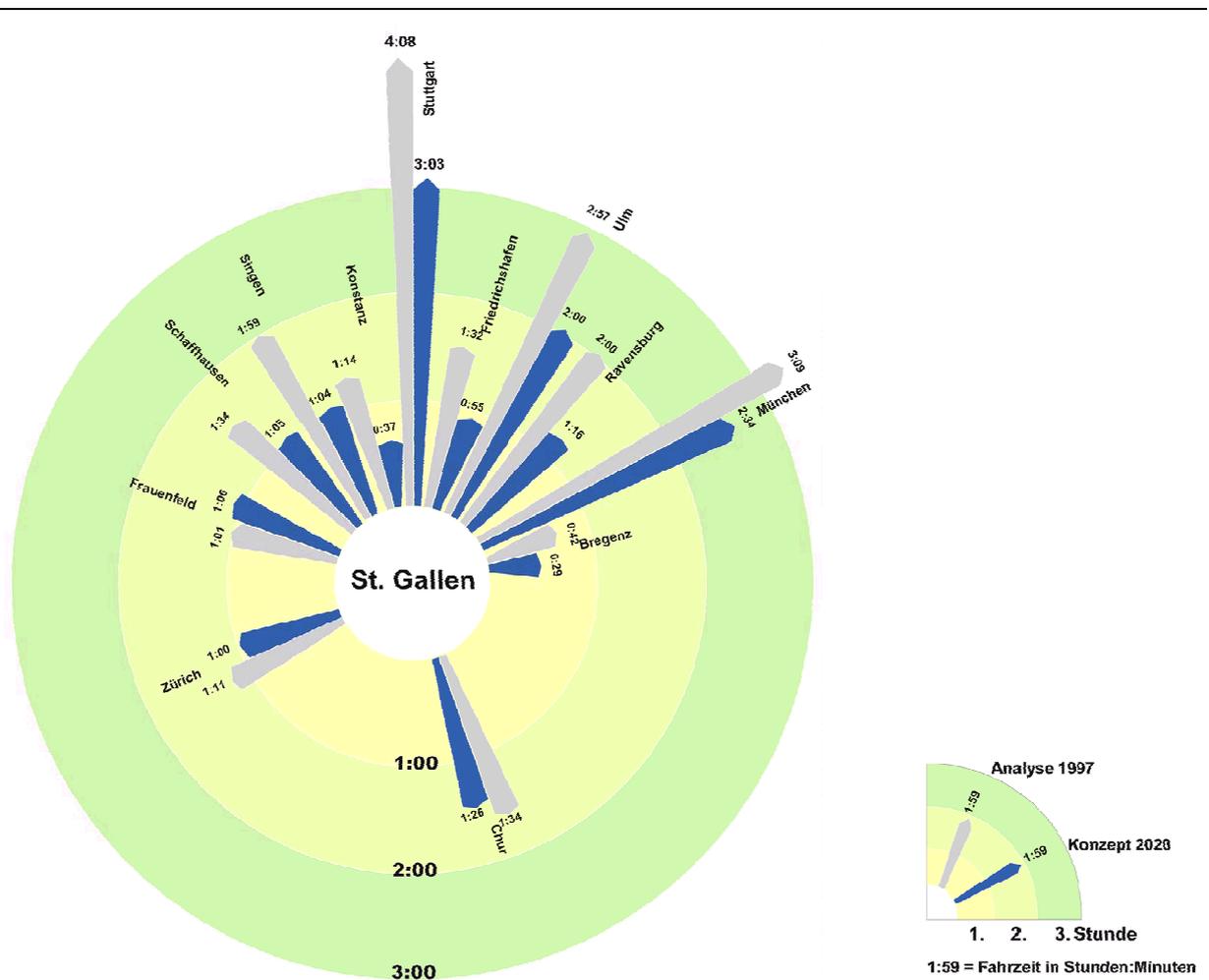
Wie die Abbildung 7 anschaulich zeigt, führt das fein aufeinander abgestimmte Konzept zu teilweise massiv kürzeren Reisezeiten – speziell im Grenzverkehr. So rechnet BODAN-RAIL 2020 mit einer zukünftigen Reisezeit zwischen St.Gallen und Zürich von einer Stunde d.h. 11 Minuten (15%) schneller als im Jahr 1997. Extrem ist der Zeitgewinn nach Kreuzlingen und Konstanz: Mit einer Fahrzeit von 37 Minuten im Jahr 2020 beträgt die Zeitersparnis hier 50%. Am wenigsten profitiert die Verbindung nach Frauenfeld mit einem Zeitgewinn von fünf Minuten oder 8% (Kluth *et al.*, 2001a, 2001b).

BODAN-RAIL 2020 hat indes auch einige nicht zu unterschätzende Schwachpunkte. So kostet das Projekt insgesamt 2'215 Mio. €, davon entfallen alleine auf das Deutsche Gebiet 1'540 Mio €. Auch wenn das Projekt in mehreren Etappen verwirklicht werden kann, so muss doch mit Abstrichen an den hoch gesteckten Zielen gerechnet werden (Kluth *et al.*, 2001a).

Das Konzept BODAN-RAIL 2020 befasst sich zudem nur wenig mit der Feinverteilung in den Regionen.

Der **Strategieplan öffentlicher Verkehr** des Kantons St.Gallen (SPöV) geht diesbezüglich im betrachteten Perimeter mehr ins Detail (AÖV SG, 2002). Dabei sollen auch die angestrebten wirtschaftlichen und räumlichen Entwicklungen nach dem kantonalen Wirtschaftsleitbild (VD SG, 2002) und dem kantonalen Richtplan (ARE SG, 2003) unterstützt werden.

Abbildung 7 Modellfahrzeiten mit der Bahn nach BODAN-RAIL 2020



Quelle: Kluth *et al.* (2001b) 11

Der Kanton St.Gallen strebt gemäss dem SPöV den Ausbau der S-Bahn St.Gallen sowie die Verbesserung des Angebots in den Agglomerationsräumen Sargans/Werdenberg, Wil und Rapperswil/Jona an. Im Weiteren will er die Attraktivität des öffentlichen Verkehrs steigern, indem der Zugang zum öffentlichen Verkehr durch die Weiterentwicklung des Tarifverbunds Ostwind vereinfacht wird. Neben dem Ausbau des Verkehrsangebots und der Infrastruktur wird im Strategieplan somit auch der Optimierung der institutionellen und instrumentellen Rahmenbedingungen eine wichtige Bedeutung beigemessen.

Die Auswirkungen der Bemühungen des Kantons lassen sich nicht genau beziffern, allerdings kann festgehalten werden, dass auch im Nahverkehr mit schnelleren Verbindungen (insbesondere aufgrund des grösseren Angebotes und der kürzeren Umsteigezeiten) gerechnet werden kann.

3.2 Wohnbevölkerung

3.2.1 Volkszählungen 1950 - 2000

Mit nur zwei Ausnahmen wird seit 1850 in zehnjährigen Abständen eine eidgenössische Volkszählung durchgeführt. Die aktuelle gesetzliche Grundlage dazu bilden das Bundesgesetz über die Eidgenössische Volkszählung und die dazugehörige Verordnung. Im Rahmen der Volkszählung werden statistische Informationen zu allen Personen, Haushalten, Wohngebäuden und Wohnungen in der Schweiz erhoben. Dadurch lässt sich alle zehn Jahre eine vollständige soziodemografische Momentaufnahme des Landes gewinnen.

Seit 1950 wurde der Rhythmus von 10 Jahren präzise eingehalten, was die Vergleichbarkeit erleichtert. In diesem Zeitraum wurde zudem das Alter der Einwohner erhoben, was die Unterscheidung zwischen Erwerbspersonen⁵ und dem Total der Wohnbevölkerung zulässt.

Die Zuordnung der Bevölkerung zu einem Hektarraster wird erst seit 1990 für die ganze Schweiz erhoben, somit ist die Gemeinde die kleinstmögliche administrative Beobachtungseinheit.

Die Erstellung von Zeitreihen gestaltet sich indes aufgrund der fortwährenden Fusions- und Trennungsprozesse zum Teil schwierig. Als Basis für die Harmonisierung wurde der Gemeindebestand im Jahr 2000 gewählt und die Daten für die Jahre 1950 bis 1990 im Rahmen dieser Arbeit auf die neuen Gebietseinheiten umgerechnet (Tschopp *et al.*, 2002; Tschopp und Keller, 2003)⁶.

⁵ In der vorliegenden Arbeit ist mit „Erwerbspersonen“ das standardisierte Erwerbstätigenpotential gemeint – d.h. die Bevölkerung ab 15 Jahren. Dies ermöglicht einen Vergleich mit den Bevölkerungsprognosen, die ebenfalls die standardisierten Erwerbspersonen ausweisen.

⁶ Neun Gemeinden der Kantone Thurgau und Wallis erhalten durch diese Umrechnung Gemeindenummern, die im verwendeten Verkehrsmodell (Gemeindebestand 1998) noch nicht vorhanden sind. Diesen Gemeinden wurde eine entsprechende Nummer von 1998 vergeben, damit sie ebenfalls berücksichtigt werden.

3.2.2 ESPOP 1980 - 2000

Die Sektion Bevölkerungsentwicklung des Bundesamtes für Statistik (BFS) führt verschiedene fortlaufende Statistiken über die Wohnbevölkerung der Schweizer Gemeinden und Kantone. Die dazu verwendeten Angaben stammen aus Erhebungen bei den Gemeinden, den Zivilstandsämtern und Datenbanken über die ausländische Wohnbevölkerung.

Die Statistik des jährlichen Bevölkerungsstandes (ESPOP) ermittelt die Entwicklung und Struktur der ständigen Wohnbevölkerung nach dem zivilrechtlichen Wohnsitzbegriff (BFS, 2002a). Zusätzlich wird die mittlere Wohnbevölkerung nach dem wirtschaftlichen Wohnsitz ausgewiesen. Die vorliegende Arbeit stützt sich auf die Zahl der ständigen Wohnbevölkerung am Jahresende, diese Daten werden jährlich seit 1980 vom BFS erhoben und aufbereitet.

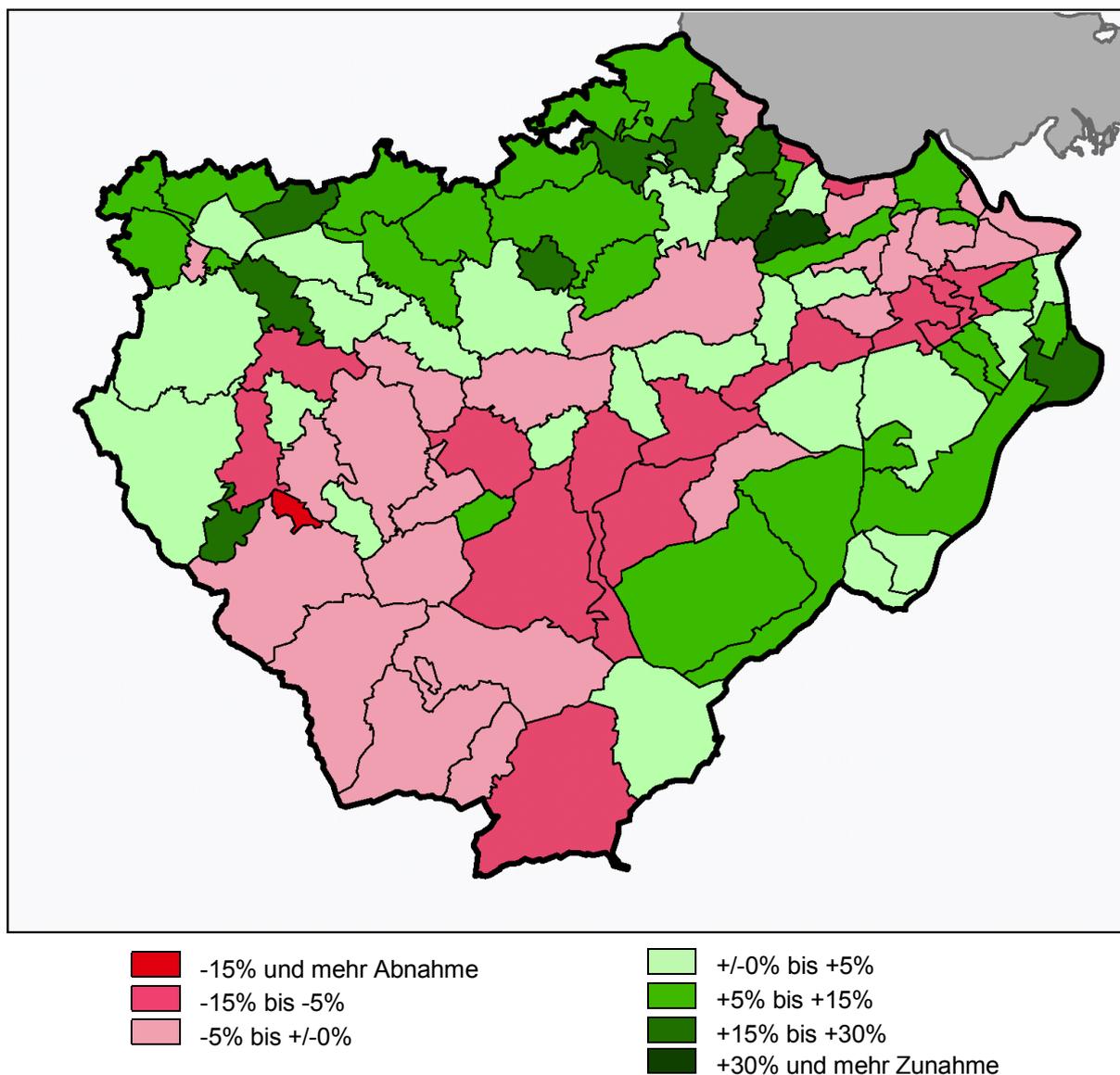
Der Gemeindebestand basiert auf dem Stand des Jahres 2000 und wurden vom BFS bereits korrigiert.

Bei einem Vergleich der ständigen Wohnbevölkerung aus ESPOP und den Resultaten der Volkszählungen ist zu beachten, dass Personen, die sich nur kurzfristig in der Schweiz aufhalten (höchstens 12 Monate, inkl. Saisonarbeitskräften) oder deren Aufenthaltsstatus noch nicht geregelt ist (Personen des Asylbereichs), nicht in den Erhebungen von ESPOP berücksichtigt werden. Die ständige Wohnbevölkerung ist deshalb erhebungsbedingt tiefer als die Werte aus der Volkszählung.

3.2.3 Prognosen für das Jahr 2010

Das Amt für Raumentwicklung des Kantons St.Gallen arbeitet mit Bevölkerungsprognosen, die auf einem an der Universität St.Gallen entwickelten Modell basieren (dm-plus, 2003). Im Gegensatz zu anderen Prognoseverfahren (Wüest *et al.*, 1995) liefert dieses Modell für jede Schweizer Gemeinde einerseits die zu erwartende Wohnbevölkerung und andererseits die Anzahl Erwerbspersonen.

Abbildung 8 Bevölkerungsentwicklung bis 2010 aufgrund Altersstruktur



Das angewendete Modell stützt sich auf die ständige Wohnbevölkerung aus ESPOP (BFS, 2002a) und berücksichtigt im Wesentlichen die Altersstruktur, die Geburtenraten und die Fluktuation zwischen den Gemeinden. Globale Einflüsse wie die allgemeine Wirtschaftsentwicklung sowie kleinräumige Unterschiede und Veränderungen, z.B. Steuerfussanpassungen oder neue Verkehrsinfrastrukturen, können allerdings nicht einbezogen werden.

Da allerdings gerade letzteres die Bevölkerungsentwicklung in den einzelnen Gemeinden massgeblich mitbeeinflusst, sind die Daten auf Stufe Gemeinde grundsätzlich nur sehr begrenzt aussagekräftig. Dies bedeutet, dass für Auswertungen und Prognosen des ARE SG üblicherweise die Daten auf die Stufe der Regionen aggregiert werden.

Als Gebietsabgrenzung dienen wiederum die Gemeindegrenzen aus dem Jahr 2000, was den Vergleich zu den benutzten ESPOP- und VZ-Daten erleichtert.

Für die Berechnung der Erreichbarkeit werden die Daten der Volkszählungen benötigt. Damit die vorhandenen Prognosen auf Basis der ESPOP-Daten mit den Daten der Volkszählungen vergleichbar sind, wurden sie mit Hilfe der entsprechenden Werte (VZ- und ESPOP-Daten) aus dem Jahr 2000 hochgerechnet.

3.3 Beschäftigte

3.3.1 Betriebszählung 1955 - 2001

In den Jahren 1955, 1965, 1975, 1985, 1991, 1995, 1998 und 2001 führte das Bundesamt für Statistik (BFS) eine gesamtschweizerische Betriebszählung im 2. und 3. sowie teilweise im 1. Wirtschaftssektor durch. Die Betriebszählung ist die einzige Unternehmensbefragung, die sämtliche Unternehmen und Arbeitsstätten in der Schweiz einbezieht. Sie ermöglicht eine umfassende, nach inhaltlichen und räumlichen Merkmalen fein strukturierte Darstellung des Unternehmensbestandes und der Beschäftigungssituation in der Schweiz.

Wie bei der Volkszählung ist die kleinstmögliche Beobachtungseinheit der Erhebungen die Gemeinde – die Daten auf Hektarraster-Basis wurden nur für die Betriebszählung 1995 erfasst (BFS, 2001).

In den Jahren 1955 und 1965 wurden die Betriebe des 2. und 3. Sektors in vier bzw. fünf Kategorien unterteilt (BFS, 1967, 1960). Diese können aber ohne weiteres der heute üblichen Aufteilung der Wirtschaftssektoren zugeordnet werden⁷.

Die für diese Arbeit verwendeten Daten der Betriebszählungen stammen aus verschiedenen Originaldatensätzen. Die Daten für die Jahre 1955 und 1965 wurden durch das IVT aufbereitet. Die Jahre 1975, 1985, 1995 und 2001 stammen aus der Datenbank STATINF des Bundesamtes für Statistik (BFS, 2003, 1997)⁸.

Leider sind nur die Anzahl Arbeitsplätze der Sektoren 2 und 3 aus allen Betriebszählungen vorhanden⁹. Die Unterscheidung zwischen Vollzeit- und Teilzeitstellen nach Sektoren wird nur in den Datensätzen für 1975 und 1985 ersichtlich, was eine Berechnung z.B. von „Vollzeitäquivalenten“ verunmöglicht.

⁷ Sektor 2: Industrie, Handwerk, Baugewerbe; Sektor 3: Handel, Banken, Versicherungen und Verkehr, Gastgewerbe und Gesundheitspflege, Erziehung, Sport sowie Übrige (1965).

⁸ Die Daten der Betriebszählung 1975 stammen aus dem Datensatz: Beschäftigte nach Gemeinde, Wirtschaftsklasse, Geschlecht, Heimat, Beschäftigungsgrad, Jahr (Datenmodul aus STATINF: BZ0004GD). Die Daten der Jahre 1985, 1995 und 2001 sind aus dem Datensatz: Beschäftigte der Arbeitsstätten nach Gemeinde, Beschäftigtengrößenklassen, Jahr, Allgemeine Systematik der Wirtschaftszweige NOGA (Datenmodul BZ022GD).

⁹ Für 1955 werden die „gelegentlich mitarbeitenden Personen“ ohne Zuteilung zu den Sektoren ausgewiesen. Für die Berechnungen wurden sie proportional zu den Vollzeitstellen auf die Sektoren 2 und 3 verteilt.

Im Folgenden wird deshalb mit der gesamten Anzahl Arbeitsplätze (Vollzeit und Teilzeit) gearbeitet. Alle Gemeindefummern der verschiedenen Datensätze sind auf den Stand des Jahres 2000 umgerechnet, analog zu den Daten der Volkszählung (vgl. Kapitel 3.2.1).

3.3.2 Prognosen für das Jahr 2010

Prognosen für die Arbeitsplatzentwicklung sind so gesucht wie unsicher. Für den Kanton St.Gallen und dessen Regionen wurde letztmals im Jahr 1995 auf der Basis der Betriebszählungen bis 1991 und der Volkszählung 1990 eine entsprechende Prognose erstellt (Wüest *et al.*, 1995). Es hat sich allerdings gezeigt, dass das wirtschaftliche Umfeld einen so grossen Einfluss auf die Arbeitsplatzentwicklung hat, dass ohne entsprechende Kenntnisse keine brauchbaren Prognosen erstellt werden können. Sobald man allerdings die entsprechenden Entwicklungen kennt, ist eine entsprechende Prognose längst obsolet geworden.

Da die Entwicklung der Zahl der Arbeitsplätze für die nächsten 10 Jahre kaum absehbar ist, werden für die Berechnungen zur zukünftigen Entwicklung die Daten der Betriebszählung 2001 ohne Anpassungen verwendet – was der Annahme einer allgemeinen Stagnation gleichkommt.

4 Methoden / Untersuchungen

4.1 Berechnung der Reisezeiten

4.1.1 Individualverkehr 1950 - 2000

Die Berechnung der Reisezeiten im Individualverkehr ist für die Jahre 1950 bis 2000 vom IVT im Rahmen des Forschungsprogramms COST 340 durchgeführt worden (vgl. Kapitel 3.1.1 ab Seite 13).

4.1.2 Individualverkehr 2020

Wie im Kapitel 3.1.2 beschrieben, wurde das Netz für den Individualverkehr des Jahres 2000 mit den in den kantonalen Richtplänen erwähnten Schnellstrassen- und Autobahn-Projekten ergänzt. Auf dem so modellierten Netz werden nun die kürzesten Reisezeiten zwischen den Gemeinden für das Jahr 2020 gesucht. Das Vorgehen ist analog zu den Berechnungen des IVT für die Jahre 1950 bis 2000 (siehe Kapitel 3.1.1) und wird ebenfalls mit der Software VISUM durchgeführt.¹⁰

Die Reisezeit berechnet sich aufgrund der Länge der gefahrenen Strecke und den durchschnittlichen Geschwindigkeiten auf den entsprechenden Teilstrecken. Als Start-beziehungsweise Zielpunkt wird derjenige Knoten im Verkehrsnetz gewählt, der der Zentrumsordinate¹¹ der entsprechenden Gemeinde am nächsten liegt. Es werden keine zusätzlichen Zugangs- bzw. Abgangszeiten zwischen der Zentrumsordinate der Gemeinde und dem Verkehrsnetz addiert.

Die Zeiten entsprechen somit dem schnellsten Weg zwischen den Knoten des Modell-Verkehrsnetzes, die jeweils am nächsten bei der Zentrumsordinate der Start- bzw. Zielgemeinde liegen.

¹⁰ Die verwendeten Parameter in VISUM sind im Anhang C ersichtlich.

¹¹ Die Zentrumsordinaten sind die Koordinaten der Mittelpunkte der Hauptorte der Gemeinden (BFS, 2000).

4.1.3 Öffentlicher Verkehr 1950 - 2000

Die Berechnung der Reisezeiten im öffentlichen Verkehr werden möglichst analog zum Vorgehen im MIV ausgeführt. Allerdings gibt es einige wesentliche Unterschiede zwischen dem Individual- und dem öffentlichem Verkehr:

Verbreitung: Die Erreichbarkeit des privaten Verkehrs erstreckt sich mehr oder weniger über die ganze Schweiz. Der öffentliche Verkehr erzeugt hingegen nur punktuelle Erreichbarkeiten an den Haltestellen. Dies bedeutet, dass neben der Fahrzeit mit dem öffentlichen Verkehrsmittel noch eine Zugangs- und Abgangszeit berücksichtigt werden muss.

Frequenz: Im Gegensatz zum MIV muss im öffentlichen Verkehr auf Fahrpläne Rücksicht genommen werden. Dabei spielt die Frequenz des Zuges eine wesentliche Rolle. Je mehr Abfahrtsmöglichkeiten zur Auswahl stehen, desto interessanter wird der öffentliche Verkehr. Mit sinkender Bedienungshäufigkeit steigt somit der subjektiv empfundene Transportaufwand – auch wenn die Fahrzeit an sich konstant bleibt.

Umsteigen: Im öffentlichen Verkehr muss das Transportmittel bei längeren Strecken oft gewechselt werden. Abgesehen vom zeitlichen Aufwand ist der Umsteigevorgang einerseits mit einem Komfortverlust verbunden, andererseits kann er aber neue Gelegenheiten bieten (z.B. Einkaufen am Bahnhof).

Der massgebliche Transportaufwand ist somit eine aus verschiedenen Faktoren berechnete **empfundene Reisezeit**. Die Parameter zur Berechnung der empfundenen Reisezeit und die entsprechenden Annahmen wurden für sämtliche betrachteten Zeitschnitte nicht verändert.

Mit dem sogenannten **Umlegen** kann im VISUM die durchschnittliche Reisezeit in einem bestimmten Zeitfenster berechnet werden. In diesem Verfahren werden die Ortsveränderungen der Fahrgäste nachgebildet und deren Auswirkungen auf das System sowie die Routenwahl ermittelt. Dabei arbeitet das System nicht nur mit der schnellsten Verbindung, sondern verteilt die Fahrgäste nach einem wählbaren Aufteilungsmodell auf die besten Verbindungen – was eine durchschnittliche Reisezeit für die Fahrgäste ergibt (PTV, 2001).

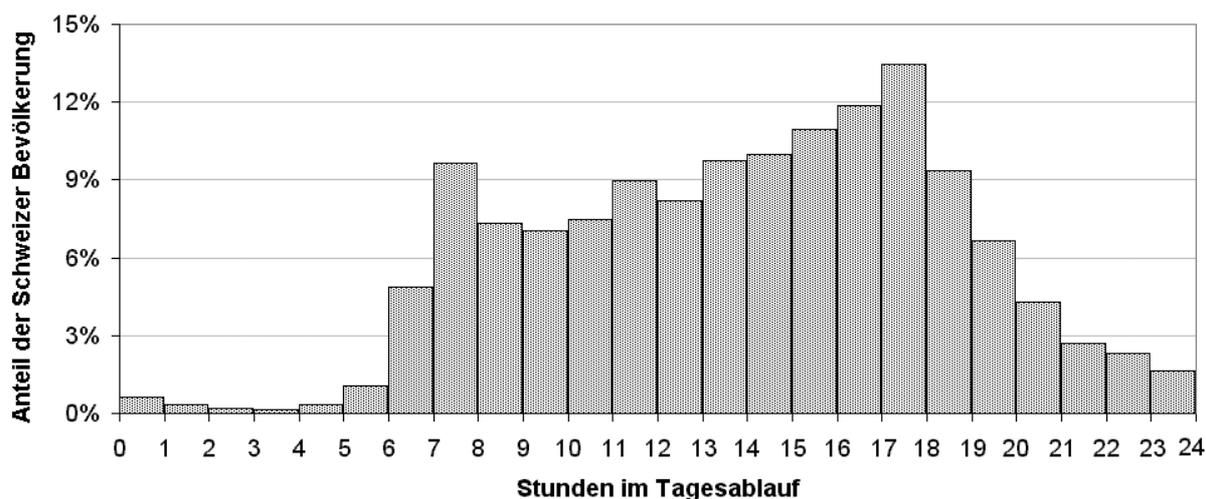
VISUM stellt verschiedene Umlegungsverfahren zur Verfügung. Sie unterscheiden sich durch das verwendete Suchverfahren und der Aufteilung der Personenfahrten. Die fahrplanfeine Erhebung der Fahrpläne von 1950 bis 2000 ermöglicht eine relativ präzise Umlegung, die die genauen Abfahrts- und Ankunftszeiten, die genaue Bedienungshäufigkeit sowie verschiedene

Routen berücksichtigt. Gewählt wurde deshalb die **Fahrplanfeine Umlegung 3** mit dem **Aufteilungsmodell Logit mit $\beta=1$** (Vrtic und Axhausen, 2002). Die genauen Details zum gewählten Verfahren und Modell sind im Handbuch zur Software VISUM beschrieben (PTV, 2001). Die genauen Einstellungen für die Berechnungen sind im Anhang C aufgeführt.

Bei den Berechnungen zeigt sich, dass das **betrachtete Zeitfenster** eine eminente Rolle spielt. Am Beispiel der Bedienungshäufigkeit einer Haltestelle wird dies sichtbar: So fahren am Wochenende deutlich weniger Züge als an Arbeitstagen. Zudem sind die Fahrpläne vor 07:00 bzw. nach 19:00 empfindlich ausgedünnt. In der Annahme, dass die Bevölkerung an Werktagen unter deutlich grösserem Zeitdruck steht als dies an den Wochenenden der Fall ist, werden im Folgenden nur die Fahrpläne an Werktagen betrachtet.

Der Mikrozensus 2000 zum Verkehrsverhalten (ARE und BFS, 2001, 2002) hat gezeigt, dass an Werktagen über 90% aller Fahrten zwischen 06:00 bis 20:00 abgewickelt werden. Die Abbildung 9 zum Verkehrsaufkommen im Tagesablauf zeigt deutlich, wie Morgens ab 06:00 das Verkehrsaufkommen schlagartig zunimmt, am Abend jedoch nur langsam abklingt. Das betrachtete Zeitfenster für die Umlegung wurde deshalb aufgeteilt: Einerseits 06:00 bis 18:00 für den Berufsverkehr, andererseits von 18:00 bis 24:00 für den Freizeitverkehr.

Abbildung 9 Verkehrsaufkommen im Tagesablauf an Werktagen im Jahr 2000



Quelle: Mikrozensus 2000: ARE und BFS (2002) 57

Aufbauend auf den Erkenntnissen von Vrtic und Axhausen (2002) wird die empfundene Reisezeit im betrachteten Umlegungszeitraum wie folgt berechnet:

	2.00 *	Zugangszeit	[Minuten]
+	1.39 *	Auswirkung der Bedienungshäufigkeit	[Minuten]
+	1.00 *	Fahrzeit im Fahrzeug	[Minuten]
+	21 [Min] *	Umsteigehäufigkeit	[Anzahl]
+	2.00 *	Umsteigegezeit	[Minuten]
+	0.50 *	Umsteigewartezeit	[Minuten]
+	2.00 *	Abgangszeit	[Minuten]
<hr/>			
=		empfundene Reisezeit	[Minuten]

Die **Zugangszeit** entspricht der Reisezeit vom Startort bis zur Starthaltestelle. Wie im Modell zur Berechnung der Reisezeiten im MIV werden als Startort jeweils die Zentrumskordinaten der entsprechenden Gemeinde angenommen. Basierend auf den im Mikrozensus 2000 zum Verkehrsverhalten (ARE und BFS, 2001) ermittelten mittleren Geschwindigkeiten der verschiedenen Verkehrsmittel wurden die Zugangszeiten berechnet. Dabei werden drei Fälle unterschieden:

Im ersten Fall besitzt die Gemeinde einen **Bahnhof**, die Zugangszeit berechnet sich hier aus der Luftdistanz und einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 6 km/h (eine Geschwindigkeit zwischen Fussgänger und Velo).

Im zweiten Fall verfügt die betrachtete Gemeinde über eine **Postautohaltestelle**¹² und die Zugangszeit wird fix mit 4 Minuten angenommen¹³.

Im dritten Fall verfügt die Gemeinde **weder über eine Postauto- noch eine Bahnhaltestelle**. In diesem Fall wird die Zugangszeit über das MIV-Verkehrsnetz mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 12.5 km/h (z.B. Velo) berechnet.

¹² Es werden nur Postautohaltestellen berücksichtigt, die im Jahr 2000 mit mindestens 15 Kursen pro Tag d.h. etwa im Stundentakt bedient werden (siehe Kapitel 3.1.3 und Anhang B7).

¹³ In grösseren Gemeinden wird davon ausgegangen, dass mehrere Haltestellen vorhanden sind und somit die Zugangszeit konstant klein gehalten wird.

Verfügt eine Gemeinde sowohl über einen Bahnhof als auch über eine Postautohaltestelle, wird sie analog zu den beiden ersten Fällen an beide Haltestellen angebunden. Hat eine Gemeinde nur einen Postautoanschluss ist sie immer auch gleichzeitig über das Strassennetz mit dem nächsten Bahnhof verbunden (wie im dritten Fall beschrieben)¹⁴.

Die **Auswirkung der Bedienungshäufigkeit** berücksichtigt die durchschnittliche Wartezeit an der Starthaltestelle. Aufgrund der Erkenntnisse von Vrtic und Axhausen (2002) wird sie nach der folgenden Formel berechnet:

$$ABH = (ZR / BH)^{0.6}$$

ABH Auswirkung der Bedienungshäufigkeit

ZR betrachteter Umlegungszeitraum

BH Bedienungshäufigkeit im betrachteten Zeitraum

Das Umsteigen wird in verschiedene Phasen aufgeteilt, die ebenfalls nach den Resultaten von Vrtic und Axhausen (2002) gewichtet werden. Für jeden **Umsteigevorgang** wird grundsätzlich ein Zeitzuschlag von 21 Minuten verrechnet. Falls eine Strecke zu Fuss zurückgelegt wird (z.B. in St.Gallen vom Bahnhof der Appenzellerbahnen zum Hauptbahnhof), so wird die entsprechende **Umsteigegehzeit** mit doppeltem Gewicht berücksichtigt. Die eigentliche **Umsteigewartezeit** wird hingegen nur zur Hälfte addiert. Ein Umsteigevorgang wird somit relativ hart gewichtet, die effektive Aufenthaltsdauer am Umsteigebahnhof scheint aber weniger wichtig.

Die **Abgangszeit** ist die aufgewendete Zeit, um von der Zielhaltestelle zum Zielort zu gelangen. Sie berechnet sich analog zur Zugangszeit.

¹⁴ Damit wird vermieden, dass bei geringen resp. keinen Postautoverbindungen die Gemeinde nicht mehr an das Netz des öffentlichen Verkehrs angeschlossen ist.

4.1.4 Öffentlicher Verkehr 2020

Da im öffentlichen Verkehr die Koordination der Züge eine mindestens so grosse Rolle spielt wie die eigentlichen Fahrzeiten, ist die Modellierung eines zukünftigen Netzes ausserordentlich schwierig und zeitaufwändig. Zudem beeinflussen diverse öffentliche, politische und firmeninterne Interessen (SBB, Privatbahnen, Post etc.) die Entwicklung des Angebotes im öffentlichen Verkehr.

Eine nur annähernd seriöse Prognose für ein zukünftiges ÖV-Netz mit Berücksichtigung von Umsteigezeiten, Bedienungshäufigkeiten und allenfalls neuen Haltestellen scheint deshalb nicht möglich.

Betrachtet man aber die Untersuchungen zum Konzept BODAN-RAIL 2020, so wird deutlich, dass eine bedeutende Verbesserung des Systems erreicht werden kann (Kluth *et al.*, 2001a). Insbesondere der Zeitgewinn von 15% bzw. 8% scheinen auf der Strecke St.Gallen-Zürich und St.Gallen-Frauenfeld sehr wohl realistisch.¹⁵

Der Strategieplan öffentlicher Verkehr (SPöV) des Kantons St.Gallen zeigt, dass auch im Regionalverkehr die gleiche Richtung eingeschlagen werden kann und soll (AÖV SG, 2002).

Die Tatsache, dass (im Gegensatz zum Individualverkehr) auch in sämtlichen Richtplänen der Kantone in der Region (ARE SG, 2003; ARP TG, 1996; ARV ZH 1995; PA AR, 2001; RPA AI 2002) sowie im Sachplan Schiene des Bundes (BAV, 2002) eine Verschnellerung der ÖV-Verbindungen gefordert wird, stützt die Annahme, dass sich das System in den nächsten zwei Jahrzehnten deutlich verbessert.

Für die Berechnung der Reisezeiten im Jahr 2020 wird deshalb nicht ein entsprechendes Verkehrsnetz modelliert, sondern eine allgemeine Verbesserung des Systems angenommen. Die Zeiten werden (insbesondere unter Berücksichtigung der Resultate von BODAN-RAIL 2020) gegenüber dem Fahrplan im Jahr 2000 flächendeckend um 10% verkürzt.

¹⁵ Siehe Kapitel 3.1.4.

4.2 Berechnung der Erreichbarkeit

4.2.1 Individualverkehr

Für die Berechnung der Erreichbarkeiten wurde, wie im Kapitel 2.1 ausführlich beschrieben, der Potentialansatz gewählt. Abgesehen von den Aktivitätspunkten wurden für die Berechnungen die gleichen Parameter wie für die Untersuchungen im Rahmen des COST 340 Forschungsprojektes verwendet (Fröhlich und Axhausen, 2002)¹⁶:

A_j Bevölkerung (VZ), Erwerbspersonen (VZ), Beschäftigte (BZ) nach Sektor

c_{ij} Reisezeit zwischen den Gemeinden i und j (folglich Kap. 3.1.1)

c_{ii} Reisezeit innerhalb der Gemeinde (wenn $i = j$)

10 Minuten für Gemeinden von 30'000-100'000 Einwohner

7 Minuten für Gemeinden von 5'000-30'000 Einwohner

4 Minuten für Gemeinden unter 5'000 Einwohner

β 0.2

Die Erreichbarkeiten werden für die verschiedenen Aktivitätspunkte und betrachteten Jahre (1950, 1960, 1970, 1980, 1990, 2000, 2010) einzeln berechnet und können je nach Fragestellung aufsummiert bzw. miteinander verglichen werden. Für die Bevölkerung und die Erwerbspersonen wurden die Daten aus den Volkszählungen (VZ), für die Beschäftigten diejenigen der Betriebszählungen (BZ) herangezogen.

Die Reisezeiten c zwischen den Gemeinden wurden vom IVT berechnet (siehe Kap. 3.1.1). Für die Berechnung des Anteils der Erreichbarkeit aufgrund der Aktivitätsgelegenheiten innerhalb der Ausgangsgemeinde ($i = j$) wurde ebenfalls die Systematik von Fröhlich und Axhausen (2002) übernommen. Für Städte wie St.Gallen mit 70'000 Einwohnern wird eine interne Reisezeit von 10 Minuten angenommen. Die kleineren Zentren wie Gossau, Wil (SG) oder Herisau mit 10'000 bis 20'000 Einwohnern haben einen Widerstand von 7 Minuten, die kleinen Dörfer noch 4 Minuten.

Der Faktor β gewichtet die Reisezeit. Er wird über die Jahre konstant bei 0.2 gehalten.

¹⁶ Siehe entsprechende Formel auf Seite 7.

4.2.2 Öffentlicher Verkehr

Die Berechnung der Erreichbarkeit im öffentlichen Verkehr wird analog zu den entsprechenden Berechnungen für den Individualverkehr durchgeführt. Es werden folgende Parameter verwendet¹⁷:

- A_j Bevölkerung (VZ), Erwerbspersonen (VZ), Beschäftigte (BZ) nach Sektor
- c_{ij} empfundene Reisezeit zwischen den Gemeinden i und j (siehe oben)
- c_{ii} Reisezeit innerhalb der Gemeinde (wenn $i = j$):
 - 30 Minuten für Gemeinden von 30'000-100'000 Einwohner (Stadt St.Gallen)
 - 30 Minuten für Gemeinden von 5'000-30'000 Einwohner
 - 20 Minuten für Gemeinden unter 5'000 Einwohner
- β 0.2

Wie im Individualverkehr werden die Erreichbarkeiten für die verschiedenen **Aktivitätspunkte** und betrachteten Jahre (1950, 1960, 1970, 1980, 1990, 2000, 2010) einzeln berechnet und können, je nach Fragestellung, aufsummiert bzw. miteinander verglichen werden. Für die Bevölkerung und die Erwerbspersonen dienen die Daten aus den Volkszählungen (VZ), für die Beschäftigten diejenigen der Betriebszählungen (BZ).

Als Reisezeiten werden die **empfundenen Reisezeiten** zwischen den Gemeinden genommen (vgl. Kapitel 4.1.3 ab Seite 30). Für den Anteil der Erreichbarkeit innerhalb der Ausgangsgemeinde ($i = j$) wurde ebenfalls die Systematik von Fröhlich und Axhausen (2002) übernommen. Die regionalen Zentren wie Gossau, Wil (SG) oder Herisau mit 10'000 bis 20'000 Einwohnern haben einen Widerstand von 30 Minuten und die kleinen Dörfer noch 20 Minuten. Für die Stadt St.Gallen mit 70'000 Einwohnern wird eine interne Reisezeit von 30 Minuten angenommen, da St.Gallen über ein gut ausgebautes öffentliches Nahverkehrsnetz verfügt. Im Vergleich zu den Reisezeiten im MIV wurden diese Widerstände etwa um den Faktor 2 erhöht und anschliessend analog zur Berechnung der empfundenen Reisezeiten (im Sinne einer Zugangs- bzw. Abgangszeit) doppelt gewichtet.

Der Faktor β wird über die Jahre konstant bei 0.2 gehalten.

¹⁷ Siehe entsprechende Formel auf Seite 7.

4.3 Datenanalysen und Prognose

4.3.1 Regressionsanalysen und Software

Zur Ermittlung der Abhängigkeiten zwischen der Entwicklung der Erreichbarkeit und den Raumnutzungen wird jeweils eine lineare Regression nach der Methode der kleinsten Abweichungsquadrate durchgeführt (Billeter und Vlach, 1981; Angele, 2003).

