

Diplomarbeit

**Modellierung des Wirtschaftsverkehrs  
in der Süd-Ost Steiermark,  
Süd-Burgenland und Nord-Slowenien**

Ausgeführt zum Zweck der Erlangung des akademischen Grades eines  
**Dipl.-Ing. (FH) für Computersimulation**  
am Fachhochschul-Diplomstudiengang St. Pölten

unter der Leitung von

Erstbetreuer: DI Dr. Bruno Schwab  
Zweitbetreuer: DI Martin Ecker

ausgeführt von

Nikolaus Nutz  
Si0950210015

St. Pölten, am 6. September 2006

Unterschrift:.....

## Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungskommission vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Nikolaus Nutz, den 6. September 2006.....

---

## Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit hat, zum Ziel die Modellierung eines Verkehrsnachfragemodelles für den grenzüberschreitenden Güterverkehr zu beschreiben. Der Untersuchungsraum erstreckt sich über die Regionen Süd-Ost-Steiermark, Süd-Burgenland und dem Nordosten von Slowenien. Zur Berechnung der Verkehrsströme wird das typische „4-Stufen-Modell“ verwendet.

Die Verkehrsnachfrageberechnung wird mit der Simulationssoftware *VISEVA* der Fa. PTV AG durchgeführt. Die Software arbeitet mit dem EVA Modell von Lohse. Die Umlegung der Fahrtenmatrizen auf das Verkehrsnetz erfolgt mit der Software *VISUM*, welche ebenfalls der oben genannten Firma vertrieben wird.

Die Raumstrukturdaten werden nach Wirtschaftssektoren gegliedert. Im Modell wird der primäre und der sekundäre Sektor unterschieden. Die Fahrten werden mit einem Verkehrsmittel (LKW) durchgeführt. Eine weitere Aufteilung (z.B.: nach Nutzlastklassen) wäre sinnvoll, aber aufgrund mangelnder Datenlage nicht möglich. Eine Sonderabfrage von der Statistik Austria dient als Grundlage zur Berechnung der Verkehrsverhaltenparameter. Im Modell werden keine Rundfahrten abgebildet, da laut Aussage von Statistik Austria ihr Anteil nur 3% beträgt.

Ein Summenvergleich, der simulierten Quell- und Zielverkehrsaufkommen der Bezirke, mit empirisch ermittelten Daten, zeigt eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse. Dieser Vergleich kann allerdings nur für das Untersuchungsgebiet in Österreich gemacht werden, da die Daten der Verkehrsstatistik, für Slowenien nicht vollständig sind.

Die Verkehrsumlegung in *VISUM* zeigt, dass die Grenzübergänge mit der „Standardmodellierung“ nicht richtig abgebildet werden. Weiters ist zu bemerken, dass zur Kalibrierung des Modells wenig Daten verfügbar sind. In diesem Bereich besteht ein Bedarf an umfangreicheren Erhebungen.

Die gewonnene Erfahrung aus dieser Arbeit ist, dass mit dem Kennwertmodell ein flexibles Verkehrsnachfragemodell des grenzüberschreitenden Güterverkehrs erstellt werden kann. Zur Abbildung der Grenzen sind jedoch spezielle Modellierungsschritte notwendig.

---

## Abstract

The aim of this diploma thesis is to describe the modelling of the international road haulage with the travel demand model. The area under investigation covers the south-east-Styria, south-Burgenland and the northeast of Slovenia. The flow of traffic is found out with the typical "4-steps-model".

The travel demand is carried out with the software *WISEVA* of the company PTV AG. The software implements the EVA model developed by Lohse. The trip assignment is carried out with *VISUM*, also a software of the mentioned company.

The structure data are divided into economic sectors, the primary and secondary sector. The trips are generated with one vehicle type (LKW). A further segmentation into more vehicles would be useful but because of the lack of information it is not possible. A special query is the basis for calculating the behaviour-orientated parameters. The model only includes source and destination trips because the rate of round trips is only 3%.

The sum of source and destination trips calculated by *WISEVA* is in accordance with empirical collected data. This comparison is only possible for Austria because of the incomplete statistical data from Slovenia.

The trip assignment with *VISUM* shows the needs for a more extensive model for the border crossings. Furthermore there is a lack of data for the calibration process. Therefore the author realises an increased requirement on surveys.

The conclusion we can draw is that it is possible to model a flexible travel demand model for the international road haulage. For reproducing the border crossings the need of extensive modelling steps are necessary.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b>	<b>I</b>
<b>Abstract</b>	<b>II</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>III</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Erkenntnisgegenstand</b>	<b>2</b>
2.1 Was wurde erforscht . . . . .	2
2.1.1 Wirtschaftsverkehr . . . . .	2
2.1.2 Verkehr in Zahlen . . . . .	3
2.2 Relevanz des Themas . . . . .	5
2.3 Das Programmsystem VISEVA . . . . .	7
2.4 4-Stufen-Modell . . . . .	7
2.5 Verkehrserzeugung . . . . .	7
2.5.1 Allgemein . . . . .	7
2.5.2 Kennwertmodell . . . . .	8
2.5.3 Güterverkehr . . . . .	8
2.5.4 Berechnung der Quell- und Zielverkehrsaufkommen . . . . .	10
2.5.4.1 Berechnung des Versandaufkommen . . . . .	11
2.5.4.2 Berechnung des Empfangsaufkommen . . . . .	12
2.6 Verkehrsverteilung . . . . .	12
2.6.1 Allgemein . . . . .	12
2.6.2 Verfahren zur Lösung des Gleichungssystems . . . . .	14
2.6.3 Wirtschaftsverkehr . . . . .	17
2.6.4 Verkehrsverteilungsmodelle . . . . .	19
2.7 Verkehrsaufteilung . . . . .	20
2.8 Simultane Verkehrsverteilung und -aufteilung . . . . .	22
2.8.1 Verkehrsaufteilung im WIV . . . . .	23
2.9 Verkehrsumlegung . . . . .	23
2.9.1 Netzmodellierung . . . . .	23
2.9.2 Fahrtwegermittlung . . . . .	24
2.9.3 Verkehrsstromaufteilung . . . . .	25
2.9.4 Wirtschaftsverkehr . . . . .	26
2.10 Bewertungsfunktionen . . . . .	26
2.10.1 Potenzfunktion . . . . .	27
2.10.2 Exponentialfunktion . . . . .	28
2.10.3 EVA Funktion . . . . .	30
2.11 Randsummen . . . . .	33

---

2.11.1 Randsummenbedingungen . . . . .	33
<b>3 Problembenennung</b>	<b>34</b>
<b>4 Forschungsleitende Fragestellung</b>	<b>36</b>
<b>5 Forschungsstrategie</b>	<b>37</b>
5.1 Methoden . . . . .	37
5.2 Arbeitsablauf . . . . .	37
5.2.1 Definition des Untersuchungsgebietes . . . . .	39
5.2.2 Modellierung Verkehrsnetz . . . . .	41
5.2.3 Strukturdaten und Verkehrsverhaltensparameter . . . . .	42
5.2.3.1 Bildung verhaltensähnlicher Gruppen . . . . .	43
5.2.3.2 Ermittlung der Verkehrsverhaltensdaten . . . . .	43
5.2.4 Simulation mit <i>VISEVA</i> . . . . .	45
5.2.5 Umlegung in <i>VISUM</i> . . . . .	47
5.2.6 Kalibrierung . . . . .	48
5.2.6.1 Kalibrierung der Nachfragedaten . . . . .	48
5.2.6.2 Kalibrierung der EVA Parameter . . . . .	48
5.2.6.3 Kalibrierung der Umlegung . . . . .	49
<b>6 Conclusio</b>	<b>51</b>
<b>7 Zusammenfassung</b>	<b>52</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>53</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>54</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>56</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>57</b>
<b>Anhang</b>	<b>58</b>

# 1 Einleitung

Durch die EU Gemeinschaftsinitiative INTERREG IIIA soll die grenzübergreifende Zusammenarbeit intensiviert werden. Die Umsetzung gemeinsamer Entwicklungsstrategien soll die Grenzregionen auf die sich ergebenden Chancen bestmöglich vorbereiten.

In Österreich werden sieben INTERREG IIIA Programme umgesetzt. In dieser Arbeit erfolgt die Untersuchung des Wirtschaftsverkehrs in der Region Süd-Ost-Steiermark, Süd-Burgenland und dem Nordosten von Slowenien.

Durch die Erweiterung der EU kommt es zu einer engeren wirtschaftlichen Verflechtung mit den Nachbarstaaten. Die fortschreitende Liberalisierung der Wirtschafts- und Handelsbeziehungen führt zu einer laufenden Verbesserung der Bedingungen für die Kooperation zwischen Unternehmen und Institutionen. Daraus resultiert auch eine Veränderung des regionalen grenzüberschreitenden Wirtschaftsverkehrs.

Die Vorhersage von Veränderungen der Verkehrsnachfrage und die richtige Steuerung von Verkehrsflüssen ist eine große Herausforderung. Um erhöhtes Verkehrsaufkommen frühzeitig erkennen zu können, sind Prognosen erforderlich. Zur Quantifizierung einer Änderung der Verkehrsnachfrage ist es nötig ein Netz des aktuellen Zustands aufzubauen. Die Abbildung der Ist-Situation in der Region erfolgt mittels eines makroskopischen Verkehrsmodells. Die ersten drei Stufen des „4-Stufen-Modells“ werden mit dem Programmsystem *WISEVA* abgedeckt. Dabei erfolgt die Berechnung der Fahrtenmatrizen nach dem Kennwertmodell, welches in *WISEVA* implementiert ist.

Die Umlegung, also die Berechnung der Verkehrsbelastung im Netz, der generierten Fahrtenmatrizen erfolgt mit dem Programm *VISUM*.

Da vorhandene Verkehrsuntersuchungen auf dem Transportaufkommen in Tonnen (t) bzw. Tonnen-Kilometer (tkm) basieren, können diese Daten nicht direkt verwendet werden. Eine zusätzliche Herausforderung stellt der Dienstleistungsverkehr dar. Dieser wird von statistischen Stellen nicht erfasst und Zähldaten regionaler Stellen sind auch nicht vorhanden.

Durch Nachforschung in der Fachliteratur und Befragung soll eine brauchbare Datenbasis gefunden werden. Anschließend erfolgt die Simulation unter Zuhilfenahme der erwähnten Simulationssoftware. Ein wichtiges Kriterium, um aussagekräftige Prognosen erstellen zu können, ist die Kalibrierung des Modells. Diese erfolgt anhand vorhandener Querschnittsmessungen und regionaler Verkehrserhebungen.

## 2 Erkenntnisgegenstand

### 2.1 Was wurde erforscht

In dieser Arbeit liegt der Untersuchungsfokus auf dem grenzüberschreitenden Wirtschaftsverkehr. Das Untersuchungsgebiet ist die Süd-Ost-Steiermark, Süd-Burgenland und Nord-Slowenien. Hauptaugenmerk wird auf den Transport von Gütern auf der Strasse gelegt. Die Untersuchungseinheit stellt das Kraftfahrzeug dar.

#### 2.1.1 Wirtschaftsverkehr

Es gibt zahlreiche Definitionen, welche den Begriff Wirtschaftsverkehr beschreiben. In den meisten davon lässt sich eine Abgrenzung zum Personenverkehr anhand des Fahrzwecks erkennen. Eine dieser Definitionen lautet wie folgt:

*„Wirtschaftsverkehr ergibt sich aus den produzierenden, handelnden und dienstleistenden Aktivitäten einer Stadt oder Region und wird ... als Beförderung von Gütern und Personen verstanden, die in Ausübung des Berufes und zur Erbringung erwerbswirtschaftlicher Tätigkeiten durchgeführt wird.“* (zit. n. [Deneke, 2005])

Eine mögliche innere Aufteilung des WIV zeigt Abb. 2.1. Wichtige Determinaten wie

Wirtschaftsverkehr		
<b>Güterverkehr</b> Transport von Gütern, Waren, Material, ... Zweck: Holen/Bringen/ Befördern	<b>Personen WIV</b> mit/ohne Gütertransport Zweck: Geschäftsreisen, Dienstleistungsfahrten,...	<b>sonstiger WIV</b> Dienstleistungsverkehr Handwerkerverkehr Kundendienste

**Abb. 2.1:** Einteilung Wirtschaftsverkehr

Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung werden auch in Zukunft noch ansteigen. Die Liberalisierung der Märkte, die Globalisierung, der Wandel in den Wirtschaftsstrukturen der Staaten, ... haben Auswirkungen auf den Wirtschaftsverkehr. So ändern sich etwa die Losgröße, die internationalen Transporte steigen, Fahrweiten und Verkehrsleistung erhöhen sich. Das Wirtschaftswachstum wird vor allem durch die Expansion des tertiären Sektors

getragen. Dies führt zu einer Entkopplung von BIP und Güterverkehrsaufkommen. Andererseits kommt es durch eine geringere Fertigungstiefe in den Unternehmen zu einem höheren Transportaufwand.

Die Erfassung und Prognose des Wirtschaftsverkehrs gewinnt daher immer mehr an Bedeutung. Die geplante Erweiterung der EU (z.B.: Slowenien) bewirkt die Erforschung des Verkehrs in Grenzregionen.

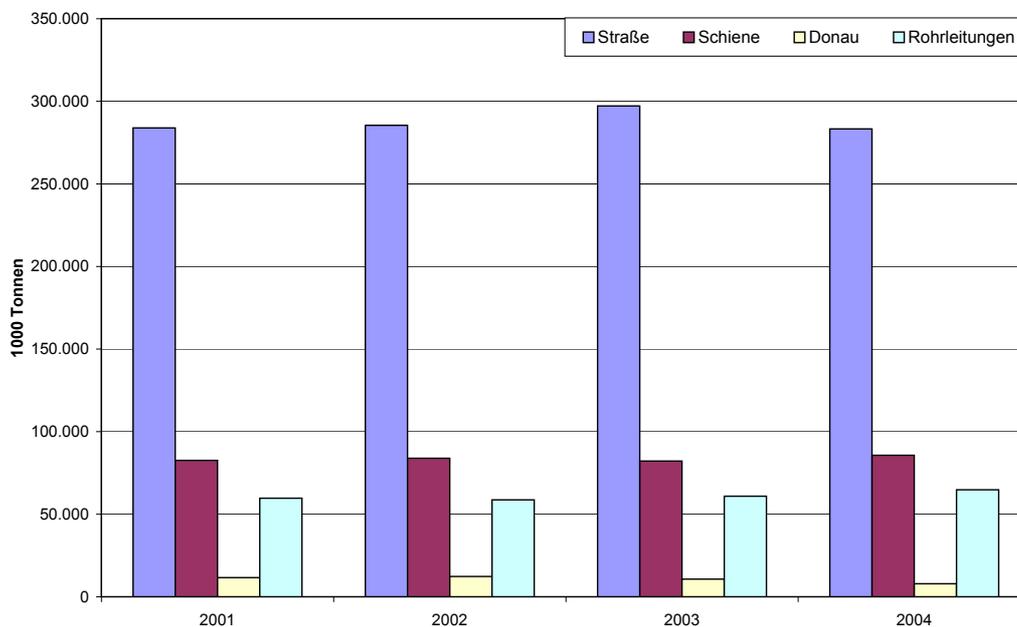
### 2.1.2 Verkehr in Zahlen

2004 wurden in Österreich rund 442 Millionen Tonnen Güter von Straßengüterfahrzeugen mit einer Nutzlast von mind. 2 Tonnen transportiert. Für jeden österreichischen Einwohner bzw. Einwohnerin wären dies 148 Kilogramm pro Tag.