Für die im folgenden Kapitel 4.3.2 besprochenen Zeitreihenanalysen wird eine multiple lineare Regression durchgeführt. Diese Nachdiplomarbeit stützt sich diesbezüglich im Wesentlichen auf die Publikationen von Bender und Hoffmann (2003) sowie Angele (2003).

Die Berechnungen sind mit MS Excel 2000 (insbesondere dem Analyse ToolPack von MS Excel 2000) und mit SPSS for Windows 11.5 durchgeführt worden. Die räumlichen Analysen und geographischen Darstellungen der Resultate sind mit GeoMedia Pro 5.2 erstellt worden.

4.3.2 Zeitreihen und Schätzungen für zukünftige Entwicklungen

Eine Zeitreihe ist das Ergebnis des Zusammenwirkens verschiedener Einflussgrößen. Diese Einflussgrößen werden üblicherweise wie folgt unterteilt (Billeter und Vlach, 1981; Stier, 2001; Rinne und Specht, 2002):

Der **Trend**: die Grundrichtung einer Zeitreihe wird durch den Trend charakterisiert, der die langfristige Entwicklungsrichtung der Reihe angibt. Er wird meist durch eine Gerade dargestellt.

Die **zyklische Komponente**: zeitlich relativ unveränderte Schwankungen werden durch die zyklische Komponente modelliert. Eine typische zyklische Schwankung ist die Saisonkomponente, die in einigen Darstellungen des Komponentenmodells als eigene Komponente behandelt wird.

Die **Restkomponente**: in der Regel wird eine Zeitreihe mit den ersten beiden Komponenten nicht vollständig erklärt. Es bleibt eine Restkomponente, die die einmaligen Einflüsse sowie die Zufallsschwankungen aufnimmt.

Um Prognosen oder Schätzungen für eine zukünftige Entwicklung der Zeitreihe zu erhalten, geht es grundsätzlich darum, die drei Komponenten zu ermitteln und miteinander zu verknüpfen (Stier, 2001).

Die Art der Überlagerung dieser Komponenten kann verschieden sein. Es werden zwei Modelle betrachtet (Billeter und Vlach, 1981). In einem ersten Modell wird angenommen, dass sich diese Komponenten additiv überlagern, in einem zweiten Modell wird eine multiplikative Verknüpfung unterstellt.

Da in der vorliegenden Arbeit die betrachteten Zeitreihen nur aus sechs Werten für die Jahre 1950, 1960, 1970, 1980, 1990 und 2000 bzw. fünf Perioden à 10 Jahren bestehen, sind verlässliche Resultate für eine zyklische Komponente nicht zu erwarten. Es wird deshalb angenommen, dass die entsprechende Komponente 0 ist, bzw. mit der Trendkomponente modelliert wird – was allerdings bei Schätzungen über mehrere Zeitschritte zu grösseren Fehlern führen kann. Die entsprechende Annahme bedingt somit, dass nur wenige Schritte in die Zukunft gerechnet werden.

Es stehen aber für die Betrachtungen in der vorliegenden Arbeit mehrere exogene Zeitreihen zur Verfügung, so dass das univariate klassische Komponentenmodell hier in ein multivariates Verfahren erweitert werden kann (Angele, 2003; Stier, 2001). Dazu wird davon ausgegangen, dass sich die Restkomponente des Modells in einen erklärbaren und einen unerklärbaren Teil zusammensetzt: der erklärbare Teil wird als gewichtete Summe exogener Variablen ausgedrückt, während der unerklärbare Teil einen zufälligen Rest darstellt und im Idealfall gleich 0 ist.

Da uns die Entwicklung der Raumnutzungen unter dem Einfluss der exogenen Einflussgrößen interessieren, wird die gesuchte Zeitreihe mit einer additiven Verknüpfung die folgende Form annehmen (nach Billeter und Vlach, 1981):

$$\Delta y_i = b_0 + b_1 * \Delta x_{1i} + b_2 * \Delta x_{2i} + \dots + b_v * \Delta x_{vi} + u_i$$

Δy_i	Entwicklung der Raumnutzung im Zeitfenster i
i	Zeitfenster; i = 1950-1960, 1960-1970, ... 1990-2000, 2000-2020
v	Anzahl unabhängiger Variablen (exogene Einflussgrößen)
Δx_{ji}	unabhängige Variablen im Zeitfenster i; j = 1, 2, ... v
b_0	absolutes Glied
b_j	konstante Regressionskoeffizienten; j = 1, 2, ... v
u_i	unerklärbarer Teil der Restkomponente

Die multiplikative Verknüpfung wird in einem exponentiellen Modell durchgeführt:

$$\Delta y_i = b_0 * \Delta x_{1i}^{b_1} * \Delta x_{2i}^{b_2} * \dots * \Delta x_{vi}^{b_v} * u_i$$

Für die multilineare Regression wird die Verknüpfung mittels Logarithmisierung der Variablen wieder in eine einfachere Form überführt:

$$\ln(\Delta y_i) = \ln(b_0) + b_1 * \ln(\Delta x_{1i}) + b_2 * \ln(\Delta x_{2i}) + \dots + b_v * \ln(\Delta x_{vi}) + \ln(u_i)$$

Das Vorgehen zur Auswahl der in das Modell aufzunehmenden **Regressoren** orientiert sich an den Ergebnissen aus den Untersuchungen der Region (siehe Kapitel 5.1), den Gemeinden (Kapitel 5.2) sowie den beobachteten Wechselwirkungen (Kapitel 5.3).

Um die für das Modell **relevanten Einflüsse** zu bestimmen und um unrelevante Variablen auszuschliessen, wird die sogenannte Vorwärtsauswahl gewählt (Bender und Hoffman, 2003): zunächst werden alle Einfachregressionen zwischen der abhängigen Variablen Y und den unabhängigen Variablen X berechnet. Bei einer Vorwärtsauswahl beginnt man mit nur einem Regressor (einfache lineare Regression) und fügt dann, Schritt für Schritt, eine weitere erklärende Variable hinzu. Es wird diejenige Variable als erste in die Regression aufgenommen, welche den höchsten Einfach-Korrelationskoeffizienten mit dem Regressand besitzt. Die zweite aufgenommene Variable ist diejenige mit dem zweitgrössten Korrelationskoeffizienten u.s.w.

Über die Aufnahme der neuen Variablen in das Modell wird anhand des partiellen F-Testes¹⁸ entschieden. Ist eine Variable nicht signifikant, wird sie nicht in die Berechnung einbezogen.

Die so erhaltenen Resultate sind in jedem Fall wiederum auf ihre **Plausibilität** hin zu überprüfen. Allenfalls ist die Methode mit dem Vorgehen der Rückwärtsauswahl zu ergänzen, um weitere plausible Varianten zu prüfen (Bender und Hoffman, 2003).

Die erhaltene Zeitreihe wird deshalb einer **Sensitivitätsanalyse** unterzogen. Dabei wird, wie von Fraunholz (2002) vorgeschlagen, eine Auswahl von zweifelhaften Variablen aus den Berechnungen ausgeschlossen und die Auswirkungen auf die im Modell benötigten Konstanten untersucht. Die Ausreisser werden nach Bender und Hoffmann (2003) bestimmt: für die betrachteten Wertetupel werden die Studentized Deleted Residuals¹⁹, die Centred Leverage Values²⁰ und die Cook'schen Distanzen²¹ berechnet. Mit Hilfe eines Diagrammes können anschliessend die gewichtigsten Ausreisser in Y- und X-Richtung bestimmt werden.

Das so beschriebene Vorgehen wird sowohl für das additive wie auch das multiplikative Modell angewendet um das Modell mit dem besten Erklärungsgrad aus wählen zu können.

¹⁸ Der F-Test überprüft, ob die endogenen Variablen im Schätzmodell keinen Einfluss auf die endogene Variable ausüben. Wird diese sog. Nullhypothese verworfen, kann auf eine signifikante Regressionsbeziehung geschlossen werden (Bender und Hoffmann, 2003).

¹⁹ Vertikale Ausreisser: Wertetupel deren Y-Wert weit vom Mittelwert aller Y-Werte entfernt sind.

²⁰ Horizontale Ausreisser: Wertetupel deren X-Wert weit vom Mittelwert aller X-Werte entfernt sind.

Für die **Schätzung** der Auswirkungen der heute geplanten Infrastrukturausbauten und Verkehrsnetzverbesserungen wird die so erhaltene Zeitreihe um einen Schritt in die Zukunft extrapoliert. Dabei wird in Kauf genommen, dass als Grundlagendaten für die Zukunft nur die Verkehrsnetze für das Jahr 2020 und die Schätzungen für die Aktivitätsgelegenheiten für das Jahr 2010 zur Verfügung stehen. Da es aber nicht um eine konkrete Bevölkerungs- und Arbeitsplatzprognose im Sinne von Wüst *et al.* (1995) geht, sondern um die potentiellen Auswirkungen der modellierten Erreichbarkeitsveränderungen, dürfte das Resultat trotzdem die gewünschte Aussagekraft behalten.

Die Resultate aus den Untersuchungen der Zeitreihen sind im Kapitel 5.4 zusammengefasst, die Projektion der erhaltenen Daten in die Zukunft wird im Kapitel 5.5 dargestellt.

²¹ Einfluss des Wertetupels auf das Modell.

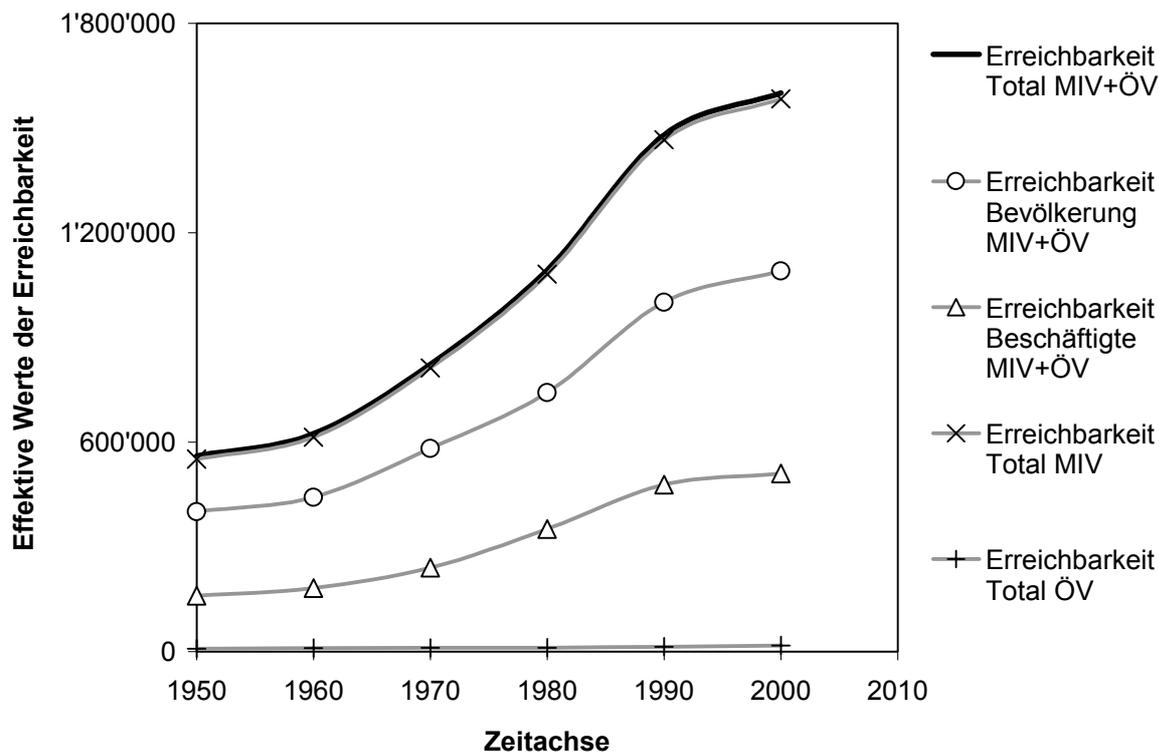
5 Untersuchungsergebnisse

5.1 Entwicklungen 1950 - 2000

5.1.1 Erreichbarkeit

Die Erreichbarkeit hat sich in den letzten 50 Jahren beinahe verdreifacht. Die Abbildung 10 dokumentiert die Entwicklung der Summe aller Erreichbarkeitspotentiale der Gemeinden im betrachteten Perimeter. Vor allem der Bau des National- und Schnellstrassennetzes (im Perimeter zwischen 1964 bis 1993) ist für diese Entwicklung verantwortlich, der Zuwachs vor und nach dieser Periode ist dementsprechend geringer. Am grössten ist das Wachstum zwischen 1980 und 1990 – hier kumulieren sich die Effekte eines allgemein hohen Bevölkerungs- und Beschäftigtenwachstums mit dem Bau der sogenannten Stadtautobahn durch St.Gallen.

Abbildung 10 Entwicklung der Erreichbarkeit im Perimeter (effektive Werte)



Für den öffentlichen Verkehr wurden zwei Erreichbarkeiten berechnet: ein Potential aufgrund des Bahn- und Busangebotes zwischen 06:00 und 18:00 (Arbeitszeit) und eines für die Zeitspanne von 18:00 bis 24:00 (Freizeit)²². Die Erreichbarkeit auf dem ÖV-Netz ist im Folgenden immer die Summe der Potentiale während der Arbeits- und der Freizeit.

Auch für die Berechnung der gesamten Erreichbarkeit werden die drei Potentialwerte der Verkehrsnetze MIV, ÖV Arbeitszeit und ÖV Freizeit ohne Gewichtung zusammengezählt. Obwohl so der öffentliche Verkehr doppelt gewichtet wird, überwiegt die Erreichbarkeit des MIV-Netzes deutlich. Der durchschnittliche Anteil des öffentlichen Verkehrs an der gesamten Erreichbarkeit beträgt für 1950 1.6% und für das Jahr 2000 1.1%.

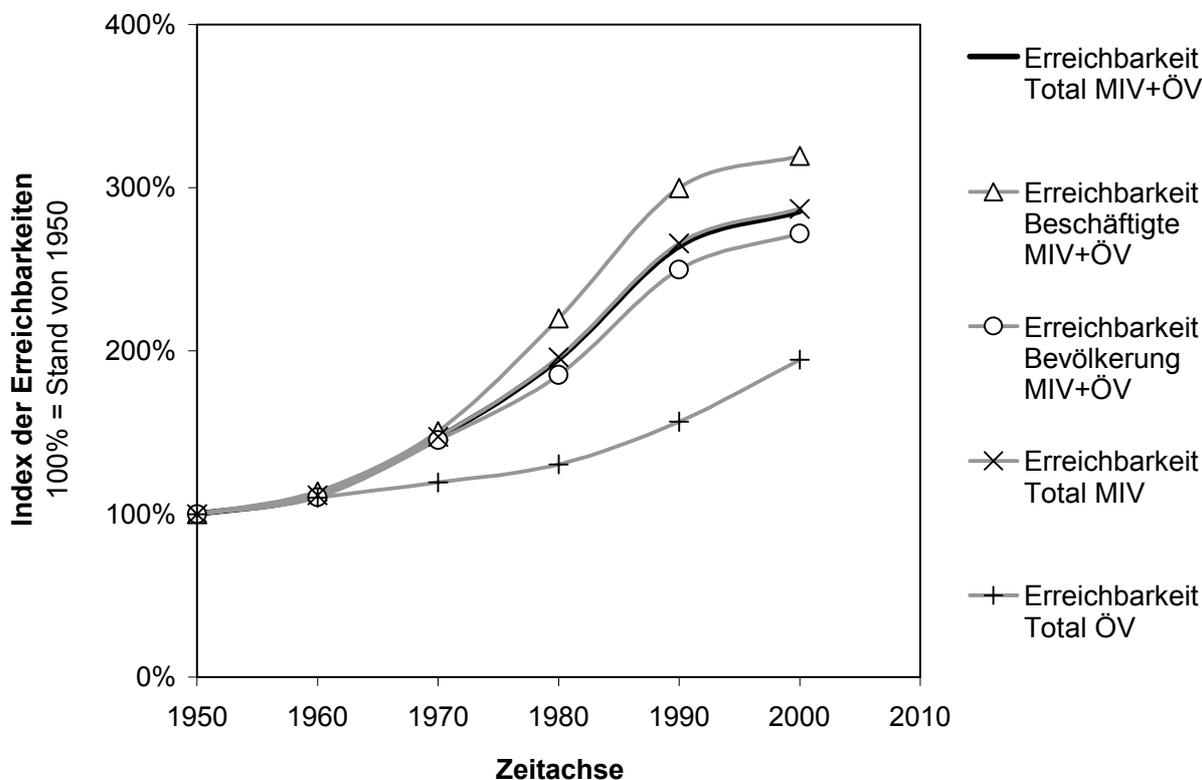
Dies könnte darauf hindeuten, dass die Modell-Reisezeiten im öffentlichen Verkehr zu hoch bzw. die MIV-Reisezeiten zu tief sind. Bei einer Kontrolle der mittleren Geschwindigkeiten im MIV-Netz des Jahres 2000 scheinen die eingesetzten Geschwindigkeiten tatsächlich etwas schnell. Dabei ist zu berücksichtigen, dass im öffentlichen Verkehr mit empfundenen Reisezeiten gerechnet wird, während im MIV die berechnete Fahrzeit ohne weitere Einflussfaktoren zur Anwendung kommt. Die erhaltenen Reisezeiten sind allerdings durchaus plausibel: für die Strecke Herisau-St.Gallen wird im Jahr 2000 eine MIV-Zeit von 21 Minuten und eine ÖV-Zeit von 35 Minuten berechnet.

Die Anteile der Erreichbarkeiten aufgrund der Wohnbevölkerung (als Aktivitätsgelegenheit) sind etwa doppelt so gross wie diejenigen aufgrund der Beschäftigten. Dies entspricht dem Verhältnis der Aktivitätsgelegenheiten im Perimeter: 433'000 Einwohner (VZ 2000: BFS 2002b) auf 209'000 Arbeitsplätze (BZ 2001: BFS, 2003) im Jahr 2000.

Die Abbildung 11 zeigt die Indizes der Entwicklung der Summe aller Erreichbarkeitspotentiale der Gemeinden im betrachteten Perimeter. Dabei ist die unterschiedliche Entwicklung der Erreichbarkeiten durch das Strassennetz mit einem Wachstum von +190% sowie durch das Schienennetz mit +95% augenfällig. Die Verbesserungen im öffentlichen Verkehr sind bis 1980 marginal. Ab den 80er-Jahren wird das Angebot im öffentlichen Verkehr in der Region St.Gallen kräftig ausgebaut – etliche Linien verkehren bereits im Stundentakt. Zu Beginn der 90er Jahre wird der Taktfahrplan allgemein eingeführt und die S-Bahn St.Gallen verbessert das Angebot rund um die Stadt St.Gallen kurz vor der Jahrtausendwende nochmals deutlich. Diese Verbesserungen bringen im Vergleich zum Bau eines neuen Autobahnabschnittes trotz allem nur relativ geringe Erreichbarkeitsgewinne.

²² Vgl. Kapitel 4.1.3.

Abbildung 11 Die Entwicklung der Erreichbarkeit im Perimeter (indexiert ab 1950)



Da die Arbeitsplätze gegenüber der Wohnbevölkerung stärker gewachsen sind, liegt die entsprechende Erreichbarkeitskurve dementsprechend höher.

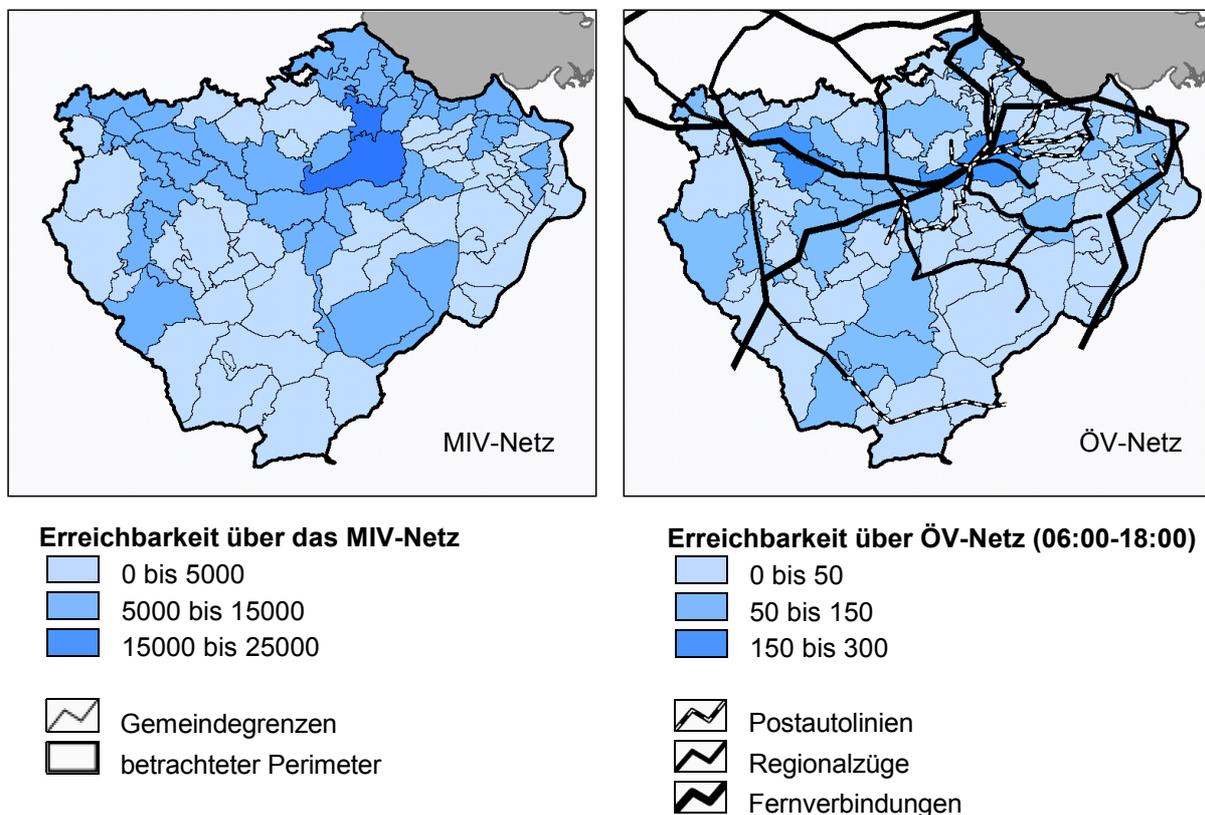
Die Abbildung 12 zeigt die Erreichbarkeiten aufgrund der Verkehrsnetze MIV und ÖV in den betrachteten Gemeinden für das Jahr 1950²³.

In der Abbildung zum motorisierten Individualverkehr fällt die Absenz der Autobahnen auf, der Perimeter wird erst ab 1969 durch das Nationalstrassennetz erschlossen. Dementsprechend sind die Einflüsse der Erreichbarkeiten noch sehr kleinräumig: die beste Erreichbarkeit erreicht die Stadt St.Gallen mit Wittenbach, das nicht nur nahe an St.Gallen liegt, sondern auch von den Erreichbarkeiten des Siedlungsgürtels entlang des Bodensees profitiert. Die Gemeinden mit zweitbesten Erreichbarkeiten liegen entlang den Hauptachsen nach Zürich, entlang des Bodensees und im unteren Bereich des Toggenburgs.

²³ Wenn nicht anders vermerkt, ist jeweils unter dem Begriff Erreichbarkeit die Summe aller Teilerreichbarkeiten aus den Verkehrsnetzen MIV und ÖV sowie den Aktivitätsgelegenheiten Beschäftigte und Wohnbevölkerung gemeint.

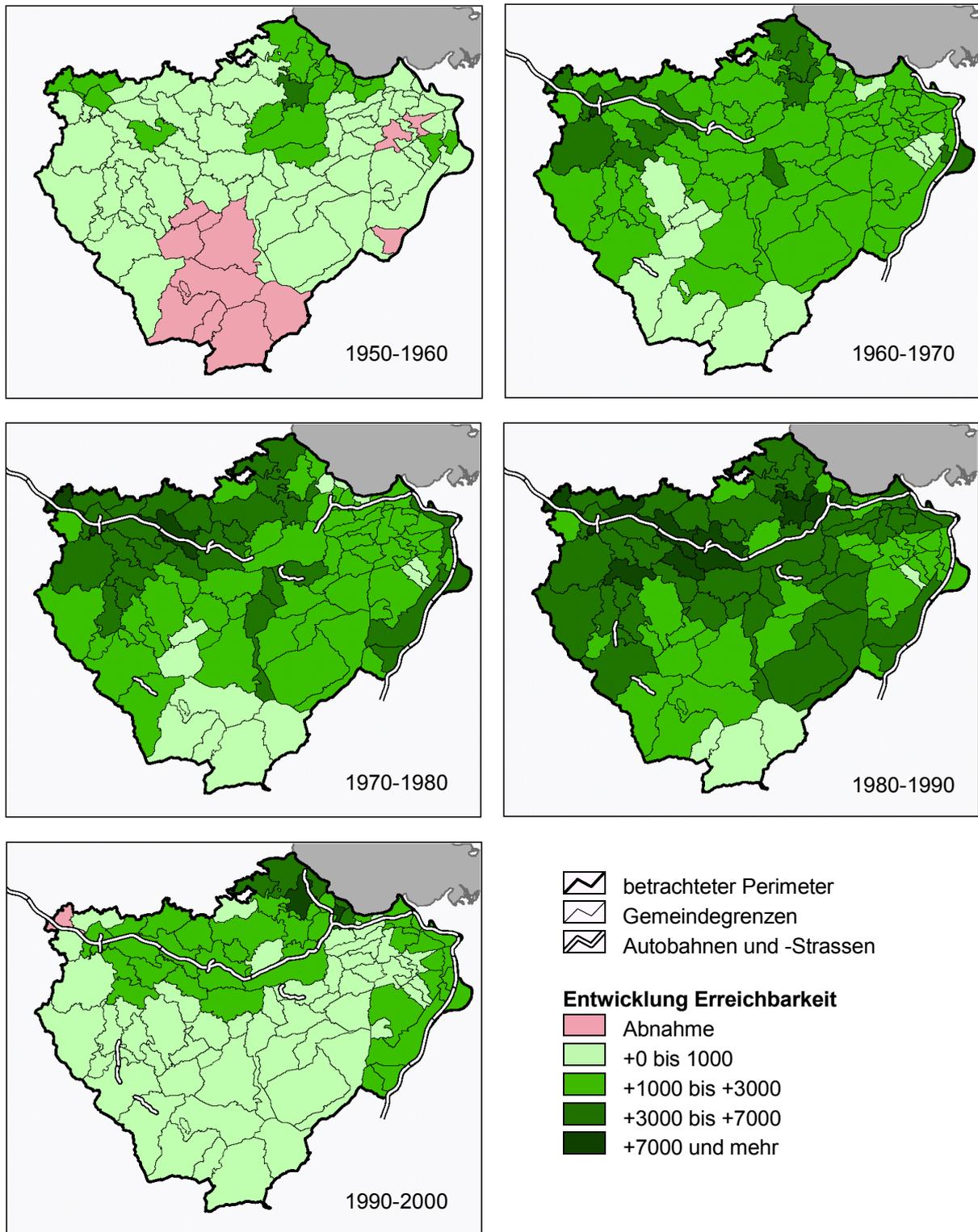
Die Verteilung der Erreichbarkeiten im öffentlichen Verkehr zeigen ein deutlich ausgewogeneres Bild. Die Gemeinden mit guter Erreichbarkeit liegen zum grossen Teil erneut an den bekannten Achsen Richtung Zürich, entlang des Bodensees und im Rheintal. Zudem macht sich die schnelle Verbindung Richtung Toggenburg und Zürichsee bis nach Mogelsberg deutlich bemerkbar. Die Gemeinden ohne eigenen Anschluss an das ÖV-Netz und mit einem längeren Anfahrtsweg zu den Haltestellen der Nachbargemeinden sind hingegen dispers über den ganzen Perimeter verteilt.

Abbildung 12 Erreichbarkeit über das MIV- und das ÖV-Netz im Jahr 1950



In der Abbildung 13 ist die Entwicklung der gesamten Erreichbarkeit (MIV und ÖV) in 10-Jahres-Schritten dargestellt. Als Lesehilfe werden jeweils die am Ende der betrachteten Dekade bestehenden Autobahnen und -Strassen gezeigt. Eine Übersicht zu den Eröffnungen der einzelnen Abschnitte gibt die Abbildung 4 auf Seite 14.

Abbildung 13 Entwicklung der Erreichbarkeit in 10-Jahresschritten



Erreichbarkeit berechnet aus MIV- und ÖV-Netz, Wohnbevölkerung und Beschäftigte

Im Zeitfenster von 1950 bis 1960 ist die Zunahme noch gering. Einzig Wittenbach im Einflussgebiet von St.Gallen, Amriswil, Romanshorn, Arbon und Rorschach kann überdurchschnittlich wachsen. Die abgelegenen Landgemeinden im Toggenburg, im Appenzellerland und auch im Rheintal verlieren in dieser ersten Periode aufgrund der negativen Entwicklungen bei den Aktivitätsgelegenheiten.

Ab 1964 werden im Rheintal die Autostrassenabschnitte der N13 und 1969 die Autobahn N1 St.Gallen-Zürich eröffnet. Dies führt vor allem Richtung Zürich zu einem grossen Zuwachs an Erreichbarkeit. Spitzenreiter ist die kleine Gemeinde Rickenbach (TG) in unmittelbarer Nähe der neuen Autobahnausfahrt. Die Erreichbarkeitsgewinne im Bodenseeraum sind hingegen mit dem Ausbau des Verkehrsnetzes alleine kaum zu erklären. In diesem Raum spielt zusätzlich das Wachstum der Wohnbevölkerung und der Beschäftigten eine wichtige Rolle. Die ländlichen Gebiete können in dieser Periode kaum profitieren. Der Bau der Umfahrung Ebnat-Kappel (1969) macht sich im hinteren Toggenburg kaum bemerkbar.

Zwischen 1970 und 1980 wird das Autobahnteilstück der N1 zwischen St.Gallen und Rheineck an den bereits bestehenden Abschnitt der N13 und die Umfahrung Teufen eröffnet (beide 1973). Das neue Teilstück der N1 macht sich aber, aufgrund der wenigen Anschlüsse, im Umfeld zwischen St.Gallen und Bodensee wenig bemerkbar. Hingegen profitieren die Gemeinden in der Nähe der Autobahnanschlüsse im unteren Rheintal. Die Umfahrung Teufen ist im engeren Umfeld ebenfalls spürbar. Die Gewinner in dieser Dekade sind aber wiederum die Gemeinden unmittelbar bei den Autobahnausfahrten der N1 in Richtung Zürich. Dies sind die Auswirkungen der Eröffnung des Autobahnteilstückes Matzingen-Winterthur (1970).

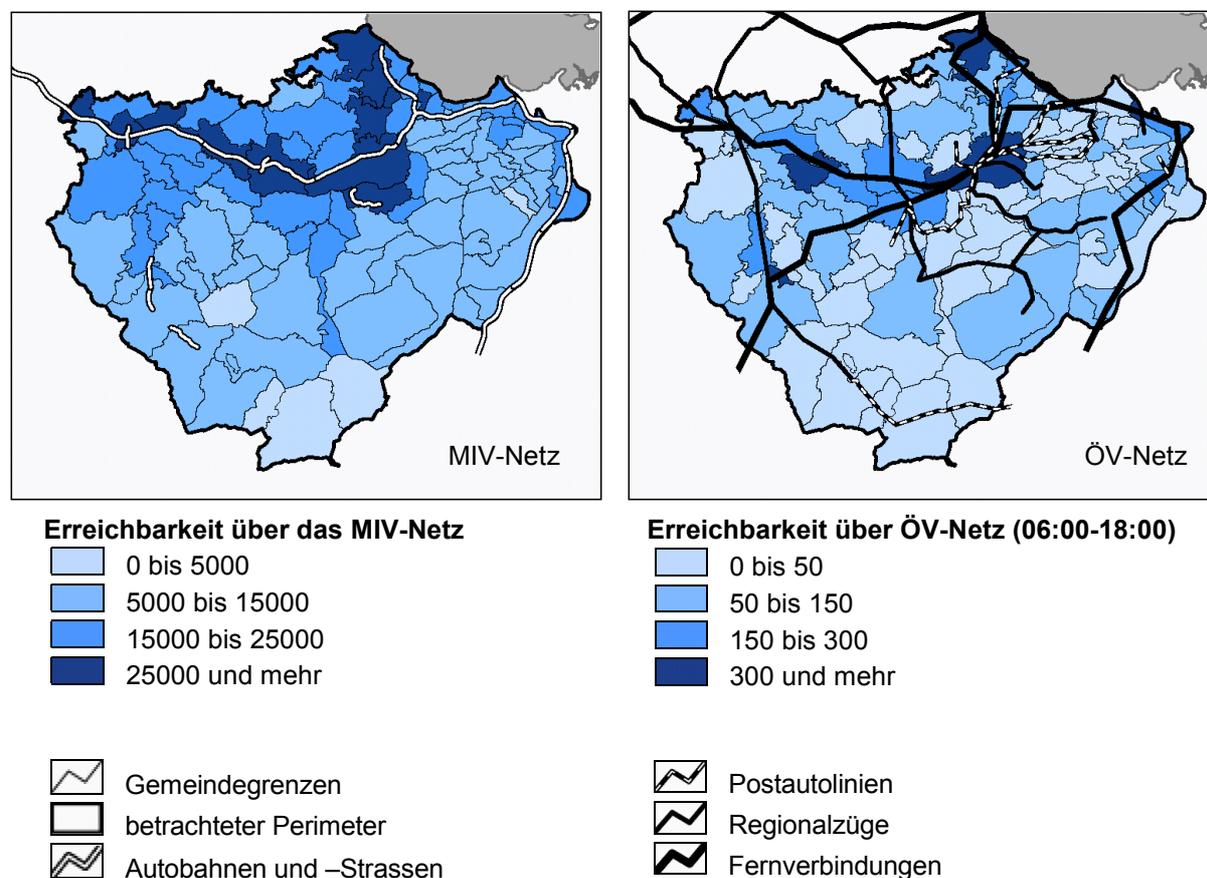
Im Jahr 1987 wird die sogenannte Stadt-Autobahn durch bzw. unter St.Gallen eröffnet. Damit ist die N1 vom Rheintal bis Zürich fertiggestellt. Dieser Ausbau bringt im Zeitfenster von 1980 bis 1990 vor allem den Gemeinden vor und nach St.Gallen einen erheblichen Vorteil. Die verbesserte Erreichbarkeit macht sich aber auch entlang der Hauptachsen bis weit in das Appenzellerland und in das Toggenburg hinauf bemerkbar. Letzteres wird durch den Bau der Umfahrung Lichtensteig noch verstärkt.

In der Dekade zwischen 1990 bis 2000 werden die Umfahrung Wattwil und die Schnellstrasse von Arbon bis an die N1 eröffnet (beide 1993). Von diesem Ausbau profitieren in erster Linie die direkt betroffenen Gemeinden entlang des Bodensees. Im Rheintal zeigt sich der Einfluss des Ausbaus der zweispurigen Autostrasse N13 zu einer vierspurigen Autobahn. Entlang der Autobahnen ist das Potential allgemein noch deutlich gestiegen, während in den ländlicheren Gemeinden beider Appenzell und des Toggenburgs die Erreichbarkeiten nur unwesentlich

zunahmen. Als einzige Gemeinde musste Münchwilen einen Verlust verzeichnen. Hier werden die sinkenden Aktivitätsgelegenheiten im Raum Zürich und Winterthur bemerkbar.

Die Abbildung 14 zeigt die Verteilung der Erreichbarkeiten im Jahr 2000. Wie es zu erwarten war, hat sich die Erreichbarkeit im MIV entlang der Autobahnen ausgebreitet. Die Stadt St.Gallen ist nicht mehr ein alleine stehender Berg, er wird von etlichen etwa gleich grossen Gipfeln entlang der Autobahnanschlüsse begleitet. Abgefallen und gegenüber dem Jahr 1950 ohne grossen Erreichbarkeitsgewinn stehen einige ländliche Gemeinden, vorab im hinteren Toggenburg. Der massive Ausbau der Schnellzüge hat im ÖV-Netz einen ähnlichen Effekt erreicht: die höchsten Potentiale erreichen die Gemeinden zwischen St.Gallen und Zürich, während andere Gemeinden, z.B. im hinteren Toggenburg, aufgrund von aufgehobenen Direktverbindungen sogar an Erreichbarkeit einbüssten. Allgemein scheinen die Unterschiede zwischen Stadt und Land, bzw. zwischen gut und schlecht erschlossenen, zugenommen zu haben.

Abbildung 14 Erreichbarkeit über das MIV- und das ÖV-Netz im Jahr 2000



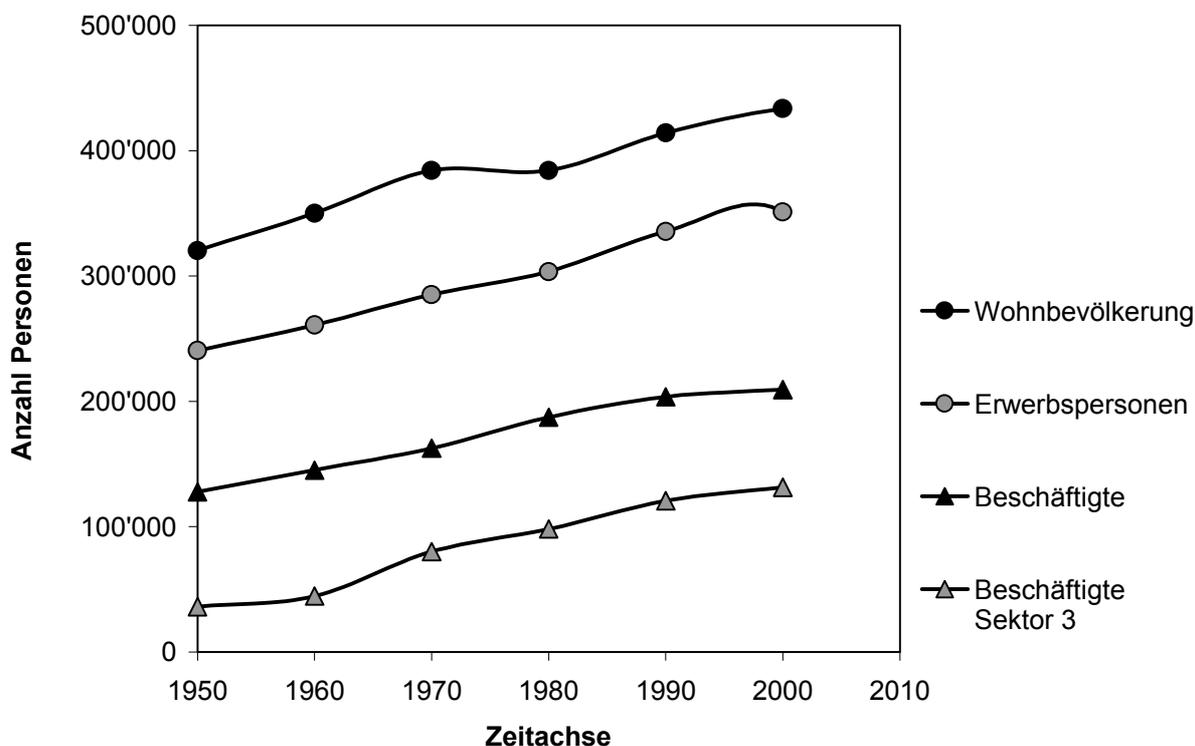
5.1.2 Raumnutzung

Die Aktivitätspunkte sind in den vergangenen 50 Jahren stetig gewachsen. Die Abbildung 15 zeigt die Entwicklung der verschiedenen Raumnutzungen im Perimeter.

Dabei wird auch in der Region St.Gallen der sogenannte Pillenknicke zwischen 1970 und 1980 gut sichtbar – vor allem im Verhältnis zur stetig steigenden Kurve der Erwerbspersonen. Letztere flacht allerdings gegen das Jahr 2000 ab und erfährt gemäss den entsprechenden Prognosen bis 2010 eine Talfahrt (dm-plus, 2003).