Der Transport auf der Straße ist gegenüber dem Jahr 2003 zurückgegangen, jedoch ist die Straße der meist benutzte Verkehrsträger. (Tab.2.1 und Abb.2.2).

[1000 t]	2001	2002	2003	2004
Straße	283.900	285.500	297.200	283.300
Schiene	82.600	83.900	82.200	85.700
Donau	11.600	12.300	10.700	7.900
Rohrleitungen	59.700	58.700	60.900	64.800
Summe	437.800	440.400	451.000	441.700

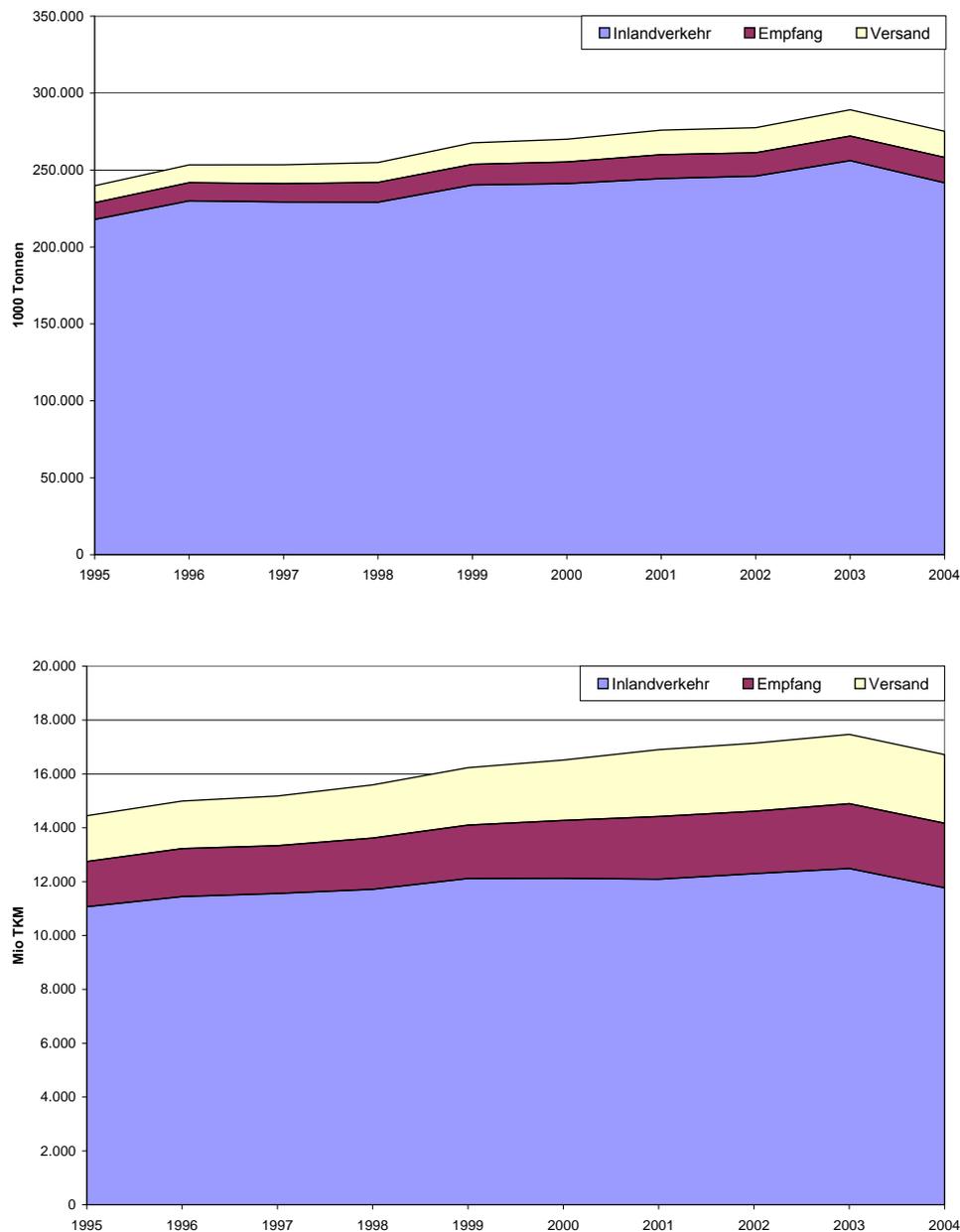
**Tab. 2.1:** Entwicklung des Güterverkehrs in Österreich (Quelle: Statistik Austria)



**Abb. 2.2:** Transportaufkommen nach Verkehrsträger in AUT (Quelle: Statistik Austria)

In den letzten Jahren wuchs der Schienenverkehr schneller als der Straßenverkehr, wenn auch die Schiene 2003 gegenüber 2002 einen leichten Rückgang verzeichnen musste. Im Binnen-

verkehr (Quell- und Zielverkehr in Österreich), welcher das höchste Aufkommen verursacht (Abb.2.3), ist die Strasse der dominierende Verkehrsträger. Das ist auf die relativ kurzen



**Abb. 2.3:** Transportaufkommen/-leistung Strasse in AUT (Quelle: Statistik Austria)

Transportdistanzen zurückzuführen, bei welchen der ökonomische Einsatz anderer Verkehrsträger nicht sinnvoll ist.

Zwei von drei in Österreich auf Straße, Schiene oder Schiff zurückgelegten Tonnenkilometer werden in Verkehren mit dem Ausland zurückgelegt, als Import, Export oder Transitverkehr (vgl. Tab. 2.2). Betrachtet man die internationale Entwicklung im Güterverkehr, erkennt man einen deutlich höheren Zuwachs beim Import und Export als beim Binnenverkehr.

[%]	Strasse	Schiene	Schiff	Summe
Binnen	+1,6	+0,8	+4,6	+1,5
Import/Export	+5,2	+4,3	+1,4	+4,6
Transit	1,9	+5,5	+2,2	+3,1
Gesamt	+2,2	+3,8	+1,9	+2,5

Tab. 2.2: Transportaufkommen, durchschnittliche jährl. Zuwachsraten 1999-2003 (Quelle: bmvit)

## 2.2 Relevanz des Themas

In Europa wird der Güterverkehr auch in den nächsten Jahren weiter ansteigen. Ein Grund dafür ist das Zusammenwachsen von Märkten für Güter und Dienstleistungen und die wirtschaftliche Verflechtung über nationale Grenzen hinweg. Vorallem in Grenzregionen wird die Intensivierung von Wirtschaftsbeziehungen durch grenzüberschreitende Projekte, welche von der EU gefördert werden, forciert. Diese Entwicklung führt zur Zunahme des grenzüberschreitenden Handels (Abb. 2.4) und zu einer internationalen Arbeitsteilung. Der

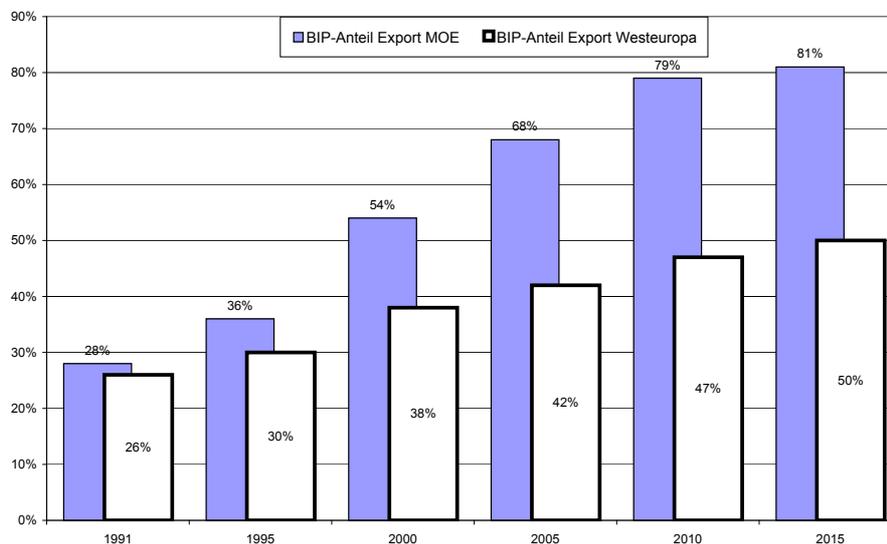


Abb. 2.4: Exportquote (Quelle: [Chr.Pfohl, 2003, Seite 70])

Güterverkehr in Österreich zeigt ebenso ein höheres Wachstum im Auslandsverkehr als der Binnenverkehr.

Durch die europäische Integration kommt es zu einem kräftigen Anstieg im Güterverkehr und hier vorallem beim Strassengüterverkehr.

Die Vorhersage von Veränderungen der Verkehrsnachfrage und die richtige Steuerung von Verkehrsflüssen ist eine große Herausforderung. Herkömmliche Steuerungsstrategien können nur auf bereits eingetretene Situationen reagieren. Um jedoch erhöhtes Verkehrsaufkommen frühzeitig erkennen zu können, sind Prognosen erforderlich. Wenn man wissen möchte, wie sich das Verkehrsgeschehen entwickelt, je nach dem, wie sich die Verkehrsinfrastruktur, ökonomische Gegebenheiten oder soziodemografische Daten ändern, so kann man das schwer als praktisches Experiment durchführen. Diese Einflüsse können mittels Simulation effizient

untersucht werden. Prognosemodelle dienen dann als Grundlage, zukünftige Transportwege und -mittel zu planen.

Um Änderungen der Verkehrsnachfrage quantifizieren zu können, ist es nötig, ein Netz des aktuellen Zustands aufzubauen. Mögliche Veränderungen können in Ableitung dieses Netzes entwickelt und simuliert werden. Makroskopische Modelle sind in der Lage den Verkehrsfluss in großen Gebieten abzubilden.

Oftmals sind Verkehrsuntersuchungen und Modelle nur für das höherrangige Straßennetz vorhanden und nicht für das regionale Netz. Die Erzeugung eines entsprechenden Modells erfolgt anhand erhobener Daten und Analysen. In der Steiermark und Slowenien liegt nur eine unvollständige Datenbasis vor.

Von Statistik Austria werden Erhebungen des Güterverkehrs durchgeführt, allerdings können die Auswertungen nicht direkt zur Modellierung verwendet werden. Dadurch ergab sich die Notwendigkeit, eine geeignete Datenbasis zur Modellerstellung zu generieren.

## 2.3 Das Programmsystem VISEVA

Die Software *VISEVA* bildet, wie die Bezeichnung EVA aussagt, die Erzeugung, Verteilung und Aufteilung des Verkehrs ab. Das EVA Modell wurde im wesentlichen von D. Lohse entwickelt und in [Schnabel/Lohse, 1997] beschrieben. Es wird zu den disaggregierten Modellen gezählt. Diese werden auch als verhaltensorientierte Modelle bezeichnet, da die Berechnung aller drei Stufen auf Basis verhaltenshomogener Gruppen durchgeführt wird. Bei der Modellierung des Wirtschaftsverkehrs kann die Gruppenbildung etwa nach Wirtschaftsklassen (ÖNACE) <sup>1</sup> oder Güterart (NST/R) <sup>2</sup> erfolgen.

## 2.4 4-Stufen-Modell

Die Abbildung des Verkehrsgeschehens eines Untersuchungsgebietes kann nach verschiedenen Methoden erfolgen. Ein häufig verwendeter Ansatz ist die Modellierung nach dem „4-Stufen-Modell“. Dabei sind folgende Schritte durchzuführen:

1. Verkehrs**E**rzeugung (Wunsch nach Ortsveränderung)
2. Verkehrs**V**erteilung (Wohin?)
3. Verkehrs**A**ufteilung (Welches Verkehrsmittel?)
4. Umlegung (Auf welchem Weg?)

## 2.5 Verkehrserzeugung

### 2.5.1 Allgemein

Bei der Verkehrserzeugung erfolgt die Berechnung des Quell- ( $Q_i$ ), Ziel- ( $Z_j$ ) und Gesamtverkehrsaufkommens ( $V$ ) (Abb. 2.5). Dabei ist das  $Q_i$ , die mittlere Anzahl der Ortsveränderungen, die im Bezirk  $i$  beginnen.  $Z_j$  ist die entsprechende Anzahl an Ortsveränderungen, die im Bezirk  $j$  enden. Diese Werte stellen die Randsummen der Verkehrstrommatrizen dar. Die Ermittlung dieser Aufkommen erfolgt nach dem Kennwertmodell.

---

<sup>1</sup>Es handelt sich bei der ÖNACE 2003 um die österreichische Version der NACE (Rev.1.11), also jener europäischen Wirtschaftstätigkeitenklassifikation, die gemäß Europäischer Kommissionsverordnung (Verordnung (EG) Nr. 29/2002 der Kommission vom 19.12.2001) seit 1. Jänner 2003 für alle Mitgliedstaaten verbindlich anzuwenden ist.

<sup>2</sup>Die NST/R besteht aus einem Verzeichnis von 176 Güterpositionen, in dem die Güter hauptsächlich nach ihrer Art, dem Verarbeitungsgrad, ihren Transportbedingungen und den beförderten Mengen eingeteilt sind.

		Q <sub>i</sub>
	Z <sub>j</sub>	V

Abb. 2.5: Verkehrserzeugung

### 2.5.2 Kennwertmodell

Was bedeutet nun Kennwertmodell?