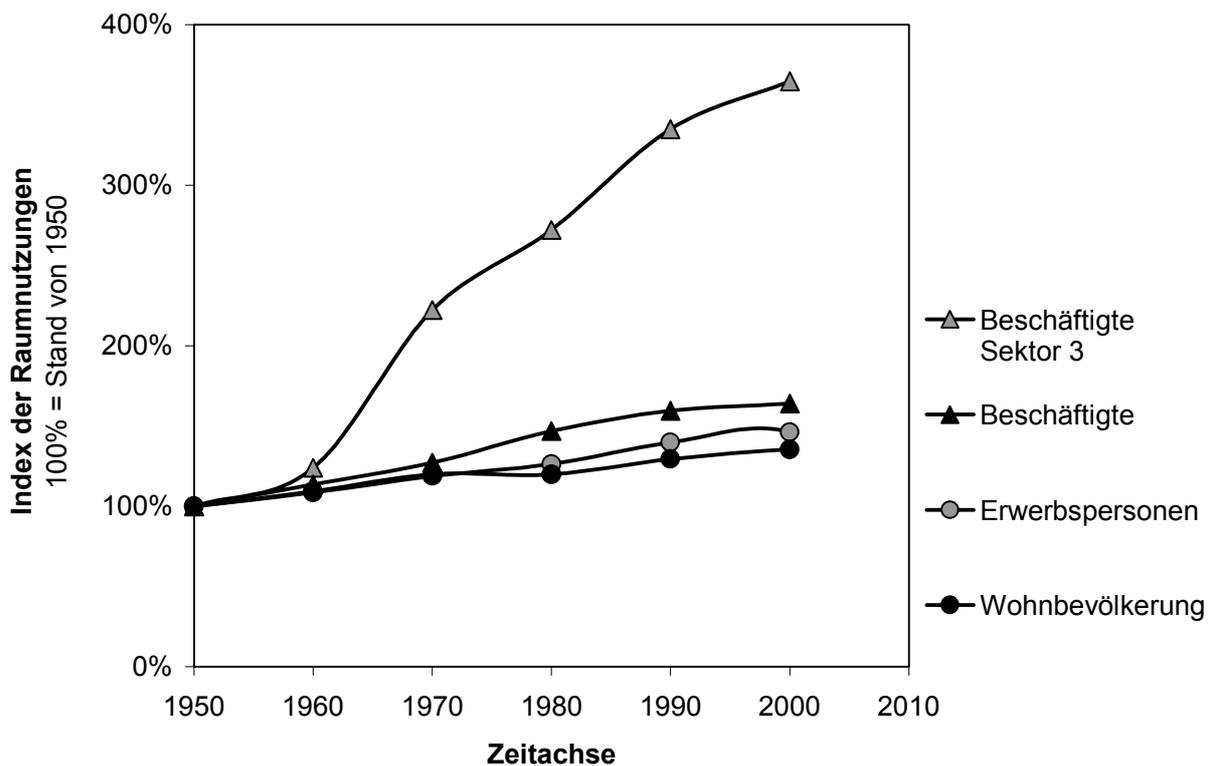
Das Verhältnis zwischen der Wohnbevölkerung und den Arbeitsplätzen bleibt über die Jahre konstant bei 2:1. Dies entspricht auch dem entsprechenden Verhältnis für die ganze Schweiz (BFS, 2003). Der Anteil der Beschäftigten des Dienstleistungssektors wächst hingegen deutlich, während die beiden anderen Wirtschaftssektoren stagnieren. Diese Strukturveränderung der Ostschweizer Wirtschaft entspricht dem gesamtschweizerischen Trend (Hutter *et al.*, 2000).

Abbildung 15 Entwicklung der Raumnutzungen im Perimeter (effektive Werte)



Die indexierte Darstellung der Entwicklung der Raumnutzungen im Perimeter zeigt deutlich den grossen Beschäftigtenzuwachs im dritten Sektor ab 1960 (vergleiche Abbildung 16). Zwischen 1960 und 1970 stieg die Anzahl Beschäftigter im Dienstleistungssektor um 79%, anschliessend um cirka 20% pro Dekade. In den 90er-Jahren verlangsamte sich das Wachstum in 10 Jahren auf +9%. Die übrigen betrachteten Raumnutzungen (Beschäftigte, Wohnbevölkerung und Erwerbspersonen) stiegen pro Dekade jeweils um rund 10% an. Einzig der oben erwähnte Pillenknicke liess die Wohnbevölkerung zwischen 1970 und 1980 stagnieren.

Abbildung 16 Entwicklung der Raumnutzungen im Perimeter (Indexiert ab 1950)



Die Abbildung 17 zeigt die relative Entwicklung der **Wohnbevölkerung** in den Gemeinden in den Dekaden zwischen 1950 und 2000. Als Lesehilfe ist, wie im vorhergehenden Kapitel, das Autobahn- und Schnellstrassennetz am Ende des betrachteten Zeitabschnittes überlagert.

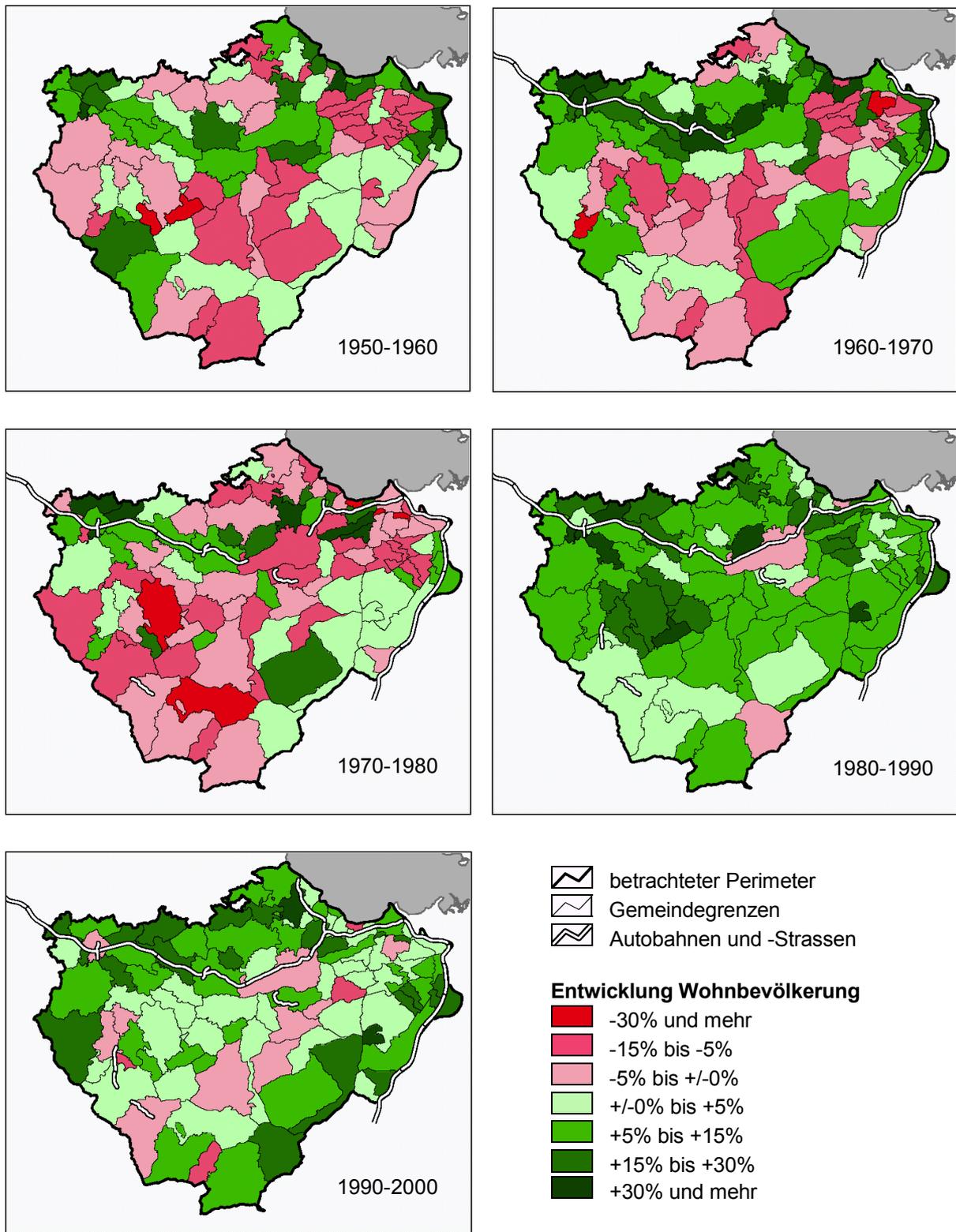
Zwischen 1950 und 1960 wuchs die Wohnbevölkerung in erster Linie in Gemeinden und Städten mit Zentrumsfunktionen (wie z.B. Wattwil, Wil, Au) und in Gemeinden im ersten Gürtel um die Kernstädte der Agglomerationen (Gossau, Speicher etc.). Die Gemeinden entlang der Hauptverkehrsachsen konnten ebenfalls noch deutlich zulegen, während die ländlichen Gemeinden stagnierten oder teilweise sogar deutlich Einwohner verloren.

Gleichzeitig mit dem Bau der Autobahn N1 bis nach St.Gallen (Eröffnung 1969) erfuhren die betroffenen Gemeinden in den 60-er Jahren einen erheblichen Bevölkerungsschub. Deutlich zeigt sich das beim Weiler Abtwil in der Gemeinde Gaiserwald mit einer förmlichen Explosion von +72% über 10 Jahre. Im Rheintal ist diese Entwicklung etwas weniger ausgeprägt, obwohl die entsprechenden Abschnitte der damaligen Schnellstrasse A13 bereits 1964 bis 1967 eröffnet wurden. Am Bodensee sind vor allem Rorschacherberg und Goldach im Wachstum begriffen. Die ländlichen Gemeinden verloren indes deutlich an Einwohnern.

Im Fenster von 1970 bis 1980 ist das durchschnittliche Bevölkerungswachstum (+3%) deutlich kleiner als in den übrigen betrachteten Abschnitten. Trotzdem wächst der innere Agglomerationsgürtel um Wil mit Bronschhofen, Zuzwil und Rickenbach um über 30%. In der gleichen Kategorie sind zwischen der Stadt St.Gallen und dem Bodensee nur noch die Gemeinden Wittenbach, Eggersriet und Grub. Gerade bei den letztgenannten dürfte sich die Eröffnung des Autobahnteilstückes von St.Gallen nach Rheineck (1973) positiv ausgewirkt haben. Abgesehen von einigen kleinen Gemeinden, die bereits mit einem Zuwachs von 100 bis 200 Einwohnern ein relatives Wachstum von 10% bis 30% erreichen (Schwende, Lichtensteig), stagnieren oder verlieren die Landgemeinden in diesem Zeitraum Einwohner.

Das allgemein grösste Bevölkerungswachstum verzeichnete die Dekade zwischen 1980 und 1990. Nur die Gemeinden St.Gallen, Rorschach, Bühler und Wildhaus verloren leicht an Einwohnern. Die grössten Gewinne verzeichnen die Gemeinden entlang der Autobahnausfahrten. Vor allem Abtwil (Gemeinde Gaiserwald) erhält einen drastischen Bevölkerungsschub von +43% (1980: 5000 Einwohner, 1990: 7200 Einwohner), der nur noch von der, allerdings deutlich kleineren Gemeinde Rickenbach bei Wil, übertroffen wird (+45%).

Abbildung 17 Entwicklung der Wohnbevölkerung in 10-Jahresschritten



alle Angaben relativ (in Prozent)

Zwischen 1990 und 2000 wächst am Ende des neu erstellten Zubringers an die N1 (Eröffnung 1993) die Gemeinde Roggwil (+40%) am meisten. Mit Ausnahme der Städte St.Gallen, Rorschach und Wil wachsen sämtliche Gemeinden entlang der Hauptachsen. Wobei auch weiter entfernte Gemeinden, z.B. die Dörfer oberhalb des Rheintales im Appenzellerland und Toggenburg, neue Einwohner gewinnen. Die ländlichen Gemeinden ohne Bezug zu den Hauptachsen stagnierten oder verloren Einwohner.

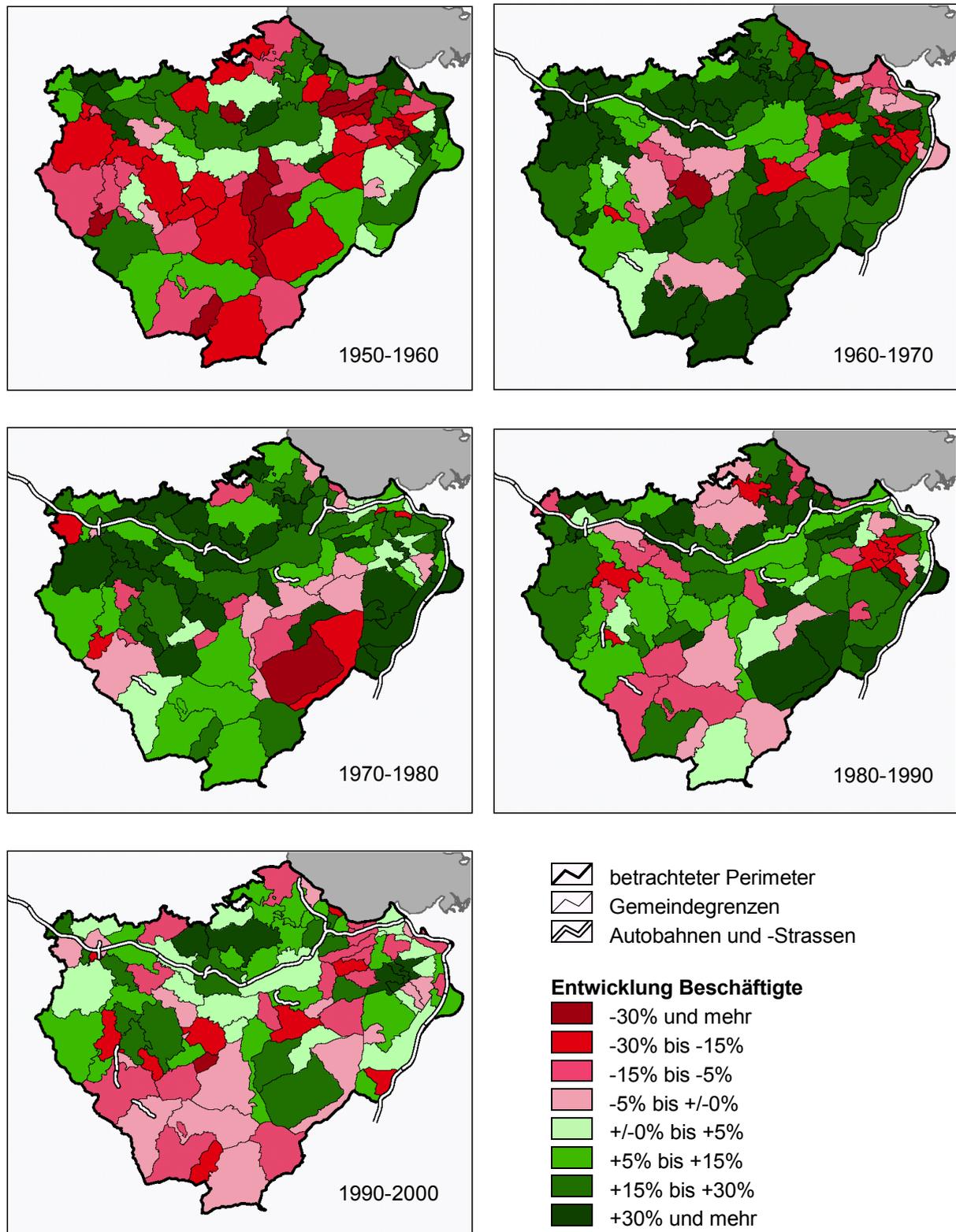
In der Abbildung 18 ist die Entwicklung der **Beschäftigten** in 10-Jahres-Schritten dargestellt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass etliche Gemeinden nur über wenige Arbeitsplätze verfügen. Bei kleineren Gemeinden kann deshalb eine einzige Betriebseröffnung oder –Schliessung schon zu namhaften Verzerrungen im Gesamtbild führen. Die Angaben zu den kleineren – meist ländlicheren – Gemeinden sind deshalb im Sinne eines Trends zu betrachten. Für eine gesicherte Interpretation kann aber der Vergleich mit den Nachbargemeinden helfen.

Die Anzahl Beschäftigter nahm in den Jahren 1950 bis 1960²⁴ im ganzen Perimeter nur um 1% zu. Vor allem die Gemeinden mit Zentrumsfunktionen (St.Gallen, Wil, Wattwil etc.) und die Gemeinden entlang der Hauptachsen Zürich-St.Gallen-Rheintal legten in dieser Periode zu. Die abgelegenen Gebiete im Toggenburg und Appenzeller Hinterland verloren teilweise massiv Arbeitsplätze.

Zwischen 1960 und 1970 boomte die Ostschweizer Wirtschaft. Die Anzahl Beschäftigter stieg in der Region St.Gallen um 30%. Neben den Kernstädten der Agglomerationen und den gut erschlossenen Gemeinden entlang der neuen Autobahnen konnte auch ein Grossteil der Landgemeinden profitieren. Die Häufung von negativen Werten zwischen Herisau, Mogelsberg und Flawil sind vermutlich auf eine verspätete Strukturbereinigung in der Textilbranche zurückzuführen.

²⁴ Die Daten basieren auf den eidgenössischen Betriebszählungen der Jahre 1955, 1965, 1975, 1985, 1995 und 2001 (siehe Kapitel 3.3.1). Für die Berechnung der Erreichbarkeit von 1950 wurden die Daten von 1955, für diejenige von 1960 die Daten von 1965 u.s.w. verwendet. Für eine einfachere Verständlichkeit wird im weiteren auch im Text nur von den Beschäftigten des Jahres 1950, 1960, 1970 bis 2000 gesprochen – obwohl die Daten richtigerweise jeweils später erhoben wurden.

Abbildung 18 Entwicklung der Beschäftigten in 10-Jahresschritten



alle Angaben relativ (in Prozent)

In den 70er-Jahren werden die höchsten Zuwachsraten erneut entlang der Hauptverkehrsachsen verzeichnet. Ein Einfluss des neuen Autobahnabschnittes der N1 von St.Gallen Richtung Rheintal ist nicht erkennbar. Nach dem relativ hohen Zuwachs in der vorhergehenden Periode verzeichnen die Gemeinden in Appenzell Innerrhoden, mit Ausnahme des Fleckens Appenzell, selbst wiederum hohe Verluste.

Im Zeitfenster von 1980 bis 1990 legen in erster Linie die Gemeinden entlang der Autobahnen deutlich zu. Die grössten Zuwachsraten werden im Einflussgebiet der neu eröffneten Stadtautobahn St.Gallen verzeichnet. Die Gemeinden im Obertoggenburg verlieren zusehend an Arbeitsplätzen, während die Gemeinden in Richtung Wil noch deutlich im positiven Trend liegen.

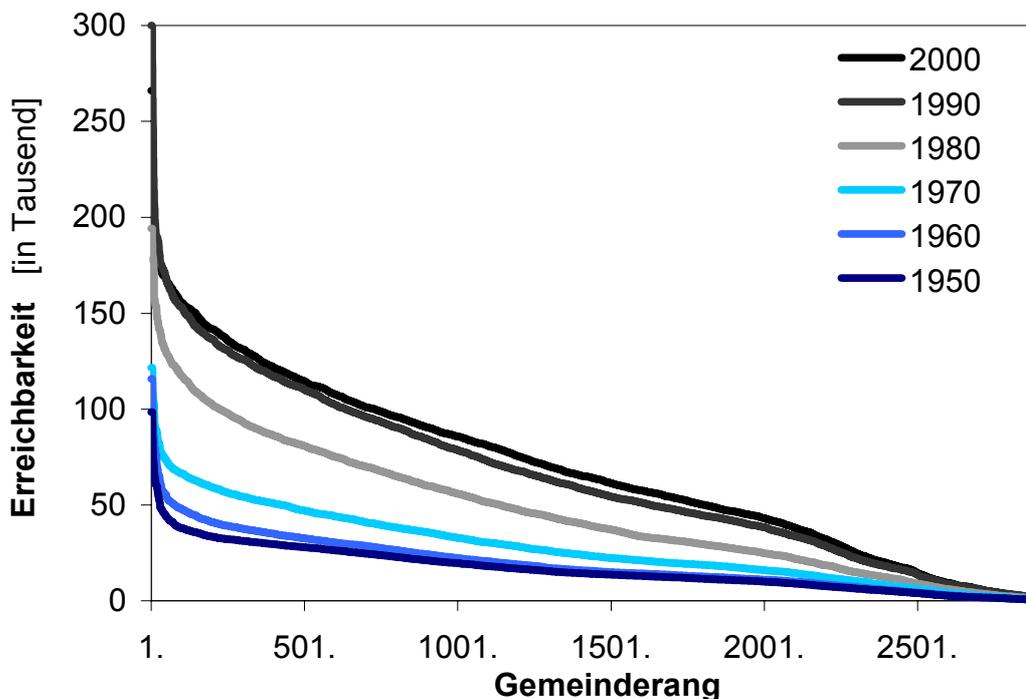
Die Dekade 1990 bis 2000 ist wieder von der Rezession gezeichnet: die Anzahl Arbeitsplätze in der Region stieg mit +2% nur wenig mehr als in den 50er-Jahren (+1%). Dementsprechend liegen wieder wesentlich mehr Gemeinden im negativen Bereich. Insbesondere grosse Teile des hinteren Toggenburgs und des Appenzellerlandes bauten Arbeitsplätze ab. Trotzdem konnten Gossau (+18%), Waldkirch (+39%) und Niederbüren (+36%) auch in dieser schwierigen Zeit deutlich zulegen. Die Neueröffnung des Autobahnanschlusses von Arbon an die N1 hat keinen erkennbaren Einfluss auf die Anzahl Beschäftigter.

5.2 Vergleich einzelner Gemeinden

5.2.1 Verteilung der Erreichbarkeit

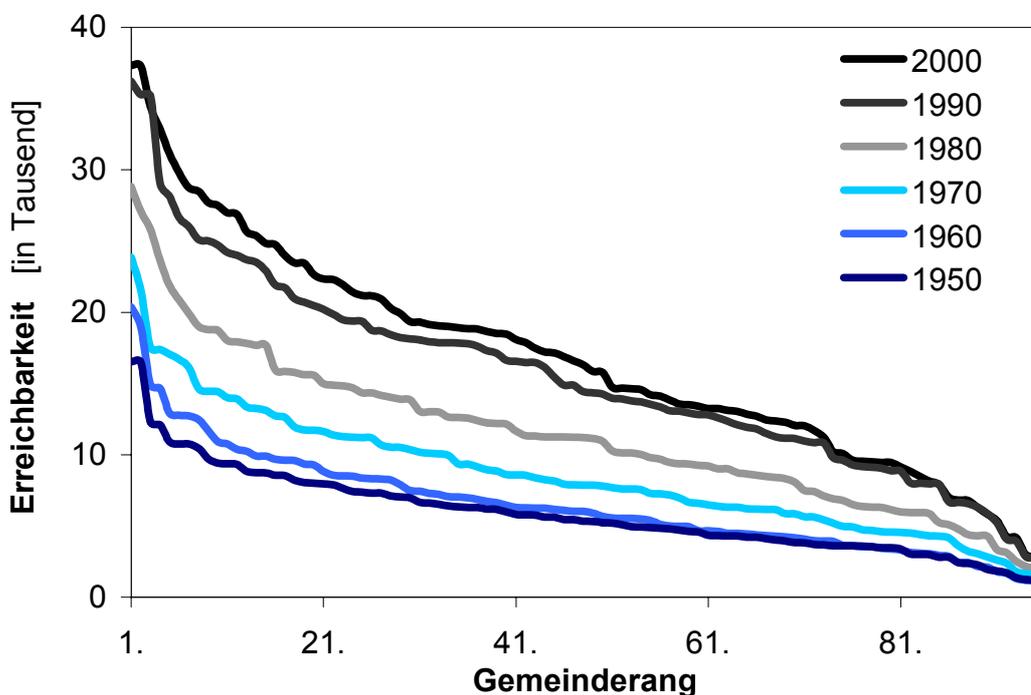
Die Abbildung 19 zeigt für die Schweiz die Verteilung der Erreichbarkeiten auf die Gemeinden, wobei letztere in der Rangordnung der entsprechenden Jahre aufgereiht sind (Keller und Fröhlich, 2002). Die Kurven gleichen einer negativen Exponentialkurve, die mit den Jahren vor allem in den vorderen Rängen tendenziell flacher und höher liegen. Erst ab Gemeinderang 2300 fallen die Erreichbarkeitswerte wiederum deutlich. Die Verbesserungen der MIV- und ÖV-Verkehrsnetze in der Schweiz scheinen somit in erster Linie den vorderen Rängen Erreichbarkeitsgewinne gebracht zu haben. Zudem hat das best-gelegene Drittel der Gemeinden relativ, gegenüber den Spitzenplätzen, aufgeholt: 1950 hatte die Nummer 1 etwa 120'000 Punkte und der Rang 100 maximal 40'000, demgegenüber hatten diese Rangierungen im Jahr 2000 300'000 und 160'000 Punkte. Die hintersten Ränge scheinen praktisch keine Potentialwerte gut gemacht zu haben – die Diskrepanz zwischen erstem und letztem Rang ist somit deutlich gewachsen.

Abbildung 19 Verteilung der Erreichbarkeit in der Schweiz



Quelle: nach Keller und Fröhlich (2002) 17

Abbildung 20 Verteilung der Erreichbarkeit in der Region St.Gallen



Die entsprechende Darstellung für die Region St.Gallen²⁵ zeigt ein durchaus ähnliches Bild (vergleiche Abbildung 20): in den vordersten Rängen haben einige wenige Gemeinden ein sehr hohes Erreichbarkeitspotential. Mit steigendem Gemeinderang fallen die Kurven zu Beginn sehr stark und in den hinteren Rängen flacher ab (ähnlich einer negativen Exponentialkurve). Zwischen dem 70. und 90. Rang erfahren auch die Kurven in der Region St.Gallen einen deutlichen Knick nach unten.

Auch in der Region St.Gallen haben sich somit die Unterschiede in den vorderen Platzierungen etwas ausgeglichen. Das Gefälle zwischen der ersten und letzten Gemeinde ist hingegen deutlich gewachsen. Während die vordere Hälfte deutliche Potentialgewinne verzeichnen kann, haben sich die hintersten 20% der Ränge kaum entwickelt.

²⁵ Die Werte für die Erreichbarkeit sind in den beiden Darstellungen nicht direkt vergleichbar: aufgrund einer unterschiedlichen Gewichtung von β (vgl. Kapitel 2.1) sind die Werte in Abbildung 19 mit $\beta=0.1$ deutlich höher als in Abbildung 20 mit $\beta=0.2$. Dieser Umstand dürfte hingegen nur einen kleinen Einfluss auf die allgemeine Lage und Entwicklung der Kurven haben.

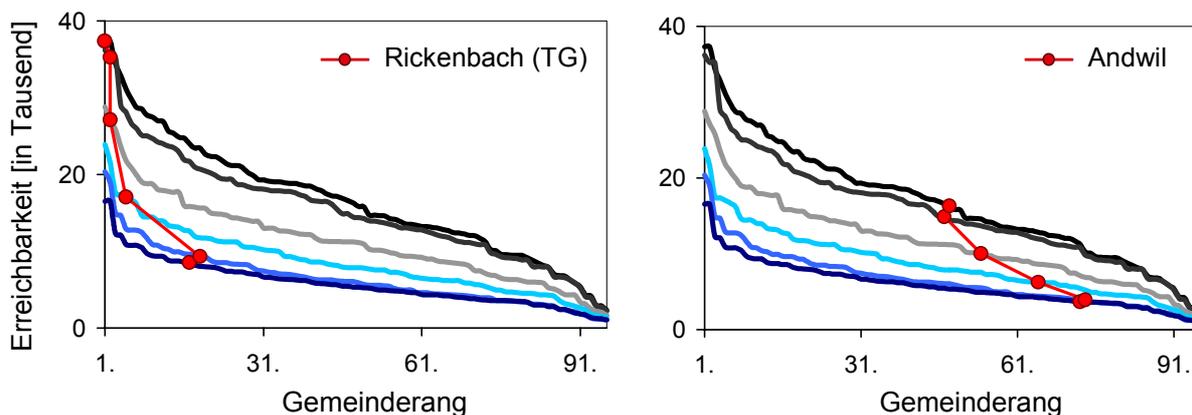
5.2.2 Die Gewinner: Rickenbach und Andwil

Rickenbach verbuchte mit einem Zuwachs von über 29'000 Punkten einen regelrechten Senkrechtstart nach Punkten. Andwil gehört mit Niederhelfenschwil, Niederbüren, Muolen und Diepoldsau zu den Aufsteigern der letzten fünfzig Jahre: bis zu 31 Ränge konnten diese Gemeinden aufholen²⁶.

Die Abbildung 21 zeigt (analog zu den Abbildungen im vorhergehenden Kapitel 5.2.1) die Verteilung der Erreichbarkeit in den Gemeinden der Region St.Gallen nach Rang für die Dekaden von 1950 (blau) bis 2000 (schwarz). Rot zeigt die Entwicklung der betrachteten Gemeinden Rickenbach bzw. Andwil.

Die Erreichbarkeit in Rickenbach vervierfachte sich im betrachteten Zeitpunkt, wobei die grössten Zunahmen zwischen 1960 und 1990 liegen. Seit 1970 gehört Rickenbach zu den fünf Gemeinden mit der besten Erreichbarkeit. In den letzten drei Dekaden wechselten sich die drei Spitzenreiter St.Gallen, Wittenbach und Rickenbach an der Spitze der Rangliste ab. Im Jahr 2000 lag Rickenbach knapp vorne.

Abbildung 21 Rang und Erreichbarkeit der Gemeinden Rickenbach und Andwil



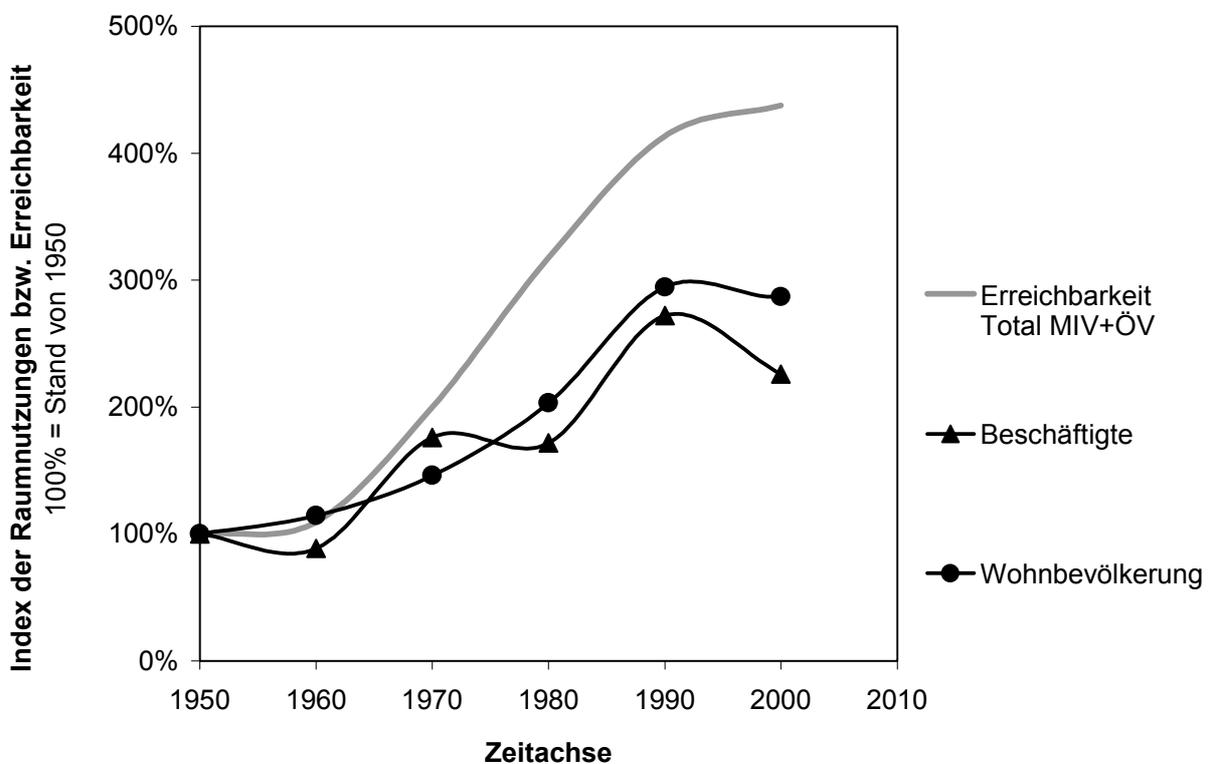
Legende: vgl. Abbildung 20

²⁶ Niederhelfenschwil hat sich mit +32 Plätzen am meisten verbessert, da aber mit Rickenbach bereits eine Gemeinde aus der Region Wil betrachtet wird, wurde Andwil gewählt (+25 Plätze zwischen 1950 und 1990).

Die Gemeinde Andwil steigerte sich von Rang 73 auf Rang 47 im Jahr 1990. Im letzten betrachteten Jahrzehnt gibt sie einen Platz zugunsten von Horn ab (aufgrund des Einflusses der neu eröffneten Schnellstrassen von Arbon bis an die N1). Aufgrund der flachen Kurve im hinteren Teil der Rangierung können hier schon kleine Erreichbarkeitsveränderungen eine grosse Wirkung auf die Rangierung der Gemeinde haben.

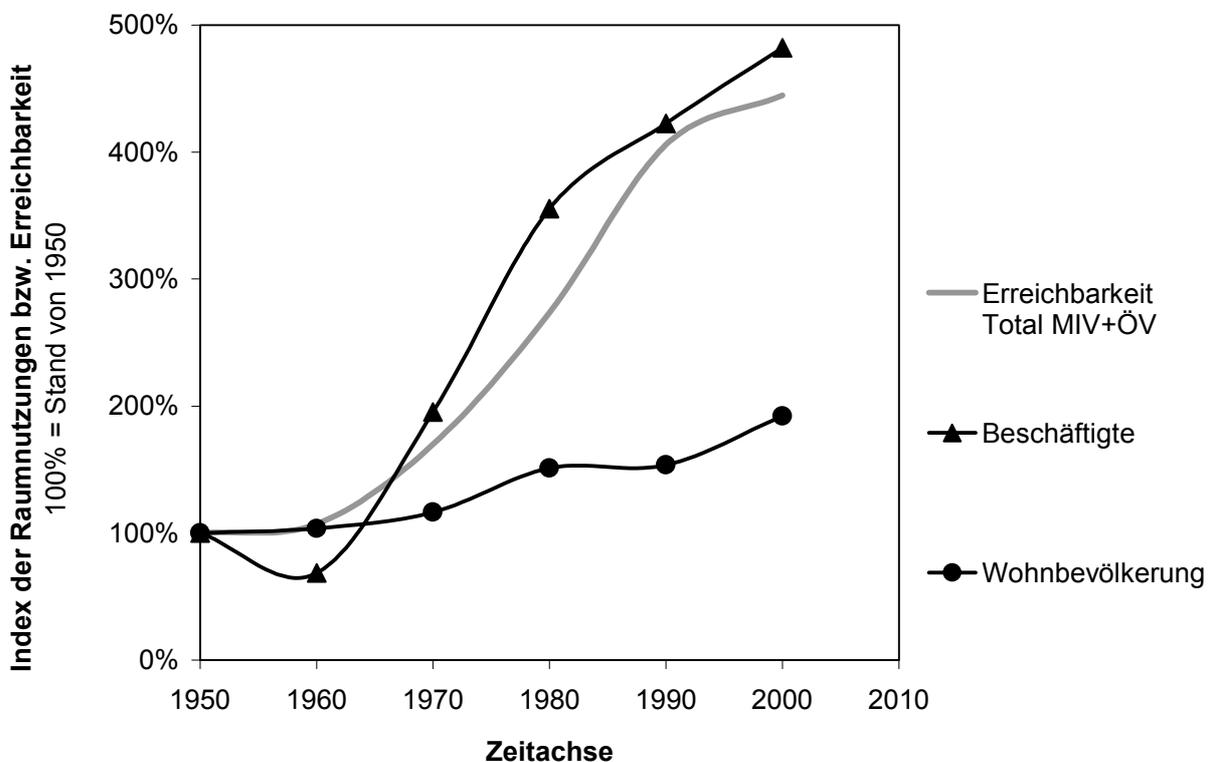
Die Abbildung 22 zeigt die Entwicklung (Index ab 1950) der Erreichbarkeit und der Raumnutzungen zwischen 1950 und 2000 für die Gemeinde Rickenbach. Dabei fällt die sanfte S-Kurve der Erreichbarkeit auf. Die Kurve der Wohnbevölkerung ist ähnlich, sie beginnt aber früher zu wachsen und fällt gegen das Jahr 2000 gar ab. Die Kurve der Beschäftigten könnte einem Konjunkturbarometer gleich kommen: aufgrund des sehr hohen Anteils an Dienstleistungsbetrieben (Hutter *et al.*, 2000) reagiert auch die Anzahl der Beschäftigten in hohem Masse auf die Konjunkturläufe. So steigt die Kurve bei gutem Wirtschaftswachstum und fällt wieder in Krisenzeiten.

Abbildung 22 Entwicklung der Raumnutzungen und Erreichbarkeit in Rickenbach



Die Abbildung 23 zeigt die Entwicklung (Index ab 1950) der Erreichbarkeit und der Raumnutzungen zwischen 1950 und 2000 für die Gemeinde Andwil. Die Erreichbarkeitskurve hat, wie in Rickenbach, die Form einer S-Kurve – in den letzten Jahren verläuft sie allerdings noch weiterhin deutlich nach oben. Die Wohnbevölkerung steigt gemächlicher als in Rickenbach, erfährt eine Stagnation in den 80er-Jahren und wächst in den 90er-Jahren nochmals an. Die Entwicklung der Beschäftigten verhält sich nur bis 1970 ähnlich zu Rickenbach. Die entsprechende Kurve steigt im weiteren Verlauf nochmals deutlich an und erfährt ab 1980 (gleichzeitig mit der Wohnbevölkerung) einen leichten Knick. Im weiteren Verlauf steigt sie aber, von der Konjunktur weitgehend unbeeinflusst, weiter an.

Abbildung 23 Entwicklung der Raumnutzungen und Erreichbarkeit in Andwil



5.2.3 Die Konstanten: Tübach und Walzenhausen

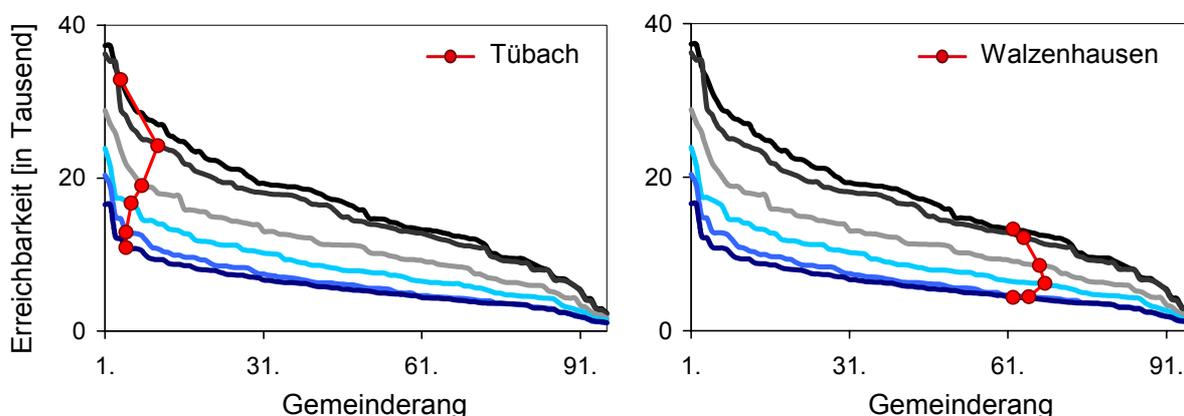
Die Gemeinden Tübach und Walzenhausen sind Beispiele für Gemeinden mit einer über Jahre hinweg ausgeglichenen Rangierung. Die Stärke dieser Gemeinden ist der Umstand, dass sie durch keine ausserordentlichen Sprünge auffallen. Die beiden Beispiele liegen in der vorderen respektive hinteren Hälfte der Rangierung.

Die Abbildung 24 zeigt (vergleiche auch Abbildung 20) die Verteilung der Erreichbarkeit in den Gemeinden der Region St.Gallen nach Rang für die Dekaden von 1950 (blau) bis 2000 (schwarz). Rot zeigt die Entwicklung der Gemeinden Tübach bzw. Walzenhausen.

Tübach beginnt im Jahr 1950 mit rund 11'000 Punkten auf dem Rang 5 und platziert sich mit einer Zunahme von 22'000 Punkten auf Rang 4 im Jahr 2000. Mit Ausnahme der Jahre 1980 (Rang 8) und 1990 (Rang 11) pendelt die Gemeinde jeweils zwischen Rang 6 und 4.

Mit einer Zunahme von 8'900 Punkten in 50 Jahren hielt sich Walzenhausen auf dem 60. Platz. Bis 1980 verlor die Gemeinde pro Dekade 2 Ränge, in den letzten zwanzig Jahren konnte sie dies hingegen wieder aufholen. In diese Zeit fallen die Eröffnungen der Stadtautobahn 1987 und der Schnellstrasse Arbon-N1 im Jahr 1993.

Abbildung 24 Rang und Erreichbarkeit der Gemeinden Tübach und Walzenhausen

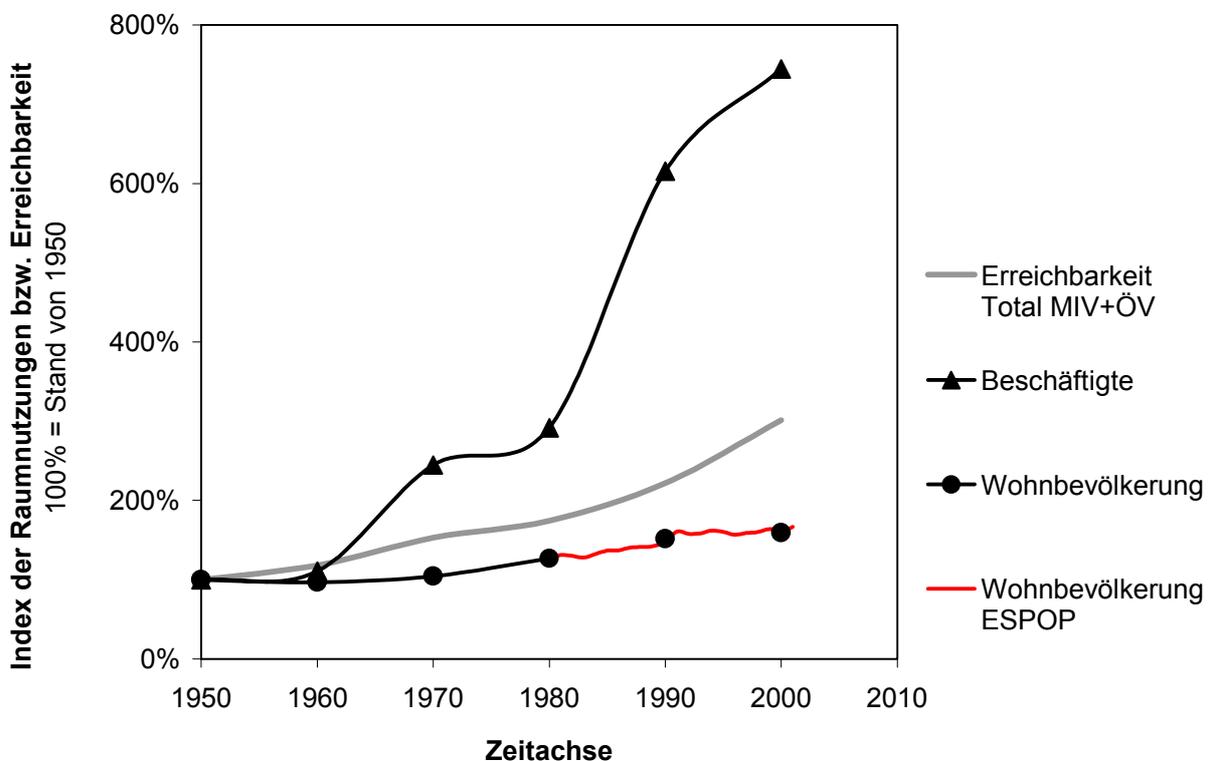


Legende: vgl. Abbildung 20

Die Abbildung 25 zeigt die Entwicklung (Index ab 1950) der Erreichbarkeit und der Raumnutzungen zwischen 1950 und 2000 für die Gemeinde Tübach. Sie zeigt zusätzlich die Kurve der jährlichen Erhebungen der Gemeinden zum Bevölkerungsstand (ESPOP) ab 1980.

Die Erreichbarkeit stieg in Tübach in den letzten 50 Jahren stetig an – in den 70er-Jahren erhielt sie einen leichten Knick und verläuft während einer Dekade etwas flacher. Zwischen 1990 und 2000 steigt die Kurve wieder deutlich an (aufgrund des neuen Autobahnzubringers zur N1). Die Wohnbevölkerung weist in dieser Zeit eine sehr lang gezogene, liegende S-Kurve auf. Die ESPOP-Kurve zeigt kurz vor der Eröffnung der Autoschnellstrasse Arbon-N1 (1993) einen kurzen, deutlichen Anstieg. Die Kurve der Beschäftigten in der Gemeinde verhält sich ähnlich der entsprechenden Kurve in Rickenbach, allerdings nicht so ausgeprägt. Vor allem der Konjunkturreinbruch der 70er-Jahre hinterlässt deutliche Spuren in den Beschäftigtenzahlen.

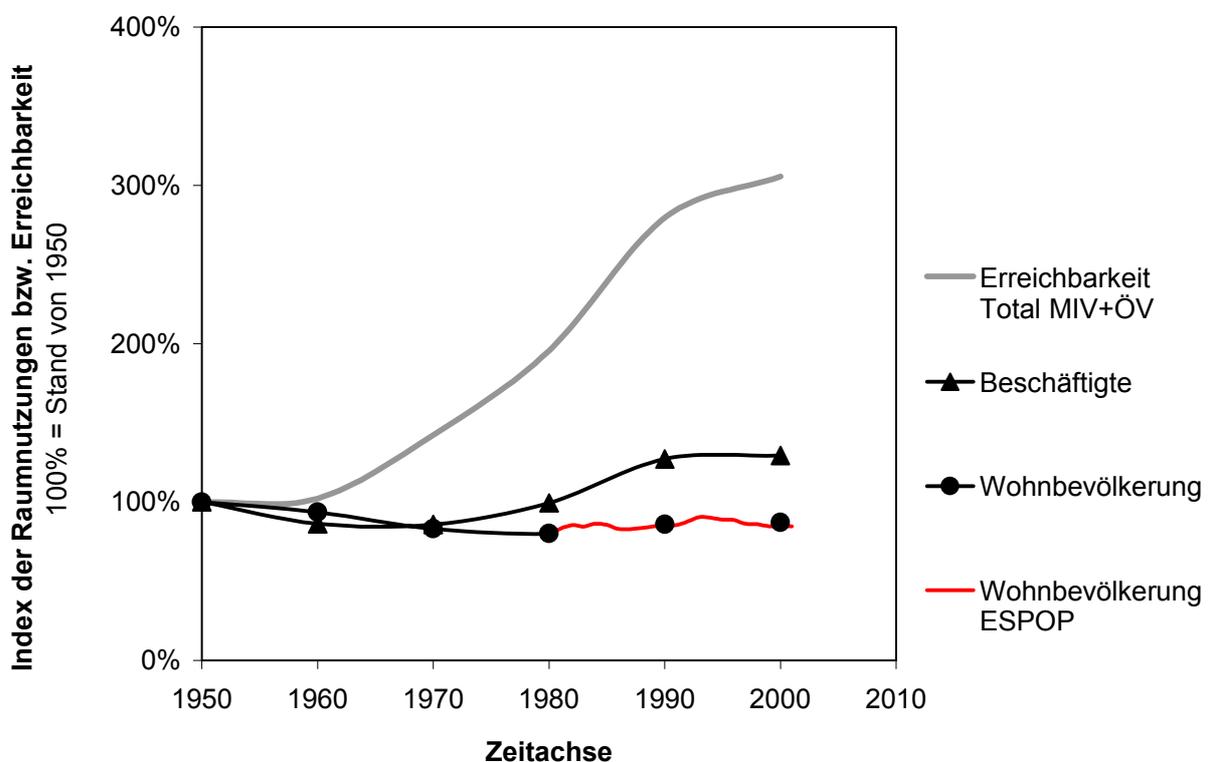
Abbildung 25 Entwicklung der Raumnutzungen und Erreichbarkeit in Tübach



Die Abbildung 26 zeigt die Entwicklung (Index ab 1950) der Erreichbarkeit und der Raumnutzungen zwischen 1950 und 2000 für die Gemeinde Walzenhausen.

Den grössten Erreichbarkeits-Zuwachs erhält Walzenhausen zwischen 1980 und 1990. In dieser Dekade steigen auch die Beschäftigten und die Wohnbevölkerung am meisten an. Betrachten wir die Kurve der jährlichen Erhebung der Wohnbevölkerung (ESPOP), so fallen die beiden Höhepunkte im Jahr 1984 und 1993 auf. Die Wohnbevölkerung von Walzenhausen scheint somit in den letzten beiden Dekaden jeweils kurz vor den Eröffnungen der Stadtautobahn (1987) und der Schnellstrasse nach Arbon (1993) markant gestiegen zu sein, um im Anschluss allerdings wieder kontinuierlich zu fallen.

Abbildung 26 Entwicklung der Raumnutzungen und Erreichbarkeit in Walzenhausen



5.2.4 Die Verlierer: Alt St.Johann und Rorschacherberg

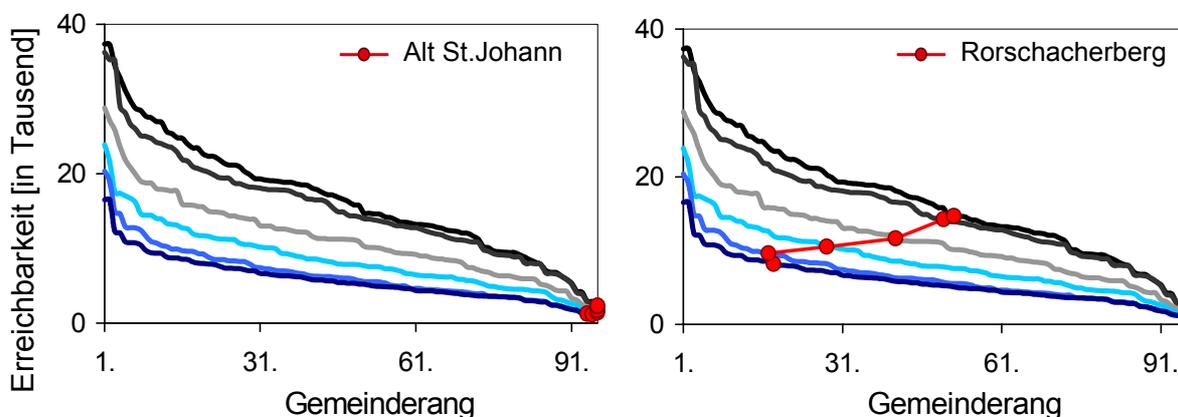
Wie im Kapitel 5.1.1 ersichtlich ist, gibt es keine Gemeinde in der Region St.Gallen mit einer Abnahme der Erreichbarkeit über die letzten 50 Jahre. Somit ist der Begriff „Verlierer“ nur im relativen Sinne gemeint. Zudem illustrieren die beiden im Folgenden besprochenen Gemeinden sehr gut, dass auch bei relativ geringem Erreichbarkeitszuwachs eine Entwicklung möglich ist.

Die Abbildung 27 zeigt (vergleiche auch Abbildung 20) die Verteilung der Erreichbarkeit in den Gemeinden der Region St.Gallen nach Rang für die Dekaden von 1950 (blau) bis 2000 (schwarz). Rot zeigt die Entwicklung der Gemeinden Alt St.Johann bzw. Rorschacherberg.

In Alt St.Johann hat sich die Erreichbarkeit zwischen 1950 und 2000 nur um gerade 1100 Punkte (+85%) verbessert. Im Jahr 1950 ist die Gemeinde im hinteren Toggenburg auf Rang 94 gestartet und figuriert seit 1970 auf dem hintersten Platz bezüglich Erreichbarkeit.

Rorschacherberg hat demgegenüber am meisten Plätze verloren. Zwischen 1950 und 1960 konnte die Gemeinde noch vom 18. auf den 17. Rang vorrücken – danach verlor sie gegenüber den meisten anderen, bis sie im Jahr 2000 noch auf dem 52. Platz figuriert. Dabei ist zu erwähnen, dass Rorschacherberg immerhin 6500 Punkte zulegte, deutlich mehr als etliche ländliche Gemeinden.

Abbildung 27 Rang und Erreichbarkeit der Gemeinden Alt St.Johann und Rorschacherberg

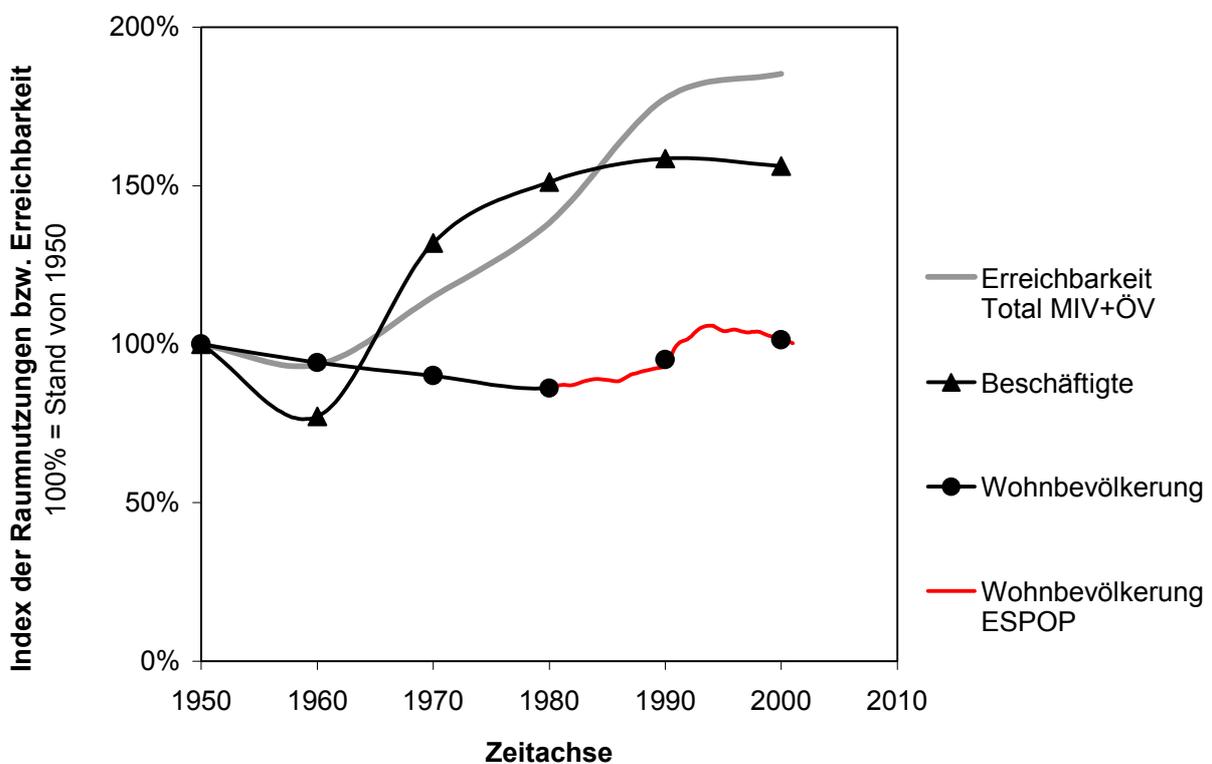


Legende: vgl. Abbildung 20

Die Abbildung 28 zeigt die Entwicklung (Index ab 1950) der Erreichbarkeit und der Raumnutzungen zwischen 1950 und 2000 für die Gemeinde Alt St.Johann.

Die Kurve der Erreichbarkeit steigt seit 1960 stetig an, am steilsten zwischen 1980 und 1990 aufgrund der neu erstellten Umfahrung Lichtensteig (Eröffnung 1983). Der Bau der anschliessenden Umfahrung Wattwil (1993) zeigt hingegen wenig Wirkung – allerdings dürfte dies auf die rückläufige Entwicklung der Aktivitätsgelegenheiten im Toggenburg zurückzuführen sein. Die Anzahl Beschäftigter nahm zwischen 1950 und 1960 beträchtlich ab, in der anschliessenden Dekade wuchs sie hingegen wieder deutlich an (1969 Eröffnung der Umfahrung Ebnat-Kappel). Die Kurve wird im weiteren Verlauf wieder flacher und fällt in der letzten Dekade leicht ab. Die Wohnbevölkerung sinkt in den Jahren 1950 bis 1980 leicht. Ab 1980 zeigen die ESPOP-Daten vorerst ein leichtes Wachstum und zwischen 1990 und 1994 einen kurzen starken Anstieg der Wohnbevölkerung. Seither entwickeln sich die Bevölkerungszahlen wieder rückläufig.

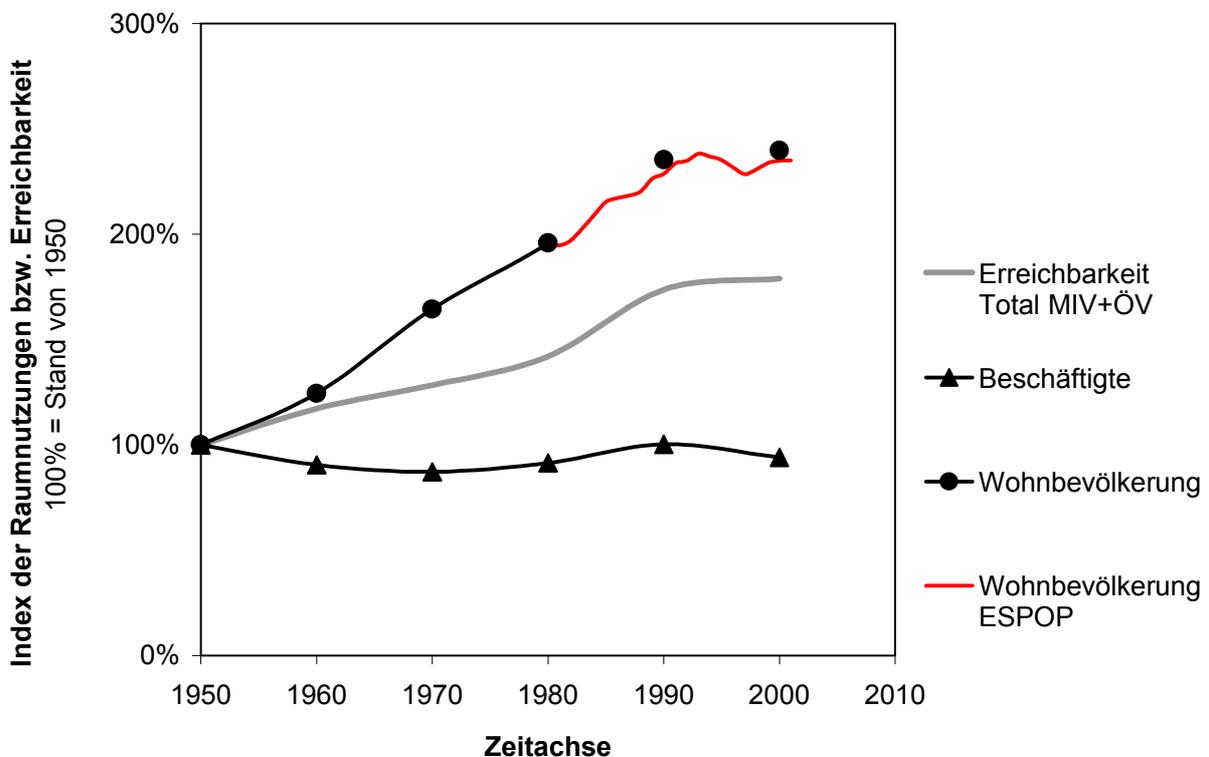
Abbildung 28 Entwicklung der Raumnutzungen und Erreichbarkeit in Alt St.Johann



Die Abbildung 29 zeigt die Entwicklung (Index ab 1950) der Erreichbarkeit und der Raumnutzungen zwischen 1950 und 2000 für die Gemeinde Rorschacherberg.

Die Erreichbarkeit steigt in Rorschacherberg seit 1950 stetig leicht an, nur in den 80er-Jahren steigt sie überdurchschnittlich aufgrund der neu erstellten Stadtautobahn (Eröffnung 1987). In den 90er-Jahren stagniert die Erreichbarkeit. Die Anzahl Beschäftigter nahm in den Jahren 1950 bis 1970 stetig ab. Zwischen 1970 und 1990 wuchs sie wieder auf das ursprüngliche Niveau von 1950 an und fällt seither wieder leicht. Aufgrund der hervorragenden Lage über dem Bodensee und der relativ tiefen Steuersätze gilt Rorschacherberg als sehr beliebter Wohnort. Die entsprechende Kurve steigt dementsprechend steil an – erst seit den 90er-Jahren (gemäss de ESPOP-Daten: 1993) stagniert die Kurve bzw. fällt gar leicht ab.

Abbildung 29 Entwicklung der Raumnutzungen und Erreichbarkeit in Rorschacherberg



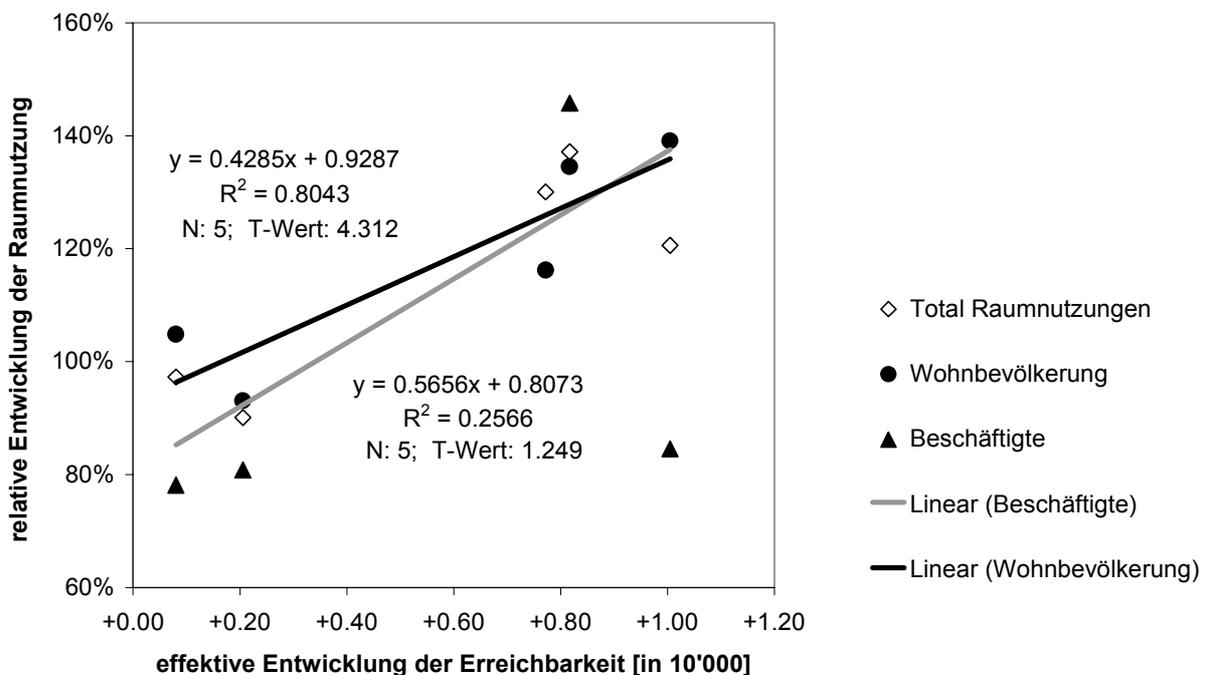
5.3 Wechselwirkungen

5.3.1 Erreichbarkeit und Raumnutzung in den einzelnen Gemeinden

In einem ersten Schritt werden die Abhängigkeiten in den einzelnen Gemeinden untersucht. Dabei dienen die im Kapitel 5.2 besprochenen Gemeinden als Beispiele.

In der Abbildung 30 ist auf der X-Achse die Entwicklung der Erreichbarkeit in 10-Jahres-Schritten von 1950 bis 2000 der Gemeinde Rickenbach eingetragen. Auf der Y-Achse ist die entsprechende Entwicklung der Raumnutzungen relativ zur Region als Index aufgeführt. Ein Wert von 100% bedeutet somit, dass sich die Raumnutzung (Wohnbevölkerung oder Beschäftigte) gleich entwickelt hat wie in der ganzen Region. Werte über 100% bedeuten eine Zunahme, Werte unter 100% eine Abnahme gegenüber der Entwicklung in der Region.

Abbildung 30 Abhängigkeit der Entwicklung der Raumnutzung von der Erreichbarkeit in den Dekaden 1950-2000 in Rickenbach



Wie aufgrund der Abbildung 22 auf Seite 59 zu erwarten war, korrelieren die Erreichbarkeit und die Wohnbevölkerung mit einem Bestimmtheitsmass von $R^2=0.8$ relativ gut, während die Korrelation mit der Anzahl Beschäftigten ebenfalls erwartungsgemäss deutlich geringer ausfällt ($R^2=0.26$).

Die Abbildung 31 zeigt die gleichen Darstellungen für die Gemeinden Andwil, Tübach, Walzenhausen, Alt St.Johann und Rorschacherberg. Es fällt auf, dass die Regressionsgeraden (lineare Regression) grundsätzlich mit zunehmender Erreichbarkeit steigen. Die einzige Ausnahme bildet Tübach, allerdings mit einem Bestimmtheitsmass von $R^2=0.0019$. Die Regressionsgeraden der Beschäftigten liegt in allen Fällen steiler als diejenigen der Wohnbevölkerung. In den untersuchten Gemeinden reagiert somit die Anzahl Beschäftigter schneller auf eine verbesserte Erreichbarkeit als die Wohnbevölkerung. Die hohen Bestimmtheitsmasse der Gemeinde Rickenbach werden nur von Walzenhausen erreicht, die übrigen Gemeinden sind weit davon entfernt.

Im Folgenden wird untersucht, ob die Erreichbarkeit der einzelnen Aktivitätsgelegenheiten auf eine bestimmte Raumnutzung einen verstärkten Einfluss hat. Die Abbildung 32 ist wiederum gleich aufgebaut wie die vorhergehenden Abbildungen. In den Diagrammen in der linken Spalte ist in der X-Achse die Erreichbarkeit aufgrund der Aktivitätsgelegenheit „Wohnbevölkerung“ abgebildet. Die Diagramme auf der rechten Seite zeigen die Erreichbarkeit aufgrund der Beschäftigten.

Die einzelnen Erreichbarkeiten aufgrund der beiden Aktivitätsgelegenheiten scheinen relativ gut sowohl mit der Wohnbevölkerung als auch mit den Beschäftigten zu korrelieren. Es fällt zudem auf, dass auch in diesen Darstellungen die Regressionsgeraden der Beschäftigten jeweils steiler als diejenigen der Wohnbevölkerung verlaufen.

Abbildung 31 Abhängigkeit der Entwicklung der Raumnutzung von der Erreichbarkeit in den Dekaden 1950-2000 in Andwil, Tübach, Walzenhausen, Alt St.Johann, Rorschacherberg

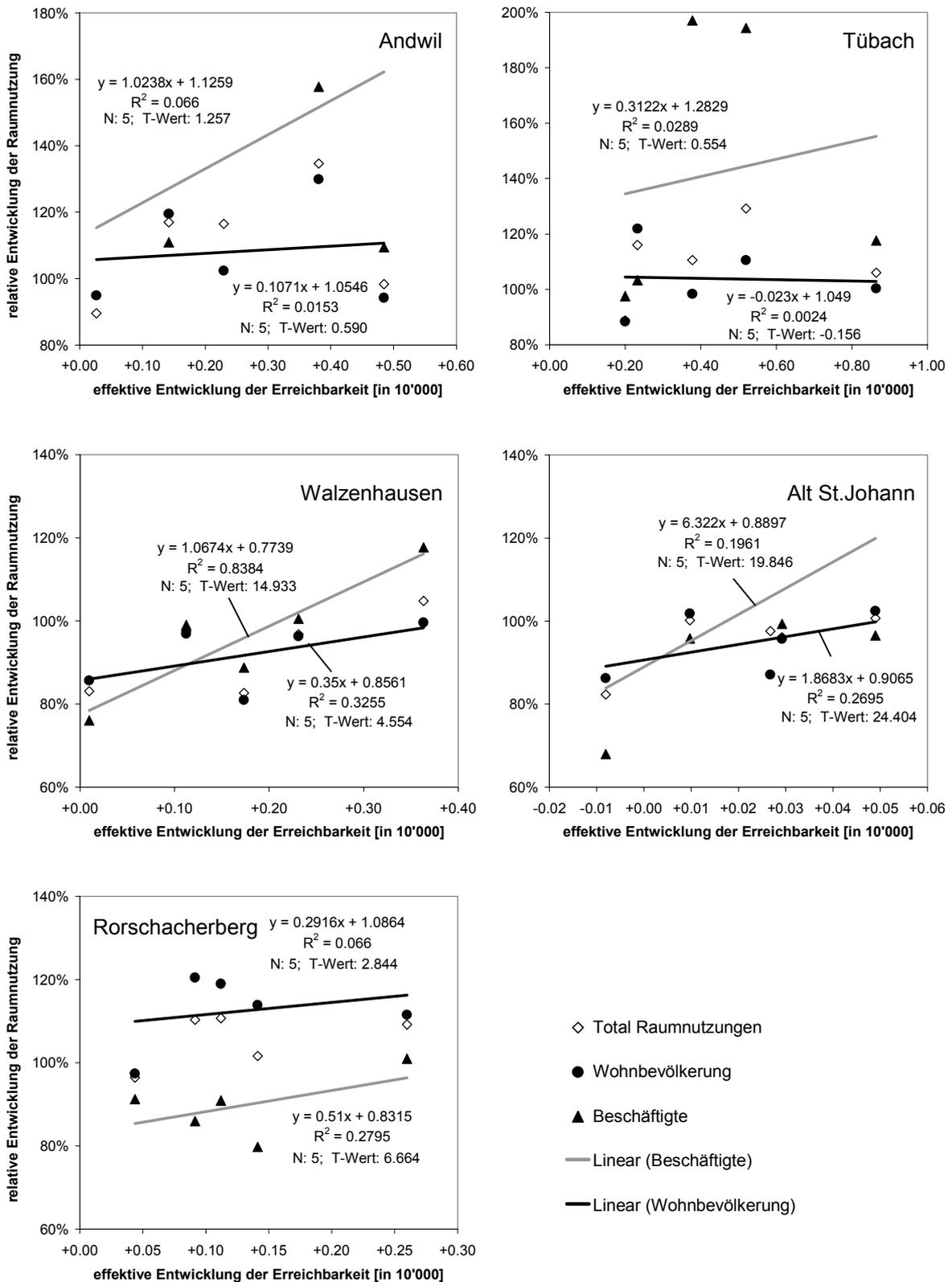
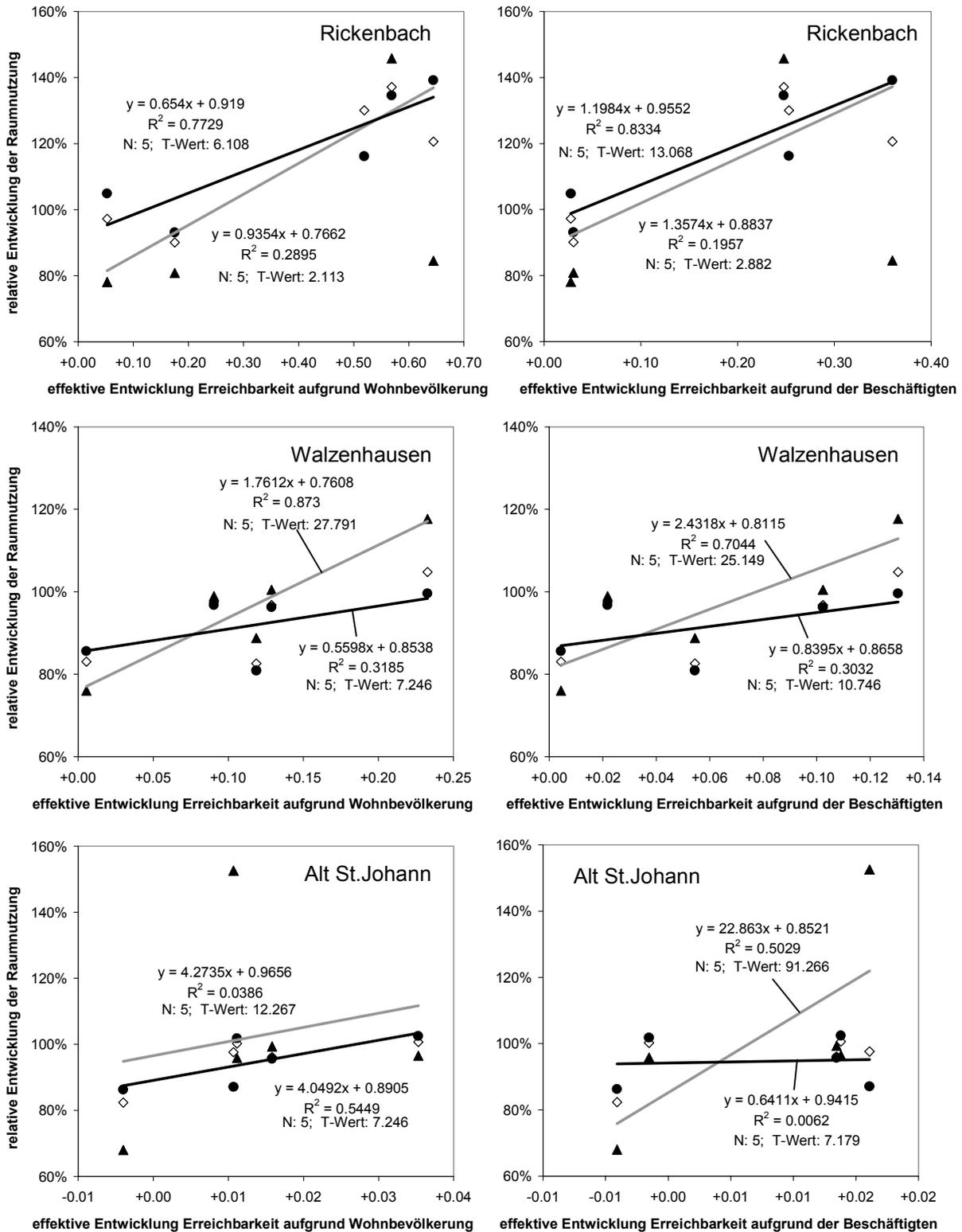


Abbildung 32 Abhängigkeit der Entwicklung der Raumnutzung von der Erreichbarkeit aufgrund der Wohnbevölkerung und der Beschäftigten in den Dekaden 1950-2000

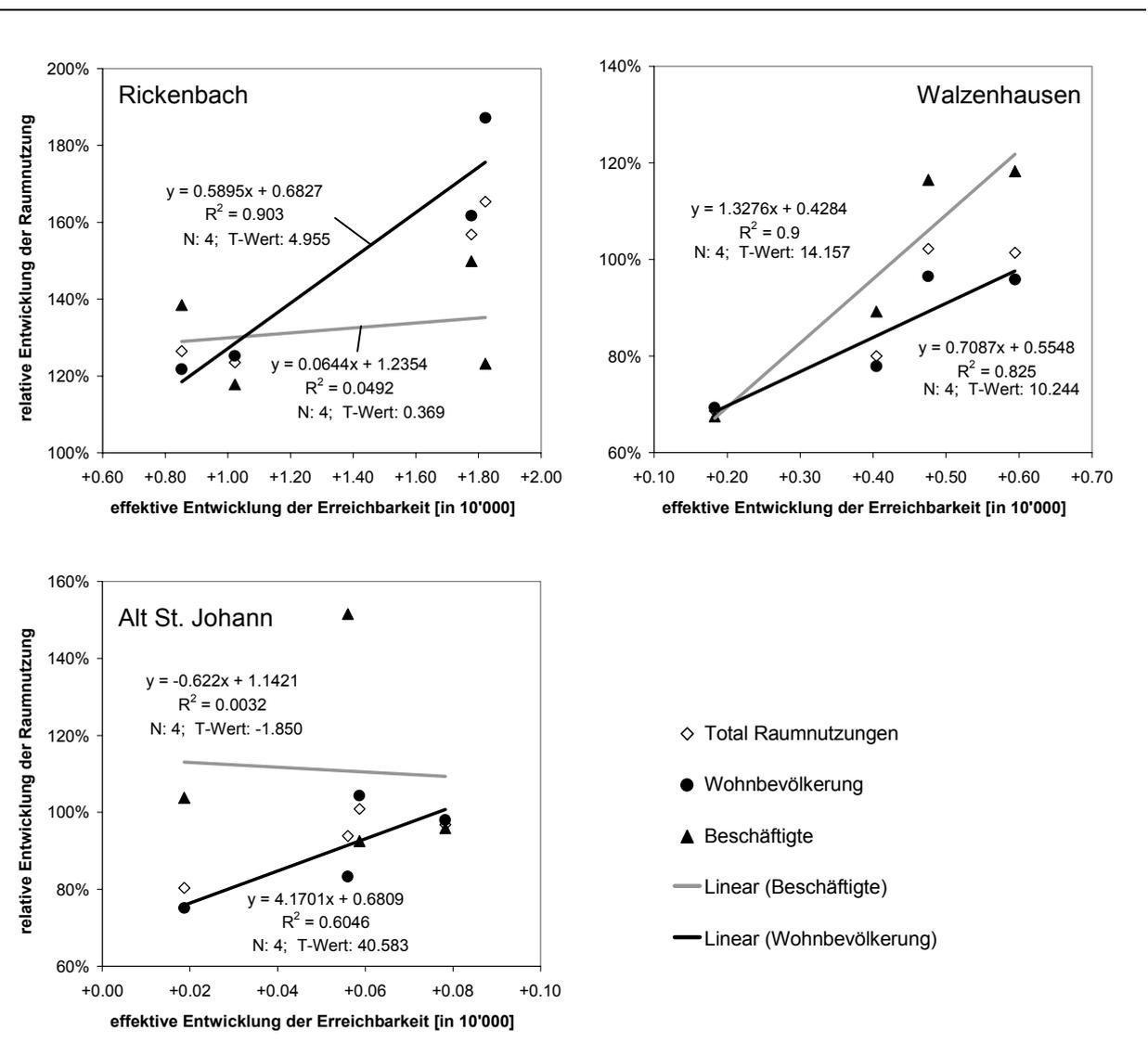


Legende: vgl. Abbildung 31

Die Abbildung 33 zeigt die Abhängigkeit der Entwicklung der Raumnutzungen von der Entwicklung der Erreichbarkeit in 20-Jahres-Schritten (1950-1970, 1960-1980, 1970-1990 und 1980-2000). Die Abbildung ist ansonsten gleich aufgebaut wie Abbildung 30 auf Seite 67.

Generell steigen die Korrelationskoeffizienten der Regressionsgeraden der Wohnbevölkerung. Die Koeffizienten für die Beschäftigten scheinen sich demgegenüber zu verschlechtern (mit Ausnahme in Walzenhausen).

Abbildung 33 Abhängigkeit der Entwicklung der Raumnutzung von der Erreichbarkeit in 20-Jahres-Schritten von 1950 bis 2000 in Rickenbach, Walzenhausen und Alt St.Johann



5.3.2 Erreichbarkeit und Raumnutzung in der Region St.Gallen

In der Abbildung 33 ist die Abhängigkeit zwischen der Entwicklung der Erreichbarkeit und den Raumnutzungen im Zeitfenster von 1950 bis 2000 dargestellt. Die Regressionsgerade für die Beschäftigten liegt, wie bei den einzelnen Gemeinden, steiler als diejenige der Wohnbevölkerung. Hingegen ist die Korrelation zwischen Erreichbarkeits- und Wohnbevölkerungsentwicklung stärker als diejenige zwischen der Zunahme der Erreichbarkeit und der Beschäftigten.

Die Regressionsgerade der Wohnbevölkerung liegt relativ flach, dies bedeutet, dass nur ein grosser Erreichbarkeitsgewinn auch eine Bevölkerungszunahme generiert. Im Rahmen der Untersuchungen zum Forschungsprojekt COST 340 hat Tschopp *et al.* (2003) eine ähnliche Beobachtung gemacht. Tschopp hat die entsprechenden Regressionsgeraden für sämtliche Schweizer Kantone untersucht. Dabei stellt er fest, dass die Regressionsgeraden ländlicher Kantone steiler sind als diejenigen in vorwiegend städtischen Gebieten. St.Gallen gehört zur letzteren Gruppe, und es ist anzunehmen, dass dies somit auch für die Region St.Gallen mit den vier Agglomerationen zutrifft.