Bei diesem Modell erfolgt eine differenzierte Untersuchung der Entstehungsursachen von Ortsveränderungen (vgl. [Schnabel/Lohse, 1997, Seite 16ff]). Das gesamte Verkehrsgeschehen wird in möglichst homogene Schichten (zB: Gütergruppen, Personengruppen) unterteilt. So wird versucht stochastische Zusammenhänge, welche durch Kennwerte charakterisiert sind, zu beschreiben.

Als Grundlage dieser Kennwerte dienen umfangreiche empirische Erhebungen, bei denen das Mobilitätsverhalten der Bevölkerung erfasst wird. In Deutschland können etwa die Daten der Erhebung des Systems repräsentativer Verkehrsbefragungen (SrV) verwendet werden. In Österreich ist die Datenlage eingeschränkt, da solche Umfragen gar nicht oder nur für einzelne Regionen vorhanden sind.

Verwendete Kennwerte sind:

- spezifisches Verkehrsaufkommen

$$SV = \frac{\text{Anzahl der Ortsveränderungen durch die Personengruppe}(n)}{\text{Anzahl der Personen in der maßgebenden Bezugspersonengruppe}}$$

- Erzeugungsrate

$$ER = \frac{\text{Anzahl der Ortsveränderungen verursacht durch die Strukturgröße}}{\text{Anzahl der maßgebenden Strukturgrößen}}$$

- Binnenverkehrsanteile

Diese Faktoren beschreiben den im Untersuchungsgebiet verbleibenden Anteil am Eigenverkehr. Sie sind notwendig, da Ortsveränderungen, über die Grenzen des Untersuchungsgebiets hinaus, nicht in die Modellrechnung einbezogen werden.

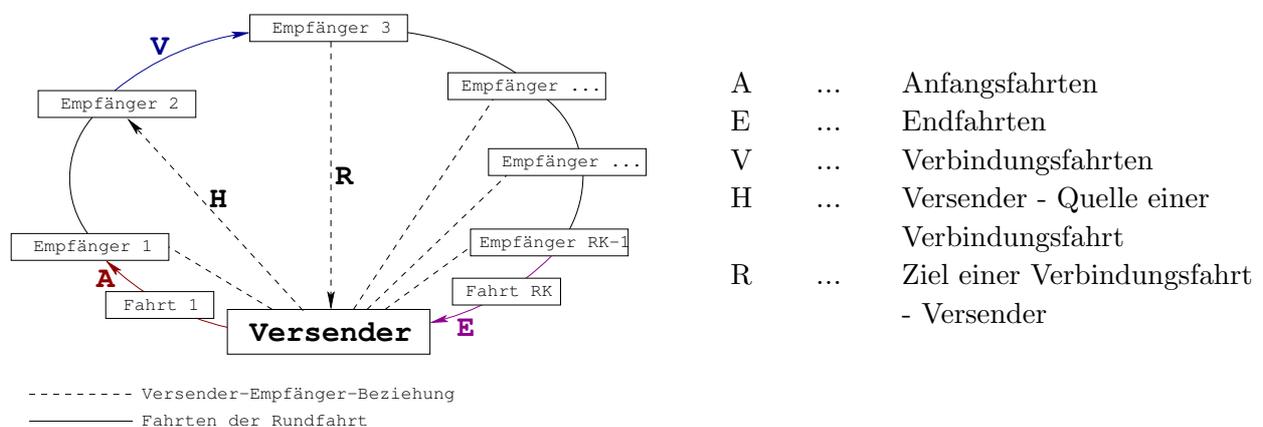
### 2.5.3 Güterverkehr

Die Modellierung des Güterverkehrs erfolgt ebenfalls mit dem beschriebenen Kennwertmodell. Allerdings ist die Modellierungssituation problematischer und differenzierter als im

Personenverkehr. Es sind mehr Interakteure (Sender, Frächter, Fahrer,...) als im Personenverkehr beteiligt, und so entsteht ein komplexerer Entscheidungsprozeß. Die nachfolgende Beschreibung dient als Überblick zum Kennwertmodell. Eine ausführliche Beschreibung findet man in der Diplomarbeit von J. Salzwedel [Salzwedel, 1997, Seite 20ff].

Bei der Nachfragemodellierung wird angenommen, dass ein Transportmittel eine oder mehrer Touren pro Zeiteinheit durchführt. Diese beginnen beim Versender und enden auch dort. Die Einteilung in homogene Schichten (Rundfahrtengruppen RFG) kann etwa nach Wirtschaftszweigen (ÖNACE) oder Gütergruppen (NST/R) erfolgen. Mit den entsprechenden Kennwerten und unter Berücksichtigung von Randsummenbedingungen ist es dann möglich, die Versand- und Empfangsaufkommen der Bezirke zu berechnen.

Einen wichtigen Aspekt bei der Modellierung stellt die Rundfahrtengestaltung im WIV dar. Tourenoptimierungsmodelle, wie sie in Logistik und Betriebswirtschaft verwendet werden, können bei der regionalen Verkehrsplanung nicht verwendet werden, da die benötigten Daten fehlen. Daher kommt bei den Berechnungen das in Abb. 2.6 vereinfachte Modell zur Anwendung.



**Abb. 2.6:** Fahrten und Versender-Empfänger-Beziehung in Rundfahrten (Quelle: [Lohse, 1997, Seite 35])

Jede Rundfahrt startet bei einem Versender und endet auch dort. Es erfolgt eine Unterscheidung zwischen Anfangs- (A), End- (E) und Verbindungsfahrten (V). Jeder Verbindungstyp wird einer QZG zugeordnet.

- ⇒ QZG A (Typ 1): Anfangsfahrten der Rundfahrt
- ⇒ QZG V (Typ 3): Verbindungsfahrten
- ⇒ QZG E (Typ 2): Endfahrten der Rundfahrt

Dieses Modell macht es möglich, Hin- und Rückfahrten, sowie Fahrtenketten (Rundfahrten) mit einer beliebigen Anzahl von Verbindungsfahrten nachzubilden. Die Beziehungen H und R stellen die Verbindung des Transportmittels zum Versender dar. Weiters erfolgt bei der Berechnung der Verbindungsfahrten eine Bewertung der Beziehungen H und R. Der verwendete Faktor errechnet sich aus Widerstandswerten (z.B.: Reisezeit), welche an einer Funktion (z.B.: EVA) bewertet werden.

Zur Nachfragemodellierung in VISEVA erfolgt eine Zerlegung der Rundfahrt in Orts-

Veränderungen (Abb. 2.7). Bei dieser Abbildung wird davon ausgegangen, dass der Betriebsstandort gleich dem Heimatstandort ist.

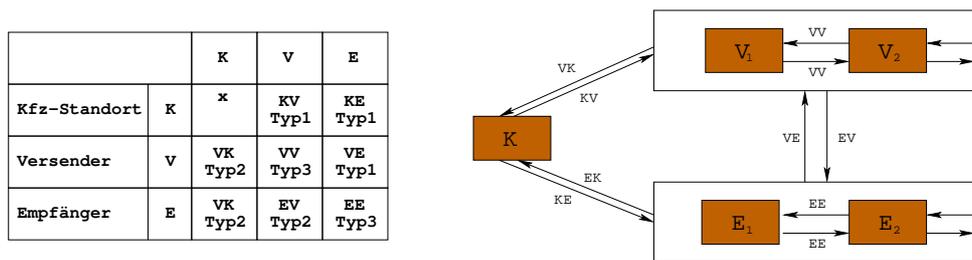


Abb. 2.7: QZG und Rundfahrtengestaltung im Güterverkehr (Quelle: [Schnabel/Lohse, 1997, Seite 178])

### 2.5.4 Berechnung der Quell- und Zielverkehrsaufkommen

Die Berechnung der Werte erfolgt für jede Rundfahrtengruppe (z.B.: Wirtschaftszweig) getrennt. Wie bereits erwähnt bilden die Quell- und Zielverkehrsaufkommen die Randsummen bei der Verkehrsverteilung. Es gibt verschiedene Möglichkeiten Randsummen zu behandeln, auf welche in Kapitel 2.11 eingegangen wird.

Zuerst werden für die einzelnen Bezirke die Versand- (VV) und Empfangsaufkommen (VE) berechnet. Unter dem Versandaufkommen versteht man alle Fahrten, die von den Versendern des Bezirkes  $i$  ausgehen und zu Empfängern im Untersuchungsgebiet führen.

„Das Versandaufkommen entspricht in diesem Modell dem Aufkommen des Kfz-Standortes. Es ist das für die gesamte Modellierung maßgebende Verkehrsaufkommen“ ([Salzwedel, 1997]).

Das Empfangsaufkommen bezeichnet die Anzahl aller Fahrten, die als Ziel die Empfänger des Bezirkes  $j$  haben. Bei der Berechnung der Empfangsaufkommen je Bezirk, erfolgt eine Aufteilung der Summe der Versandaufkommen aller Bezirke. Die Attraktivität eines Bezirkes bezüglich seines Empfangsaufkommens, wird mit der Erzeugungsrate beeinflusst.

Durch die Aufteilung der Rundfahrt in Abschnitte (Abb. 2.6) und die Einteilung in 3 QZG ergibt sich eine Unterteilung des VV in 3 Teilaufkommen (vgl. [Clausen, 2005, Seite 91f]):

1. Quellaufkommen  $Q_i^A$
2. Heimataufkommen  $H_i^V$
3. Zielaufkommen  $Z_i^E$

Abb. 2.8 zeigt anhand eines Beispiels, die Erzeugung des Heimatverkehrsaufkommen.

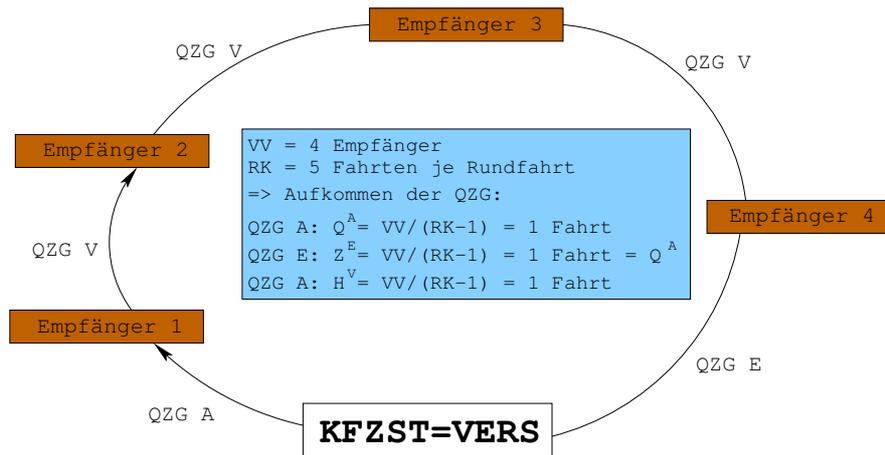


Abb. 2.8: Beispiel zur Erzeugung der Heimatverkehrsaufkommen (vgl. [Salzwedel, 1997, Seite 42])

### 2.5.4.1 Berechnung des Versandaufkommen

1. Das Versandaufkommen im Quellbezirk  $i$  kann wie folgt berechnet werden:

$$VV_{i,RFG} = \sum_p (RK_{pi} - 1) * RA_{pi} * BG_{pi} * u_{pi} \quad (2.1)$$

$VV_{i,RFG}$	.....	Versandaufkommen der RFG im Bezirk $i$ [Empfänger]
$BG_{pi}$	.....	Bezugsgröße $p$ im Bezirk $i$
$RA_{pi}$	.....	mittlere Anzahl Rundfahrten je Bezugsgröße
$RK_{pi}$	.....	mittlere Anzahl der Verbindungsfahrten in einer Tour
$u_{pi}$	.....	Binnenverkehrsanteil

2. Die Anzahl der Fahrten, die im Bezirk  $i$  beginnen, ist gleich den beginnenden Touren und gleich der Anzahl Fahrten/Touren die hier enden.

$$Q_{i,RFG}^A = \sum_p \frac{VV_{pi}}{(RK - 1)} = \sum_p RA * BG_{pi} * u_{pi} = Z_{i,RFG}^E \quad (2.2)$$

$Q_{i,RFG}$  ..... Heimatverkehrsaufkommen der QZG A und E

3. Berechnung der Verbindungsfahrten bezogen auf den Heimatbezirk  $i$ .

$$H_{i,RFG}^V = \sum_p (RK_{pi} - 2) * RA * BG_{pi} * u_{pi} = Q_i * (RK - 2) \quad (2.3)$$

4. Das im Bezirk  $i$  durch den Versender verursachte Fahrtenaufkommen ergibt sich dann wie folgt:

$$V_i^{ges} = Q_i^A + H_i^V + Z_i^E = \sum_p RK_p * RA_p * BG_{pi} * u_{pi} \quad (2.4)$$

### 2.5.4.2 Berechnung des Empfangsaufkommen

Die RFG werden nur auf der Versandseite gebildet. Da aber die Empfänger im Bezirk ebenfalls aus verschiedenen Branchen zusammengesetzt sind, benötigt man eine Größe zur Aufteilung der Verkehrsaufkommen. Dies erfolgt durch die Erzeugungsraten.

$$VE_{j,RFG} = \frac{\sum_s ER_s * SG_{sj} * v_{sj}}{\sum_s \sum_k ER_s * SG_{sk} * v_{sk}} * VVE_{RFG} \quad (2.5)$$

$VE_{j,RFG}$	.....	Empfangsaufkommen der RFG im Bezirk j
$SG_{sj}$	.....	Strukturgröße s im Bezirk j
$VVE_{RFG}$	.....	Summe aller Versandaufkommen ( $VVE_{RFG} = \sum_i VVi$ )
$v_{sj}$	.....	Binnenverkehrsanteil
$ER_s$	.....	Erzeugungsraten je Strukturgröße s
k	.....	Bezirk 1 bis letzter Bezirk (alle Bezirke)

## 2.6 Verkehrsverteilung

### 2.6.1 Allgemein

Im Schritt „Verkehrserzeugung“ wurden die Quell- und Zielaufkommen der Verkehrsbezirke, sowie das Gesamtverkehrsaufkommen, berechnet. Im nächsten Schritt erfolgt nun die Verflechtung der Verkehrsaufkommen der Bezirke. Bei der Verkehrsverteilung erfolgt die Berechnung der Verkehrsströme ( $v_{ij}$ ) der Verkehrsstrommatrix (Abb. 2.9).

	$v_{ij}$	$Q_i$
	$Z_i$	$V$

**Abb. 2.9:** Verkehrsstrommatrix

Zur Durchführung einer Verteilung benötigt man ([Schnabel/Lohse, 1997, Seite 182]):

1. ein Verteilungsmodell
2. Quell-, Ziel- und Gesamtverkehrsaufkommen der Matrix
3. Bewertung der Verkehrsnetzstruktur durch die Verkehrsteilnehmer

Sind die  $Q_i$  und  $Z_j$  bekannt, entspricht die Berechnung der Verkehrsströme der Lösung eines Gleichungssystems mit  $m$  Zeilensummengleichungen und  $n$  Spaltensummengleichungen.

Das Gleichungssystem besteht aus  $(n*m)$  Unbekannten, es sind aber nur  $(m+n)$  Gleichungen vorhanden. Daher braucht man zur Lösung des Systems noch Zusatzbedingungen. Diese ergeben sich durch die Bewertung der Widerstände  $W$  (z.B. Reisezeit, Reiseweite) einer Strecke.

Man sieht also, dass der Verkehrsstrom  $v_{ij}$  von den Randsummenbedingungen und von der Bewertung abhängig ist.

$$v_{ij} = f(Q_i, Z_j, BW_{ij}) \quad (2.6)$$

Ein Verteilungsmodell kann man nun mittels wahrscheinlichkeitstheoretischer Überlegungen herleiten. Die folgenden Matrizen zeigen links die Verkehrstrommatrix und rechts die Wahrscheinlichkeitsmatrix. Die theoretischen Verkehrsströme sind durch die Modelle der Verkehrsverteilung und -aufteilung bestimmt.

nach von	j	$\Sigma$
i	$v_{ij}=?$	$Q_i$
$\Sigma$	$Z_j$	$V$

nach von	j	$\Sigma$
i	$P((A_i \cap E_j)/W)$ $=v_{ij}/V=?$	$P(A_i/W)$ $=Q_i/V$
$\Sigma$	$P(E_j/W)=Z_j/V$	1

$W$	.....	Durchführung einer Ortsveränderung
$P(A_i/W)$	.....	Wahrscheinlichkeit, dass eine OV in $A_i$ beginnt
$P(E_j/W)$	.....	Wahrscheinlichkeit, dass eine OV in $E_j$ endet
$P((A_i \cap E_j)/W)$	.....	Wahrscheinlichkeit, dass eine OV von $A_i$ nach $E_j$ statt findet.

Die Berechnung der bedingten Wahrscheinlichkeiten erfolgt mit der Bayes'schen Formel (vgl. [Schnabel/Lohse, 1997, Seite 187]):

$$P(X_i/Y) = \frac{P(X_i) * P(Y/X_i)}{\sum_k P(X_k) * P(Y/X_k)} \quad (2.7)$$

Unter der Annahme, dass die Auswahl von Quelle und Ziel unabhängig erfolgt, also unabhängige Ereignisse sind, erhält man die Formel, die zur Berechnung der Verkehrsströme dient:

$$\begin{aligned} v_{ij} &= P((A_i \cap E_j)/W) * V \\ &= \frac{P(A_i) * P(E_j) * P(W/(A_i \cap E_j))}{\sum_r \sum_s P(A_r) * P(E_s) * P(W/(A_r \cap E_s))} * V \\ &= BW_{ij} * P(A_i) * P(E_j) * \frac{V}{\sum_{r=1}^m \sum_{s=1}^n BW_{rs} * P(A_r) * P(E_s)} \end{aligned} \quad (2.8)$$

Der Ausdruck  $P(W/(A_i \cap E_j))$  wird als Bewertungswahrscheinlichkeit  $BW_{ij}$  bezeichnet. Sie gibt Auskunft darüber, ob eine gewählte Ortsveränderung, welche in  $Q_i$  startet und in  $Z_j$  endet, tatsächlich durchgeführt wird.  $BW_{ij}$  erhält man durch Bewertung eines Widerstandes, der gewählten Verkehrsbeziehung an einer Kurve ( $BW_{ij}=f(w_i)$ ). Eine detaillierte Beschreibung dieser Funktionen findet man im Kapitel 2.10.

Sind Bewertungswahrscheinlichkeit und die bedingten Wahrscheinlichkeiten  $P(A_i/W)=Q_i/V$  und  $P(E_j/W)=Z_j/V$  bekannt (z.B.: empirische Erhebungen), folgen daraus die unbedingten Wahrscheinlichkeiten  $P(A_i)$  und  $P(E_j)$ , sowie die Verkehrsströme  $v_{ij}$ .

Durch mathematische Umformung und Zusammenfassung gelangt man schließlich zu einem Grundmodell der Verkehrsverteilung ([Schnabel/Lohse, 1997, Seite 188]).

$$v_{ij} = P(W/(A_i \wedge E_j)) * f_{q_i} * f_{z_j} = BW_{ij} * f_{q_i} * f_{z_j} \quad (2.9)$$

$$\left. \begin{array}{l} Q_i = \sum_j v_{ij} \\ Z_j = \sum_i v_{ij} \end{array} \right\} \text{Randsummenbedingungen}$$

mit:

$$P(A_i) = \frac{f_{q_i}}{\sum_r f_{q_r}} \quad P(E_j) = \frac{f_{z_j}}{\sum_s f_{z_s}}$$

$$\sum_r \sum_s f_{q_r} * f_{z_s} = \frac{V}{\sum_{r=1}^m \sum_{s=1}^n BW_{rs} * P(A_r) * P(E_s)}$$

$f_{q_i}, f_{z_j}$  ..... Faktoren zur Einhaltung der Randsummen

Die Faktoren  $f_{q_i}$  und  $f_{z_j}$  sind so zu bestimmen, dass die Randsummenbedingungen des Gleichungssystems eingehalten werden. Das bilineare Gleichungssystem mit Nebenbedingungen ist nur in einem iterativen Prozess zu lösen (siehe Kapitel 2.6.2).

## 2.6.2 Verfahren zur Lösung des Gleichungssystems

Zur Lösung eines bilinearen Gleichungssystems werden oft Steigerungsfaktorenmodelle verwendet. Diese berechnen eine Linearkombination der Bewertungsmatrix bzw. Ausgangsmatrix unter Einhaltung bestimmter Nebenbedingungen.

Eine Möglichkeit das Gleichungssystem zu lösen ist, dass man den bilinearen Ansatz (Glg. 2.9) in die Randsummenbedingungen einsetzt.

Man erhält folgende Gleichungen:

$$Q_i = \sum_j v_{ij} = \sum_j BW_{ij} * fq_i * fz_j = fq_i * \sum_j BW_{ij} * fz_j \quad (2.10)$$

$$Z_j = \sum_i v_{ij} = \sum_i BW_{ij} * fq_i * fz_j = fz_j * \sum_i BW_{ij} * fq_i \quad (2.11)$$

$$\Rightarrow v_{ij} = BW_{ij} * \frac{Q_i}{\sum_s BW_{is} * fz_s} * \frac{Z_j}{\sum_r BW_{rj} * fq_r} \quad (2.12)$$

Diese Gleichung kann nun in eine Rekursionsformel umgewandelt werden, welche man anschließend in einem iterativen Prozeß lösen kann. Im ersten Schritt wird die Bewertungsmatrix als Ausgangsmatrix verwendet ( $v_{ij}(1)=BW_{ij}$ ).

Es gibt zahlreiche Modelle, welche zur Lösung von bilinearen Gleichungssystemen geeignet sind. Die bekanntesten von ihnen sind:

- Furnessmodell

Dieses Modell ist das in der Literatur am meisten untersuchte Verfahren. Nach der Festlegung geeigneter Startwerte, werden alternierend die Gleichungen 2.13 berechnet und somit auch  $v_{ij}$ .

$$fq_i = \frac{Q_i}{\sum_j BW_{ij} * fz_j} \quad (2.13)$$

$$fz_j = \frac{Z_j}{\sum_i BW_{ij} * fq_i}$$

Es erfolgt also abwechselnd ein Ausgleich der Zeilensummen bzw. Spaltensummen solange bis ein definiertes Konvergenzkriterium erfüllt ist. Diese Vorgehensweise soll folgendes Beispiel verdeutlichen (Abb. 2.10):

Ausgangsmatrix						
	1	2	3	$\Sigma j$	$Q_i$	$a_i$
1	5	10	25	40	55	1,375
2	20	5	45	70	80	1,143
3	30	60	10	100	115	1,150
$\Sigma i$	55	75	80	210		
$Z_j$	65	90	95		250	

⇒

Ausgleich Zeilensummen						
	1	2	3	$\Sigma j$	$Q_i$	
1	6,9	13,8	34,3	55	55	
2	22,9	5,7	51,4	80	80	
3	34,5	69	11,5	115	115	
$\Sigma i$	64,3	88,5	97,2	250		
$Z_j$	65	90	95		250	
$b_j$	1,006	1,013	0,977			

⇒

Ausgleich Spaltensummen						
	1	2	3	$\Sigma j$	$Q_i$	$a_i$
1	6,9	14,0	33,5	54,4	55	1,010
2	23,0	5,8	50,2	79,0	80	1,012
3	34,7	69,9	11,2	115,8	115	0,993
$\Sigma i$	55	75	80	210		
$Z_j$	65	90	95		250	

⇒

Ausgleich Zeilensummen						
	1	2	3	$\Sigma j$	$Q_i$	
1	7,0	14,1	33,9	55	55	
2	23,3	5,8	50,8	80	80	
3	34,5	69,4	11,2	115	115	
$\Sigma i$	64,8	89,4	95,8	250		
$Z_j$	65	90	95		250	
$b_j$	1,003	1,007	0,991			

Abb. 2.10: Beispiel zum Furness Algorithmus

Aus oben genannter Vorgehensweise ergibt sich folgende Berechnungsvorschrift:

$$v_{ij}(p+1) = \begin{cases} BW_{ij} * fq_i(p+1) * fz_j(p) = v_{ij}(p) * \frac{Q_i}{\sum_r v_{ir}(p)} & \text{für } p \text{ gerade} \\ BW_{ij} * fq_i(p) * fz_j(p+1) = v_{ij}(p) * \frac{Z_j}{\sum_s v_{sj}(p)} & \text{für } p \text{ ungerade} \end{cases} \quad (2.14)$$

- **Detroitmodell**

Dieser Ansatz geht ebenfalls von der Lösung der Gleichungen 2.13 aus. Allerdings werden diese nicht abwechselnd, wie beim Furnessverfahren berechnet. In jedem Iterationsschritt werden sie gleichzeitig zur Ermittlung neuer Näherungswerte herangezogen. Daraus ergibt sich folgende Formel:

$$v_{ij}(p+1) = BW_{ij} * \frac{Q_i}{\sum_r BW_{ir} * fz_r(p)} * \frac{Z_j}{\sum_s BW_{sj} * fq_s(p)} \quad (2.15)$$

Um die Konvergenz des Verfahrens zu sichern, wird noch ein von  $i$  und  $j$  unabhängiger Faktor eingeführt, und man gelangt zur Berechnungsvorschrift des Detroit Verfahrens:

$$v_{ij}(p+1) = BW_{ij} * \frac{Q_i}{\sum_r BW_{ir} * fz_r(p)} * \frac{Z_j}{\sum_s BW_{sj} * fq_s(p)} * \frac{1}{V} \sum_{s=1}^m \sum_{r=1}^n v_{sr}(p) \quad (2.16)$$

- **Multimodell**

Bei diesem Verfahren wird eine der Gleichungen aus 2.13 in die andere eingesetzt. Wird etwa  $fz_j$  in der Gleichung von  $fq_i$  substituiert, erhält man folgende Iterationsvorschrift für  $fq_i$ :

$$fq_i(p+1) = \frac{Q_i}{\sum_r \left[ BW_{ir} * Z_r * \left( \sum_s BW_{sr} * fq_s(p) \right)^{-1} \right]} \quad (2.17)$$

Diese Überlegung führt wieder zu einer Formel für die iterative Berechnung der Verkehrsströme:

$$v_{ij}(p+1) = v_{ij}(p) * \frac{Q_i}{\sum_s v_{is}(p) * z_s(p)} * \frac{Z_j}{\sum_r v_{rj}(p) * q_r(p)} * \frac{V}{\sum_{s=1}^m \sum_{r=1}^n v_{sr}(p)} \quad (2.18)$$

Bei den aufgezeigten Algorithmen wurde von harten Randsummenbedingungen ausgegangen. Soll die Berechnung der Verkehrsströme mit weichen RSB erfolgen, lautet das Grundmodell:

$$v_{ij} = BW_{ij} * fq_i * fz_j \quad (2.19)$$

$$\left. \begin{aligned} Q_{max_i} &\geq Q_i = \sum_j v_{ij} \\ Z_{max_j} &\geq Z_j = \sum_i v_{ij} \\ V &= \sum_i \sum_j v_{ij} \end{aligned} \right\} \text{Randsummenbedingungen}$$

Zur Lösung des Modells mit weichen RSB existieren Verfahren auf der Basis des Furness- und Multimodells.

### 2.6.3 Wirtschaftsverkehr

Bei der Verkehrsverteilung im Wirtschaftsverkehr sind einige Besonderheiten zu berücksichtigen:

- Die in der Erzeugung berechneten Heimatverkehrsaufkommen ( $Q_i^A$ ,  $Z_j^E$  und  $H_e^V$ ) wirken als harte Randsummenbedingungen. Die Empfangsaufkommen der Bezirke sind unabhängig von der Lagegunst erzeugt worden.
- Es besteht eine Konkurrenz zwischen den Empfängerbezirken. Sie rivalisieren bei jedem Versender, ob ihre Empfangsaufkommen durch die Anfangs- oder Verbindungsfahrt versorgt wird. Dabei wirken die einzelnen Empfangsaufkommen innerhalb der Bezirke als weiche Randsummenbedingungen.
- Welches Ziel angefahren wird, hängt noch von der Bewertung des Aufwandes ab.

Die (Abb. 2.11) zeigt die Verkehrsverteilung unter Berücksichtigung der Randsummenbedingungen. Die Verkehrsströme zwischen den Bezirken sind nun so zu bestimmen, dass die Randsummen mit entsprechender Genauigkeit eingehalten werden. Weiters soll die Bewertung des Aufwandes entsprechend berücksichtigt werden.

Als Lösungsansatz dient wieder das bilineare Grundmodell, wie es bereits beschrieben wurde. Beim Modell der Verteilung erfolgt die Zusammenführung der Anfrangs-, End- und Verbindungsfahrten. Die Gleichungen 2.20, 2.21 und 2.22 stellen eine Modifikation des Grundmodells dar und zeigen, wie die Verkehrsströme der einzelnen QZG berechnet werden können. Die Faktoren  $fz_j$  und  $fq_i$  dienen der Einhaltung der Randsummen.