Abbildung 34 Abhängigkeit der Entwicklung der Raumnutzung von der Erreichbarkeit in der Region St.Gallen von 1950-2000

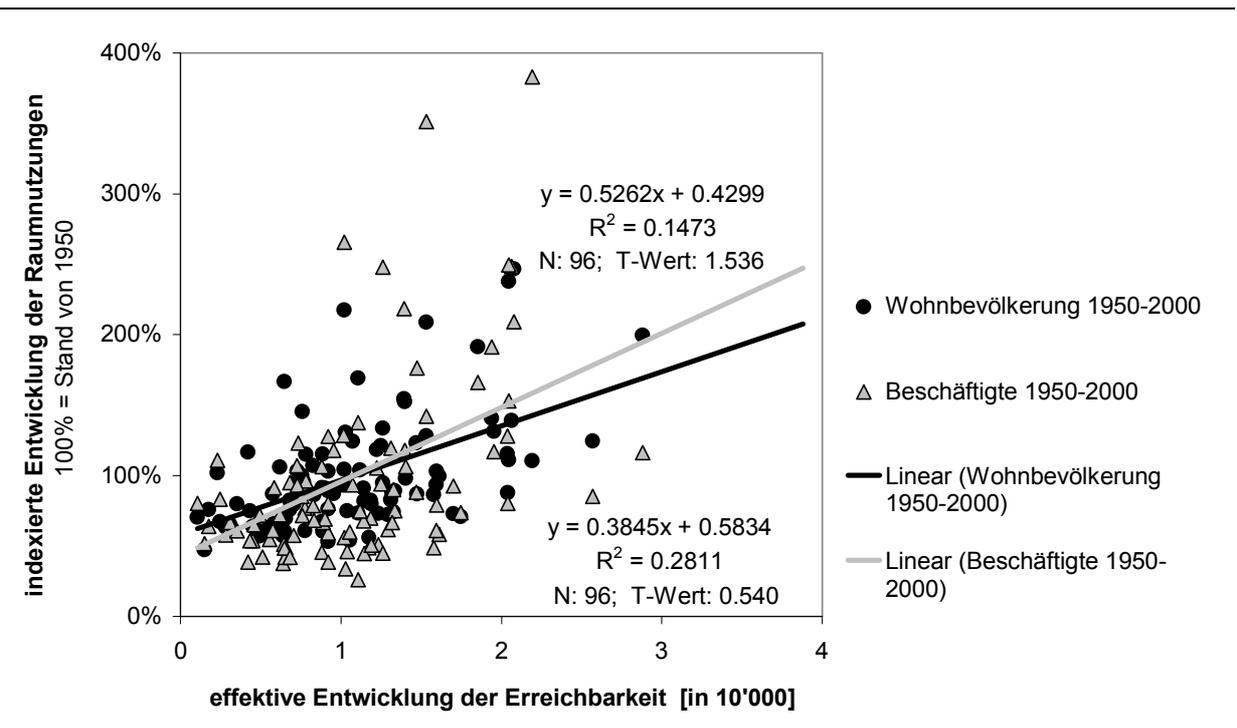


Abbildung 35 und Abbildung 36 zeigen die Abhängigkeit der Entwicklung der Raumnutzung von der Erreichbarkeit in der Region St.Gallen in 10-Jahres-Schritten. Dabei fallen drei Punkte auf: erstens nehmen die Bestimmtheitsmasse mit jedem Jahrzehnt ab. Die Abhängigkeit zwischen Erreichbarkeits- und Raumnutzungsentwicklung scheint dadurch mit den Jahren geringer zu werden. Zweitens gleichen sich die beiden Regressionsgeraden mit der Zeit an. So liegt die Gerade der Beschäftigten in der Dekade von 1950 bis 1960 noch deutlich steiler als diejenige der Wohnbevölkerung, in den letzten betrachteten Dekaden sind die beiden Geraden beinahe identisch. Drittens werden die Regressionsgeraden mit der Zeit immer flacher. Somit scheint die Raumnutzung immer weniger von der Erreichbarkeit beeinflusst zu werden.

Abbildung 35 Abhängigkeit der Entwicklung der Raumnutzung von der Erreichbarkeit in der Region St.Gallen von 1950-1960, 1960-1970

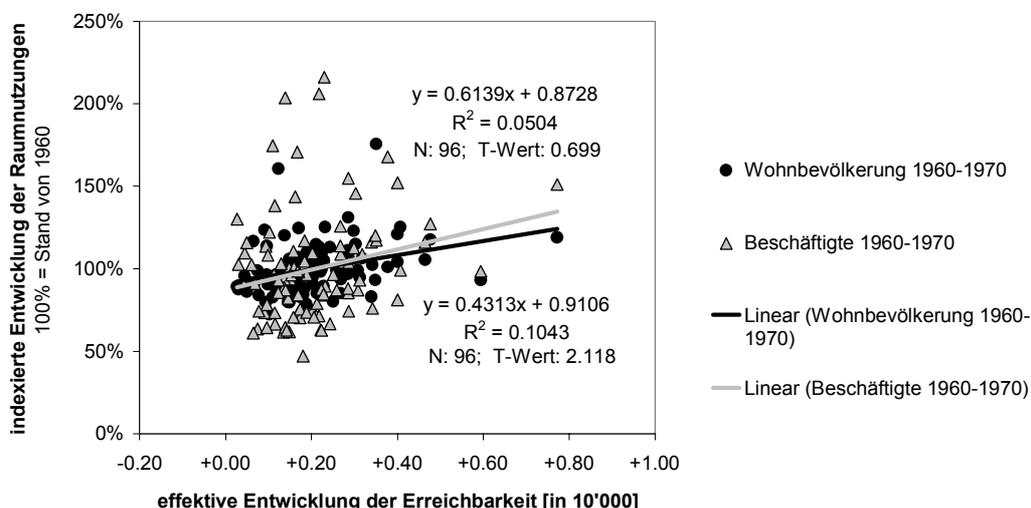
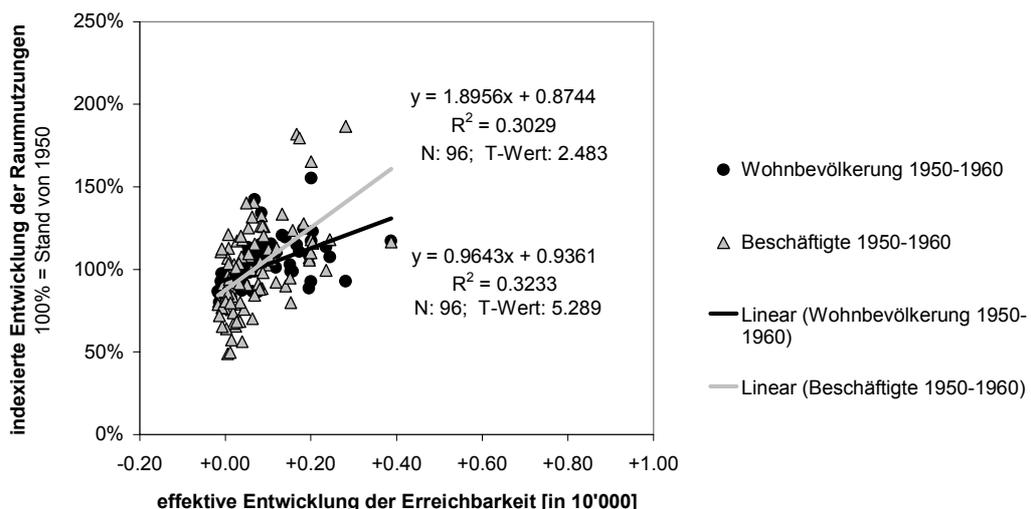
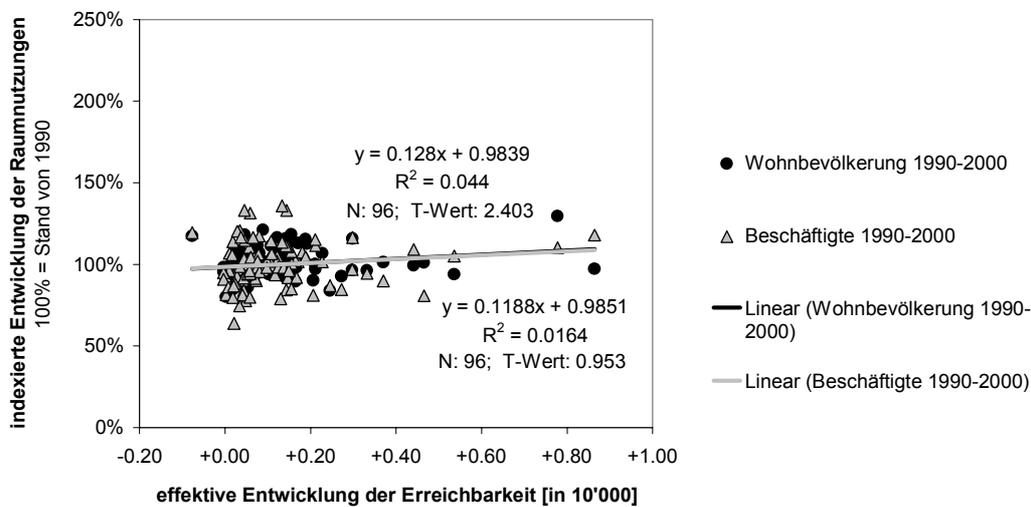
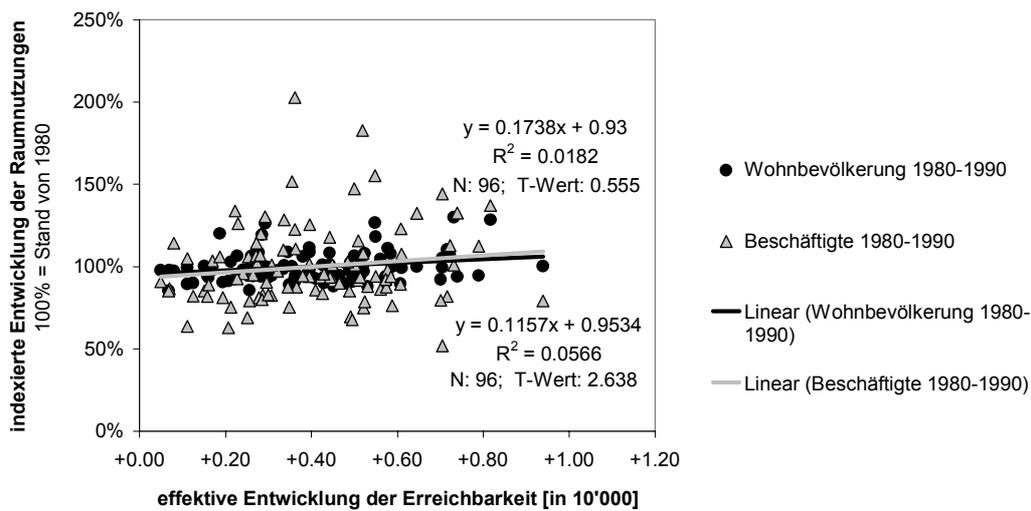
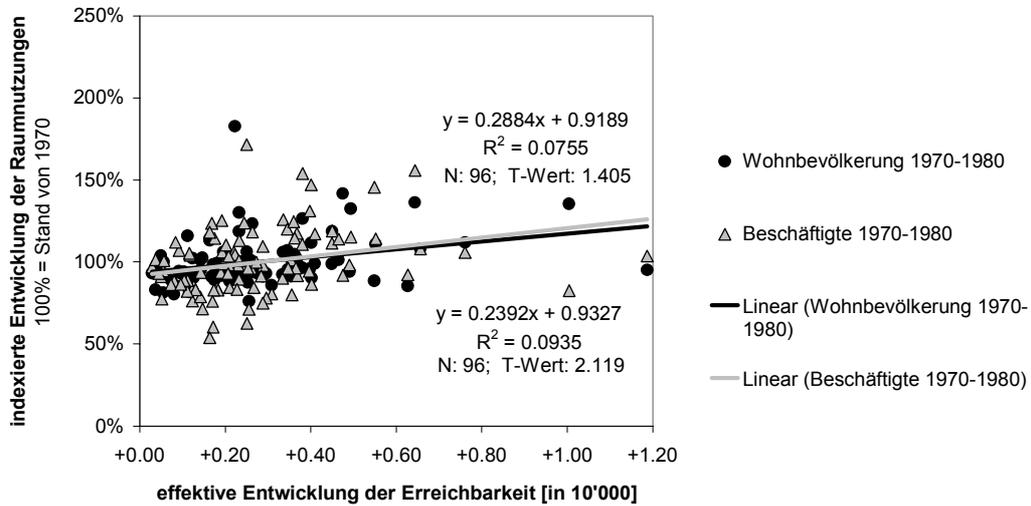


Abbildung 36 Abhängigkeit der Entwicklung der Raumnutzung von der Erreichbarkeit in der Region St.Gallen von 1970-1980, 1980-1990, 1990-2000



5.4 Modellierung der Raumnutzungen

5.4.1 Variablen der Zeitreihenanalyse

Aufgrund der in den Kapiteln 5.3.1 und 5.3.2 gewonnenen Resultate können, mit Blick auf die zu modellierende Zeitreihe, folgende Beobachtungen gemacht werden:

Die zeitliche Entwicklung der Erreichbarkeit sowie der Raumnutzungen verlaufen relativ ausgeglichen und enthalten dementsprechend wenige Wendepunkte (Abbildung 22 bis Abbildung 29). Die Entwicklung der Raumnutzung beeinflusst sich eventuell selber im nächsten Zeitfenster.

Die Stärke der Entwicklung der Erreichbarkeit und Raumnutzung ist in den einzelnen Gemeinden teilweise sehr unterschiedlich (Abbildung 22 bis Abbildung 29). Allenfalls könnte im Hinblick auf den Standortwettbewerb zwischen den Gemeinden auch die Rangordnung bezüglich Erreichbarkeit eine Rolle spielen.

Die Entwicklung der Wohnbevölkerung aufgrund der jährlichen ESPOP-Erhebungen in den Gemeinden (Abbildung 25 bis Abbildung 29) könnte den Schluss zulassen, dass die Wohnbevölkerung bereits kurz vor einer Eröffnung einer Schnellstrasse oder eines Autobahnabschnittes anwächst.

Die Entwicklung der Wohnbevölkerung ist über einen Zeitraum von 20 Jahren besser mit der Entwicklung der Erreichbarkeit zu erklären als über 10 Jahre (Abbildung 31 bis Abbildung 33). Die Entwicklung der Erreichbarkeit beeinflusst somit auch längerfristig die Wohnbevölkerung.

Die Regressionsgeraden zwischen Raumnutzungs- und Erreichbarkeitsentwicklung scheinen für die Wohnbevölkerung und die Beschäftigten systematisch verschieden zu liegen (Abbildung 30 bis Abbildung 36). Die Zeitreihen für die verschiedenen Raumnutzungen basieren somit nicht auf der gleichen Formel.

Der Einfluss der Erreichbarkeit aufgrund der Aktivitätsgelegenheiten Wohnbevölkerung und Beschäftigte ist unterschiedlich (Abbildung 32). Die entsprechenden Teilerreichbarkeiten müssen somit gesondert betrachtet werden.

Die Abhängigkeit zwischen Erreichbarkeit und Raumnutzung scheint sich im Laufe der letzten 50 Jahre zu verringern (Abbildung 35 und Abbildung 36). Diesbezüglich könnte das Niveau der Erreichbarkeit eine Rolle spielen: je höher die Erreichbarkeit, desto wichtiger werden in der weiteren Entwicklung noch andere Einflussfaktoren.

Somit werden die in Abbildung 37 dargestellten Variablen für die Ermittlung der Zeitreihen überprüft²⁷.

²⁷ Vgl. mit dem im Kapitel 4.3.2 beschriebenen Vorgehen.

Gesucht werden die wesentlichen Einflüsse auf die Entwicklung der Raumnutzungen in der Periode i aufgrund verschiedener Einflussfaktoren aus der vergangenen Periode $i-1$, der laufenden Periode i und der folgenden Periode $i+1$. Die einzelnen Perioden dauern jeweils zehn Jahre.

Die gesuchten **abhängigen Variablen** sind die Entwicklungen der Wohnbevölkerung ΔW_i , der Arbeitsplätze des 2. Wirtschaftssektors ΔI_i und der Arbeitsplätze des 3. Sektors ΔD_i .

Bei den **unabhängigen Variablen** hat sich gezeigt, dass eine Unterscheidung der Arbeitsplätze nach Sektoren wenig sinnvoll ist: in verschiedenen Resultaten zur Erklärung der Wohnbevölkerung wird in bestimmten Perioden nur die Erreichbarkeit aufgrund der Beschäftigten des 2. Sektors benötigt²⁸. Eine stichhaltige Interpretation entsprechender Resultate ist schwierig. Deshalb wird im Weiteren nur mit der gesamten Anzahl Beschäftigter im Sinne eines Arbeitsplatzpotentials und den Dienstleistungs-Arbeitsplätzen als ein Mass für die zentralen Einrichtungen gearbeitet. Vom Einbezug der vorletzten Periode $i-2$ wurde abgesehen, da mit jedem zusätzlichen Time-Lag 96 Datenpunkte verloren gehen. Mit den hier vorgestellten Variablen kann noch mit maximal 384 Datenpunkten gearbeitet werden²⁹.

Zur Erklärung werden als erstes die Entwicklung der **Raumnutzungen** in der vergangenen Dekade betrachtet: die Wohnbevölkerung ΔW_{i-1} , die gesamte Anzahl Arbeitsplätze ΔB_{i-1} und die Arbeitsplätze im Dienstleistungssektor ΔD_{i-1} . Diese Variablen können auf unterschiedliche Weise interpretiert werden. Einerseits zeigen sie die bisherige Entwicklung der Raumnutzung und andererseits widerspiegeln sie ein kleinräumiges Erreichbarkeitspotential mit einem sehr grossen β – nämlich dasjenige aus der Gemeinde selbst³⁰.

Zweitens wird der Einfluss der **Erreichbarkeiten** aufgrund der Wohnbevölkerung $\Delta E W_p$, der gesamten Anzahl Arbeitsplätze $\Delta E B_p$ und der Arbeitsplätze im Dienstleistungssektor $\Delta E D_p$ in allen berücksichtigten Perioden untersucht ($p=i-1, i, i+1$). Die Modellierung mit der Unterteilung nach Verkehrsnetz (MIV und ÖV) wurde ebenfalls geprüft. Da die Impulse aus der Erreichbarkeit aufgrund des öffentlichen Verkehrs relativ klein sind und meist parallel zur Bevölkerungsentwicklung laufen (Nachfrageorientierter Ausbau) korreliert die Entwicklung der Erreichbarkeit aufgrund des öffentlichen Verkehrs sehr stark mit der Raumnutzung. In den entsprechenden Modellrechnungen (siehe Anhang D1, Tabelle 11) scheint die Entwicklung

²⁸ Siehe Tabelle 11 und Tabelle 12.

²⁹ 4 Perioden mit 96 Gemeinden: $i=1960-1970, 1970-1980, 1980-1990, 1990-2000$.

³⁰ Vgl. Kapitel 2.1.

der Raumnutzung deshalb beinahe ausschliesslich aufgrund der Erreichbarkeiten im ÖV erklärbar – was mit Blick auf die Resultate in den vorangegangenen Kapiteln kaum plausibel ist und in Widerspruch zu verschiedenen anderen Forschungsergebnissen steht (Fröhlich und Axhausen, 2002; Geiger, 1973; Kesselring *et al.*, 1982). Um den Einfluss des öffentlichen Verkehrs untersuchen zu können, müsste deshalb eine Region mit einem gewichtigen ÖV-Impuls untersucht werden (wie z.B. Zürich mit der Einführung der S-Bahn mit teilweise neuen Linien). Die Impulse des öffentlichen Verkehrs sind deshalb für eine gesonderte Betrachtung zu klein.

Drittens werden die Auswirkungen des **Erreichbarkeits-Ranges** ER_i und des **Erreichbarkeits-Niveaus** EN_i betrachtet. Der Unterschied zwischen den beiden Variablen liegt in der Gewichtung der Erreichbarkeitsunterschiede. Die Erreichbarkeitsunterschiede zwischen den Gemeinden in den mittleren Rängen sind jeweils relativ gering³¹. In den vorderen Rängen werden die Unterschiede jedoch deutlich grösser. Während sich das Erreichbarkeits-Niveau somit auf die effektiv berechneten Verhältnisse stützt, widerspiegelt der Erreichbarkeitsrang die Positionierung der Gemeinde im Standortwettbewerb ohne Berücksichtigung der effektiven Unterschiede.

Es hat sich gezeigt, dass für die Untersuchung von **regionalen Unterschieden** nur eigenständige Regionen sinnvolle Resultate liefern³². Für die weiteren Betrachtungen wird deshalb auf die Bildung von Regionen verzichtet.

Wie bei den Untersuchungen von Kesselring *et al.* (1982) hat sich das **multiplikative Modell** zur Bildung der Zeitreihe als deutlich besser geeignet erwiesen³³. Im Folgenden wird, falls nicht ausdrücklich erwähnt, ausschliesslich mit dem multiplikativen Modell gearbeitet.

³¹ Vgl. Abbildung 20 zur Verteilung der Erreichbarkeit auf der Stufe der Gemeinden.

³² Da die Region St.Gallen nicht mehr in weitere selbständige Regionen unterteilbar ist, wurde zwischen dem städtischen Agglomerationsgürtel im Norden des Perimeters und den Landgemeinden im Süden unterschieden. Dabei wurden die Kerngemeinden der Agglomerationen ebenfalls gesondert betrachtet (siehe Tabelle 12). Bei der Modellbildung der Raumnutzungen mit entsprechenden Dummy-Variablen zeigte sich, dass die Entwicklung vor allem in den Agglomerationen (ohne Kerngemeinden) abspielte. Dieses Resultat war schon aufgrund der Erkenntnisse im Kapitel 5.1.2 zu erwarten. Da die Agglomerationsgrenzen allerdings mit den Jahren ändern, ist ein entsprechender Einflussfaktor kaum von Nutzen.

³³ Als Beispiel kann der Vergleich der Tabelle 10 (additives Modell) und Tabelle 11 (multiplikatives Modell) im Anhang D1 dienen. Die korrigierten Korrelationskoeffizienten betragen bei identischer Ausgangslage 0.43 bzw. 0.61. Nähere Angaben zu den Modellen sind im Kapitel 4.3.2 ersichtlich.

5.4.2 Erklärung der Entwicklung der einzelnen Raumnutzungen

Die Tabelle 4 fasst das Ergebnis des Auswahlverfahrens zur Ermittlung der relevanten Einflüsse³⁴ auf die Entwicklung der **Wohnbevölkerung** zusammen. Zur besseren Übersicht sind die Einflüsse aufgrund der Erreichbarkeitsimpulse grau hinterlegt. Die Grautöne entsprechen denjenigen in der Übersicht zu den untersuchten Variablen in Abbildung 37. Die Koeffizienten der Einflüsse, die der Entwicklung entgegen wirken, sind rot hervorgehoben.

Die Zeitreihe scheint von neun endogenen Variablen abhängig zu sein. Die wichtigsten sind die Wohnbevölkerungsentwicklung in der vergangenen Dekade, der Erreichbarkeitsimpuls aufgrund der Wohnbevölkerung in der laufenden Dekade und der Erreichbarkeitsimpuls aufgrund der Dienstleistungs-Arbeitsplätze in der vergangenen Dekade. Gleichzeitig scheinen sich auch Verdrängungseffekte bemerkbar zu machen: wächst die Erreichbarkeit aufgrund der Beschäftigten, hat dies einen negativen Einfluss auf die Bevölkerungsentwicklung.

Interessant ist insbesondere der Einfluss der zentralen Einrichtungen. Einerseits scheint die Wohnbevölkerung erst deutlich nach einer Änderung der zentralen Einrichtungen zu reagieren. Andererseits haben die Dienstleistungs-Arbeitsplätze in der Gemeinde selbst einen positiven Einfluss (Einkaufsmöglichkeiten und dergleichen), die Erreichbarkeit der Dienstleistungs-Arbeitsplätze im grösseren Umfeld hat aber wiederum einen negativen Einfluss (Verdrängungsmechanismus durch Dienstleistungsbetriebe).

Der Einfluss von zukünftigen Erreichbarkeitsimpulsen auf die Bevölkerungsentwicklung ist klein (Koeffizient 0.10) und wird im Sensitivitätstest nochmals kleiner (0.07). Trotzdem scheint sich die Bevölkerungsentwicklung auch vorausschauend zu verhalten.

Die Entwicklung der Wohnbevölkerung erklärt sich aus etlichen Variablen, die zum grössten Teil einen positiven Einfluss ausüben. Dies dürfte mit ein Grund sein, dass die Entwicklung der Wohnbevölkerung einen vergleichsweise ausgeglichenen Verlauf aufweist. Die Berechnungen haben gezeigt, dass die Wohnbevölkerung gegenüber den anderen Raumnutzungen deutlich besser modellierbar ist. Dies zeigt sich auch im verhältnismässig guten korrigierten Korrelationskoeffizienten von $R^2=0.40$ und dem robusten Verhalten der Koeffizienten im Sensitivitätstest ($R^2=0.43$)³⁵.

³⁴ Vgl. Kapitel 4.3.2.

³⁵ Die Resultate der Sensitivitätstests sind im Anhang D2 (Tabelle 13 und Tabelle 14) zusammengestellt. Das Vorgehen für die Tests ist im Kapitel 4.3.2 beschrieben.

Tabelle 4 Erklärung der Entwicklung der Wohnbevölkerung

Variablen:	Koeffizienten	T-Statistik
Konstante	1.498	4.857
ΔW_{i-1}	0.242	5.512
ΔB_{i-1}	0.076	2.967
ΔD_{i-1}	0.081	3.778
ΔEB_{i-1}	0.163	3.389
ΔED_{i-1}	-0.083	-2.807
ΔEW_0	0.232	2.911
ΔEB_0	-0.153	-2.384
ΔEW_{i+1}	0.096	2.783
EN	0.280	2.881

Ausgeschlossene Variablen: ΔEW_{i-1} , ΔED_0 , ΔEB_{i+1} , ΔED_{i+1} , ER.

Grautöne: vgl. Abbildung 37, Seite 76; rote Werte: entwicklungshemmende Einflüsse.

ANOVA:	Freiheitsgrade	Quadratsummen	Mittlere Quadratsumme	Prüfgröße F	F kritisch
Regression	9	2.308	0.256	29.700	0.000
Residuen	374	3.230	0.009		
Gesamt	383	5.538			

Regressionsstatistik:

Adjustiertes Bestimmtheitsmass	0.403
Standardfehler	0.093
Beobachtungen	384

Die Tabelle 5 zeigt das Resultat aus dem Auswahlverfahren zur Ermittlung der relevanten Variablen für die Entwicklung der **Beschäftigten im 2. Sektor**. Den grössten Einfluss üben die Erreichbarkeitsimpulse aufgrund der Beschäftigten und der Wohnbevölkerung in der laufenden Periode aus. Dabei wirkt sich aber die Erreichbarkeit aufgrund der Wohnbevölkerung negativ aus. Vergleichen wir das Verhalten dieser beiden Einflussfaktoren mit dem oben besprochenen Modell zur Bevölkerungsentwicklung, wird ersichtlich, dass sich die beiden Modelle diesbezüglich konträr verhalten. Die Beschäftigten des 2. Wirtschaftssektors scheinen somit im Wettbewerb der Raumnutzungen direkte Konkurrenten zu sein.

Tabelle 5 Erklärung der Entwicklung der Beschäftigten im 2. Sektor

Variablen:	Koeffizienten	T-Statistik
Konstante	1.562	1.715
ΔW_{i-1}	0.297	2.168
ΔD_{i-1}	0.054	1.067
ΔEB_{i-1}	0.232	2.233
ΔEW_0	-0.844	-3.230
ΔEB_0	0.908	4.537

Ausgeschlossene Variablen: ΔB_{i-1} , ΔEW_{i-1} , ΔED_{i-1} , ΔED_0 , ΔEW_{i+1} , ΔEB_{i+1} , ΔED_{i+1} , ER, EN.
 Grautöne: vgl. Abbildung 37, Seite 76; rote Werte: entwicklungshemmende Einflüsse.

ANOVA:	Freiheitsgrade	Quadratsummen	Mittlere Quadratsumme	Prüfgröße F	F kritisch
Regression	5	3.042	0.608	6.177	0.000
Residuen	378	37.226	0.098		
Gesamt	383	40.268			

Regressionsstatistik:

Adjustiertes Bestimmtheitsmass	0.063
Standardfehler	0.314
Beobachtungen	384

Im Verhältnis zum Modell zur Wohnbevölkerungsentwicklung ist die erhaltene Zeitreihe für die Beschäftigten im 2. Sektor deutlich weniger signifikant ($F=6.2$ gegenüber $F=29.7$) und mit einem adjustierten Bestimmtheitsmass von $R^2=0.06$ kann kaum mehr von einer Korrelation gesprochen werden. Das Modell ist allerdings erstaunlich robust: die Koeffizienten der wichtigsten Variablen verändern sich nur um maximal 16% ($R^2=0.06$)³⁶.

Die Tabelle 6 fasst das Ergebnis des Auswahlverfahrens zur Ermittlung der relevanten Einflüsse auf die Entwicklung der **Beschäftigten im 3. Sektor** zusammen. Dieses Modell ist im Verhältnis zu den anderen ausserordentlich schlank: nur vier Einflussgrössen scheinen eine Rolle zu spielen. Die Wohnbevölkerungsentwicklung in der vergangenen Dekade und der Erreichbarkeitsimpuls aufgrund der Dienstleistungs-Arbeitsplätze in der laufenden Periode sind die gewichtigsten.

Beinahe so stark ist allerdings der Einfluss der bisherigen Entwicklung der Dienstleistungs-Arbeitsplätze ($p=i-1$) – allerdings entwicklungshemmend. Wie im Kapitel 5.2 gesehen, verhalten sich Dienstleistungsbetriebe verhältnismässig kurzfristig. Als Folge machen sich aber auch relativ schnell entsprechende Sättigungstendenzen bemerkbar. Dies könnte ein weiterer Hinweis darauf sein, dass Dienstleistungsbetriebe rasch auf ein verändertes Umfeld reagieren. Eine entsprechende Interpretation wäre allerdings noch genauer zu überprüfen, da die beiden Rezessionen Anfang 70er und 90er Jahre genau diesem Takt entsprechen³⁷.

Im Gegensatz zu den anderen Raumnutzungen spielt in diesem Modell der Erreichbarkeits-Rang ebenfalls eine Rolle. Dies deutet auf einen starken Standort-Wettbewerb zwischen den Gemeinden hin. Die kleinen Erreichbarkeitsunterschiede zwischen einem grossen Teil der Gemeinden sind deshalb verhältnismässig wichtig. Eine kleine Verbesserung kann zu einer deutlichen Verbesserung in der Rangierung führen und somit wiederum eine wesentlich stärkere Entwicklung im Dienstleistungssektor auslösen.

Trotz der wenigen Variablen ist das adjustierte Bestimmtheitsmass mit $R^2=0.32$ hoch. Das Modell ist zudem relativ robust. In der Sensitivitätsanalyse verändern sich die gewichtigsten Koeffizienten nur um maximal 11% ($R^2=0.29$)³⁸.

³⁶ Die Resultate der Sensitivitätstests sind im Anhang D2 (Tabelle 15 und Tabelle 16) zusammengestellt.

³⁷ Die Entwicklung der Beschäftigten in der Gemeinde Rickenbach (TG) setzt sich massgeblich aus Beschäftigten in Dienstleistungsbetrieben zusammen. Die so entstehende Wellenbewegung ist deshalb gut sichtbar (vgl. Abbildung 22).

³⁸ Die Resultate der Sensitivitätstests sind im Anhang D2 (Tabelle 17 und Tabelle 18) zusammengestellt.

Tabelle 6 Erklärung der Entwicklung der Beschäftigten im 3. Sektor

Variablen:	Koeffizienten	T-Statistik
Konstante	1.921	3.030
ΔW_{i-1}	0.520	4.741
ΔD_{i-1}	-0.301	-7.757
ΔED_0	0.371	8.368
ER	-0.041	-2.756

Ausgeschlossene Variablen:

ΔB_{i-1} , ΔEW_{i-1} , ΔEB_{i-1} , ΔED_{i-1} , ΔEW_0 , ΔEB_0 , ΔEW_{i+1} , ΔEB_{i+1} , ΔED_{i+1} , EN.

Grautöne: vgl. Abbildung 37, Seite 76; rote Werte: entwicklungshemmende Einflüsse.

ANOVA:	Freiheitsgrade	Quadratsummen	Mittlere Quadratsumme	Prüfgröße F	F kritisch
Regression	4	10.930	2.733	45.986	0.000
Residuen	379	22.521	0.059		
Gesamt	383	33.451			

Regressionsstatistik:

Adjustiertes Bestimmtheitsmass	0.320
Standardfehler	0.244
Beobachtungen	384

5.4.3 Modell zur Schätzung des Siedlungsdruckes

Die diversen Interaktionen zwischen den Entwicklungen der drei Raumnutzungen führen bei der Extrapolation in die Zukunft zu kaum plausiblen Resultaten. Deshalb werden zur Modellierung des Siedlungsdruckes die Entwicklung der drei Raumnutzungen Wohnbevölkerung ΔW , Beschäftigte des 2. Sektors ΔI und Beschäftigte des 3. Sektors ΔD addiert und so zusammengefasst.

Für die so erhaltene allgemeine Siedlungsentwicklung werden analog zu den einzelnen Raumnutzungen im vorhergehenden Kapitel die relevanten Einflüsse bestimmt. Das Resultat des Auswahlverfahrens ist in der Tabelle 7 zusammengefasst und ist beinahe identisch zum Modell zur Erklärung der Entwicklung der Beschäftigten in Dienstleistungsbetrieben: einzig der negative Einfluss der Dienstleistungsbetriebe aus der vorhergehenden Periode ist deutlich kleiner geworden (-0.10 gegenüber -0.30 im Modell der Beschäftigten im 3. Sektor).

Die Wohnbevölkerungsentwicklung in der vergangenen Dekade und der Erreichbarkeitsimpuls aufgrund der Dienstleistungs-Arbeitsplätze in der laufenden Periode sind die gewichtigsten Variablen. Allerdings ist auch die Erreichbarkeits-Rangierung der Gemeinde von Bedeutung³⁹.

Das Resultat ist grundsätzlich plausibel und deckt sich mit den Überlegungen von von Thünen (Frey und Schaltegger, 2002) und Geiger (1973, 1997). Wenn die Dienstleistungsbetriebe hinsichtlich Erreichbarkeit die besten Standorte beanspruchen und die anderen Nutzungen auf die zweit-besten Standorte verdrängen, reicht es für eine globale Übersicht, die potentielle Entwicklung der Dienstleistungs-Arbeitsplätze zu modellieren, um einen Eindruck der gesamten Siedlungsentwicklung zu erhalten.

Die Prüfgrösse F (27.8) und das adjustierte Bestimmtheitsmass ($R^2=0.22$) liegen etwa zwischen den entsprechenden Werten der Modelle für die Beschäftigten des 2. und 3. Sektors. Im Sensitivitätstest verändert sich der Koeffizient für den Einfluss der Erreichbarkeit aufgrund der Dienstleistungsbetriebe mit 22% am deutlichsten ($R^2=0.18$)⁴⁰.

³⁹ Der negative Koeffizient bedeutet, dass bei besserer Rangierung der Gemeinde die Raumnutzung vermehrt wächst (der Wert ist deshalb nicht rot dargestellt).

⁴⁰ Die Resultate der Sensitivitätstests sind im Anhang D2 (Tabelle 19 und Tabelle 20) zusammengestellt.

Tabelle 7 Erklärung der Entwicklung der Raumnutzung

Variablen:	Koeffizienten	T-Statistik
Konstante	2.588	6.277
ΔW_{i-1}	0.338	4.747
ΔD_{i-1}	-0.102	-4.054
ΔED_0	0.212	7.371
ER	-0.028	-2.908

Ausgeschlossene Variablen: ΔB_{i-1} , ΔEW_{i-1} , ΔEB_{i-1} , ΔED_{i-1} , ΔEW_0 , ΔEB_0 , ΔEW_{i+1} , ΔEB_{i+1} , ΔED_{i+1} , EN.
 Grautöne: vgl. Abbildung 37, Seite 76; rote Werte: entwicklungshemmende Einflüsse.

ANOVA:	Freiheitsgrade	Quadratsummen	Mittlere Quadratsumme	Prüfgröße F	F kritisch
Regression	4	2.793	0.698	27.782	0.000
Residuen	379	9.524	0.025		
Gesamt	383	12.317			

Regressionsstatistik:

Adjustiertes Bestimmtheitsmass	0.219
Standardfehler	0.159
Beobachtungen	384

5.5 Projektion in die Zukunft

5.5.1 Erreichbarkeit aufgrund geplanter Verkehrsnetzverbesserungen

Vor allem aufgrund der zahlreichen Infrastrukturausbauten für den motorisierten Individualverkehr wird sich die Erreichbarkeit in der Region St.Gallen flächendeckend verbessern. Wie aber die Abbildung 38 zeigt, werden, wie in den vergangenen 50 Jahren, die Gemeinden im hinteren Toggenburg und am Rande des Alpsteins am wenigsten davon profitieren können.

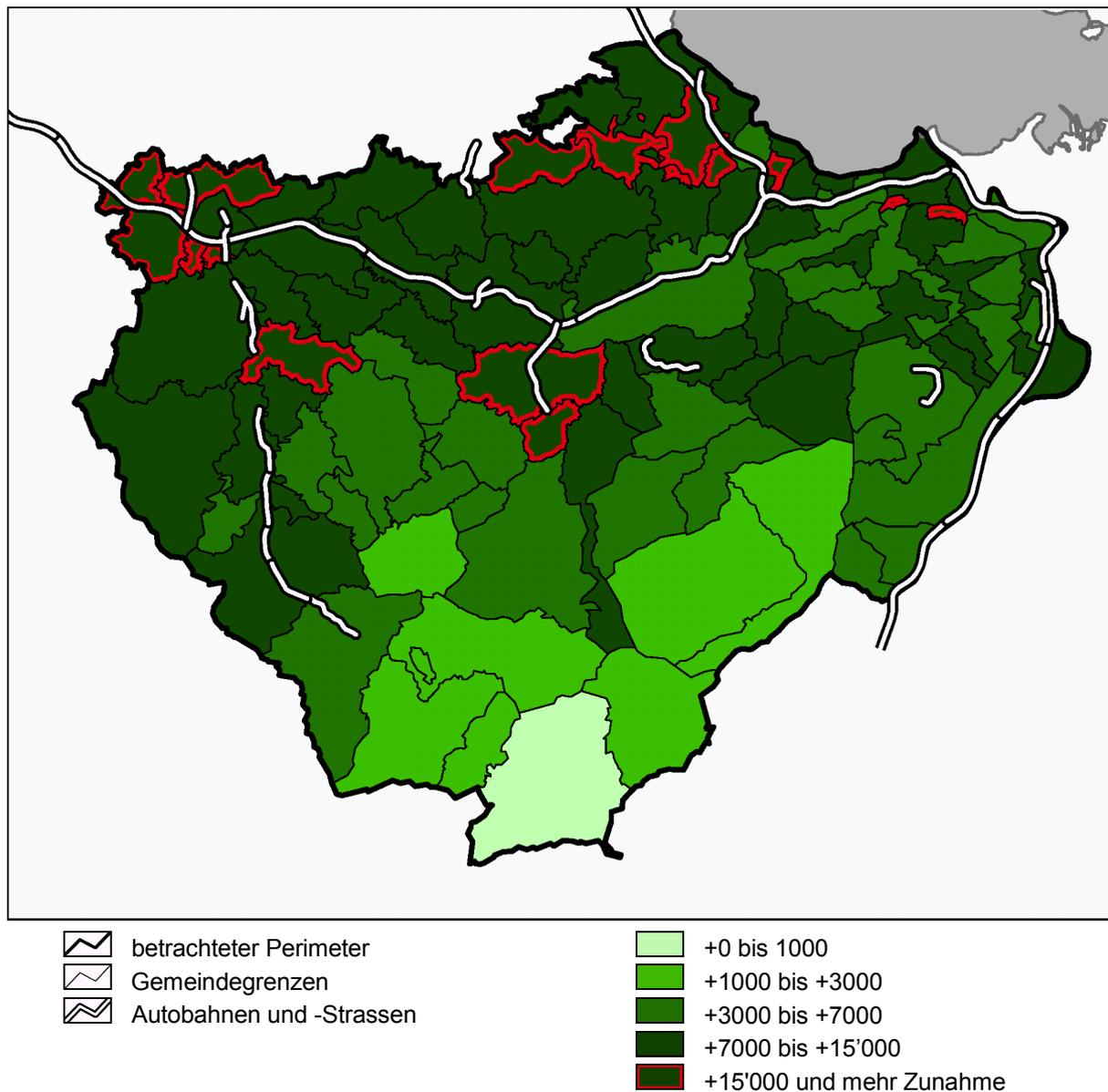
Ausserordentlich grosse Erreichbarkeitsveränderungen sind aufgrund des neuen Autobahnanschlusses im Westen von Wil, dem Autobahnzubringer von Herisau an die N1 und der geplanten Schnellstrasse entlang des Bodensees Richtung Kreuzlingen, zu erwarten. Die verschiedenen Umfahrungen im Toggenburg und im Rheintal entfalten ebenfalls eine deutliche Wirkung.

Beim Vergleich mit den Grafiken in Abbildung 13 auf Seite 46 ist zu beachten, dass sich die dort dargestellte Entwicklung jeweils über eine Dekade hinzieht. Die im Folgenden besprochene Zunahme ist hingegen über einen Zeitraum von 20 Jahren berechnet.