Verkehrsverteilungsmodell für die QZG A (Quelle: [Salzwedel, 1997, Seite 48])

$$v_{ij}^A = BW_{ij} * fq_i^A * fz_j^{Ges} \quad (2.20)$$

$$\left. \begin{aligned} Q_i^A &= \sum_i v_{ij}^A \\ Z_j^{Ges} &= \sum_i v_{ij}^A + \sum_i v_{ij}^V + \sum_i v_{ij}^E \end{aligned} \right\} \text{Randsummenbedingungen}$$

Verkehrsverteilungsmodell für die QZG E (Quelle: [Salzwedel, 1997, Seite 48])

$$v_{ij}^E = BW_{ij} * VE_i * fq_i^{Ges} * fz_j^E \quad (2.21)$$

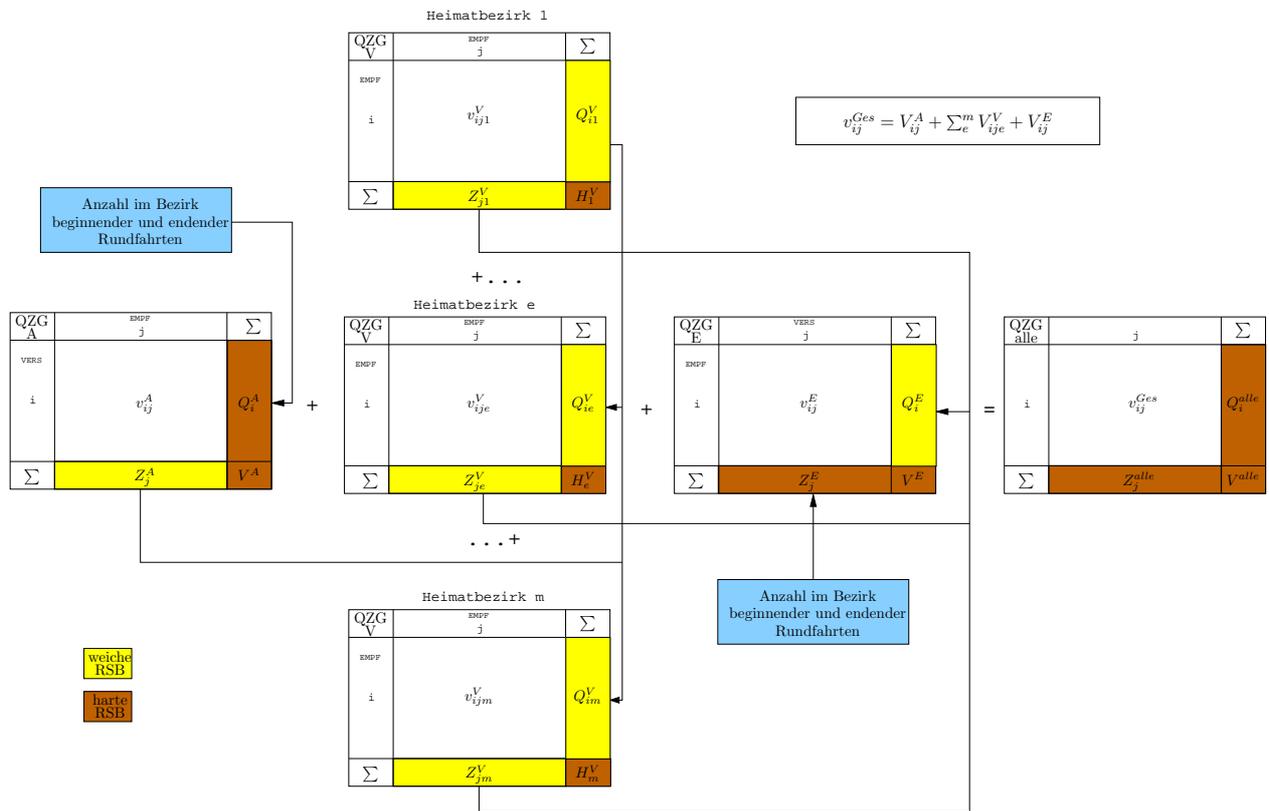


Abb. 2.11: Die Randsummenbedingungen als Basis der Verteilung (Quelle: [Salzwedel, 1997, Seite 46])

$$\left. \begin{aligned} Q_i^{Ges} &= \sum_j v_{ij}^A + \sum_j v_{ij}^V + \sum_j v_{ij}^E \\ Z_j^E &= \sum_i v_{ij}^E \end{aligned} \right\} \text{Randsummenbedingungen}$$

Verkehrsverteilungsmodell für die QZG V (Quelle: [Salzwedel, 1997, Seite 48])

$$\begin{aligned} v_{ije} &= BW_{ije} * VE_i * VE_j f q_i^{Ges} * f z_j^{Ges} * f r_e^V \\ Q_i^{Ges} &= \sum_j v_{ij}^A + \sum_j \sum_e v_{ije}^V + \sum_j v_{ij}^E \\ Z_j^{Ges} &= \sum_i v_{ij}^A + \sum_i \sum_e v_{ije}^V + \sum_i v_{ij}^E \\ H_e^V &= \sum_i \sum_j v_{ije}^V \end{aligned} \quad (2.22)$$

Wie in der Abbildung 2.11 zu sehen ist, sind RSB des Zielverkehrs der Anfangs- und Verbindungsfahrten mit den RSB des Quellverkehrs der End- und Verbindungsfahrten gekoppelt. Daraus folgt, dass die Gleichungssysteme nicht getrennt lösbar sind. Die simultane Verteilung der QZG wird mit der Gleichung 2.23 realisiert.

$$v_{ij}^{Ges} = v_{ij}^A + \sum_e^m v_{ije}^V + v_{ij}^E \quad (2.23)$$

$v_{ij}^{QZG}$  ..... Anzahl der Fahrten der QZG von i nach j  
 m ..... Anzahl der Bezirke im Untersuchungsgebiet

Durch Einsetzen und mathematische Umformung gelangt man zu der Formel für die simultane Verkehrsverteilung:

$$v_{ij}^{Ges} = BW_{ij}^A * f q_i^A * f z_j^{Ges} + \sum_{e=1}^m (BW_{ije}^V * f q_i^{Ges} * f z_j^{Ges} * f r_e^V) + BW_{ij}^E * f q_i^{Ges} * f z_j^E \quad (2.24)$$

Es bleibt noch zu erwähnen, dass bei den Verbindungsfahrten die Entfernung zum Heimatstandort berücksichtigt werden soll. Dies erfolgt mittels des Heimatverkehrsaufkommens  $H_e^V$ . Die vorrangige Aufwandsgröße ist die Versandweite.

## 2.6.4 Verkehrsverteilungsmodelle

Es gibt verschiedene Ansätze, wie die Verkehrsaufkommen jeder Verkehrszelle miteinander verflochten werden. Das bereits beschriebene Grundmodell besitzt für zahlreiche Modelle Gültigkeit. In der Literatur und auch in der Praxis findet man häufig folgende Modelle:

1. Zufallsmodell
2. Gravitationsmodell
3. Gelegenheitsmodell
4. Steigerungsfaktorenmodell

**ad 1** Beim Zufallsmodell erfolgt die Verteilung der Aufkommen mit der gleichen Bewertung für alle Verkehrsbeziehungen. Das Grundmodell wird also dahingehend modifiziert, dass für  $BW_{ij} = \text{const.}$  angenommen wird. Es kommt folgende Formel zur Anwendung:

$$v_{ij} = \frac{Q_i * Z_j}{V} \quad (2.25)$$

Dieses Modell ist laut [Schnabel/Lohse, 1997] für kleinere Untersuchungsgebiete geeignet.

**ad 2** Diese Modell beruht auf dem in der Physik bekannten Graviationsgesetz:

$$P = \frac{m_1 * m_2}{r^2} * \gamma \quad (2.26)$$

Die Kraft P wird bestimmt durch die beiden Massen  $m_1$  und  $m_2$ , dem Abstand der Massen zueinander und einer Konstante.

Eine Analogie mit der Verkehrsverteilung ergibt sich, da die Ortsveränderungen in entferntere Bezirke geringer sind als in Zellen mit geringerer Entfernung.

Dabei werden das  $Q_i$  ( $\equiv m_1$ ), das Zielverkehrsaufkommen  $Z_j$  ( $\equiv m_2$ ) und eine Aufwandsgröße ( $\equiv$  Entfernung  $r$ ) berücksichtigt. Die Konstante dient der Einhaltung der RSB. In den verschiedenen Modifikationen des Modells werden zwei Konstanten verwendet. Eine dient der Einhaltung der quellseitigen Randsumme, mit der anderen wird die Randsummenbedingung für die Ziele berücksichtigt.

Das Grundmodell kann nun aus diesem Ansatz gewonnen werden, indem man eine konkrete Festlegung für  $BW$  vornimmt. Dazu verwendet man die Funktionen  $F(W_{ij})$ , wie sie im Kapitel 2.10 beschrieben sind.

- ad 3** Bei diesem Modell wird das Gebiet um den Quellbezirk in Zeitzonen unterteilt. Die Verteilung des Quellverkehrs auf die Zielverkehrsbezirke erfolgt in Abhängigkeit von der Zuordnung des Zieles zu einer Zeitzone und der Anzahl der dazwischen liegenden Zonen.
- ad 4** Wird dieses Modell verwendet, soll eine analytische Verkehrstrommatrix vorliegen, welche Informationen zur Bewertung der Verkehrsbeziehungen enthält. Nur so ist eine Hochrechnung auf die Grundgesamtheit möglich.

Auch bei diesem Verfahren erfolgt eine spezielle Festlegung des Inhalts der Bewertungsmatrix. Man verwendet die Verkehrsströme (Glg. 2.27) der Analyse-Verkehrstrommatrix.

$$\begin{aligned} v_{ij} &= v_{ij}(A) * f q_i * f z_j \\ v_{ij}(A) &= v_{ij}(1) = BW_{ij} \end{aligned} \tag{2.27}$$

Die Lösung des Systems erfolgt mit den bereits besprochenen Modellen Furness-, Detroit- und Multimodell.

## 2.7 Verkehrsaufteilung

Führt eine Person eine Ortsveränderung durch, hat Sie dazu verschiedene Verkehrsmittel zur Verfügung.

- zu Fuß
- mit dem Rad
- mit dem öffentlichen Personenverkehrsmittel
- mit dem individuellen KFZ (Auto, Moped, ...)

Die Verteilung auf die unterschiedlichen Verkehrsmittel wird auch als Modalsplit bezeichnet. Es gibt nun viele Faktoren, welche die Verkehrsmittelwahl beeinflussen. Als Beispiele seien hier angeführt:

- Verfügbarkeit des Verkehrsmittels

- Zweck der Ortsveränderung
- Reisezeit
- Kosten
- Einkommen
- Lagegunst der Verkehrsquelle und des -zieles
- ...

Einen wesentlichen Einfluß auf den Modalsplit nimmt der Zeitaspekt. Einen engen Zusammenhang gibt es zwischen Verkehrsverteilung und Aufteilung.

Für den Analysefall kann diese Aufteilung mittels Stichproben erhoben werden. Im Prognosefall können nur wahrscheinlichkeitstheoretische Aussagen getroffen werden.

Bei der Verkehrsaufteilung kommen zwei Verfahren zur Anwendung:

1. Trip End Modell
2. Trip Interchange Modell

Der Unterschied der Modelle liegt im Zeitpunkt, zu welchem die Verkehrsaufteilung erfolgt.

**ad 1** Verkehrserzeugung → Verkehrsaufteilung → Verkehrsverteilung

Dieses Verfahren verwendet als Grundlage die spezifischen Verkehrsaufkommen, differenziert nach Verkehrsarten. Diese Daten werden empirisch ermittelt.

Die Quell- und Zielverkehrsaufkommen werden mittels dieser Grundlage auf die Verkehrsarten aufgeteilt. Anschließend erfolgt, getrennt für jedes Verkehrsmittel, die Verkehrsverteilung.

**ad 2** Verkehrserzeugung → Verkehrsverteilung → Verkehrsaufteilung

Bei diesem Modell erfolgt als erster Schritt die Berechnung der Verkehrsstrommatrix (Verkehrsverteilung). Die so ermittelten Verkehrsströme werden anschließend, unter Berücksichtigung verkehrsstruktureller Gegebenheiten, auf die konkurrierenden Verkehrsmittel aufgeteilt. Die Verkehrsaufkommen der Verkehrsarten ergeben sich durch Addition der Verkehrsströme.

Wie der Verkehrsteilnehmer die Wahl des Verkehrsmittels durchführt, hängt von objektiven sowie subjektiven (stochastischen) Einflußfaktoren ab. Es erfolgt also ein Nutzenvergleich der konkurrierenden Verkehrsarten.

Im Folgenden soll ein Überblick der Entscheidungsmodelle zur Aufteilung im Trip-Interchange-Modell gegeben werden. Nähere Ausführungen sind in [Schnabel/Lohse, 1997] nachzulesen. Zur Verfügung stehen das:

- lineare Wahrscheinlichkeitsmodell (LP-Modell)
- PROBIT Modell
- LOGIT Modell

Jede Alternative a bzw. b besitzt auf Grund der zugehörigen Merkmale einen Nutzen  $U_a$  bzw.  $U_b$ . Dieser ist wegen des subjektiven Anteils eine stochastische Größe. Der Nutzen wird häufig in einen deterministischen Teil  $u$  (=Erwartungswert von  $U$ ) und einen stochastischen Teil  $z$  (=Schätzfehler/Störgröße von  $U$ ) zerlegt.

Durch diese Betrachtung ergibt sich die Wahrscheinlichkeit, die Alternative a zu wählen wie folgt:

$$P(a) = P(U_b \leq U_a) = P(u_b + z_b \leq u_a + z_a) = P(z_b - z_a \leq u_a - z_b) \quad (2.28)$$

Der deterministische Teil  $u$  wird meist durch lineare Funktionen beschrieben. Die Variablen  $X$  sind dann Aufwandsgrößen wie Zugangszeit, Abgangszeit, Wartezeit, Kosten, ...

Der wesentliche Unterschied zwischen den Aufteilungsverfahren liegt in der Festlegung der Dichtefunktion des Nutzens  $U$  oder der Störgröße  $z$  und deren mathematische Einbindung.

**LP-Modell** Dieses Verfahren verwendet eine Gleichverteilung (Rechteckverteilung) für die Schätzung des Störterms  $z$  ( $z = z_l - z_k$ ). Der Vorteil des Modells ist die schnelle Berechnung von Auswahlvarianten. Allerdings wird die Realität nur in geringem Maße wiedergespiegelt.

**PROBIT-Modell** Hier wird anstatt der Rechteckverteilung eine Normalverteilung zur Schätzung von  $z$  eingesetzt. Dadurch erreicht man eine bessere Anpassung an reale Verhältnisse.

**LOGIT-Modell** Dieses Modell verwendet eine logistische Funktion zur Schätzung. Durch die spezielle Eigenschaft der Funktion gelingt die Berechnung der Auswahlwahrscheinlichkeit einfacher als beim PROBIT-Modell. Es ist daher das am weitesten verbreitete Aufteilungsmodell innerhalb der Gruppe der Trip-Interchange-Modelle.

## 2.8 Simultane Verkehrsverteilung und -aufteilung

Das EVA-Modell führt eine simultane Verteilung und Aufteilung des Verkehrsgeschehens durch. Dazu wird das zweidimensionale Grundmodell um eine dritte Dimension, das Verkehrsmittel, erweitert. Es muss also ein trilineares Gleichungssystem (2.29) gelöst werden.

$$v_{ijk} = BW_{ijk} * f_{q_i} * f_{z_j} * f_{a_k} \quad (2.29)$$

$$\left. \begin{aligned} Q_i &= \sum_j \sum_k v_{ijk} \\ Z_j &= \sum_i \sum_k v_{ijk} \\ VK_k &= \sum_i \sum_j v_{ijk} \end{aligned} \right\} \text{Randsummenbedingungen}$$

Durch die simultane Lösung ergibt sich eine bessere Anpassung an das reale Verhalten des Verkehrsgeschehens.

### 2.8.1 Verkehrsaufteilung im WIV

Theoretisch kann der Wirtschaftsverkehr mit unterschiedlichen Verkehrsmitteln durchgeführt werden. Im Personenwirtschaftsverkehr ist allerdings die Dominanz des KFZ offensichtlich. Im Güterwirtschaftsverkehr ist zu erkennen, dass die Fahrzeugtypen der unterschiedlichen Branchen differieren. In *VISEVA* werden die verschiedenen Fahrzeugarten in Schichtung der verhaltensähnlichen Gruppen berücksichtigt.

## 2.9 Verkehrsumlegung

Im Schritt Verkehrsumlegung, werden die Verkehrsströme der Fahrtenmatrix auf die Verkehrswege verteilt. So erhält man die Belastungen der Strecken, Knoten und Abbiegebeziehung. Diese Daten bilden die Grundlagen für die verkehrstechnische und -organisatorische Gestaltung und Bemessung der Verkehrsanlagen und Verkehrsnetze. In diesen Bereich fallen etwa Überlegungen wie:

- Spurenanzahl der Strecken
- Abbiegespuren
- Knotenanzahl
- Liniennetzgestaltung im ÖPNV
- ...

Die Umlegung einer Matrix auf das Straßennetz kann etwa mit dem Programm *VISUM* durchgeführt werden. Dazu werden folgende Unterlagen benötigt:

- Verkehrsstrommatrix, diese wird z.B.: mit *VISEVA* erzeugt
- Topologie des Verkehrsnetzmodells
- Attribute der Strecken und Knoten z.B.: Spuranzahl, freie Geschwindigkeit, Länge der Strecke, ...

### 2.9.1 Netzmodellierung

In den meisten Fällen ist ein Verkehrsnetz vorhanden, das aus einer Vielzahl von Strecken und Knoten besteht. In Abhängigkeit der Aufgabenstellung ist eine Vereinfachung des Netzes durchzuführen. Jedoch ist darauf zu achten, dass die Netzelemente möglichst wirklichkeitsnahe realisiert werden.

Im Wesentlichen ist das schematisierte Netz aus Strecken und Knoten aufgebaut. Dabei unterscheidet man folgende Streckentypen:

- freie Strecken, sind Verbindungen zwischen zwei Straßenknoten
- Knotenstrecken, realisieren Abbiegevorgänge innerhalb eines Knotens
- Füllstrecken, dienen der Einspeisung des Verkehrs

Welche Routen die Verkehrsteilnehmer wählen, wird von objektiven und subjektiven Faktoren beeinflusst. Nun können aber nicht alle Faktoren im Umlegungsmodell berücksichtigt werden. Um einen sinnvollen Fahrtweg unter den verschiedenen Möglichkeiten zu finden, ist eine Bewertung der Strecken notwendig.

Eine häufig verwendete Aufwandsgröße ist die vorraussichtliche Reisezeit. In einfachen Netzen, ohne Knotenauflösung, kann auch die Entfernung als Bewertungskriterium verwendet werden. Dabei ist zu beachten, dass die Widerstände an Straßenknoten nicht durch die Entfernung, sondern durch die Wartezeit entstehen. Für die Netzberechnung können zwei unterschiedliche Verfahren verwendet werden.

**Konstante Streckenwiderstände:** Es wird davon ausgegangen, dass für alle Strecken hinreichend genaue Vorhersagen der Reise- bzw. Wartezeiten für die zu erwartenden Situationen gemacht werden können. Die festgelegten Aufwandswerte sind maßgebend für die Modellierung und bleiben während der gesamten Netzberechnung unverändert. Die berechneten Verkehrsstärken sollten den zugrunde gelegten Ausbaubedingungen und daraus folgenden Streckenmerkmalen nicht widersprechen.

**Variable Streckenwiderstände:** Die Widerstände (Fahrzeit und Wartezeit) werden während der Netzberechnung ermittelt. Die Berechnung erfolgt aufgrund der ermittelten Verkehrsstärke unter vereinfachten verkehrstechnischen Annahmen. Im unbelasteten Netz wird entweder eine Grundbelastung vorgegeben oder eine Verkehrsstärke=0 angenommen.

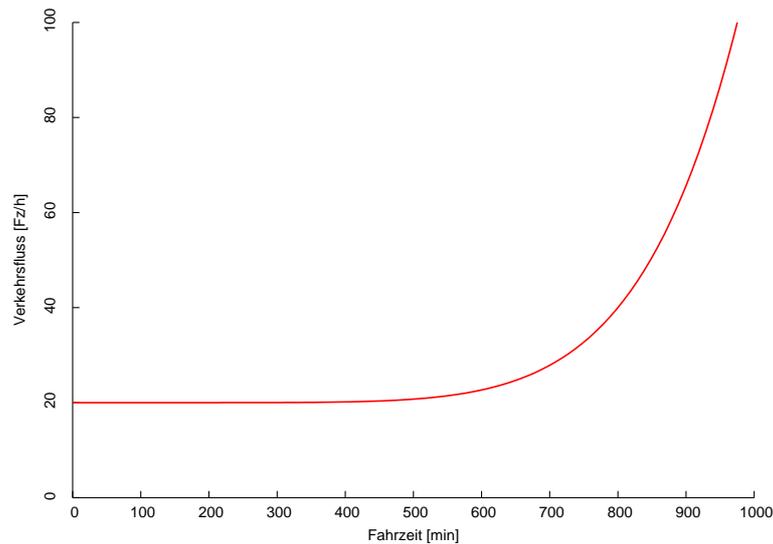
Die Widerstandsermittlung kann mit der sogenannten CR-Funktion (CAPACITY-RESTRAINT-Funktion) erfolgen (Abb. 2.12). Diese Funktion beschreibt den Zusammenhang der Reisezeit und Verkehrsstärke in Abhängigkeit von der jeweiligen Betriebsweise und Ausbauart des Netzelements.

## 2.9.2 Fahrtwegermittlung

Bei der Verkehrsnetzberechnung muss eine Entscheidung getroffen werden, welche Route der Verkehrsteilnehmer verwendet. Die im realen Verkehrsnetz am meist genutzten Wege sollen auch im Modell vorhanden sein.

Dazu werden Routensuchverfahren verwendet, die eine Route in Abhängigkeit des Streckenwiderstandes berechnen.

So wird beim Optimalroutensuchverfahren (Best-Weg-Verfahren) die Strecke mit dem geringsten Widerstand zwischen zwei Füllknoten gesucht. Bei diesem Verfahren wird also nur



**Abb. 2.12:** CR-Funktion

eine Route betrachtet. Für die Berechnung gibt es zahlreiche Algorithmen. Ein einfaches und relativ effektives Verfahren ist der Moore'sche Algorithmus.

Die Alternativroutenverfahren (Mehr-Weg-Verfahren) sollen das Wegeverhalten der Verkehrsteilnehmer im Netzmodell widerspiegeln. Sind mehrere Routen vom Start-Füllknoten zum Ziel-Füllknoten vorhanden, werden die Verkehrsteilnehmer diese auch nutzen. Welche Wege und wie häufig sie genutzt werden, hängt von der objektiven und subjektiven Einschätzung der Nutzer ab. Beeinflussende Faktoren sind etwa die Reisezeit, der bauliche Zustand, zu erwartende Behinderungen, . . .

Aus der Gesamtmenge aller Routen sind nur die sinnvollen auszuwählen. In dieser Menge, welche durch die Alternativroutenverfahren gefunden wird, ist i.d.R. auch der Best-Weg enthalten.

Folgende zwei Verfahren kommen zur Anwendung [Schnabel/Lohse, 1997]:

1. Deterministische Verfahren mit Mehr-Weg-Algorithmen der Routensuche und mit einer sachlogischen Kontrolle der Sinnhaftigkeit (gemessen am Best-Weg) der gefundenen Routen
2. Stochastische Verfahren mit einer wiederholten Anwendung von Best-Weg-Algorithmen der Routensuche und mit sich dabei stets zufällig ändernden Streckenbewertungen

Liegt ein Netz mit variablen Widerständen vor, so ändert sich bei Belastung der Strecken die Raum-Zeit-Struktur. Diesem Sachverhalt wird durch zusätzliche zu den Best- und Mehr-Weg-Verfahren wirkenden sukzessiven oder iterativen Verfahrensweisen Rechnung getragen.

### 2.9.3 Verkehrsstromaufteilung

Bei der Berechnung mit der Mehr-Weg-Methode werden für eine Verkehrsbeziehung von einer Quelle zu einem Ziel verschiedene Wege gefunden. Die Fahrtenmatrix enthält jedoch nur

einen Wert für eine bestimmte Relation. Daher ist es erforderlich, diesen Wert auf die Routen aufzuteilen. Mit den Regeln der Verkehrsstromaufteilung, werden die Teilverkehrsströme der ermittelten sinnvollen Routen berechnet. Es wird davon ausgegangen, dass ein Zusammenhang zwischen Widerstand und der Wahrscheinlichkeit der Benutzung der Strecke besteht. Für die Berechnung der Teilverkehrsströme werden zwei unterschiedliche Ansätze verwendet.

**deterministische Aufteilungsregel** Hier erfolgt die Aufteilung ähnlich den bekannten Kirchhoff'schen Regeln der Elektrotechnik oder wie in der Verkehrsaufteilung nach z.B.: dem EVA- und LOGIT-Modell.

**stochastische Aufteilungsregel** Dieses Verfahren basiert unmittelbar auf der stochastischen Fahrtwegermittlung. Es wird angenommen, dass eine Route, welche öfters als mögliche Strecke gefunden wird, mehr Anziehungskraft bewirkt als eine andere Route.

#### 2.9.4 Wirtschaftsverkehr

Die Verkehrsumlegung des Wirtschaftsverkehrs erfolgt gleich wie im Personenverkehr. Beiden Verkehrsarten steht also eine gemeinsame Kapazität zur Verfügung, die beansprucht wird. Eine Frage die aufgeworfen wird ist, welche Fahrtenmatrix zuerst auf das Verkehrsnetz umgelegt wird. Eine Überlegung könnte sein, dass der WIV als „notwendiger Verkehr“ zuerst umgelegt wird.

### 2.10 Bewertungsfunktionen

Grundsätzlich werden an solchen Funktionen die Widerstände (z.B.: Reisezeit) bewertet und man erhält als Ergebnis die Bewertungswahrscheinlichkeit. Diese Wahrscheinlichkeit dient der differenzierten Betrachtung der Verkehrsbeziehungen und nimmt damit Einfluß auf die Verkehrsverteilung. Wird  $BW_{ij} = \text{const.}$  angenommen, so werden alle Verkehrsbeziehungen als gleichwertig betrachtet. Man gelangt zum sogenannten Zufallsmodell.

Nachfolgend sollen verschiedene Funktionen zur Bewertung von Widerständen vorgestellt werden. Besonderes Augenmerk soll auf die EVA Funktion gelegt werden, welche auch im Rahmen des Projektes zur Anwendung kommt. In der Literatur oft angeführte Funktionen sind:

- Potenzfunktion
- Exponentialfunktion
- EVA Funktion

### 2.10.1 Potenzfunktion

Bei diesem Typ werden Funktionen mit negativen Exponenten verwendet.

$$F(W_{ij}) = \frac{1}{W_{ij}^\alpha} \quad (2.30)$$

Die Abbildung 2.13 zeigt diese Funktion für verschiedene Werte von  $\alpha$ . Betrachtet man

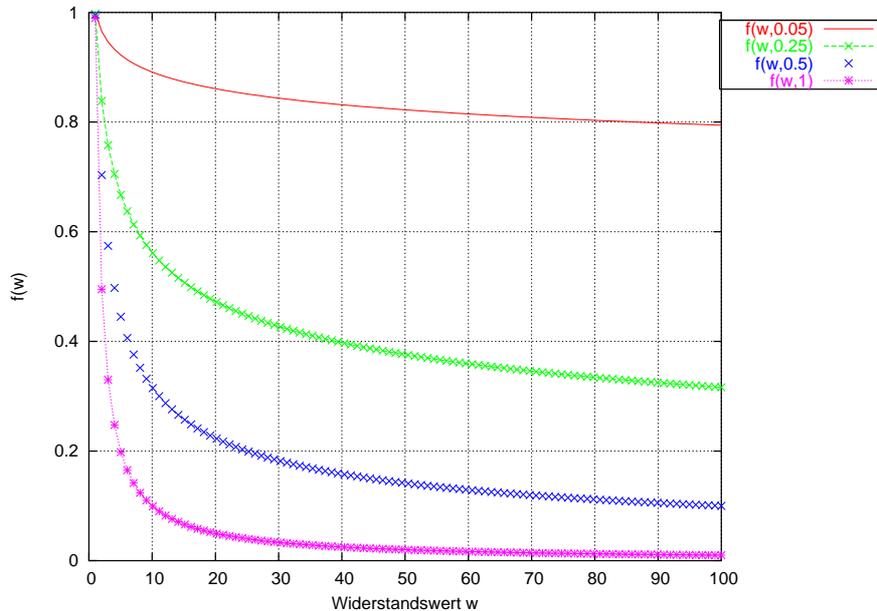


Abb. 2.13: Potenzfunktion

die Kurven genauer, ist zu erkennen, dass für kleine Aufwandswerte hohe Funktionswerte geliefert werden. Dies entspricht nur in sehr geringem Maß der Realität.