Die Annahme, dass die Entwicklung pro 10-Jahres-Schritt halb so gross ist, trifft hingegen nicht zu. Da die Erreichbarkeitszunahme durch bestimmte Massnahmen am Verkehrsnetz ausgelöst wird, ist sie nicht nur räumlich sondern auch zeitlich direkt davon abhängig (ARE, 2003b). Die modellierten Veränderungen im Strassen-Verkehrsnetz werden somit genau am Eröffnungstag des entsprechenden Autobahnabschnittes manifest. Der modellierte Impuls ist deshalb trotz der unterschiedlichen Zeitspanne mit denjenigen der Jahre 1950 bis 2000 vergleichbar.

Im Vergleich zur Erreichbarkeitsentwicklung in den vergangenen 50 Jahren fällt auf, dass selbst die grossen Infrastrukturausbauten in den 70er- und 80er-Jahren eine deutlich kleinere Erreichbarkeitszunahme generierten. Entlang eines breiten Gürtels um die Autobahnen dürfte sich die Erreichbarkeit in den nächsten zwei Jahrzehnten um mehr als 7000 Punkte verbessern. Im Zeitfenster von 1980 bis 1990 waren es im gleichen Perimeter etwa die Hälfte davon – 1970 bis 1980 nochmals sichtlich weniger.

Abbildung 38 Entwicklung der Erreichbarkeit bis ins Jahr 2020



alle Angaben in absoluten Zahlen

Im Gegensatz zu den bisherigen Beobachtungen verzeichnen neu vor allem die Gemeinden am Rande der grossen Verkehrsachsen die grössten Zuwachsraten bezüglich Erreichbarkeit. Bisher schienen sich die ganz grossen Auswirkungen auf das direkte Umfeld der Autobahnen und deren Anschlüsse zu beschränken. Bis 2020 sind aber auch in Gemeinden wie Waldstatt, Lütisburg, Lutzenberg, Hauptwil-Gottshaus und Häggenschwil markante Zuwachsraten zu erwarten.

5.5.2 Siedlungsdruck aufgrund geplanter Verkehrsnetzverbesserungen

Aufgrund der Ergebnisse der Zeitreihenanalyse im Kapitel 5.4 ist es möglich, eine Extrapolation der Siedlungsentwicklung aufgrund der heute geplanten Verkehrsnetzverbesserungen zu berechnen. Bei den folgenden Überlegungen gilt es zu beachten, dass eine solche Prognose bestenfalls als Indikator für den Siedlungsdruck dienen kann: verschiedene andere Faktoren (wie z.B. die Verfügbarkeit von Bauland, Baulandpreise, Steuern, Umweltverschmutzung, Gesetze und notabene die Raumplanung) tragen mit dazu bei, ob und wo sich Menschen und Firmen ansiedeln.

Die Abbildung 39 zeigt den mit der Zeitreihenanalyse berechneten potentiellen Siedlungsdruck aufgrund der modellierten Erreichbarkeitsverbesserung. Es fällt auf, dass trotz der grossen Zunahmen der Erreichbarkeit etliche Gemeinden mit einer Tendenz zur Abwanderung von Wohnbevölkerung und Arbeitsplätzen rechnen müssen. Betroffen sind im Wesentlichen die Städte St.Gallen und Rorschach und einzelne Gemeinden im hinteren Toggenburg (Stein SG) und dem Appenzellerland (Gonten und Trogen).

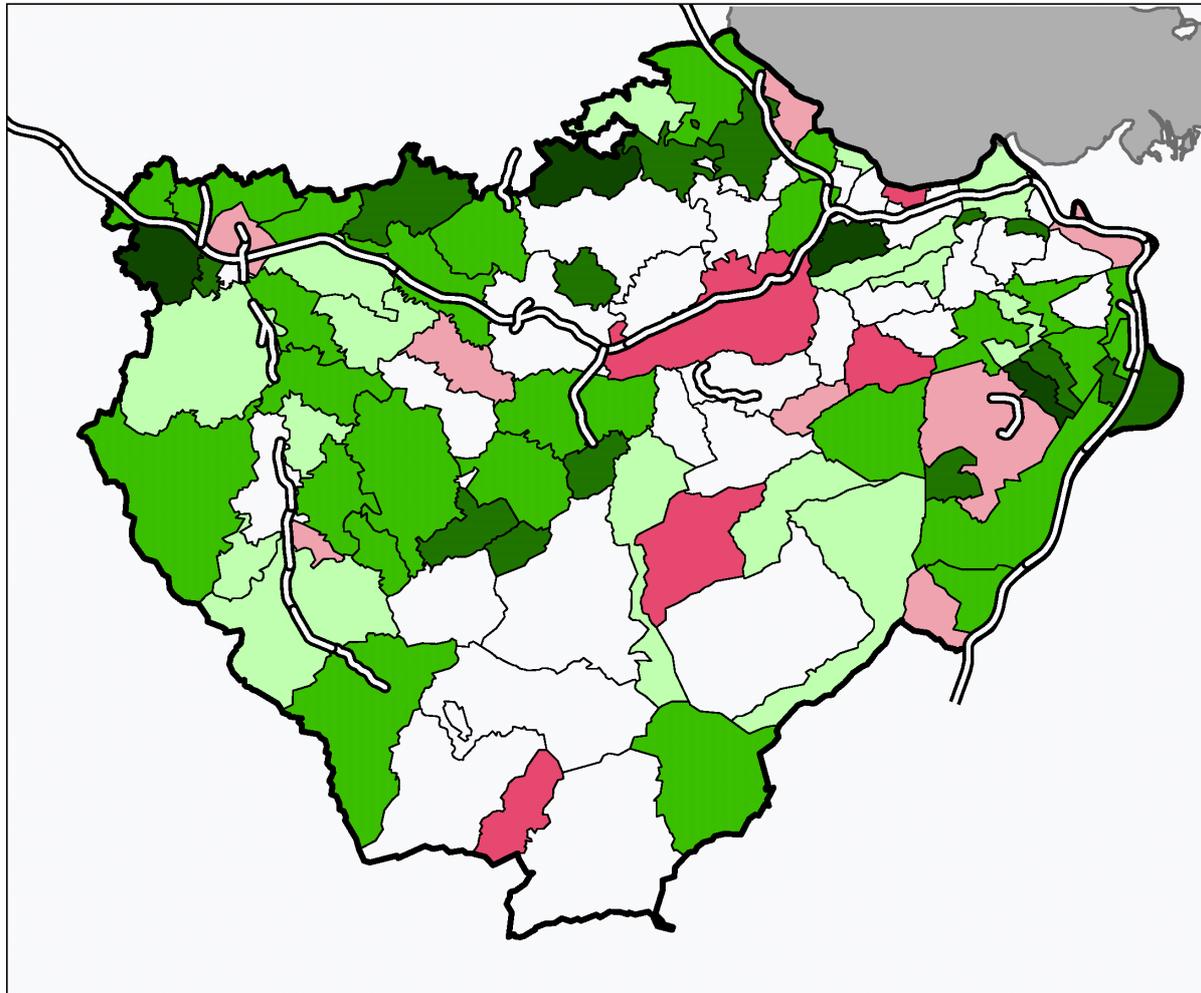
In den im nördlichen Teil des Perimeters gelegenen Gemeinden deutet das Modell auf eine deutliche Bevölkerungszunahme hin. Vor allem die Einflüsse des neuen Autobahnanschlusses bei Wil und die Schnellstrasse Arbon-Kreuzlingen machen sich bemerkbar.

Die verschiedenen Infrastrukturausbauten in und um Wil erzeugen einen Siedlungsdruck, der bis nach Mosnang reicht. Am meisten wächst er direkt beim neuen Anschluss selber: in Wilen bei Wil und Sirnach.

Der Siedlungsdruck aufgrund des neuen Autobahnzubringers von Herisau an die N1 ist in Waldstatt am grössten und wirkt sich in geringerer Masse bis nach Hundwil aus. In St.Peterzell und Schönengrund scheinen sich die Einflüsse der Umfahrung Herisau und der neuen Schnellstrassen im Toggenburg zu kumulieren.

Die Berechnung der Zeitreihe basiert nicht nur auf der zukünftigen Erreichbarkeit, sondern auch auf der vergangenen Bevölkerungs- und Beschäftigtenentwicklung im Dienstleistungssektor in der betrachteten Gemeinde (vergleiche Kapitel 5.4). In verschiedenen Gemeinden (Zuzwil, Andwil, Lutzenberg) kumulieren sich die positiven Bevölkerungs- bzw. Beschäftigtenentwicklungen mit den Einflüssen aus verschiedenen Infrastrukturprojekten und fallen deshalb mit einem hohen Siedlungsdruck auf.

Abbildung 39 Siedlungsdruck bis 2020 aufgrund geplanter Infrastrukturausbauten



-  betrachteter Perimeter
-  Gemeindegrenzen
-  Autobahnen und -Strassen

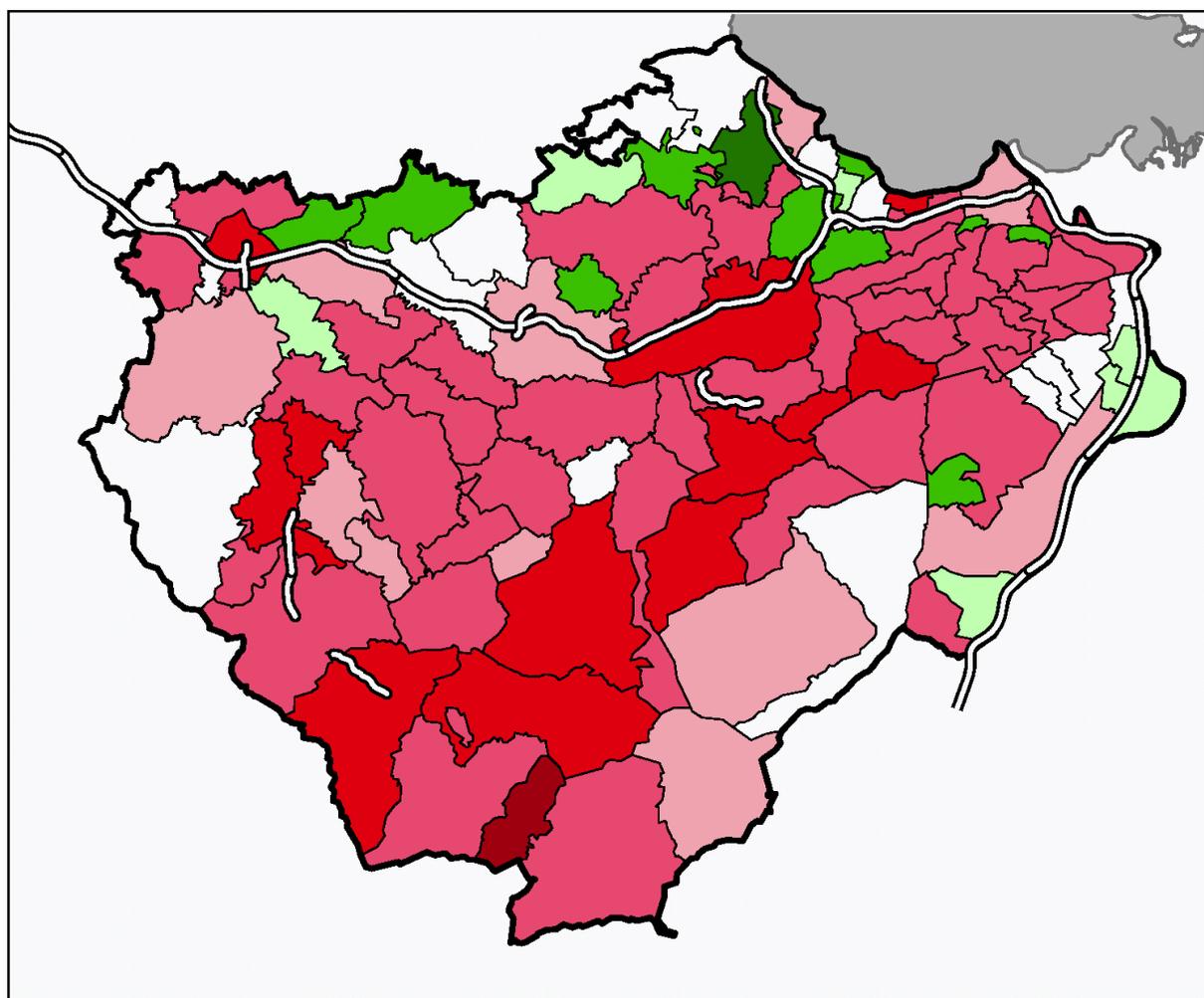
-  -5% und mehr Abnahme
-  -5% bis -2%
-  -2% bis +2%
-  +2% bis +5%
-  +5% bis +10%
-  +10% bis +20%
-  +20% und mehr Zunahme

alle Angaben in relativen Zahlen

5.5.3 Vergleich: Siedlungsdruck mit und ohne Verkehrsnetzverbesserungen

Die Abbildung 40 zeigt den zu erwartenden Siedlungsdruck falls keine Verkehrsnetzverbesserungen erfolgen. Dieses Szenario dürfte ohne Zweifel gleich unrealistisch sein, wie die Annahme, dass in den nächsten 20 Jahren alle Verkehrsinfrastrukturausbauten realisiert werden. Trotzdem werden die „Problemzonen“ der Region St.Gallen gut sichtbar.

Abbildung 40 Siedlungsdruck bis 2020 ohne Infrastrukturausbauten



-  betrachteteter Perimeter
-  Gemeindegrenzen
-  Autobahnen und -Strassen

-  -20% und mehr Abnahme
-  -10% bis -20%
-  -10% bis -5%
-  -5% bis -2%
-  -2% bis +2%
-  +2% bis +5%
-  +5% bis +10%
-  +10% und mehr Zunahme

alle Angaben in relativen Zahlen

Neben den Zentren St.Gallen, Wil und Rorschach liegen auch der grösste Teil des Toggenburgs und der beiden Appenzell in der Verlustzone. Generell scheinen die grossen Zentren und Gebiete abseits der Autobahnen am meisten gefährdet zu sein. Das Bild ist sehr ähnlich zur Wohnbevölkerungsentwicklung in der Region zwischen 1970 und 1980 in der Zeit der damaligen Erdölkrise (vgl. Abbildung 17 auf Seite 52) – ein entsprechendes Szenario käme somit einer starken wirtschaftlichen Rezession gleich.

Allgemein ist die Abnahme des Siedlungsdruckes nur entlang der Autobahnen etwas geringer. Punktuell fallen hingegen die typischen Wohngemeinden am Rande der Agglomerationen auf. Gemeinden wie Untereggen, Häggenschwil, Niederhelfenschwil etc. dürften somit auf jeden Fall sehr bald an die nächste Agglomeration eingebunden werden.

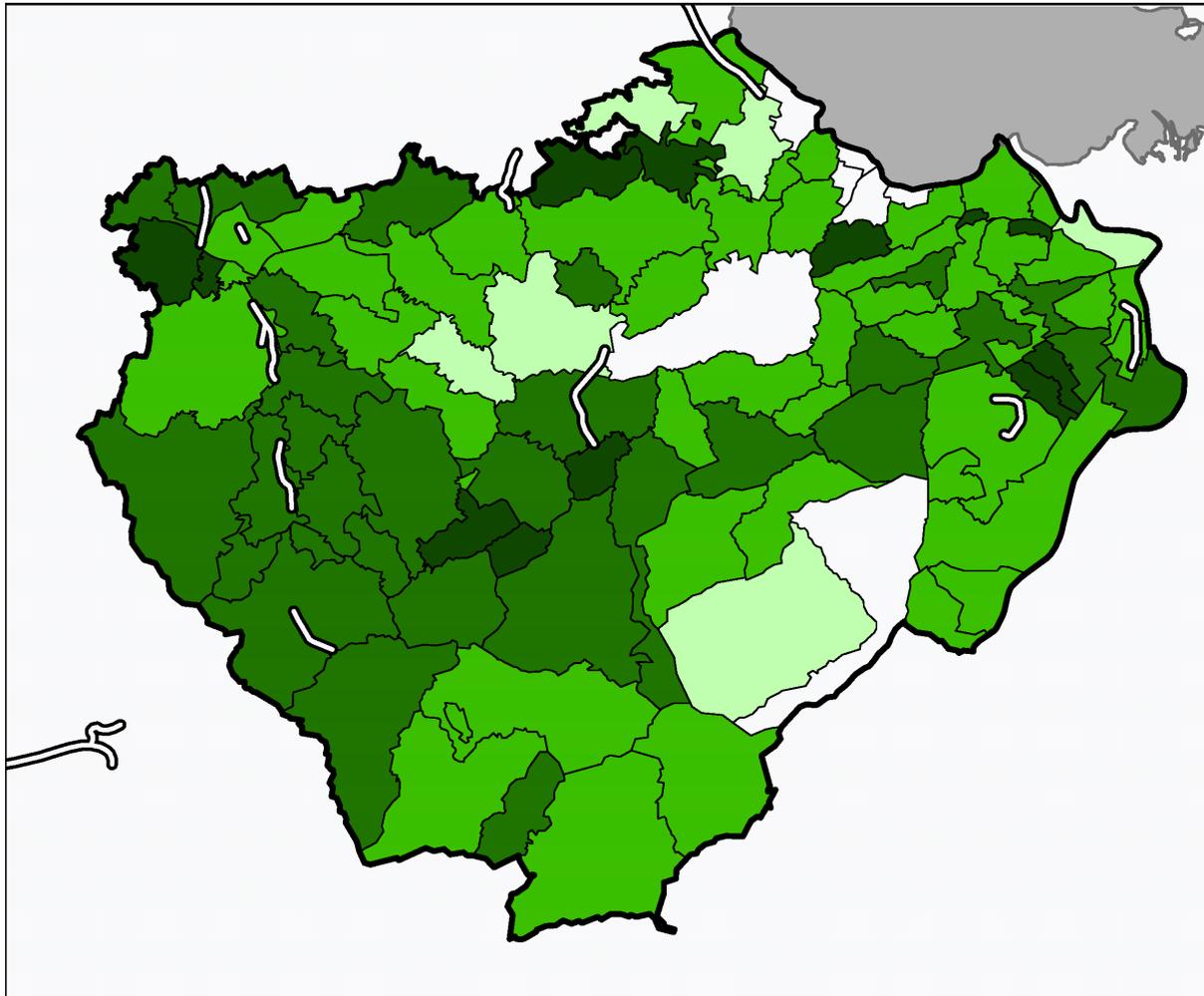
Die Abbildung 41 zeigt die Differenz zwischen den beiden Szenarien mit und ohne Realisation der geplanten Infrastrukturausbauten. Es zeigt sich, dass die geplanten Projekte in erster Linie die Gemeinden ausserhalb der Agglomerationen stärken.

Allerdings nimmt der Einfluss mit zunehmender Distanz zu den Projekten natürlich ab. So profitieren das hintere Toggenburg und Appenzell Innerrhoden wiederum deutlich weniger. Die Kerngebiete der beiden grossen Agglomerationen St.Gallen und Arbon-Rorschach werden ebenfalls kaum gestärkt – was allerdings im Vergleich zur Region sogar einen Verlust der Standortattraktivität bedeutet.

Neben der erwünschten kleinräumigen Verkehrsentlastung⁴¹ scheinen die geplanten Infrastrukturprojekte in etlichen Gemeinden der drohenden Abwanderung von Wohnbevölkerung und Arbeitsplätzen entgegen zu wirken. Allerdings entstehen auch einige Probleme: einerseits scheint der Siedlungsdruck durch diese Projekte in den an die Agglomerationen angrenzenden Gebiete stark zu steigen und andererseits droht den bestehenden Zentren sowie den abseits gelegenen Gemeinden eine Abwanderung.

⁴¹ Vgl. ARE SG, 2003 und VD SG, 2002.

Abbildung 41 Effekt der geplanten Infrastrukturausbauten



-  betrachteter Perimeter
-  Gemeindegrenzen
-  Autobahnen und -Strassen

-  sehr geringer Einfluss
-  +2% bis +5%
-  +5% bis +10%
-  +10% bis +20%
-  +20% und mehr Zunahme

alle Angaben in relativen Zahlen

6 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Erreichbarkeitsverbesserungen in den **vergangenen 50 Jahren** betrafen vor allem die Gemeinden entlang der neu erstellten Autobahnen. Während sich 1950 die höchsten Erreichbarkeiten in der Region auf die Stadt St.Gallen und das direkte Umfeld beschränkten, verteilen sich heute die Gemeinden mit sehr hohen Erreichbarkeitswerten entlang der Autobahnen. Für die Wohnbevölkerung sowie die Beschäftigten ergibt sich ein durchaus ähnliches Bild der Entwicklung. Interessant ist der Vergleich der beiden Verkehrsnetze: die Erreichbarkeit aufgrund des MIV stieg um +190%, während der Anteil aufgrund des ÖV nur um +95% anstieg. Der Bau des Autobahnnetzes hatte somit einen deutlich grösseren Einfluss auf die Entwicklung der Erreichbarkeit als die Verbesserungen im ÖV-Netz.

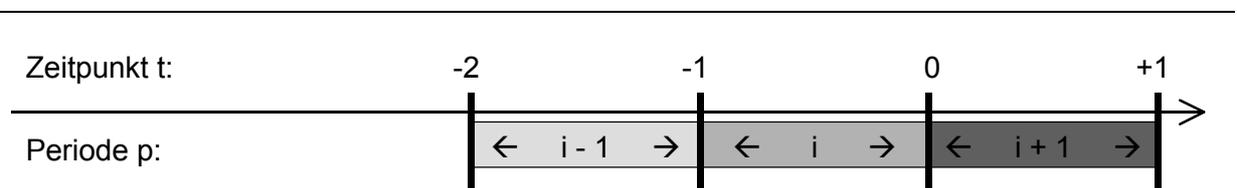
Der Vergleich der zeitlichen Entwicklung von Erreichbarkeit und Raumnutzung in den einzelnen Gemeinden deutet bereits auf eine korrelierende Entwicklung hin. Die Beschäftigtenzahlen werden allerdings durch konjunkturelle Einflüsse stark beeinflusst. Dabei macht sich die Beschäftigtenstruktur bemerkbar – je mehr Arbeitsplätze der dritte Sektor aufweist, desto mehr schwankt die Beschäftigtenzahl mit der Konjunktur.

Es ist deshalb nachvollziehbar, dass die Erreichbarkeitsentwicklung in den Gemeinden deutlich besser mit der Wohnbevölkerungs- als mit der Beschäftigtenentwicklung korreliert. Die Zahl der Beschäftigten reagiert hingegen kurzfristiger und heftiger als die Wohnbevölkerung. Die Abhängigkeiten haben sich indes in den letzten 50 Jahren verändert. Während in der Region St.Gallen in den 60er-Jahren noch eine relativ gute Korrelation nachgewiesen werden kann, nimmt sie mit den Jahren stetig ab. Zudem zeigt sich, dass es für eine (erwünschte) Nutzungsentwicklung im Laufe der Zeit einen immer grösseren Erreichbarkeitsimpuls benötigt bzw. die Erreichbarkeit einen immer geringeren Einfluss ausübt.

Die Eingangs aufgestellte **Arbeitshypothese** hat sich weitgehend bestätigt (Kapitel 2.4): bei einer deutlichen Zunahme der Erreichbarkeit macht sich in den betroffenen Gemeinden meist auch umgekehrt eine Zunahme der Wohnbevölkerung und der Beschäftigten bemerkbar.

Mit diesen Erkenntnissen wurde anschliessend versucht, eine Zeitreihe zu formulieren. Dabei zeigte sich, dass sich die einzelnen Raumnutzungen (Wohnen, Industrie und Dienstleistung) gegenseitig beeinflussen. Bei der Modellierung der einzelnen Nutzungen werden unter anderem Verdrängungsprozesse sichtbar. Dies bedeutet, dass die einzelnen Zeitreihen nicht getrennt betrachtet werden können – entsprechende Prognosen sind dementsprechend wenig aussagekräftig. Um die Siedlungsentwicklung modellieren zu können, wurde deshalb die gesamte Siedlungsentwicklung als Summe aus der Wohnbevölkerung und der Beschäftigten des 2. und 3. Sektors modelliert:

Abbildung 42 Variablen zur Modellierung des Siedlungsdruckes



Abhängige Variable:

Siedlungsentwicklung	ΔS_i
----------------------	--------------

Unabhängige Variablen:

Wohnbevölkerung	ΔW_{i-1}
Beschäftigte 3. Sektor	ΔD_{i-1}
Erreichbarkeit Beschäftigte 3.S.	ΔED_i
Erreichbarkeits-Rang	ER_i

- ΔS_p Siedlungsentwicklung in der Periode p; $\Delta S_p = \Delta W_p + \Delta I_p + \Delta D_p$
- ΔW_p Entwicklung der Wohnbevölkerung in der Periode p
- ΔI_p Entwicklung der Beschäftigten im 2. Sektor in der Periode p
- ΔD_p Entwicklung der Beschäftigten im 3. Sektor in der Periode p
- ΔEB_p Entwicklung der Erreichbarkeit aufgrund Beschäftigte 3. Sektor in p
- ER_p Rangierung der Gemeinde bezüglich Erreichbarkeit zu Beginn von p
- i betrachtete Zeitfenster; $i = 1960-1970, 1970-1980, \dots, 1990-2000$
- p Perioden mit Daten; $p = 1950-1960, 1960-1970, \dots, 2000-2020$
- grün Zunahme/Verbesserung bewirkt Zunahme der Siedlungsentwicklung
- orange Zunahme bewirkt Abnahme der Siedlungsentwicklung

Die allgemeine Siedlungsentwicklung in einer Gemeinde wird vor allem durch die bisherige Entwicklung der Wohnbevölkerung in der betrachteten Gemeinde und dem Erreichbarkeitsimpuls aufgrund der Arbeitsplätze in Dienstleistungsbetrieben beeinflusst (siehe Abbildung 42). Zudem spielt die Rangierung im Standortwettbewerb (hier bezüglich Erreichbarkeit) eine wesentliche Rolle. Bereits kleine Unterschiede in der Erreichbarkeitsentwicklung können bei vielen Gemeinden eine deutlich bessere Platzierung gegenüber den Nachbargemeinden zur Folge haben und eine verstärkte Siedlungsentwicklung auslösen. Nur eine Variable hemmt die Siedlungsentwicklung: die bisherige Entwicklung der Beschäftigten im Dienstleistungssektor. Dies dürfte eine Folge von Verdrängungs- und Sättigungseffekten sein.

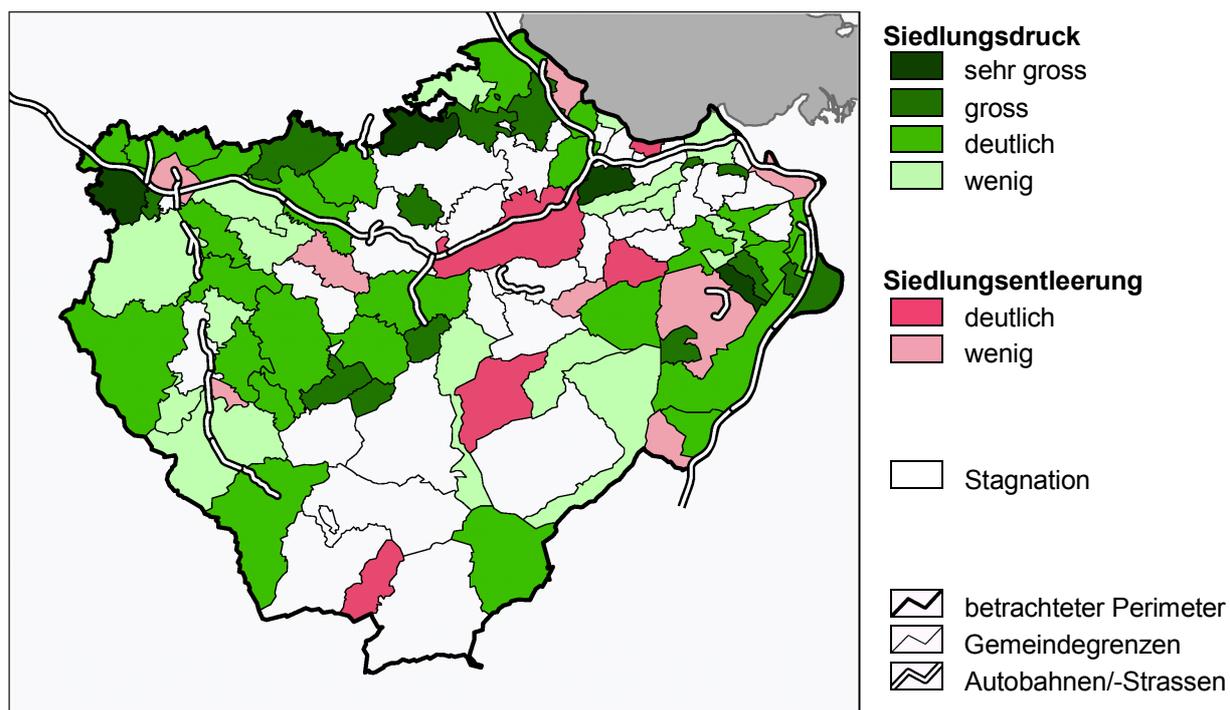
Die Zeitreihenanalyse ermöglicht eine präzisere Aussage, in welchem **Zeitablauf** eine Erreichbarkeitsverbesserung einen Einfluss auf die Siedlungsentwicklung entfaltet. In einigen Gemeinden zeigte sich eine Bevölkerungszunahme bereits kurz vor der Eröffnung eines wichtigen Schnellstrassen- oder Autobahnabschnitts (Kapitel 5.2). Die Ergebnisse der Zeitreihenanalyse stützen dies nur bei der Wohnbevölkerungsentwicklung, der Einfluss ist allerdings relativ klein. Damit dürften sich die Erreichbarkeitsverbesserungen mit grosser Wahrscheinlichkeit frühestens ein bis fünf Jahre vor ihrem Eintreffen auf die Wohnbevölkerung auswirken. Den grössten Einfluss auf sämtliche Raumnutzungen hat der Erreichbarkeitsimpuls in den 10 Jahren nach seinem Eintreffen. Nach 20 Jahren ist der Einfluss auf die Wohnbevölkerungsentwicklung weiterhin spürbar (vergleiche Kapitel 5.3.2). Die Zahl der Beschäftigten verhält sich hingegen weit kurzfristiger – nach mehr als 10 Jahren ist der Einfluss eines Impulses nicht mehr nachweisbar.

Die unterschiedlichen Interaktionen zwischen den Raumnutzungen und die unterschiedliche Gewichtung der Einflüsse der diversen Erreichbarkeitspotentiale lässt keine allgemein gültige Aussage zur **Elastizität** zwischen der Erreichbarkeit und den Raumnutzungen zu. Sie ist von Gemeinde zu Gemeinde verschieden und hängt massgeblich von der Positionierung im Standortwettbewerb ab.

Bei der Modellierung der Zeitreihen hat sich gezeigt, dass sich die Siedlungsentwicklung (insbesondere hinsichtlich der Beschäftigten) mit der Erreichbarkeit allein nicht erklären lässt. Die Korrelation ist zu gering. Diese Erkenntnis scheint insofern plausibel, als bei der Beschäftigtenentwicklung nicht nur **diverse Faktoren** wie Konjunkturverlauf, Steuersätze und Erreichbarkeit mitspielen: je nach Beschäftigtenstruktur reagieren diese Werte unterschiedlich auf die verschiedenen Einflüsse.

Geht man davon aus, dass auch in naher Zukunft die gleichen räumlichen Gesetzmässigkeiten gelten wie in den letzten 50 Jahren und die geplanten Verbesserungen im MIV- sowie im ÖV-Netz umgesetzt werden, ist folgender Siedlungsdruck zu erwarten:

Abbildung 43 Erwarteter Siedlungsdruck aufgrund der Erreichbarkeitsentwicklung



Die geplanten Projekte führen vor allem im nördlichen Teil des Perimeters zu beträchtlichem **Siedlungsdruck**. Die Kernstädte und einige etwas abgelegene Gemeinden im Toggenburg und Appenzellerland werden hingegen weiterhin mit einer Tendenz zur **Abwanderung** rechnen müssen. Interessant ist bei den erhaltenen Resultaten, dass nicht mehr nur Gemeinden direkt an der Autobahn einen erhöhten Siedlungsdruck aufweisen, sondern auch Gemeinden mit grösserer Distanz zu den Hauptverkehrsachsen: z.B. Häggenschwil, Hauptwil, Waldstatt, St.Peterzell.

Vergleicht man die erhaltenen Resultate mit den **raumplanerischen Zielen** des Kantons St.Gallen⁴², muss ein widersprüchliches Fazit gezogen werden: Die geplanten Infrastrukturausbauten stärken das wirtschaftliche Potential der Region. Die Zentren und die regionalen Wirtschaftsschwerpunkte werden hingegen nur wenig gestärkt und die Siedlungsentwicklung droht sich weiter in die periurbanen Gemeinden auszubreiten. Eine Siedlungsentwicklung nach innen wird unter solchen Bedingungen schwierig und muss entsprechend unterstützt werden.

Grundsätzlich hat sich die gewählte **Methodik** zur Untersuchung der Abhängigkeiten bewährt. Die Zeitreihenanalyse scheint eine taugliche Methode, um Hinweise für die potentielle Siedlungsentwicklung zu modellieren. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Resultate keinesfalls eine Prognose darstellen. Die Siedlungsentwicklung wird durch diverse weitere Faktoren mitbestimmt: z.B. Politik, Konjunktur und natürlich die Raumplanung. Die Weiterführung der Zeitreihe in die Zukunft kann deshalb nur einen potentiellen Siedlungsdruck in den Gemeinden abbilden.

Bei einer vertieften Betrachtung der Abhängigkeiten zwischen Erreichbarkeit und Raumnutzung sowie der Modellierung entsprechender Zeitreihen müssen noch etliche **Fragen** genauer geklärt werden:

- die Interaktionen zwischen den Raumnutzungen,
- weitere Variablen zur Zeitreihe (insbesondere Landpreise, Steuersätze etc.) sowie
- die Gewichtung der einzelnen Erreichbarkeiten aufgrund des MIV- und ÖV-Netzes.

Wie bereits erwähnt, ist es mit den vorliegenden Zeitreihen nicht möglich, die Entwicklung der einzelnen Raumnutzungen in die Zukunft zu projizieren. Das vertiefte Verständnis der Interaktionen zwischen den Raumnutzungen (insbesondere der Verdrängungsmechanismen) könnte präzisere Aussagen zur Entwicklung der einzelnen Raumnutzungen in den Gemeinden ermöglichen.

Die in Kapitel 5.3.2 beobachtete Abnahme der Korrelation zwischen Erreichbarkeit und Raumnutzung wäre ebenfalls noch genauer zu untersuchen und allenfalls in den Zeitreihen zu berücksichtigen. Einen wichtigen Hinweis könnten diesbezüglich Standortfaktoren wie Landverfügbarkeit, Steuersätze etc. geben. Der Einfluss des Gemeinderanges auf die Siedlungsentwicklung deutet bereits auf einen gewichtigen Einfluss des Standortwettbewerbes unter

⁴² Vgl. Grundzüge der räumlichen Entwicklung (ARE SG, 2003) und Wirtschaftsleitbild (VD SG, 2002).

den Gemeinden hin. Dieser Wettbewerb wird heute vermehrt mit verschiedenen, teilweise aussergewöhnlichen Mitteln geführt: Degersheim buhlt mit Plakaten um Wohnbevölkerung, das sogenannte Dorf Herisau lässt sich zur Alpenstadt 2003 wählen. Die Zunahme solcher Einflussfaktoren könnten die Auswirkungen der Erreichbarkeit auf die Siedlungsentwicklung massgeblich beeinflussen und helfen, die oben erwähnte Abnahme der Korrelation zwischen Erreichbarkeit und Raumnutzung zu erklären.

Die effiziente Modellierung zur Erklärung der Siedlungsentwicklung ist auf deutliche Erreichbarkeitsimpulse angewiesen. Im hier betrachteten Perimeter hat sich die Erreichbarkeit im ÖV-Netz zu ausgeglichen entwickelt. Um dessen Einfluss detaillierter untersuchen zu können ist es notwendig, eine Region mit deutlichen Impulsen zu betrachten. Im hier betrachteten Zeitraum wäre dies z.B. der Raum Zürich mit der Einführung der S-Bahn.

Die vorliegende Nachdiplomarbeit ist in erster Linie als eine **Vorstudie** zu betrachten. Trotzdem gibt bereits das vorgestellte Modell deutliche Hinweise, wo und in welchem Mass Siedlungsdruck entsteht bzw. am Beispiel der Region St.Gallen entstehen wird.

Insbesondere für die Entscheidungsträger in **Raumplanungsfragen** auf Stufe Kanton und Gemeinde kann ein entsprechendes Modell einigen Nutzen bringen. Durch die relativ einfache Handhabbarkeit einer Zeitreihe können die Auswirkungen einzelner Infrastrukturausbauten miteinander betrachtet werden. Wird eine potentielle Lösung zudem mit der Minimal-Variante „nichts-tun“ verglichen, kann sie auf die Tauglichkeit hinsichtlich der Zielsetzungen der Siedlungsentwicklung geprüft werden. Zusammen mit den heute üblichen Verkehrsflussberechnungen besteht so die Möglichkeit, die Wirkung der Infrastrukturausbauten zu simulieren und wirkungsvolle flankierende Massnahmen zu entwickeln.

Die Raumplanung gehört heute sicher zu den komplexesten Aufgaben unserer Gesellschaft. Kaum ein Projekt ist einfach „gut“ oder „schlecht“. Um so wichtiger ist die Planung mit verschiedenen **Szenarien** und der Vergleich zwischen verschiedenen **Varianten**. Die Simulation ist ein Instrument, das diese Arbeitsweise ermöglicht. In der Architektur werden seit tausenden von Jahren realitätsnahe Pläne, Ansichten und Perspektiven gezeichnet. In der Raumplanung zeigen die Simulationsspiele von Geiger (1998, 1999), dass auch die räumlichen Wirkungen von Projekten modelliert werden können. Gerade im Rahmen der Agglomerationsprojekte Rapperswil und St.Gallen West mit den eingreifenden Verkehrsinfrastrukturprojekten wäre die Arbeit mit Szenarien und Varianten von grossem Vorteil. Meines Erachtens ist ein entsprechender Schritt im Amt für Raumentwicklung des Kantons St.Gallen zu prüfen.

Wichtig ist dabei die Zusammenarbeit mit dem **Amt für Wirtschaft**. Wie sich gezeigt hat, scheint die Wirtschaft einerseits auf die Veränderung der Erreichbarkeit sehr sensibel zu reagieren, andererseits wird sie durch etliche weitere Faktoren beeinflusst. Eine auf die Ziele der Raumplanung (GROSG: ARE, 2003) und auf die Ziele der Wirtschaftsförderung (Wirtschaftsleitbild: VD SG, 2002) abgestimmte Strategie kann deshalb nur gemeinsam erarbeitet werden.

In Zukunft wird die **Strategie der Raumplanung** vermehrt auch mit unkonventionellen Mitteln arbeiten müssen. Die Planungsinstrumente wie die Richt- oder Nutzungspläne werden weiterhin den rechtlich abgesicherten Rahmen bilden. Neben den in dieser Arbeit betrachteten Verbesserungen in den Verkehrsnetzen und -Systemen spielen etliche weitere Einflüsse eine immer wichtigere Rolle. Es gilt nun dies auch in der Raumplanung auszunutzen und die verschiedenen raumwirksamen Faktoren wie Verkehrsinfrastrukturen, Steuersätze, Standortmarketing, Finanzausgleich, rechtliche Rahmenbedingungen, zentrale Einrichtungen und das Verhalten der Raumnutzer zu bündeln und für die Ziele der Raumplanung einzusetzen.