So kommt es etwa bei KFZ oder ÖPNV zu einer Überbewertung im Nahbereich, da Fußgängerverkehr als konkurrierende Verkehrsart in Erscheinung tritt. Ein weiterer Nachteil der Potenzfunktion ist, dass das Verhältnis der Funktionswerte an zwei Stellen  $W_1$  und  $W_2$  nur vom Widerstandsverhältnis  $W_1/W_2$  abhängig ist. Diese spiegelt sich auch in der Elastizitätsfunktion (Abb. 2.14) wider. Somit ist die Sensibilität der Verkehrsteilnehmer gegenüber einer Widerstandsänderung im gesamten Wertebereich konstant. Es wäre also z.B.: egal ob das Verhältnis von  $W_1/W_2=10\text{min}/20\text{min}$  oder  $100\text{min}/200\text{min}$  ist.

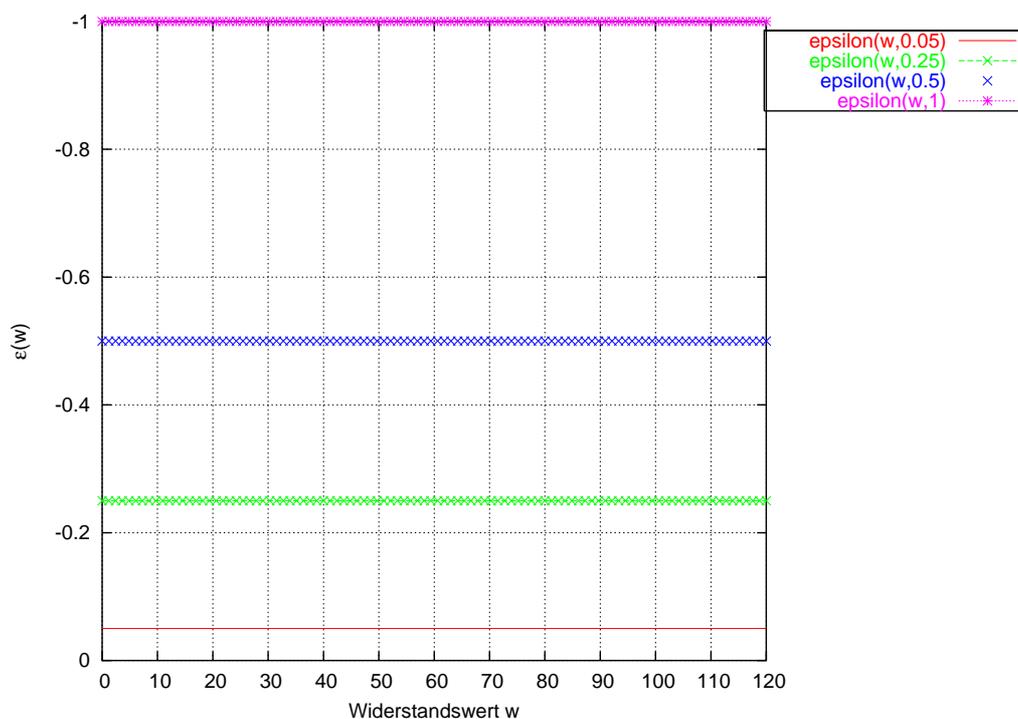


Abb. 2.14: Elastizitätsfunktion der Potenzfunktion

## 2.10.2 Exponentialfunktion

In der Literatur kommt diesem Ansatz, welcher von Wilson begründet wurde, eine besondere Bedeutung zu.

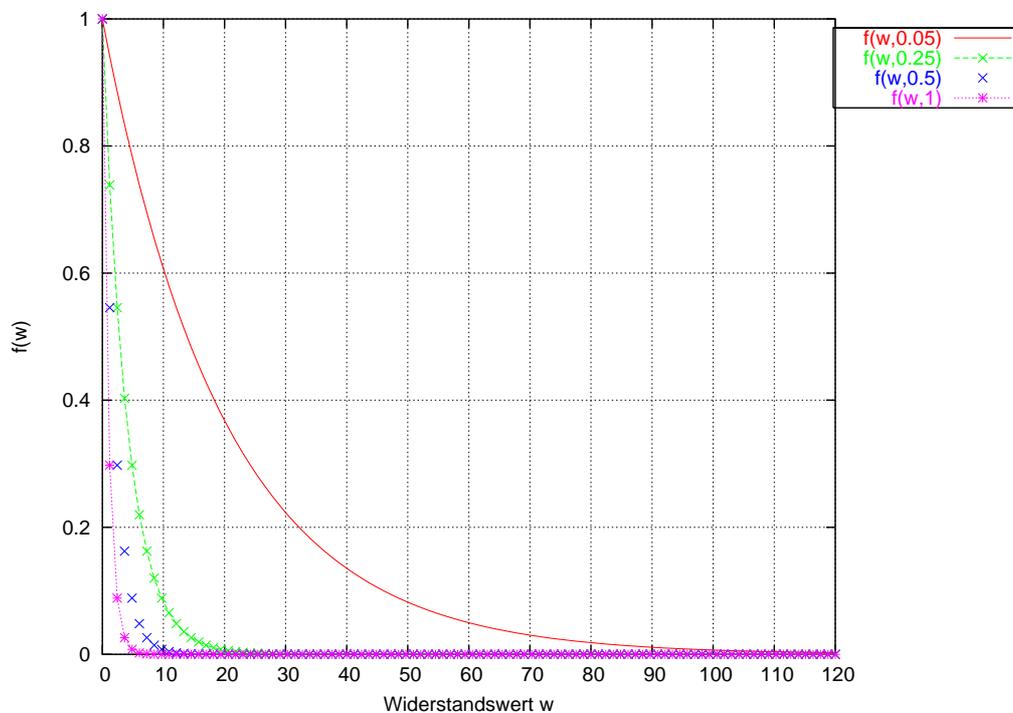


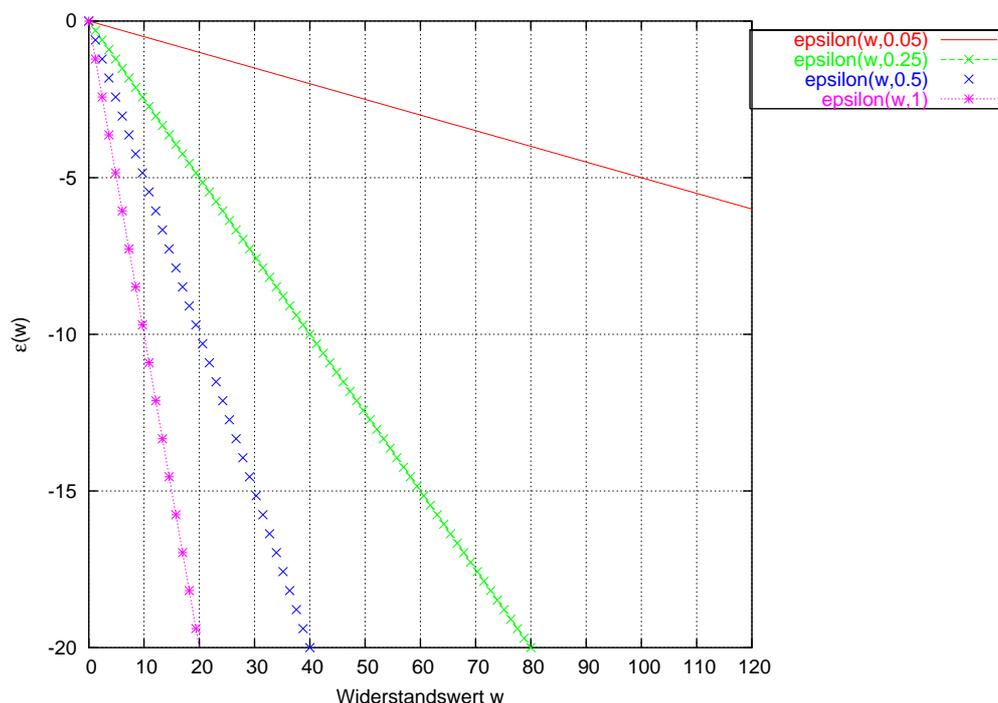
Abb. 2.15: Exponentialfunktion

Wilson hat diese Funktion (Glg. 2.31) durch die Ermittlung eines Systemoptimums ermittelt, also durch Maximierung der Informationsentropie der Verkehrsstrommatrix unter Berücksichtigung der RSB und der Bedingung der Konstanz der generalisierten Kosten  $C = \sum_i \sum_j j v_{ij} * W_{ij}$ . In der Abbildung 2.15 ist diese Funktion mit verschiedenen Werten von  $\beta$  dargestellt.

$$F(W_{ij}) = \exp -\beta * W_{ij} \quad (2.31)$$

Bei dieser Funktion treten ähnliche Nachteile, wie bei der Potenzfunktion auf. Allerdings hängt jetzt das Verhältnis von  $W_1/W_2$  von der Differenz  $W_1 - W_2$  ab. Die Elastizitätsfunktion (Abb. 2.16) zeigt einen linearen Verlauf.

Die Sensibilität der Verkehrsteilnehmer nimmt mit steigendem Aufwand zu, also fällt die



**Abb. 2.16:** Elastizitätsfunktion der Exponentialfunktion

Bewertung für diese Verkehrsbeziehung schlechter aus. Diese entspricht besser der Realität als bei einer Bewertung mittels Potenzfunktion, jedoch auch nur eingeschränkt.

### 2.10.3 EVA Funktion

Diese Funktion wurde von Lohse (vgl. [Schnabel/Lohse, 1997]) an der TU Dresden entwickelt. Um ein möglichst reales Verhalten der Verkehrsteilnehmer zu erhalten, benötigt man eine anpassungsfähige Kurve. Mittels der EVA Funktion kann bereits eine realitätsnahe Bewertung

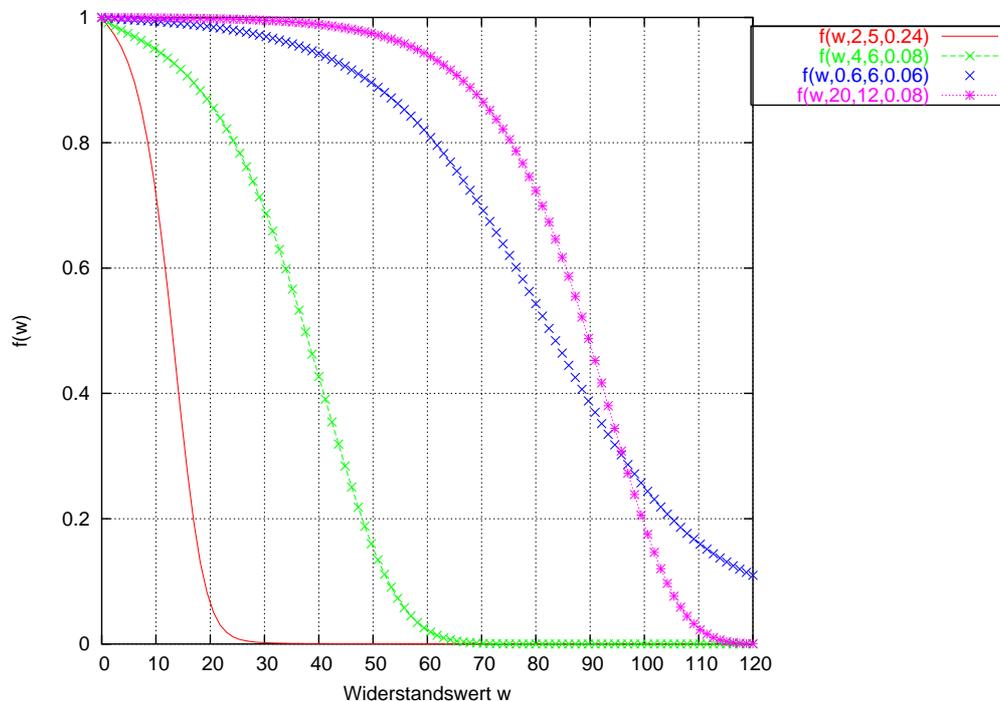


Abb. 2.17: EVA Funktion

erfolgen. Die Gleichung 2.32 beschreibt diese Funktion.

$$F(W) = \frac{1}{(1+W)^{\varphi(W)}} \quad (2.32)$$

$$\varphi(W) = \frac{E}{1 + \exp(F - G * W)} = \frac{E}{1 + \exp[F * (1 - W/WP)]}$$

Die Funktion  $\varphi(W)$  kann hier als eigentliche Bewertungsfunktion gesehen werden. In Abbildung 2.17 sieht man die Funktion mit verschiedenen Werten der Parameter E, F und G. Bei Betrachtung der Abbildung 2.17 ist zu erkennen, dass man bei geringen Aufwandswerten eine Bewertungswahrscheinlichkeit nahe 1 erhält, also gilt das Zufallsmodell.

Bei steigendem Aufwand sinkt die Wahrscheinlichkeit einer Ortsveränderung erst langsam, dann stärker im mittleren Bereich und gleicht sich schließlich asymptotisch dem Wert E an. Der Widerstand erreicht im Wendepunkt seinen stärksten Anstieg.

Wie beeinflussen nun die 3 Parameter das Verhalten der Kurve (Abb. 2.18)?