7 Literaturverzeichnis

- Aliesch, B., J. Sauter, J. Kuster (2000) *Richtplan.01 – Arbeitsplatzstandorte, Grundlagenbericht zur Bestimmung der Arbeitsstandorte von kantonaler Bedeutung*, Amt für Raumentwicklung des Kantons St.Gallen, St.Gallen.
- Amt für öffentlichen Verkehr (2002) *Strategieplan öffentlicher Verkehr*, AöV SG, St.Gallen.
- Amt für Raumentwicklung Kanton St.Gallen (2003) *Richtplan*, ARE SG, St.Gallen.
- Amt für Raumentwicklung Kanton St.Gallen (2001) *Raumbeobachtung Kanton St.Gallen – Indikatoren*, ARE SG, St.Gallen.
- Amt für Raumordnung und Vermessung Kanton Zürich (1995) *Kantonaler Richtplan*, ARV ZH, Zürich.
- Amt für Raumplanung Kanton Thurgau (1996) *Kantonaler Richtplan*, ARP TG, Frauenfeld.
- Angele, G. (2003) *SPSS 11.5 für Windows – Eine Einführung*, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Bamberg.
- Arlt, G., E. Schöppe und T. Klippfahn (2001) Auswirkungen städtischer Verkehrsnetzwerke auf Flächenversiegelung, Flächenproduktivität und Bodenpreis, *Raumforschung und Raumordnung*, 59 (1) 60-69.
- Axhausen, K.W. (2003) Erreichbarkeiten: 1950 und heute, Vortrag beim Swiss Real Estate Think Tank, Zürich, Juni 2003.
- Axhausen, K.W. (2002) Mobilität wohin?, in M. Koch (Hrsg.) *B2*, Bergische Universität, Wuppertal und Stadt Erlangen (Hrsg.) *Die Stadt im Informationszeitalter*, Kulturstadt, Erlangen.
- Axhausen, K.W. und G. Abay (2000) Zeitkostenansätze im Personenverkehr, Vorstudie, *Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung*, 69, IVT, ETH Zürich, Zürich.
- Axhausen, K.W. und S. Beige (2003) Besitz von Mobilitätsressourcen und deren Nutzung sowie Änderungen des Wohnortes, Forschungsprogramm UNIVOX 2003 Teil I G Verkehr – Trendbericht, *Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung*, 166, IVT, ETH Zürich, Zürich.
- Bender, C. und S.F. Hoffmann (2003) *Grundlagen der multiplen linearen Regression*, Seminararbeit, Universität St.Gallen, St.Gallen.
- Billeter E.P. und V. Vlach (1981) *Zeitreihen-Analyse – Einführung in die praktische Anwendung*, Physica, Wien.
- Bundesamt für Raumentwicklung (2003a) Pendlermobilität und Verstädterung sind anhaltend gewachsen, Medienmitteilungen, <http://www.are.admin.ch>, ARE, Bern, Juli 2003.
- Bundesamt für Raumentwicklung (2003b) *Räumliche Auswirkungen der Verkehrsinfrastrukturen „Lernen aus der Vergangenheit“ – Methodologische Vorstudie*, ARE, Bern.
- Bundesamt für Raumentwicklung (2003c) *Räumliche Auswirkungen der Verkehrsinfrastrukturen „Lernen aus der Vergangenheit“ – Projektübersicht*, ARE, Bern.

- Bundesamt für Raumentwicklung (1996) *Grundzüge der Raumordnung Schweiz*, ARE, Bern.
- Bundesamt für Raumentwicklung und Bundesamt für Statistik (2002) *Mikrozensus Verkehrsverhalten 2000, Hintergrundbericht zu „Mobilität in der Schweiz“*, ARE und BFS, Bern und Neuenburg.
- Bundesamt für Raumentwicklung und Bundesamt für Statistik (2001) *Mobilität in der Schweiz, Ergebnisse des Mikrozensus 2000 zum Verkehrsverhalten*, ARE und BFS, Bern und Neuenburg.
- Bundesamt für Statistik (2003) *Statistische Datenbank, STATINF / STATWEB*, <http://www.statweb.admin.ch>, BFS, Neuenburg, Mai 2003.
- Bundesamt für Statistik (2002a) *Statistik des jährlichen Bevölkerungsstandes ESPOP 2001, BFS aktuell, 2002* (August), BFS, Neuenburg.
- Bundesamt für Statistik (2002b) *Bevölkerungsentwicklung der Gemeinden 1850-2000, Eidgenössische Volkszählung 2000*, BFS, Neuenburg.
- Bundesamt für Statistik (2001) *GEOSTAT Benutzerhandbuch*, BFS; Neuenburg.
- Bundesamt für Statistik (1997) *STATINF Statistische Datenbank der Schweiz – Modulliste*, BFS, Neuenburg.
- Bundesamt für Statistik (1994) *Die Raumgliederungen der Schweiz, Eidgenössische Volkszählung 1990, Statistik der Schweiz, 1994*, BFS, Bern.
- Bundesamt für Statistik (1967) *Betriebe – Hauptergebnisse nach Gemeinden, Eidgenössische Betriebszählung September 1965, Statistische Quellenwerke der Schweiz, 412* (4), BFS, Bern.
- Bundesamt für Statistik (1960) *Die Gewerbebetriebe in den Gemeinden, 4. Eidgenössische Betriebszählung 25. August 1955, Statistische Quellenwerke der Schweiz, 318* (6), BFS, Bern.
- Bundesamt für Statistik (1953) *Kanton St.Gallen, Eidgenössische Volkszählung 1. Dezember 1950, Statistische Quellenwerke der Schweiz, 245* (12), BFS, Bern.
- Bundesamt für Strassen (2002) *Sachplan Strassen: Konzeptteil (Teile I-IV und Anhänge), September 2002, Vernehmlassungsentwurf*, ASTRA, Bern.
- Bundesamt für Verkehr (2002) *Sachplan Schiene: Konzeptteil (Teile I-IV und Anhänge), September 2002, Vernehmlassungsentwurf*, BAV, Bern.
- Departement für Volkswirtschaft, Institutionen und Sicherheit Kanton Wallis (2000) *Richtplan*, DVIS VS, Sitten.
- dm-plus Direktmarketing AG (2003) *Dienstleistungen*, <http://www.dmplus.ch>, dm-plus, St.Gallen, Februar 2003.
- Frey, R.L. (1990) *Städtewachstum – Städtewandel – Eine ökonomische Analyse der schweizerischen Agglomerationen*, Helbing & Lichtenhahn, Basel, Frankfurt/M.
- Frey, R.L. und S. Schaltegger (2002) *Regionale Mikroökonomie, AREA Access to Regional Economic Approaches, 2002*, Wirtschaftswissenschaftliches Zentrum WWZ, UNI Basel, Basel.

- Fröhlich, P. und K.W. Axhausen (2002) Development of car-based accessibility in Switzerland from 1950 through 2000: First results. *Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung*, **111**, IVT, ETH Zürich, Zürich.
- Geiger, M. (1973) *Die Standortgüte in Städtischen Regionen*, Dissertation Nr. 5097, ETH Zürich, Zürich.
- Geiger, M. (1990) Mitte des Mittellandes – Vakuum der Schweiz?, *Werk, Bauen + Wohnen*, **77/44** (5) 58-63.
- Geiger, M. (1997) Städtebau im Ozean, *Baudoc-Bulletin*, 1997 (9/10) 7-15.
- Geiger, M. (1998) *Spielsimulation Oberaargau, Bericht über die öffentliche Spielsimulation der raum- und wirtschaftsbezogenen Massnahmen aus dem revidierten Richtplan der Region Oberaargau am 14.8.1998 in Langenthal*, Region Oberaargau, Langenthal.
- Geiger, M. (1999) SNL-Spielsimulation in der Raumplanung, *SI+A-Heft*, 1999 (22) 15-21.
- Geiger, M. (2000) *SNL-Mietpreisstruktur bestehender Mietverhältnisse, Schlussbericht des Forschungsauftrages F-8358*, Bundesamt für Wohnungswesen, Grenchen.
- Heimgartner, Chr. (2001) Systemdynamische Simulation von Verkehr und Flächennutzungen – Evaluation nachhaltigkeitsfördernder Massnahmen: Zwischenbericht 1, *Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung*, **61**, IVT, ETH Zürich, Zürich.
- Hillier, B. (1996) *Space is the machine – A configurational theory of architecture*, Cambridge University Press, London.
- Hutter, T., K. Oppliger und H. Sulger Büel (2000) *Beschäftigung und Branchenstruktur der Ostschweizer Wirtschaft, Analyse der eidgenössischen Betriebszählungen 1985, 1991, 1995 und 1998*, Statistikfachstellen der Kantone St.Gallen, Graubünden und Thurgau, St.Gallen.
- Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (2003) Verkehrs- und Raumplanung – Transitverkehrs-System und Raumentwicklung (Cost 340), <http://www.ivt.baug.ethz.ch>, IVT, ETH Zürich, Zürich, April 2003.
- Keller, P. (2002): *Entwicklung des Transitverkehrs-Systems und deren Auswirkungen auf die Raumentwicklung in der Schweiz: Zwischenbericht 1.4.2001 – 31.3.2002.*, IVT, ETH Zürich, Zürich.
- Keller, P. und P. Fröhlich (2002): Erreichbarkeits-Geschichte der Schweiz, IVT-Seminar, Zürich, Juni 2002.
- Keller, P. und R. Steinmetz (2003) Verkehr und Erreichbarkeit von Stadtland Schweiz, *Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung*, **175**, IVT, ETH Zürich, Zürich.
- Kesselring H.-C., P. Halbherr und R. Maggi (1982) *Strassennetzausbau und raumwirtschaftliche Entwicklung, Eine Potentialanalyse am Beispiel ausgewählter schweizerischer Regionen*, Haupt, Bern.
- Kluth T., R. Mück, H.R. Rihs, W. Stohler und P. Strittmatter (2001a) *Das Konzept BODAN-RAIL 2020*, Interreg-Projekt BODAN-RAIL 2020 (Hrsg.), St.Gallen.
- Kluth T., R. Mück, H.R. Rihs, W. Stohler und P. Strittmatter (2001b) *Das Konzept BODAN-RAIL 2020 – Kurzfassung*, Interreg-Projekt BODAN-RAIL 2020 (Hrsg.), St.Gallen.

- Muggli, Ch. (1980) *Sozio-ökonomische Effekte der Entmischung, ein Beitrag zu den theoretischen und praktischen Problemen der räumlichen Funktionsteilung*, Dissertation, Universität Zürich, Zürich.
- Partzsch, D. (1970) *Daseinsgrundfunktionen, Handwörterbuch der Raumforschung und Raumordnung*, 2. Aufl., Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Hannover.
- Planungsamt Kanton Appenzell Ausserrhoden (2001) *Kantonaler Richtplan*, PA AR, Herisau.
- PTV Planung Transport Verkehr AG (2001) *Benutzerhandbuch VISUM, Analyse und Planung von Verkehrsnetzen*, PTV, Karlsruhe.
- Rat der Europäischen Union (2003) COST – European cooperation in the field of scientific and technical research, <http://ue.eu.int/cost/default.asp?lang=de>, Rat der Europäischen Union, Brüssel, April 2003.
- Rinne, H. und K. Specht (2002) *Zeitreihen: Statistische Modellierung, Schätzung und Prognose*, Vahlen, München.
- Raumplanungsamt Kanton Appenzell Innerrhoden (2002) *Kantonaler Richtplan AI*, RPA AI, Appenzell.
- Schweizerische Bundesbahnen (1950) *Schweiz, Amtliches Kursbuch, 1950 Sommer*, SBB, Bern.
- Schweizerische Bundesbahnen (1959) *Schweiz, Amtliches Kursbuch, 1959/1960 Winter*, SBB, Bern.
- Schweizerische Bundesbahnen (1970) *Schweiz, Amtliches Kursbuch, 1970 Sommer*, SBB, Bern.
- Schweizerische Bundesbahnen (1980) *Schweiz, Amtliches Kursbuch, 1980 Sommer*, SBB, Bern.
- Schweizerische Bundesbahnen (1990a) *Bahnen, Seilbahnen, Schiffe – Schweiz, Offizielles Kursbuch, 1990*, SBB, Bern.
- Schweizerische Bundesbahnen (1990b) *Autobusse – Schweiz, Offizielles Kursbuch, 1990*, SBB, Bern.
- Schweizerische Bundesbahnen (2000a) *Bahnen, Seilbahnen, Schiffe – Schweiz, Offizielles Kursbuch, 2000*, SBB, Bern.
- Schweizerische Bundesbahnen (2000b) *Autobusse – Schweiz, Offizielles Kursbuch, 2000*, SBB, Bern.
- Simma, A. (2000) *Verkehrverhalten als eine Funktion soziodemografischer und räumlicher Faktoren*, *Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung*, **55**, IVT, ETH Zürich, Zürich.
- Simma, A., D. Hauri und R. Schlich (2001) *Beschreibung einer Datenbank zu den Schweizer Gemeinden*, *Arbeitsbericht Verkehrs- und Raumplanung*, **118**, IVT, ETH Zürich, Zürich.
- Stier, W. (2001) *Methoden der Zeitreihenanalyse*, Springer, Berlin.
- Tiefbauamt Kanton St.Gallen (2003) *Übersicht zu Eröffnung und Ausbauten der Autobahnen und Schnellstrassen im Kanton St.Gallen*, TBA SG, St.Gallen.

- Tschopp, M., P. Fröhlich, P. Keller und K.W. Axhausen (2003) Accessibility, Spatial Organisation and Demography in Switzerland through 1920 to 2000: First Results, *Arbeitsbericht Verkehrs- und Raumplanung*, **151**, IVT, ETH Zürich, Zürich.
- Tschopp, M. und P. Keller (2003) Raumstruktur-Datenbank: Gemeinde-Zuordnungstabelle, *Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung*, **170**, IVT, ETH Zürich, Zürich.
- Tschopp, M., R. Sieber und K. W. Axhausen (2002) Demographie und Raum in der Schweiz: Ein historischer Abriss, *Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung*, **134**, IVT, ETH Zürich, Zürich.
- Verein Schweizerischer Mathematik- und Physiklehrer (1992) *Formeln und Tafeln, Mathematik – Physik*, deutschschweizerische Mathematikkommission DMK und deutschschweizerische Physikkommission DPK, Zürich.
- Vrtic, M. und K.W. Axhausen (2002) Modelle der Verkehrsmittelwahl aus RP- und SP Datengrundlage, in FGSV (Hrsg.), *Heureka '02*, 293-310, FGSV, Köln.
- Wiegand, J., K. Aellen und T. Keller (1986) Wohnungs-Bewertung, Wohnungs-Bewertungs-System (WBS), Ausgabe 1986, *Schriftenreihe Wohnungswesen*, **35**, Bundesamt für Wohnungswesen (Hrsg.), Bern.
- Volkswirtschaftsdepartement Kanton St.Gallen (2002) *Wirtschaftsleitbild*, VD SG, St.Gallen.
- Wüest, H., D. Tochtermann, M. Vinzens und P. Müller (1995) Einwohner- und Arbeitsplatzprognose, *Informationen zur Raumplanung im Kanton St.Gallen*, **8**, Amt für Raumentwicklung Kanton St.Gallen (Hrsg.), St.Gallen.

8 Glossar

Agglomeration St.Gallen	Die Agglomeration St.Gallen umfasste 1990 die folgenden Gemeinden: Herisau, Waldstatt, Speicher, Teufen, St.Gallen, Wittenbach, Mörschwil, Gaiserwald und Gossau (BFS, 1994). Aufgrund der Volkszählung 2000 kommen neu Andwil und Flawil hinzu (ARE, 2003).
Beförderungszeit	Zeitaufwand mit dem ÖV von der Starthaltestelle bis zur Zielhaltestelle in Minuten. Summe aus Fahrzeit, Umsteigewartezeit und Gehzeit.
Bedienungshäufigkeit	Anzahl unterschiedlicher Ankunftszeitpunkte für Verbindungen, die im Umlegungszeitraum abfahren.
Abgangszeit	Zeitaufwand für den Weg von der Zielhaltestelle zum Zielort.
Empfundene Reisezeit	Die von einem Reisenden empfundene Reisezeit ist eine Funktion aus Zugangszeit, Abgangszeit, Startwartezeit, Umsteigewartezeit, Fahrzeit und Gehzeit (vgl. Kapitel 4.1.3).
Erwerbspersonen	Als Erwerbspersonen werden alle in der Schweiz wohnhaften Personen im Alter von 15 und mehr Jahren gezählt, die erwerbstätig oder arbeitslos sind (Erwerbstätigenpotential, standardisierte Erwerbstätigenquote). Die Erwerbspersonen werden an ihrem Wohnort ausgewiesen. Ausländische Grenzgänger sowie Saisoniers sind nicht berücksichtigt.
ESPOP	Bezeichnung für die Statistik des jährlichen Bevölkerungsstandes des Bundesamtes für Statistik (BFS, 2002).
Etappe	Jeder Weg besteht aus einer oder mehreren Etappen. Eine Etappe ist der Teil eines Weges, der mit dem gleichen Verkehrsmittel zurückgelegt wird, wobei das zu Fuss gehen als ein Verkehrsmittel betrachtet wird. Bei jedem Verkehrsmittelwechsel (auch bei Umsteigen zwischen gleichartigen Verkehrsmitteln) beginnt eine neue Etappe (ARE und BFS, 2001).
Fahrzeit	Zeit im Verkehrsmittel einschließlich Haltezeiten ohne Umsteigezeiten (ÖV und MIV).
Gehzeit	Gehzeit für Umsteigen mit Fussweg zwischen zwei Haltestellen.
Gemeindenummer	Für statistische Auswertungen vergibt das BFS seit 1960 jedem Kanton, jedem Bezirk und jeder Gemeinde in der Schweiz eine eindeutige Nummer. Diese wird für alle statistischen Gemeindedaten des Bundes verwendet und ermöglicht einfache Querbezüge zwischen den verschiedenen Erhebungen (z.B. Volkszählung und Betriebszählung).

Langsamverkehr	Fussgänger- und Veloverkehr.
Luftliniengeschwindigkeit	Quotient aus Reisezeit und Luftliniendistanz.
Mikrozensus	Stichprobenerhebung, ohne gegenteiligen Vermerk ist in der vorliegenden Arbeit der Mikrozensus zum Verkehrsverhalten von ARE und BFS gemeint (ARE und BFS, 2001).
Motorisierter Individualverkehr (MIV)	Personenwagen, Motorräder, Kleinmotorräder und Mofas. Lastwagen, Car und Taxi wurden in den Auswertungen des Mikrozensus wegen ihrer spezifischen Eigenschaften bzw. der nicht eindeutigen Zuordnungsbarkeit der Kategorie „andere Verkehrsmittel“ zugerechnet (ARE und BFS, 2001).
NOGA	Diese Systematik ermöglicht, die statistischen Einheiten „Unternehmen“ und „Arbeitsstätten“ aufgrund ihrer wirtschaftlichen Tätigkeit zu klassieren und in eine übersichtliche und einheitliche Gruppierung zu bringen.
Öffentlicher Verkehr (ÖV)	Tram, Bus, Postauto, Bahn, Taxi (CH-Verkehrsstatistik = MIV, EU-Verkehrsstatistik = ÖV), Schiff (kann sowohl ÖV als auch MIV sein), Seilbahnen (spezifischer ÖV), Flugzeug (kann sowohl ÖV als auch MIV sein) wurden im Mikrozensus wegen ihrer spezifischen Eigenschaften bzw. der nicht eindeutigen Zuordnungsbarkeit der Kategorie „andere Verkehrsmittel“ zugerechnet (ARE und BFS, 2001).
Reisegeschwindigkeit	Quotient aus Reisezeit und der zurückgelegten Reisedistanz.
Reisezeit	Benötigter Zeitaufwand vom Ausgangsort zum Zielort in Minuten. Für den MIV entspricht diese Zeit der Fahrzeit, für den ÖV setzt sie sich aus der Zugangszeit, der Startwartezeit, der Fahrzeit, den Umsteigezeiten, den Gehzeiten und der Abgangszeit zusammen. Entspricht der „Wegzeit“ im Mikrozensus.
St.Gallen West	Das Gebiet von St.Gallen West umfasst im engeren Sinne das Dreieck Abtwil – Winkeln – Industriequartier Gossau Ost (im Westen ist die Grenze fliessend). Mangels detaillierter Daten beinhaltet das Gebiet in der vorliegenden Arbeit die Gemeinden Gossau und Gaiserwald.
Ständige Wohnbevölkerung	Die ständige Wohnbevölkerung umfasst alle Personen, deren zivilrechtlicher Wohnsitz in der Regel ganzjährig in der Schweiz liegt: Schweizer Staatsangehörige, ausländische Staatsangehörige mit Bewilligung B (Jahresaufenthalter) und C (Niedergelassene) sowie Kurzaufenthaltsbewilligung von mindestens 12 Monaten, Funktionäre internationaler Organisationen, Angestellte diplomatischer Vertretungen oder ausländischer staatlicher Betriebe (Post, Eisenbahn, Zoll) (BFS, 2002a).
Startwartezeit	Startwartezeit an der Starthaltestelle im Ausgangsort.

STATINF	Eine statistische Online-Datenbank der Schweiz. Sie ist eine Dienstleistung des Bundesamtes für Statistik und kann über Telnet abgerufen werden (BFS, 1997).
STATWEB	Eine statistische Online-Datenbank der Schweiz. Sie wird wie STATINF vom BFS unterhalten und enthält auch die gleichen Daten wie STATINF. Die Datenbank ist aber über Internet abrufbar: www.statistik.admin.ch . (BFS, 2003).
Umlegung	Stellt eine zentrale Methode dar, um die Wirkungen eines Verkehrsangebotes zu ermitteln und zu analysieren. Mit Hilfe der Umlegung können Belastungen und Kenngrößen zur Beurteilung der Verbindungsqualität zwischen Verkehrszellen berechnet werden. Dazu werden die Ortsveränderungen der Verkehrsteilnehmer nachgebildet (siehe Kap.4.1.3).
Umlegungszeitraum	Bei der Umlegung wird nur der Teil des Fahrplans und der Nachfrage berücksichtigt, der innerhalb des Umlegungszeitraums liegt.
Umsteigehäufigkeit	Je Verbindung: Anzahl Umsteigevorgänge zwischen Start- und Zielhaltestelle.
Umsteigewartezeit	Wartezeit an Umsteigehaltestellen.
VISUM (ptv transportation)	Informations- und Planungssystem der Firma PTV Planung Transport Verkehr AG zur Verkehrsnetzanalyse und Prognose. Alle planungsrelevanten Aspekte des öffentlichen Verkehrs und des Individualverkehrs können gemeinsam in einem Verkehrsmodell abgebildet werden. Das Einsatzgebiet reicht dabei von der strategischen Netzplanung bis hin zur operativen Angebotsplanung oder zur detaillierten Netzoptimierung (PTV, 2001).
Weg	Ein Weg beginnt immer dann, wenn sich jemand mit einem Ziel (z.B. Arbeitsort) oder zu einem bestimmten Zweck (z.B. Spazieren) in Bewegung setzt. Ein Weg endet immer dann, wenn das Ziel erreicht ist, also der Verkehrszweck wechselt oder wenn sich jemand eine Stunde oder länger am gleichen Ort aufhält (ARE und BFS, 2001).
Zugangszeit	Zeitaufwand für den Zugangsweg vom Ausgangsort zur Starthaltestelle.

Tabelle 8 Gemeinden im betrachteten Perimeter

Gemeindenname	Abkürzung	Kanton	Fläche in ha	Bevölkerung 2000	Beschäftigte 2001
Herisau	Her	AR	2'518	15'882	8'099
Hundwil	Hun	AR	2'396	1'038	253
Schönengrund	Sgr	AR	520	459	104
Schwellbrunn	Sbr	AR	1'740	1'468	184
Stein (AR)	StA	AR	937	1'355	272
Urnäsch	Urn	AR	4'825	2'336	776
Waldstatt	Was	AR	674	1'710	503
Bühler	Büh	AR	561	1'598	678
Gais	Gas	AR	2'123	2'770	907
Speicher	Spe	AR	821	3'853	932
Teufen (AR)	Teu	AR	1'525	5'535	2'248
Trogen	Tro	AR	1'001	1'867	813
Grub (AR)	Gru	AR	425	1'038	214
Heiden	Hei	AR	748	4'063	2'221
Lutzenberg	Luz	AR	226	1'323	282
Rehetobel	Reh	AR	675	1'742	486
Reute (AR)	Reu	AR	499	716	136
Wald (AR)	Wad	AR	682	881	205
Walzenhausen	Wah	AR	698	2'181	1'051
Wolfhalden	Wol	AR	695	1'689	552
Appenzell	App	AI	1'686	5'447	3'198
Gonten	Gon	AI	2'471	1'379	325
Rüte	Rüe	AI	4'083	2'915	503
Schlatt-Haslen	Sha	AI	1'792	1'146	110
Schwende	Swe	AI	5'753	1'935	608
Oberegg	Oeg	AI	1467	1796	469
Häggenschwil	Häg	SG	910	1143	158
Muolen	Muo	SG	1'033	1074	227
St.Gallen	StG	SG	3'940	72'626	59'165
Wittenbach	Wit	SG	1'221	8'486	2'639
Berg (SG)	Brg	SG	374	846	97
Eggersriet	Egg	SG	883	2'079	258
Goldach	Gol	SG	470	8'441	3'826
Mörschwil	Mör	SG	984	3'116	792

Tabelle 8 Gemeinden im betrachteten Perimeter (Fortsetzung)

Gemeindename	Abkürzung	Kanton	Fläche in ha	Bevölkerung 2000	Beschäftigte 2001
Rorschach	Ros	SG	177	8'647	4'997
Rorschacherberg	Rob	SG	711	6'483	1'422
Steinach	Stn	SG	448	2'899	1'587
Tübach	Tüb	SG	199	1'057	618
Untereggen	Ueg	SG	710	897	149
Au (SG)	Au	SG	468	6'409	4'350
Balgach	Bal	SG	650	4'024	2'986
Berneck	Brn	SG	562	3'289	1'567
Diepoldsau	Die	SG	1'120	5'034	2'173
Rheineck	Rhe	SG	218	3'231	1'535
St.Margrethen	StM	SG	686	5'285	3'431
Thal	Tha	SG	964	5'996	2'907
Widnau	Wid	SG	423	7'470	2'817
Altstätten	Alt	SG	3'949	10'381	5'703
Eichberg	Eic	SG	543	1'266	202
Marbach (SG)	Mar	SG	439	1'779	574
Oberriet (SG)	Ori	SG	3'453	1'779	574
Rebstein	Reb	SG	439	4'055	963
Rüthi (SG)	Rüi	SG	934	1'967	1'000
Alt St.Johann	ASJ	SG	5'311	1'453	528
Ebnat-Kappel	EbK	SG	4'358	5'007	1'716
Krummenau	Kru	SG	4'235	1'664	672
Nesslau	Nes	SG	3'818	2'001	561
Stein (SG)	StS	SG	1'225	398	76
Wildhaus	Wih	SG	3'443	1'260	508
Brunnadern	Bru	SG	666	917	230
Hemberg	Hem	SG	2'017	944	180
Krinau	Kri	SG	725	278	46
Lichtensteig	Lis	SG	282	1'893	685
Oberhelfenschwil	Ohe	SG	1'266	1'456	350
St.Peterzell	StP	SG	938	1'256	348
Wattwil	Wat	SG	4'395	8'265	3'855
Kirchberg (SG)	Kir	SG	4'256	3'550	1'157
Bütschwil	Büt	SG	1'378	3'550	1'157
Lütisburg	Lüt	SG	1'405	1'395	325

Tabelle 8 Gemeinden im betrachteten Perimeter (Fortsetzung)

Gemeindenname	Abkürzung	Kanton	Fläche in ha	Bevölkerung 2000	Beschäftigte 2001
Mosnang	Mos	SG	5'047	2'894	551
Degersheim	Deg	SG	1'446	3'952	1'515
Flawil	Fla	SG	1'147	9'320	3'536
Ganterschwil	Gan	SG	802	1'111	283
Jonschwil	Jon	SG	1'101	3'134	1'071
Mogelsberg	Mog	SG	3'298	2'261	611
Oberuzwil	Ouz	SG	1'411	5'521	1'292
Uzwil	Uzw	SG	1'450	11'977	6'558
Bronschhofen	Bro	SG	1'319	4'297	1'312
Niederbüren	Nib	SG	1'584	1'414	559
Niederhelfenschwil	Nih	SG	1'633	2'599	474
Oberbüren	Obü	SG	1'770	3'946	1'747
Wil (SG)	Wil	SG	762	16'392	9'748
Zuzwil (SG)	Zuz	SG	896	3'798	1'179
Andwil (SG)	And	SG	629	1'557	617
Gaiserwald	Gaw	SG	1'265	7'495	1'755
Gossau (SG)	Gos	SG	2'753	16'805	10'917
Waldkirch	Wak	SG	3'125	3'040	993
Arbon	Arb	TG	594	12'906	5'726
Egnach	Egn	TG	1'841	4'153	1'274
Horn	Hor	TG	165	2'421	978
Roggwil (TG)	Rog	TG	1'204	2'462	850
Hauptwil-Gottshaus	Hau	TG	1'251	1'914	323
Münchwilen (TG)	Mün	TG	777	4'553	2'127
Rickenbach (TG)	Ric	TG	157	2'426	721
Sirnach	Sir	TG	1'243	6'359	2'252
Wilen (TG)	Win	TG	227	1'760	255
Total Perimeter			147'064	423'635	204'464

Quellen: STATINF, Volkszählung 2000, Betriebszählung 2001: BFS (2003, 1997, 1994)

Anhang B: Digitalisierung des Verkehrsnetzes ÖV

Die Datensätze für die Jahre 1950, 1960, 1970, 1980, 1990 und 2000 sind eigenständige Datensätze mit sämtlichen Angaben (Knoten, Haltestellen, Strecken, Bezirke und deren Anbindungen an das Netz sowie die Fahrpläne) für die Erreichbarkeitsberechnungen. D.h., dass Daten, die für alle Perioden gleich bleiben (insbesondere das Verkehrsnetz), redundant geführt werden.

In einem ersten Schritt wurden die Daten für das Jahr 1950 ergänzt und nachgeführt. Für die Datensätze der folgenden Jahre werden diese übernommen und allenfalls korrigiert und nachgeführt. Auf dem Schienennetz wurden sämtliche Verbindungen digitalisiert – bei den Autobusverbindungen wurden nur diejenigen Linien berücksichtigt, die im Jahr 2000 mit etwa einem Stundentakt verkehrten (mindestens 15 Busse pro Tag).

B 1: Ersterhebung von 1950

Für die Erhebung des ersten Datensatzes wurden folgende Schritte durchlaufen:

- Postauto-Strecken aufgrund des Strassennetzes übernommen (neue Knoten) bzw. digitalisiert (neue Strecken).
- Nachführung der Streckenlängen (von Station zu Station) gemäss Kursbuch.
- Eingabe der Fahrpläne (siehe Anhang B2): Da alle Züge und Kurse von Grund auf neu eingegeben werden mussten, dauerte dieser Schritt verhältnismässig lang.
- Lage der Bezirke im betrachteten Perimeter überprüft und die neuen Anbindungen zu den Postauto-Haltestellen und Regional-Bahnhöfen erstellt.
- Zu guter Letzt brauchte es mehrere Anläufe, um die Daten von 1950 fehlerfrei in die Datei von 1960 zu überführen (Vorbereitung zu Import der Daten, Anhang B3).

B 2: Vorgehen zur Fahrplaneingabe

Für jede Verbindung im Fahrplan werden die folgenden Schritte durchlaufen:

- Welche Schnellzüge sind bereits erfasst?
- Kontrolle bzw. Korrektur von bereits erfassten Zügen/Kursen aus den Vorjahren.
- Eingabe neuer Züge/Kurse.

B 3: Import der neuen Daten

Da für die Jahre 1950 bis 2000 die Schnellzugverbindungen bereits durch das IVT erfasst wurden, müssen nur die neu eingegebenen Knoten und Strecken (Postauto-Kurse), die entsprechend neuen Anbindungen zu den Bezirken (d.h. den Gemeinden) sowie die neu erhobenen Regionalfahrpläne importiert werden. Die Daten der alten und neuen Datei werden dazu aus dem VISUM in MS-Access exportiert. Dort werden folgende Tabellen mit den neuen Datensätzen ergänzt:

Abbiegebeziehung (alle neuen Werte: VonKnot, UeberKnot, NachKnot > 3000)

Betreiber (einzeln kontrollieren und ev. bei der Fahrplaneingabe neu eingeben)

Hauptlinien („Regional St.Gallen“ hinzufügen)

Knoten (alle neuen Werte hinzufügen: Nr > 3000)

LinFahrt (alle neuen Linien mit NAME = R_XXX_000 o.ä.)

LinWeg (alle neuen Linien mit NAME = R_XXX_000 o.ä.)

Strecken (alle mit Nr > 20'000 und/oder VonKnot, NachKnot >3000)

Unterlinie_UserAtt (alle neuen Linien mit NAME = R_XXX_000 o.ä.)

Unterlinien (alle neuen Linien mit NAME = R_XXX_000 o.ä.)

Da die Bezirke und ihre Anbindungen an des Verkehrsnetz eingehend bearbeitet wurden, werden folgende Datenblätter komplett überschrieben:

Bezirk

Anbindung

B 4: Zusätzlich erfasste Anbindungen

Folgende Gemeinden (im VISUM sog. Bezirke) wurden an die entsprechenden Postautohaltestellen angebunden (Typ 5, Reisezeit generell 4 Minuten):

Alt St.Johann	Goldach	Roggwil
Arbon	Grabs	Rorschach
Berg (SG)	Grub (AR)	Schwellbrunn
Berneck	Heiden	Stein (AR)
Buchs	Herisau	Stein (SG)
Eggersriet	Hundwil	Steinach
Gaiserau	Nesslau	Wildhaus
Gams	Rehetobel	Wittenbach

Zudem wurde die Gemeinde Wald (AR) an die Postautohaltestelle von Rehetobel angehängt (Typ 9, Reisezeit über Strassennetz berechnet).

Aufgrund der zusätzlich erhobenen Regionallinien der Bahn wurden die folgenden Gemeinden an die entsprechenden Bahnhöfe angebunden (Typ 0, Reisezeit über Luftlinie berechnet):

Häggenschwil	Mogelsberg	Speicher
Lüthisburg	Muolen	

Die Berechnung der Reisezeit (insbesondere die Zugangs- und die Abgangszeit) wird im Kapitel 4.1.2 näher erläutert.

B 5: Abweichungen Zentrumskoordinaten

Die Daten zu den Aktivitätspunkten liegen mit dem Gemeindestand aus dem Jahr 2000 vor (vergleiche Kapitel 3.2). Das Modell in VISUM arbeitet hingegen mit den Zentrumskoordinaten und den Gemeindenummern mit dem Gemeindebestand aus dem Jahr 1998. Einige Gemeinden können aufgrund von geänderten Gemeindenummern deshalb nicht im VISUM zugeordnet werden. Diesen neun Gemeinden der Kantone Thurgau und Wallis wurde deshalb eine existierende Nummer (die Nummer im Jahr 1998 oder bei Fusionen die ehemalige Nummer der grössten Gemeinde) zugewiesen:

Tabelle 9 Zuweisung von Gemeindenummern, die bis und mit 1998 nicht vorkommen

Gemeindename 2000	Gemeindenummer		Gemeindename 1998
	2000	1998	
<u>Kanton Thurgau:</u>			
Hohentannen	4495	-	4492 Hohentannen
Basadingen-Schlattigen	4536	-	4531 Basadingen
Diessenhofen	4545	-	4541 Diessenhofen
Schlatt	4546	-	4532 Mett-Oberschlatt
Hüttlingen	4590	-	4583 Hüttlingen
Braunau	4723	-	4771 Braunau
Tobel-Tägerschen	4776	-	4773 Tobel
<u>Kanton Wallis:</u>			
Grafschaft	6073	-	6053 Biel (VS)
Guttet-Feschel	6117	-	6108 Guttet

B 6: Genauigkeit der erhobenen Daten

Bis zur Einführung des Taktfahrplanes Mitte der 80er Jahre fahren die Züge einerseits in völlig verschiedenen Abständen und andererseits – was die Dateneingabe zusätzlich erschwert – sie benötigen für die einzelnen Teilstrecken unterschiedlich lang und weisen in den grösseren Bahnhöfen unterschiedliche Wartezeiten auf. Bei den Postautolinien wurden diese Zeiten zu einem grossen Teil bereits in den 70er Jahren harmonisiert.

Damit nicht jeder einzelne Zug und jedes einzelne Postauto einzeln digitalisiert werden musste, wurden deshalb Fahrplanabweichungen bis zu 4 Minuten in Kauf genommen. Allerdings wurde darauf geachtet, dass bei Anbindungen auf weitere Züge (z.B. Schnellzug) genügend Umsteigezeit vorhanden ist (4 Minuten).

B 7: Fehler aufgrund nicht erhobener Postautolinien

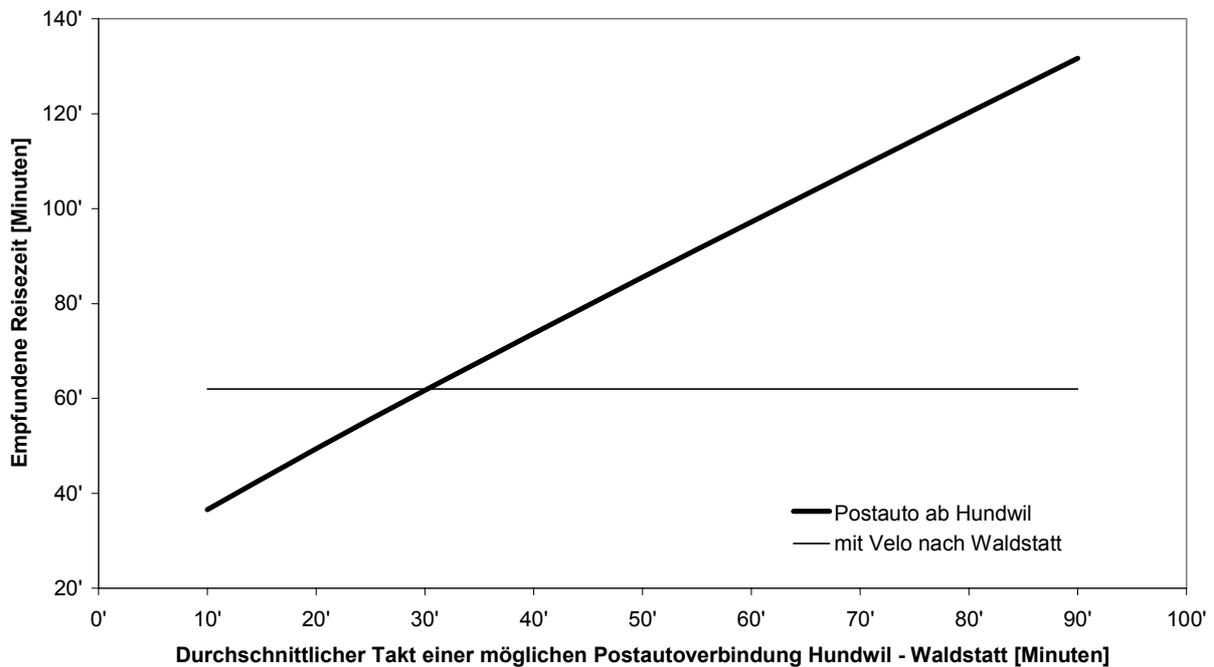
Für die vorliegende Arbeit wurden nur Postautolinien erhoben, die im Jahr 2000 mindestens einen Stundentakt aufwiesen (SBB, 2000b). Dadurch sind insgesamt 24 Gemeinden nicht direkt an das Verkehrsnetz des öffentlichen Verkehrs angebunden – obwohl sie dies, wenn auch oft nur über vereinzelte Kurse pro Tag, eigentlich wären. Damit die betreffenden Gemeinden nicht aus den Berechnungen ausgeschlossen werden, sind sie an die nächst gelegene Haltestelle der Nachbargemeinde angebunden. Die entsprechende Zugangszeit (folglich Kap. 4.1.3) wird mit der Luftdistanz und einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 12.5 km/h (z.B. Velo) berechnet. Elf Gemeinden liegen im Modell sehr nahe bei einer Haltestelle einer anderen Gemeinde⁴³ und erhalten deshalb eine ähnlich schnelle Zugangszeit wie die direkt angebundenen Gemeinden. Dreizehn Gemeinden liegen weiter vom erfassten Netz entfernt.

Um die daraus entstandene Fehlerquote abschätzen zu können, wird die Situation des Dorfes Hundwil betrachtet: dabei wird die empfundene Fahrzeit bei variablem Taktfahrplan für die Destinationen Waldstatt (Velo oder Postauto), Herisau (Postauto oder Velo und Zug) und Gossau (Postauto und Zug oder Velo und Zug) aufgrund der im Modell verwendeten Parameter und Gewichtungen (siehe Kap. 4.1.3) berechnet.

⁴³ Bei diesen Gemeinden misst die Luftlinie zwischen der entsprechenden Zentrumsordinate und der nächsten Haltestelle zwischen eins und drei Kilometern.

Im Modell gibt es für die Fahrt von Hundwil nach Waldstatt zwei Möglichkeiten: entweder mit dem Velo (bzw. einem anderen individuellen Verkehrsmittel) oder mit dem Postauto⁴⁴. Die empfundene Fahrzeit mit dem Postauto ist abhängig vom Takt. Sie steigt deshalb mit zunehmender Zeit zwischen den einzelnen Kursen an. Die individuelle Anbindung ist hingegen nicht vom Postauto abhängig und bleibt bei einer empfundenen Reisezeit von 62 Minuten.

Abbildung 45 Empfundene Reisezeiten im Vergleich: Hundwil nach Waldstatt

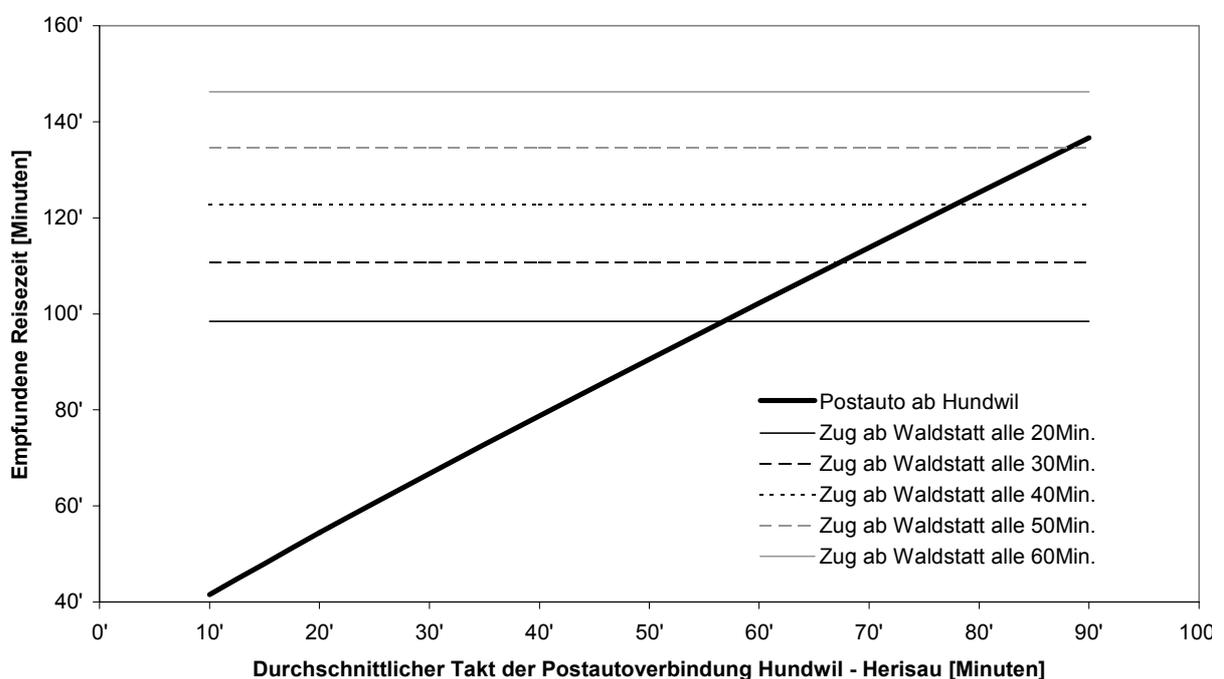


Bei einer hohen Frequenz der Postautoverbindung ist diese deshalb deutlich interessanter als die Anbindung durch das Velo. Bereits bei einem Takt von etwa 30 Minuten schneiden sich die beiden Geraden und die individuelle Anbindung ist beliebter. Im Modell wirken sich im Nahbereich (angrenzende Gemeinde) somit nur diejenigen Postautolinien aus, die über einen sehr hohen Takt (etwa alle 30 Minuten) verfügen. Alle anderen Postautoverbindungen werden durch die direkte Anbindung an das Netz übersteuert.

⁴⁴ Die Postautoverbindung Hundwil-Waldstatt ist im Gegensatz zu den anderen Verbindungen fingiert. Es wird eine Fahrzeit von 5 Minuten angenommen.

Die Verbindung nach Herisau hat die Eigenheit, dass die Gemeinden nicht mehr direkt über eine individuelle Anbindung miteinander verbunden sind. Es gibt deshalb, zusätzlich zur direkten Postautoverbindung noch die Möglichkeit, mit dem Velo nach Waldstatt zu fahren und dort den Zug nach Herisau zu nehmen. Die empfundene Reisezeit mit der Bahn ist ebenfalls von der entsprechenden Frequenz abhängig.

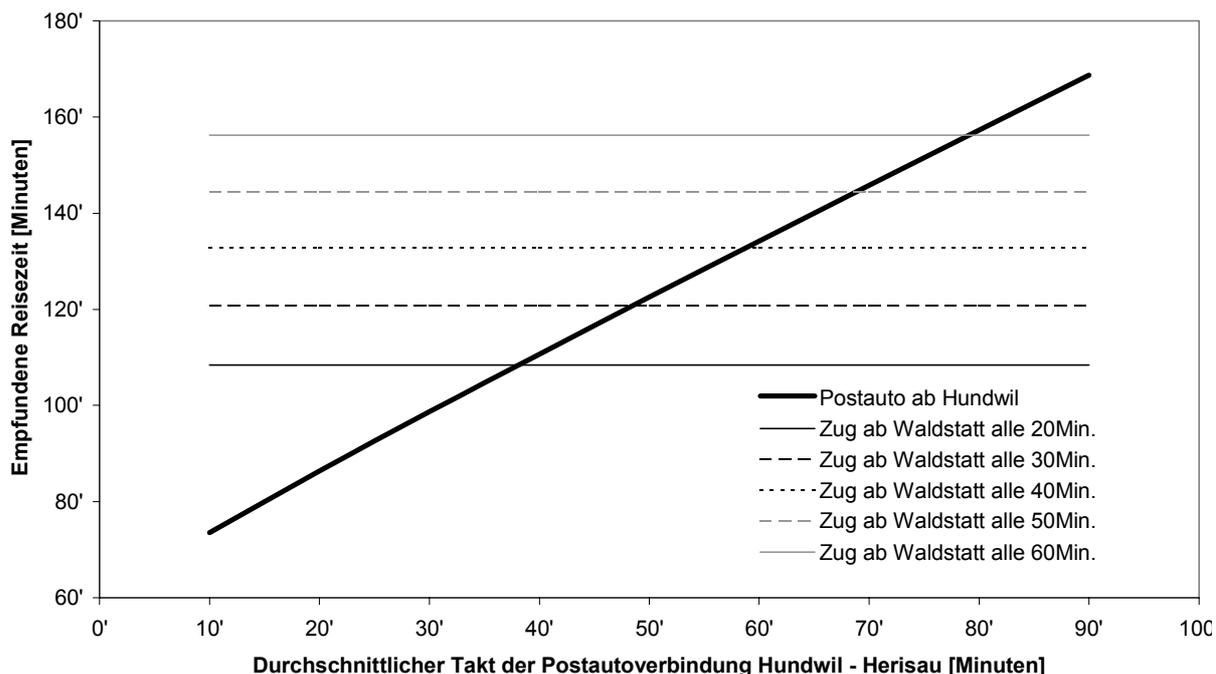
Abbildung 46 Empfundene Reisezeiten im Vergleich: Hundwil nach Herisau



Aufgrund der zeitlich langen Anfahrt nach Waldstatt ist bei einer hohen Postauto-Frequenz die indirekte Verbindung mit dem Zug in jedem Fall uninteressant. Verkehrt das Postauto aber nur noch im Stundentakt, wird die Bahn konkurrenzfähig. Fährt das Postauto nur noch alle 80 Minuten, ist die Bahn mit einem 40-Minuten-Takt bereits besser. Da die meisten Bahnverbindungen im betrachteten Perimeter (Jahr 2000) einen Takt von 40 bis 50 Minuten haben, müssen die Postautoverbindungen im Modell mindestens einen Takt von 80 bis 90 Minuten aufweisen, um einen Einfluss auf die Berechnung der Erreichbarkeit zu haben.

Bei der Fahrt nach Gossau (SG) kommt nun eine weitere Teilstrecke mit der Bahn hinzu. Bei der Anfahrt mit dem Postauto hat dies einen Umsteigevorgang in Herisau⁴⁵ zur Folge, während dies bei der Anfahrt über Waldstatt entfällt.

Abbildung 47 Empfundene Reisezeiten im Vergleich: Hundwil nach Gossau



Da das Umsteigen mit einem Zuschlag von 21 Minuten belegt wird, wird in einem solchen Fall der Umweg über Waldstatt schneller attraktiv. Das Postauto muss bereits einen Takt von 60 bis 70 Minuten aufweisen, um im Modell eine positive Auswirkung zu haben.

Grundsätzlich kann man deshalb davon ausgehen, dass der Einfluss zwischen Nachbargemeinden über die Postautoverbindung relativ gering ist, da sie nur bei sehr hohen Frequenzen eine Rolle spielen. Die Auswirkungen der fehlenden Postautoverbindungen dürften deshalb gering sein, auch wenn durch das Auswahlverfahren einzelne gut bediente Teilstrecken nicht berücksichtigt werden. Der grösste Fehler dürfte sich in der näheren Region bei Gemeinden mit direktem Postautoanschluss bemerkbar machen, während bei weiteren Strecken durch den zusätzlichen Umsteigevorgang der Fehler wieder kleiner wird.

⁴⁵ Angenommene Wartezeit in Herisau: 8 Minuten.

Anhang C: Parameter Umlegungsverfahren in VISUM

C 1: Umlegung des MIV-Netzes in VISUM

Die folgenden Einstellungen wurden in VISUM für das Umlegungsverfahren zur Berechnung der Reisezeiten im Jahr 2020 für den MIV benutzt.

Abbildung 48 Print-Screen VISUM: Parameter für Umlegungsverfahren MIV

Parameter Kenngrößenmatrizen IV

Kenngrößenmatrizen berechnen
 LOS-Matrix berechnen

Dateiname: C:\Programme\PTV_Vision\VISUM800\Example\MIV2020

Format: 0-Format Verkehrsmittelnr (VISEM): 4

Trennzeichen: Semikolon Wert für die Diagonale: 0

Überschreiben bestätigen
 Nur Beziehungen mit Fahrtenmatrix > 0 berechnen
 Nur aktive Bezirke ausgeben

Routenwahl

Kriterium für die Routensuche: t0

Routen aus der Umlegung verwenden
Gewichtung der Routen: Mittel über Wegebelaugung

	Kenngröße	Erw.	Default	min. Wert	max. Wert	Dez.
<input checked="" type="checkbox"/>	t0 Zeit-IVSys	IT0	999999.00	0.00	999999.00	2
<input type="checkbox"/>	tAkt Zeit-IVSys	ITA	999999.00	0.00	999999.00	0
<input type="checkbox"/>	v0 Geschw.-IVSys	IV0	999999.00	0.00	999999.00	0
<input type="checkbox"/>	vAkt Geschw.-IVSys	IVA	999999.00	0.00	999999.00	0

Alle an Alle aus

Werte aufsummieren aus

Strecken
 Quellanbindungen
 Zielanbindungen
 Abbiegebeziehungen

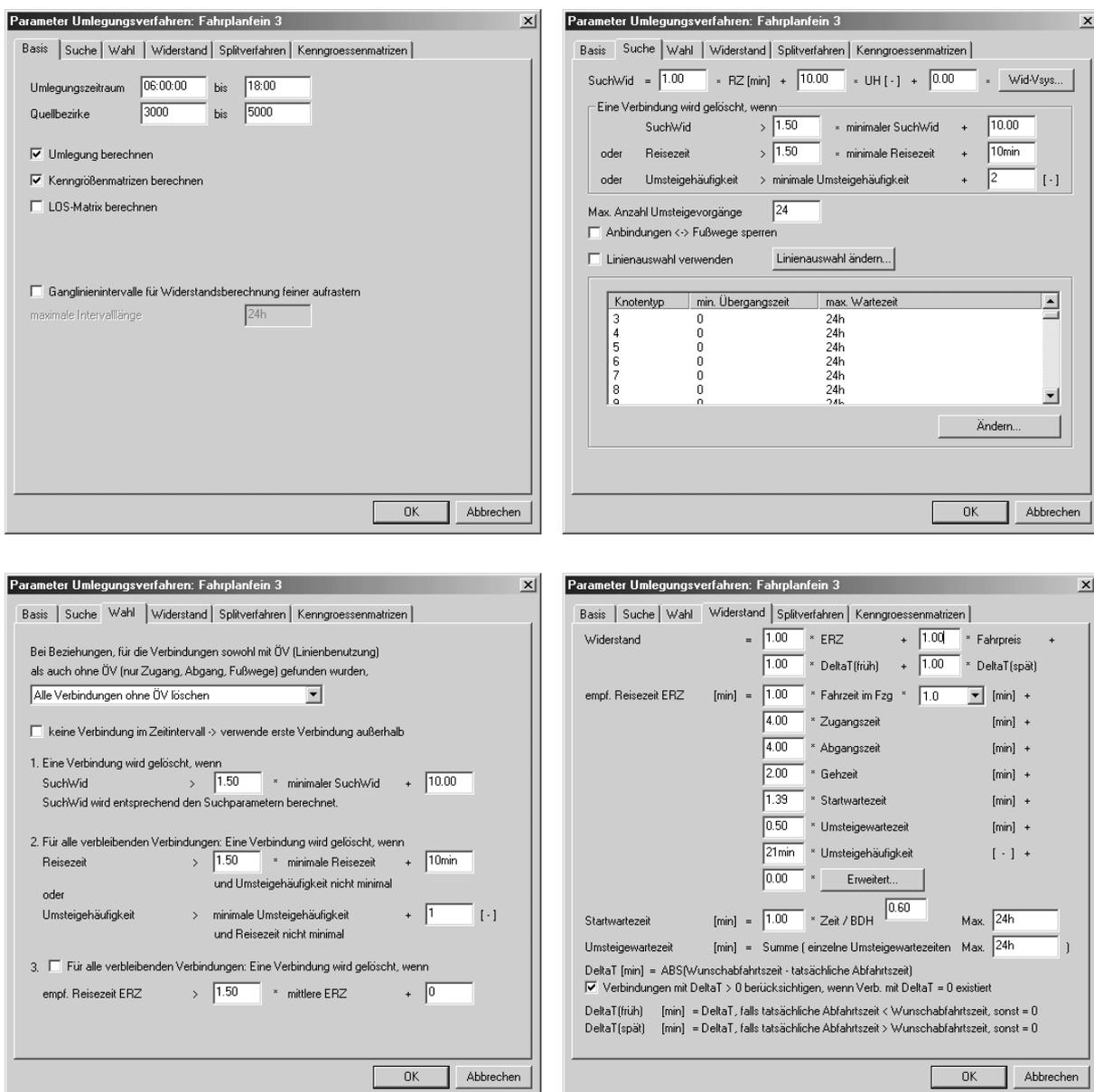
OK Abbrechen

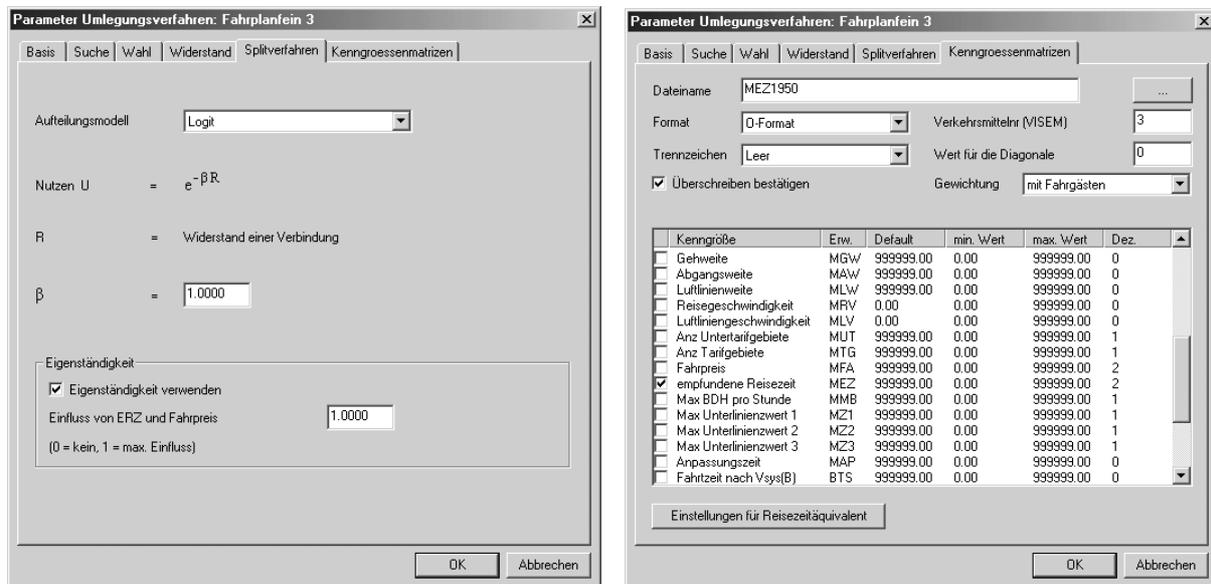
Die Fahrzeit berechnet sich aus der für die Strecken aufgewendeten Zeit. Die Zeiten der Quell- und Zielanbindungen sowie der Abbiegebeziehungen sind 0 und werden faktisch nicht berücksichtigt.

C 2: Umlegung des ÖV-Netzes in VISUM

Die folgenden Einstellungen wurden in VISUM für das Umlegungsverfahren zur Berechnung der empfundenen Reisezeiten im öffentlichen Verkehr benutzt.

Abbildung 49 Print-Screen VISUM: Parameter für Umlegungsverfahren ÖV





Das Modell rechnet mit relativ schnellen **Zugangs-** und **Abgangszeiten**: 12 km/h für die gemeindeinterne Anbindung (Fussgänger, Luftlinie) und 25 km/h für Gemeinden ohne eigene Haltestelle (Velo, Mofa, ev. sporadisch verkehrender Bus; Anfahrtsweg auf Strassennetz). Da die vorliegende Arbeit von 6 km/h und 12.5 km/h ausgeht, wurden die Zugangs- und Abgangszeiten zusätzlich zur doppelten Gewichtung nochmals mit 2 multipliziert, um die gewünschte Geschwindigkeit zu erreichen.

Die oben abgebildeten Parametereinstellungen werden für alle Zeitschnitte ohne Anpassungen verwendet. Detaillierte Angaben zum Umlegungsverfahren und zu sämtlichen Parametern sind im Handbuch zu VISUM eingehend erläutert (PTV, 2001).

Anhang D: Resultate der multiplen linearen Regression

Im Folgenden werden die Resultate dargestellt, die im Kapitel 5.4 nicht eingehender besprochen wurden. Das Vorgehen zur Ermittlung der Modelle wird im Kapitel 4.3.2 erläutert. Die Auswahl der betrachteten Variablen basiert auf den Erkenntnissen aus den Resultaten der Kapitel 5.1 bis 5.3.

D 1: Voruntersuchung zu allen in Betracht gezogenen Variablen

Die Abbildung 50 ist analog zur Abbildung 37 auf Seite 76 aufgebaut und zeigt sämtliche in Betracht gezogenen Variablen zur Modellierung der Raumnutzung. Zu Beginn wurde gegenüber den im Kapitel 5.4 untersuchten Variablen zusätzlich versucht

- die Erreichbarkeiten der Verkehrsnetze MIV und ÖV zu trennen,
- die Beschäftigten B in die einzelnen Sektoren 2 (I) und 3 (D) aufzuteilen,
- Dummy-Variablen für Regionen einzuführen.

Zur besseren Lesbarkeit der Tabellen wurden die Variablen entsprechend der Abbildung 50 grau hinterlegt. Die rot hervorgehobenen Koeffizienten bezeichnen die entwicklungshemmenden Einflüsse: eine Verbesserung der entsprechenden unabhängigen Variablen hat somit eine negative Auswirkung auf die betrachtete abhängige Variable⁴⁶.

⁴⁶ Eine Verbesserung des Gemeinderanges hat im Gegensatz zu den anderen Variablen einen tieferen Wert zur Folge (Rang 10 ist besser als Rang 12) – der Koeffizient ist somit negativ, wenn sich aufgrund einer besseren Rangierung die Raumnutzung verbessert. Für die Variable Erreichbarkeits-Rang sind deshalb die positiven Koeffizienten rot dargestellt.

Abbildung 50 Alle in Betracht gezogenen Variablen zur Zeitreihenanalyse

Zeitpunkt t:	-2	-1	0	+1
Periode p:	← i - 1 →		← i →	
Wohnbevölkerung	ΔW_{i-1}			
Beschäftigte im Sektor 2 (I)	ΔI_{i-1}			
Beschäftigte im Sektor 3 (D)	ΔD_{i-1}			
Erreichbarkeit aufgrund W, MIV	$\Delta EW_{MIV,i-1}$	$\Delta EW_{MIV,i}$	$\Delta EW_{MIV,i+1}$	
Erreichbarkeit aufgrund I, MIV	$\Delta EI_{MIV,i-1}$	$\Delta EI_{MIV,i}$	$\Delta EI_{MIV,i+1}$	
Erreichbarkeit aufgrund D, MIV	$\Delta ED_{MIV,i-1}$	$\Delta ED_{MIV,i}$	$\Delta ED_{MIV,i+1}$	
Erreichbarkeit aufgrund W, ÖV	$\Delta EW_{\ddot{O}V,i-1}$	$\Delta EW_{\ddot{O}V,i}$	$\Delta EW_{\ddot{O}V,i+1}$	
Erreichbarkeit aufgrund I, ÖV	$\Delta EI_{\ddot{O}V,i-1}$	$\Delta EI_{\ddot{O}V,i}$	$\Delta EI_{\ddot{O}V,i+1}$	
Erreichbarkeit aufgrund D, ÖV	$\Delta ED_{\ddot{O}V,i-1}$	$\Delta ED_{\ddot{O}V,i}$	$\Delta ED_{\ddot{O}V,i+1}$	
Erreichbarkeits-Rang		ER_i		
Erreichbarkeits-Niveau		EN_i		
Kerngemeinden		DK_{2000}		
Agglomerationsgemeinden		DA_{2000}		
Landgemeinden		DL_{2000}		

- ΔW_p Entwicklung Wohnbevölkerung in der Periode p
- ΔB_p Entwicklung Beschäftigter in der Periode p; $\Delta B_p = \Delta I_p + \Delta D_p$
- ΔI_p Entwicklung Beschäftigter im Wirtschaftssektor 2 in der Periode p
- ΔD_p Entwicklung Beschäftigter im Wirtschaftssektor 3 in der Periode p
- $\Delta EW_{v,p}$ Entwicklung Erreichbarkeit aufgrund der Wohnbevölkerung in p
- $\Delta EB_{v,p}$ Entwicklung Erreichbarkeit aufgrund der Beschäftigten in p
- $\Delta EI_{v,p}$ Entwicklung Erreichbarkeit aufgrund Beschäftigter im 2. Sektor in p
- $\Delta ED_{v,p}$ Entwicklung Erreichbarkeit aufgrund Beschäftigter im 3. Sektor in p
- ER_p belegter Rang in der Region nach Erreichbarkeit zu Beginn von p
- EN_p Niveau der Erreichbarkeit zu Beginn der Periode P
- i betrachtete Zeitfenster; i = 1960-1970, 1970-1980, ..., 1990-2000
- p Perioden mit Daten; p = 1950-1960, 1960-1970, ..., 2000-2020
- v Verkehrsnetz; v = MIV, ÖV, MIV + ÖV
- DK Dummy-Variable für die Kerngemeinden der Agglomerationen 2000
- DA Dummy-Variable für die Agglomerationsgemeinden 2000 (ohne DK)
- DL Dummy-Variable für Landgemeinden ausserh. Agglomerationen 2000

Tabelle 10 Erklärung der Entwicklung der Wohnbevölkerung mit Regions-Dummy-Variablen, Erreichbarkeit nach Verkehrsnetz, additives Modell

Variablen:	Koeffizienten	T-Statistik
Konstante	58.089	13.653
ΔW_{i-1}	0.279	6.438
ΔD_{i-1}	0.063	5.567
ΔI_{i-1}	0.053	4.079
$\Delta EI_{MIV,i-1}$	70.004	3.926
$\Delta EW_{ÖV,i-1}$	-1711.598	-3.207
$\Delta EI_{ÖV,i-1} * \Delta EI_{MIV,i-1}$	-41.355	-2.970
$\Delta EW_{ÖV,i}$	2678.216	5.991
$\Delta EI_{ÖV,i}$	-3136.180	-3.437
$\Delta ED_{ÖV,i}$	-3498.870	-3.536
$\Delta EW_{MIV,i+1}$	11.934	3.358
DA	4.059	3.459

ausgeschlossene Variablen: DK, DL, ER, EN, $\Delta EW_{MIV,i-1}$, $\Delta EW_{MIV,i}$, $\Delta EI_{MIV,i}$, $\Delta EI_{MIV,i+1}$, $\Delta ED_{MIV,i-1}$, $\Delta ED_{MIV,i}$, $\Delta ED_{MIV,i+1}$, $\Delta EW_{ÖV,i+1}$, $\Delta EI_{ÖV,i-1}$, $\Delta EI_{ÖV,i+1}$, $\Delta ED_{ÖV,i-1}$, $\Delta ED_{ÖV,i+1}$, $(\Delta EW_{ÖV,i-1} * \Delta EW_{MIV,i-1})$, $(\Delta EW_{ÖV,i} * \Delta EW_{MIV,i})$, $(\Delta EW_{ÖV,i+1} * \Delta EW_{MIV,i+1})$, $(\Delta EI_{ÖV,i} * \Delta EI_{MIV,i})$, $(\Delta EI_{ÖV,i+1} * \Delta EI_{MIV,i+1})$, $(\Delta ED_{ÖV,i-1} * \Delta ED_{MIV,i-1})$, $(\Delta ED_{ÖV,i} * \Delta ED_{MIV,i})$, $(\Delta ED_{ÖV,i+1} * \Delta ED_{MIV,i+1})$.

Grautöne: vgl. Abbildung 50, Seite A-17; rote Werte: entwicklungshemmende Einflüsse.

ANOVA:	Freiheitsgrade	Quadratsummen	Mittlere Quadratsumme	Prüfgröße F	F kritisch
Regression	11	29364.080	2669.462	27.420	0.000
Residuen	372	36215.826	97.354		
Gesamt	383	65579.906			

Regressionsstatistik:

Adjustiertes Bestimmtheitsmass	0.431
Standardfehler	0.099
Beobachtungen	384

Tabelle 11 Erklärung der Entwicklung der Wohnbevölkerung mit Regions-Dummy-Variablen, Erreichbarkeit nach Verkehrsnetz, multiplikatives Modell

Variablen:	Koeffizienten	T-Statistik
Konstante	78.294	3.022
ΔD_{i-1}	0.083	6.363
ΔW_{i-1}	0.326	5.749
ΔI_{i-1}	0.047	3.941
$\Delta EW_{MIV,i-1}$	0.083	2.588
$\Delta EW_{ÖV,i-1}$	-0.155	-3.049
$\Delta EW_{ÖV,i}$	0.424	15.310
$\Delta EI_{ÖV,i}$	-0.045	-3.351
$\Delta EW_{MIV,i+1}$	0.092	3.973
$\Delta ED_{ÖV,i+1}$	-0.036	-2.005
DK	-4.949	-3.061

ausgeschlossene Variablen: DA, DL, ER, EN, $\Delta EW_{MIV,i}$, $\Delta EI_{MIV,i-1}$, $\Delta EI_{MIV,i}$, $\Delta EI_{MIV,i+1}$, $\Delta ED_{MIV,i-1}$, $\Delta ED_{MIV,i}$, $\Delta ED_{MIV,i+1}$, $\Delta EW_{ÖV,i+1}$, $\Delta EI_{ÖV,i-1}$, $\Delta EI_{ÖV,i+1}$, $\Delta ED_{ÖV,i-1}$, $\Delta ED_{ÖV,i}$ ($\Delta EW_{ÖV,i-1} * \Delta EW_{MIV,i-1}$), ($\Delta EW_{ÖV,i} * \Delta EW_{MIV,i}$), ($\Delta EW_{ÖV,i+1} * \Delta EW_{MIV,i+1}$), ($\Delta EI_{ÖV,i-1} * \Delta EI_{MIV,i-1}$), ($\Delta EI_{ÖV,i} * \Delta EI_{MIV,i}$), ($\Delta EI_{ÖV,i+1} * \Delta EI_{MIV,i+1}$), ($\Delta ED_{ÖV,i-1} * \Delta ED_{MIV,i-1}$), ($\Delta ED_{ÖV,i} * \Delta ED_{MIV,i}$), ($\Delta ED_{ÖV,i+1} * \Delta ED_{MIV,i+1}$).

Grautöne: vgl. Abbildung 50, Seite A-17; rote Werte: entwicklungshemmende Einflüsse.

ANOVA:	Freiheitsgrade	Quadratsummen	Mittlere Quadratsumme	Prüfgröße F	F kritisch
Regression	10	34260.134	3426.013	60.504	0.000
Residuen	373	21120.800	56.624		
Gesamt	383	55380.934			

Regressionsstatistik:

Adjustiertes Bestimmtheitsmass	0.608
Standardfehler	0.075
Beobachtungen	384

Tabelle 12 Erklärung der Entwicklung der Wohnbevölkerung mit Regions-Dummy-Variablen, multiplikatives Modell

Variablen:	Koeffizienten	T-Statistik
Konstante	176.132	5.977
ΔW_{i-1}	0.217	4.923
ΔD_{i-1}	0.097	6.604
ΔI_{i-1}	0.046	3.046
$\Delta EI_{MIV+\ddot{O}V,i-1}$	0.159	5.286
$\Delta EW_{MIV+\ddot{O}V,i+1}$	0.080	2.746
EN	2.073	2.132
DA	3.863	3.383

ausgeschlossene Variablen: DK, DL, ER, $(\Delta EW_{\ddot{O}V,i-1} + \Delta EW_{MIV,i-1})$, $(\Delta EW_{\ddot{O}V,i} + \Delta EW_{MIV,i})$, $(\Delta EI_{\ddot{O}V,i} + \Delta EI_{MIV,i})$, $(\Delta EI_{\ddot{O}V,i+1} + \Delta EI_{MIV,i+1})$, $(\Delta ED_{\ddot{O}V,i-1} + \Delta ED_{MIV,i-1})$, $(\Delta ED_{\ddot{O}V,i} + \Delta ED_{MIV,i})$, $(\Delta ED_{\ddot{O}V,i+1} + \Delta ED_{MIV,i+1})$.

Grautöne: vgl. Abbildung 50, Seite A-17; rote Werte: entwicklungshemmende Einflüsse.

ANOVA:	Freiheitsgrade	Quadratsummen	Mittlere Quadratsumme	Prüfgröße F	F kritisch
Regression	7	23463.658	3351.951	39.488	0.000
Residuen	376	31917.276	84.886		
Gesamt	383	55380.934			

Regressionsstatistik:

Adjustiertes Bestimmtheitsmass	0.413
Standardfehler	0.092
Beobachtungen	384

D 2: Sensitivitätstests zur Modellierung der Raumnutzungen

Tabelle 13 Sensitivitätstest zur Erklärung der Entwicklung der Wohnbevölkerung

Variablen:	Koeffizienten	T-Statistik
Konstante	1.440	4.840
ΔW_{i-1}	0.284	6.646
ΔB_{i-1}	0.073	3.065
ΔD_{i-1}	0.065	3.261
ΔEB_{i-1}	0.139	3.033
ΔED_{i-1}	-0.063	-2.285
ΔEW_0	0.259	3.421
ΔEB_0	-0.155	-2.480
ΔEW_{i+1}	0.066	1.815
EN	0.025	2.732

Sensitivitätstest mit Ausschluss der folgenden Wertetupel: in der Periode p=1960 - 1970: Alt St.Johann und Wittenbach; in den Perioden p=1970 - 1980 und p=1980 - 1990: Eggersriet; in der Periode 1990-2000: Hauptwil-Gottshaus und Sirnach.

Grautöne: vgl. Abbildung 37, Seite 76; rote Werte: entwicklungshemmende Einflüsse.

ANOVA:	Freiheitsgrade	Quadratsummen	Mittlere Quadratsumme	Prüfgröße F	F kritisch
Regression	9	2.147	0.239	32.566	0.000
Residuen	368	2.696	0.007		
Gesamt	377	4.843			

Regressionsstatistik:

Adjustiertes Bestimmtheitsmass	0.430
Standardfehler	0.086
Beobachtungen	378

Tabelle 14 Vergleich Modell und Sensitivitätstest zur Erklärung der Entwicklung der Wohnbevölkerung

Variable	Resultat aus allen Punkten	Sensitivitätstest* 6 Punkte gelöscht	Abweichung
Koeffizienten:			
Konstante	1.498	1.440	-4%
ΔW_{i-1}	0.242	0.284	+17%
ΔB_{i-1}	0.076	0.073	-4%
ΔD_{i-1}	0.081	0.065	-19%
ΔEB_{i-1}	0.163	0.139	-15%
ΔED_{i-1}	-0.083	-0.063	-24%
ΔEW_0	0.232	0.259	+12%
ΔEB_0	-0.153	-0.155	+1%
ΔEW_{i+1}	0.096	0.066	-31%
EN	0.028	0.025	-11%
Regressionsstatistik:			
Adjustiertes Bestimmtheitsmass	0.403	0.430	
Standardfehler	0.093	0.085	
Prüfgrösse F	29.700	32.566	
Beobachtungen	384	378	

*Sensitivitätstest unter Ausschluss der folgenden Wertetupel: in der Periode p=1960 - 1970: Alt St.Johann und Wittenbach; in den Perioden p=1970 - 1980 und p=1980 - 1990: Eggersriet; in der Periode 1990-2000: Hauptwil-Gottshaus und Sirmach.
Grautöne: vgl. Abbildung 37, Seite 76; rote Werte: entwicklungshemmende Einflüsse.

Tabelle 15 Sensitivitätstest zur Erklärung der Entwicklung der Beschäftigten im 2. Sektor

Variablen:	Koeffizienten	T-Statistik
Konstante	1.199	1.357
ΔW_{i-1}	0.317	2.331
ΔD_{i-1}	0.084	1.667
ΔEB_{i-1}	0.239	2.486
ΔEW_0	-0.967	-3.875
ΔEB_0	1.051	5.439

Sensitivitätstest unter Ausschluss der folgenden Wertetupel: in der Periode p=1960-1970: Schlatt-Haslen, Steinach, Untereggen, Alt St.Johann; in der Periode p=1970 - 1980: Schwellbrunn, Krinau, Rickenbach (TG); sowie für p=1980 - 1990: Eggersriet. Grautöne: vgl. Abbildung 37, Seite 76; rote Werte: entwicklungshemmende Einflüsse.

ANOVA:	Freiheits- grade	Quadrat- summen	Mittlere Quadratsumme	Prüfgröße F	F kritisch
Regression	5	3.797	0.759	9.210	0.000
Residuen	370	30.507	0.082		
Gesamt	375	34.304			

Regressionsstatistik:

Adjustiertes Bestimmtheitsmass	0.099
Standardfehler	0.287
Beobachtungen	376

Tabelle 16 Vergleich Modell und Sensitivitätstest zur Erklärung der Entwicklung der Beschäftigten im 2. Sektor

Variable	Resultat aus allen Punkten	Sensitivitätstest* 8 Punkte gelöscht	Abweichung
Koeffizienten:			
Konstante	1.562	1.199	-23%
ΔW_{i-1}	0.297	0.317	+8%
ΔD_{i-1}	0.054	0.084	+56%
ΔEB_{i-1}	0.232	0.239	+3%
ΔEW_0	-0.844	-0.967	+15%
ΔEB_0	0.908	1.051	+16%

Regressionsstatistik:

Adjustiertes Bestimmtheitsmass	0.063	0.099
Standardfehler	0.314	0.287
Prüfgrösse F	6.177	9.210
Beobachtungen	384	376

*Sensitivitätstest unter Ausschluss der folgenden Wertetupel: in der Periode p=1960-1970: Schlatt-Haslen, Steinach, Untereggen, Alt St.Johann; in der Periode p=1970 - 1980: Schwellbrunn, Krinau, Rickenbach (TG); sowie für p=1980 - 1990: Eggersriet. Grautöne: vgl. Abbildung 37, Seite 76; rote Werte: entwicklungshemmende Einflüsse.

Tabelle 17 Sensitivitätstest zur Erklärung der Entwicklung der Beschäftigten im 3. Sektor

Variablen:	Koeffizienten	T-Statistik
Konstante	1.982	3.222
ΔW_{i-1}	0.523	4.794
ΔD_{i-1}	-0.280	-7.231
ΔED_0	0.329	7.912
ER	-0.032	-2.301

Sensitivitätstest unter Ausschluss der folgenden Wertetupel: Periode p=1960 - 1970: Rickenbach (TG), Krinau, Bronschhofen, Schwellbrunn; Periode p=1970 - 1980: Rickenbach, Krinau, Wittenbach; Periode p=1980 - 1990: Eggersriet.
Grautöne: vgl. Abbildung 37, Seite 76; rote Werte: entwicklungshemmende Einflüsse.

ANOVA:	Freiheitsgrade	Quadratsummen	Mittlere Quadratsumme	Prüfgröße F	F kritisch
Regression	4	7.877	1.969	39.565	0.000
Residuen	371	18.464	.050		
Gesamt	375	26.341			

Regressionsstatistik:

Adjustiertes Bestimmtheitsmass	0.291
Standardfehler	0.223
Beobachtungen	376

Tabelle 18 Vergleich Modell und Sensitivitätstest zur Erklärung der Entwicklung der Beschäftigten im 3. Sektor

Variable	Resultat aus allen Punkten	Sensitivitätstest* 8 Punkte gelöscht	Abweichung
Koeffizienten:			
Konstante	1.921	1.982	+3%
ΔW_{i-1}	0.520	0.523	+1%
ΔB_{i-1}	-0.301	-0.280	-7%
ΔED_0	0.371	0.329	-11%
ER	-0.041	-0.032	-22%
Regressionsstatistik:			
Adjustiertes Bestimmtheitsmass	0.320	0.291	
Standardfehler	0.244	0.223	
Prüfgrösse F	45.986	39.565	
Beobachtungen	384	376	

*Sensitivitätstest unter Ausschluss der folgenden Wertetupel: Periode p=1960 - 1970: Rickenbach (TG), Krinau, Bronschhofen, Schwellbrunn; Periode p=1970 - 1980: Rickenbach, Krinau, Wittenbach; Periode p=1980 - 1990: Eggersriet.
Grautöne: vgl. Abbildung 37, Seite 76; rote Werte: entwicklungshemmende Einflüsse.

Tabelle 19 Sensitivitätstest zur Erklärung der Entwicklung Raumnutzung

Variablen:	Koeffizienten	T-Statistik
Konstante	2.771	7.186
ΔW_{i-1}	0.333	4.863
ΔD_{i-1}	-0.090	-3.695
ΔED_0	0.165	6.289
ER	-0.023	-2.625

Sensitivitätstest unter Ausschluss der folgenden Wertetupel: Periode p=1960 - 1970: Rickenbach (TG), Krinau, Bronschhofen, Schwellbrunn, Andwil, Zuzwil, Untereggen; Periode p=1970 - 1980: Rickenbach, Krinau, Wittenbach; Periode p=1980 - 1990: Eggersriet. Grautöne: vgl. Abbildung 37, Seite 76; rote Werte: entwicklungshemmende Einflüsse.

ANOVA:	Freiheitsgrade	Quadratsummen	Mittlere Quadratsumme	Prüfgröße F	F kritisch
Regression	4	1.694	.424	21.757	0.000
Residuen	368	7.163	.019		
Gesamt	372	8.857			

Regressionsstatistik:

Adjustiertes Bestimmtheitsmass	0.182
Standardfehler	0.140
Beobachtungen	373

Tabelle 20 Vergleich Modell und Sensitivitätstest zur Erklärung der Entwicklung der Raumnutzung

Variable	Resultat aus allen Punkten	Sensitivitätstest* 11 Pkte gelöscht	Abweichung
Koeffizienten:			
Konstante	2.588	2.771	+7%
ΔW_{i-1}	0.338	0.333	-1%
ΔB_{i-1}	-0.102	-0.090	-12%
ΔED_0	0.212	0.165	-22%
ER	-0.028	-0.023	-18%
Regressionsstatistik:			
Adjustiertes Bestimmtheitsmass	0.219	0.182	
Standardfehler	0.159	0.140	
Prüfgrösse F	27.782	21.757	
Beobachtungen	384	373	

* Sensitivitätstest unter Ausschluss der folgenden Wertetupel: Periode p=1960 - 1970: Rickenbach (TG), Krinau, Bronschhofen, Schwellbrunn, Andwil, Zuzwil, Untereggen; Periode p=1970 - 1980: Rickenbach, Krinau, Wittenbach; Periode p=1980 - 1990: Eggersriet. Grautöne: vgl. Abbildung 37, Seite 76; rote Werte: entwicklungshemmende Einflüsse.

Die *Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung* dienen der schnellen Verbreitung der Ergebnisse der Arbeit der Mitarbeitenden und Gäste des Instituts. Die Verantwortung für Inhalt und Gestaltung liegt alleine bei den Autor/innen.

The *Working Papers Traffic and Spatial Planning* are intended for the quick dissemination of the results of the members and guests of the Institute. Their content is the sole responsibility of the authors.

Eine vollständige Liste der Berichte kann vom Institut angefordert werden:

A complete catalogue of the papers can be obtained from:

IVT ETHZ
ETH Hönggerberg (HIL)
CH - 8093 Zürich

Telephon: +41 1 633 31 05

Telefax: +41 1 633 10 57

E-Mail: hotz@ivt.baug.ethz.ch

WWW: www.ivt.baug.ethz.ch

Der Katalog kann auch abgerufen werden von:

The catalogue can also be obtained from:

http://www.ivt.baug.ethz.ch/veroeffent_arbeitsbericht.html