**E** Parameter, der das asymptotische Anschmiegen der Kurve an die x Achse beeinflusst.

**F** Parameter, beeinflusst das Anschmiegen der Kurve, bei kleinen Aufwandswerten, an die Horizontale.

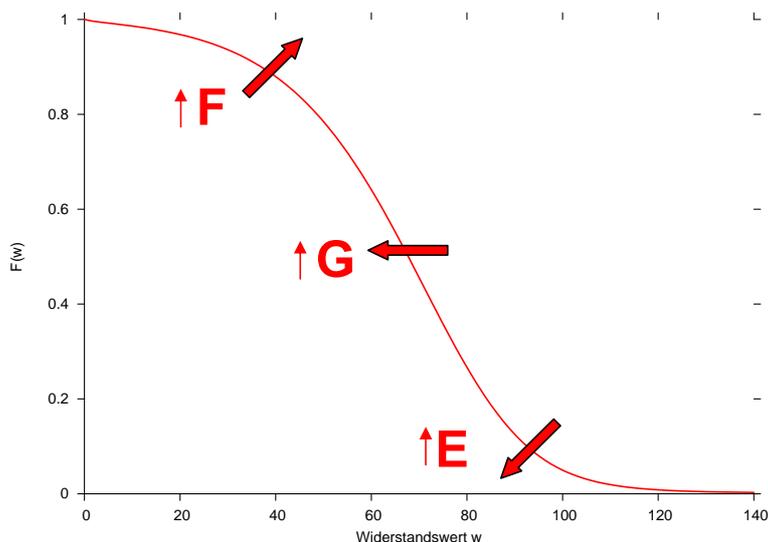


Abb. 2.18: Funktionsänderung bei Parametervariation

**G** Parameter, der eine Änderung des mittleren Bereichs (Neigung) bewirkt.

**F/G** Bestimmt die Lage des Wendepunktes. Bei diesem weist die Funktion die größte Widerstandsempfindlichkeit auf.

Im nächsten Schritt wollen wir noch das Verhalten der Elastizitätsfunktion untersuchen. Bei

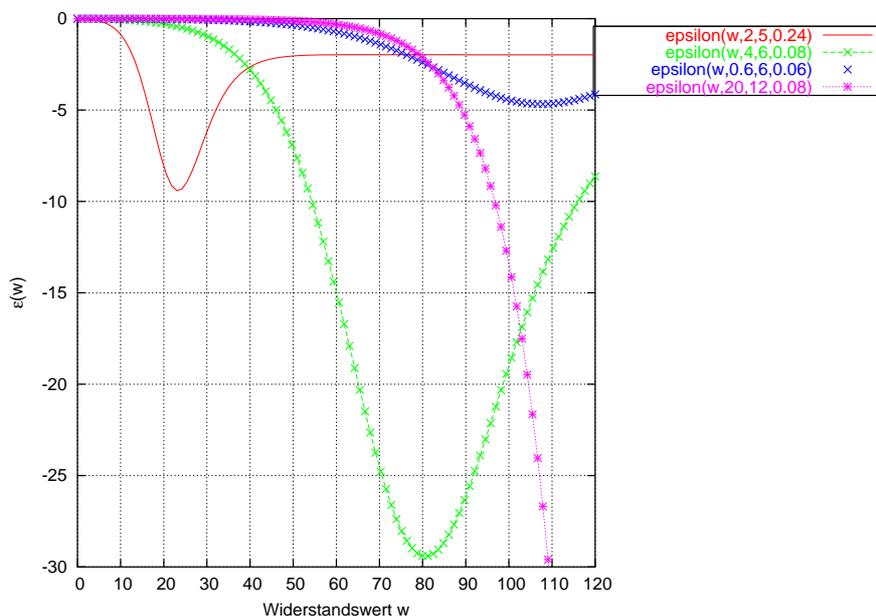


Abb. 2.19: Elastizitätsfunktion der EVA Funktion

Betrachtung der Kurven in Abbildung 2.19 können folgende Eigenschaften festgelegt werden:

- bei kleinen Widerstandswerten verläuft die Funktion nahezu bei Null. Das heißt, eine geringe Änderung des Aufwandes bewirkt gar keine bzw. eine sehr kleine Änderung der Bewertungswahrscheinlichkeit.

- in einem begrenzten Gebiet, nimmt sie wesentlich von Null verschiedene Werte an. Dort ist die Widerstandsempfindlichkeit am größten, die BW ändert sich hier bei Aufwandsänderung stark.
- bei großen Widerständen nähert sich die Kurve asymptotisch dem Grenzwert E.

Im geringen Aufwandsbereich (zB: Nahbereich, kleine Stadt) sollte die BW nahe bei Eins sein. Hier spielt der Aufwand bei den Verkehrsteilnehmern für die Zielwahl, als auch für die Verkehrsmittelwahl, keine bzw. eine geringe Rolle. Erst im maßgebenden Aufwandsbereich soll die Kurve stärker sinken, bevor sie für hohe Aufwandswerte gegen Null verläuft. Man erkennt, dass somit eine flexible Abbildung des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer vorgenommen werden kann.

## 2.11 Randsummen

Bei der Berechnung von Verkehrsstrommatrizen über einen längeren Zeitraum (z.B.: 1. Tag), entsteht eine annähernd symmetrische Matrix ( $\sum_i Q_i = \sum_j Z_j = V$ ). Es ist daher sinnvoll, die Randsummen der Matrix als Nebenbedingungen bei der Verkehrsverteilung zu verwenden.

$$Q_i = \sum_j v_{ij}, \quad Z_j = \sum_i v_{ij} \quad (2.33)$$

### 2.11.1 Randsummenbedingungen

Bei der Berechnung von Quell- und Zielaufkommen werden im Kennwertmodell 2 Bedingungen verwendet.

1. harte Randsummenbedingung
2. weiche Randsummenbedingung

**ad 1** Hier wird davon ausgegangen, dass das Verkehrsaufkommen maßgeblich aus den Strukturgrößen und verkehrsspezifischen Kennwerten berechnet werden kann. Daraus folgt, dass es kaum eine Abhängigkeit von der Lagegunst des Bezirkes gibt.

Ein anschauliches Beispiel aus dem Personenverkehr ist die QZG WA und AW. Die Beschäftigten, welche täglich zur Arbeit fahren, machen im Normalfall ihre Entscheidung nicht von der Attraktivität des Bezirkes abhängig. Durch die Anzahl der Beschäftigten und Arbeitsplätze ist die Verkehrserzeugung an Quellen und Zielen recht genau (hart) definiert.

**ad 2** In diesem Fall kann das Verkehrsaufkommen nicht alleine aus den Strukturgrößen und verkehrsspezifischen Kennwerten berechnet werden. Als weiterer Einflußfaktor kommt die Lagegunst des Bezirkes hinzu.

Ein Beispiel hierfür ist die QZG WE und EW. Besser erschlossene Einkaufszentren werden gegenüber anderen nicht so gut erschlossenen vorgezogen. Im Rahmen der Verkehrserzeugung können jetzt nur weiche Bedingungen formuliert werden.

$$Q_i \leq Q_{max_i}, \quad Z_j \leq Z_{max_j} \quad (2.34)$$

Die eigentliche Berechnung der Verkehrsaufkommen erfolgt erst im Schritt Verkehrserzeugung.

### 3 Problembenennung

Durch die stärkere wirtschaftliche Verflechtung der Gebiete Süd-Ost-Steiermark, Süd-Burgenland und dem Nordosten von Slowenien, kommt es zu einer Veränderung der Verkehrsnachfrage im Wirtschaftsverkehr. Wie bereits erwähnt (siehe Seite 2) wird die Strasse als Transportträger weitere Zuwächse erfahren. Im Grenzgebiet Steiermark-Slowenien ist die Verkehrsinfrastruktur schlecht bzw. nicht verbunden.

Um einen möglichst reibungslosen Ablauf des steigenden Transportaufkommens zu ermöglichen, müssen vorhandene Engpässe erkannt und analysiert werden. In weiterer Folge ist es möglich neue Verbindungen zu planen und zu realisieren. In dieser Arbeit liegt der Untersuchungsfocus am Strassengüterverkehr.

Das Untersuchungsgebiet ist bereits definiert und umfasst 13 Bezirke (Abb. 3.1). Öffentliche

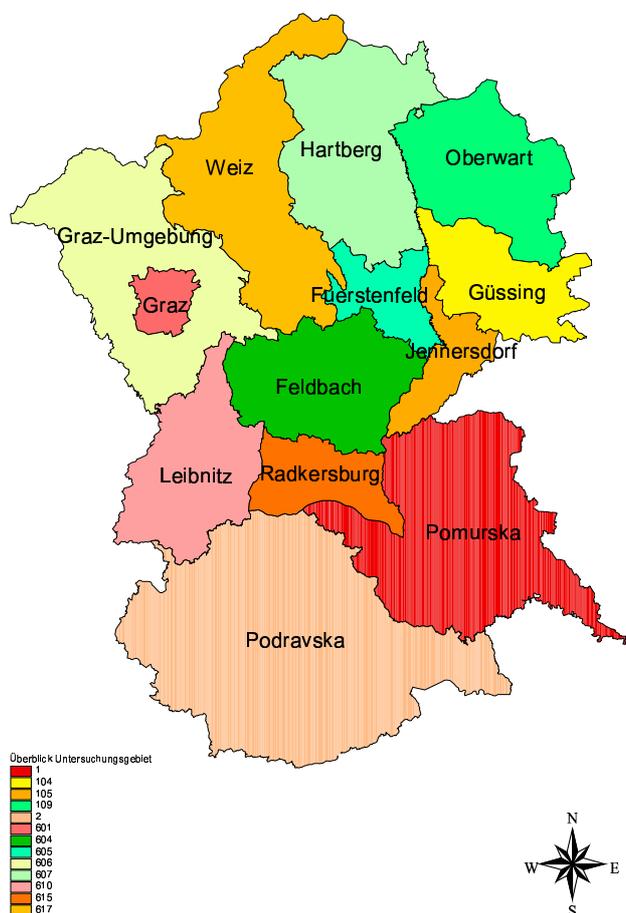


Abb. 3.1: Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes

Stellen wie die Statistik Austria, Eurostat, Wirtschaftskammer, ... führen Verkehrsuntersuchungen durch. Vorhandene Untersuchungen basieren auf dem Transportaufkommen in

Tonnen (t) bzw. Tonnen-Kilometer (tkm). Diese Aufkommen sollen für die Modellierung auf Fahrzeugfahrten umgelegt werden. Weiters wird eine Aufteilung auf Transportmittel angestrebt.

Zur Modellierung des Wirtschaftsverkehrs sind auf regionaler Ebene nur wenige Daten vorhanden. Aus diesem Grunde sind folgende Punkte durchzuführen:

- Ermittlung der notwendigen Daten zur Modellerstellung (AUT, SLO)
- Aufbereitung der Daten für das Modell (homogenisieren)
- Erstellung des Verkehrsmodells
- Kalibrierung des Modells

Da es mit sehr großem Aufwand verbunden wäre diese Problematik als praktisches Experiment durchzuführen, greift man auf Simulationsmodelle zurück. Es ist viel einfacher und kostengünstiger Modelle am Computer zu erstellen und mit diesen zu experimentieren.

## 4 Forschungsleitende Fragestellung

Ziel dieser Arbeit ist die Darstellung der Ist-Situation des Güterverkehrsaufkommens, durch den Einsatz der Simulationssoftware *VISEVA*. Die Eingangsdaten setzen sich zusammen aus demografischen Kennzahlen und Verkehrsverhaltensparametern. Demografische Daten werden von statistischen Stellen erhoben und der Öffentlichkeit online oder in Form von Berichten zur Verfügung gestellt.

Verkehrsverhaltensparameter (z.B.: Ortsveränderungen/Beschäftigter) sind in den Standardauswertungen nicht enthalten bzw. sind nicht alle Daten zur Berechnung vorhanden. Die ersten Fragen, die in dieser Arbeit beantwortet werden sollen sind:

Wie können Fahrzeugfahrten aus dem Transportaufkommen in  $t$  bzw. der Transportleistung in  $t_{km}$  generiert werden? Bis zu welcher Tiefe ist eine Aufschlüsselung der Wirtschaftssektoren (ÖNACE) sinnvoll?

Die Hypothese, die daraus abgeleitet werden kann ist:

**Hypothese: Durch die Umlegung des Transportaufkommens/Transportleistung in Fahrzeugfahrten kann ein flexibles Simulationsmodell erstellt werden.**

Mittels der gewonnenen Daten ist es möglich alle Fahrzeugbewegungen, welche in einem Quellbezirk  $i$  beginnen und im Zielbezirk  $j$  enden, zu erfassen. Eine Möglichkeit wäre die Erstellung einer Fahrtenmatrix (z.B.: in MS Excel), welche anschließend auf die möglichen Strecken umgelegt wird. Ein Nachteil dieser Variante ist eine gewisse „Starrheit“ des Modells.

Eine flexiblere Möglichkeit ist die Abbildung des Verkehrsgeschehens in einem Simulationsmodell. Somit stellt sich zwangsläufig die Frage: „Stimmt die Simulation mit der Realität überein?“

Daraus leitet sich eine weitere Hypothese ab:

**Hypothese: Es ist prinzipiell möglich, die Verkehrsströme von Unternehmen zu erfassen und am Computer mit dem Kennwertmodell realitätsgetreu nachzubilden.**

## 5 Forschungsstrategie

In diesem Kapitel erfolgt die Beschreibung der praktischen Durchführung des Projektes. Das Projekt wurde in Kooperation mit der Fa. Depisch ZT<sup>1</sup> durchgeführt.

### 5.1 Methoden

**Literaturrecherche** Da die Modellierung des WIV mit dem Programmsystem *VISEVA* noch nicht sehr verbreitet ist, muss sich der Autor zuerst mit dem implementierten Modell vertraut machen. Durch Nachforschung in der Fachliteratur werden Kenntnisse darüber gewonnen, welche Daten für die Modellierung geeignet sind und welche Quellen diese Daten zur Verfügung stellen.

**Befragung** Durch die Befragung statistischer Stellen und Unternehmen, welche im Bereich Verkehrsmodellierung bereits Erfahrung haben, soll die benötigte Datenbasis beschafft werden.

**Simulation** Die Modellierung des WIV ist die zentrale Aufgabe in diesem Projekt. Damit der Ist-Zustand dargestellt werden kann müssen die Eingangsdaten entsprechend den Programmanforderungen aufbereitet werden. Aufgrund der unterschiedlichen Raumstrukturen Österreichs und Sloweniens müssen die gesammelten Daten homogenisiert werden. Anschließend werden mit *VISEVA* Fahrtenmatrizen erstellt. Die Umlegung der Werte auf das Verkehrsnetz erfolgt in *VISUM*.

Ein wichtiger Punkt bei der Simulation ist die Kalibrierung des Modells, also die Verifizierung der Verkehrserzeugung und Umlegung anhand vorhandener Querschnittsmessungen.

### 5.2 Arbeitsablauf

Das Flowchart in Abb. 5.1 auf Seite 38 gibt einen Überblick, welche Arbeitsschritte in diesem Projekt durchgeführt wurden.

---

<sup>1</sup>DDI Dieter Depisch & DI Silvia Kerschbaumer-Depisch ZT GmbH, Grazer Platz 5, 8280 Fürstenfeld

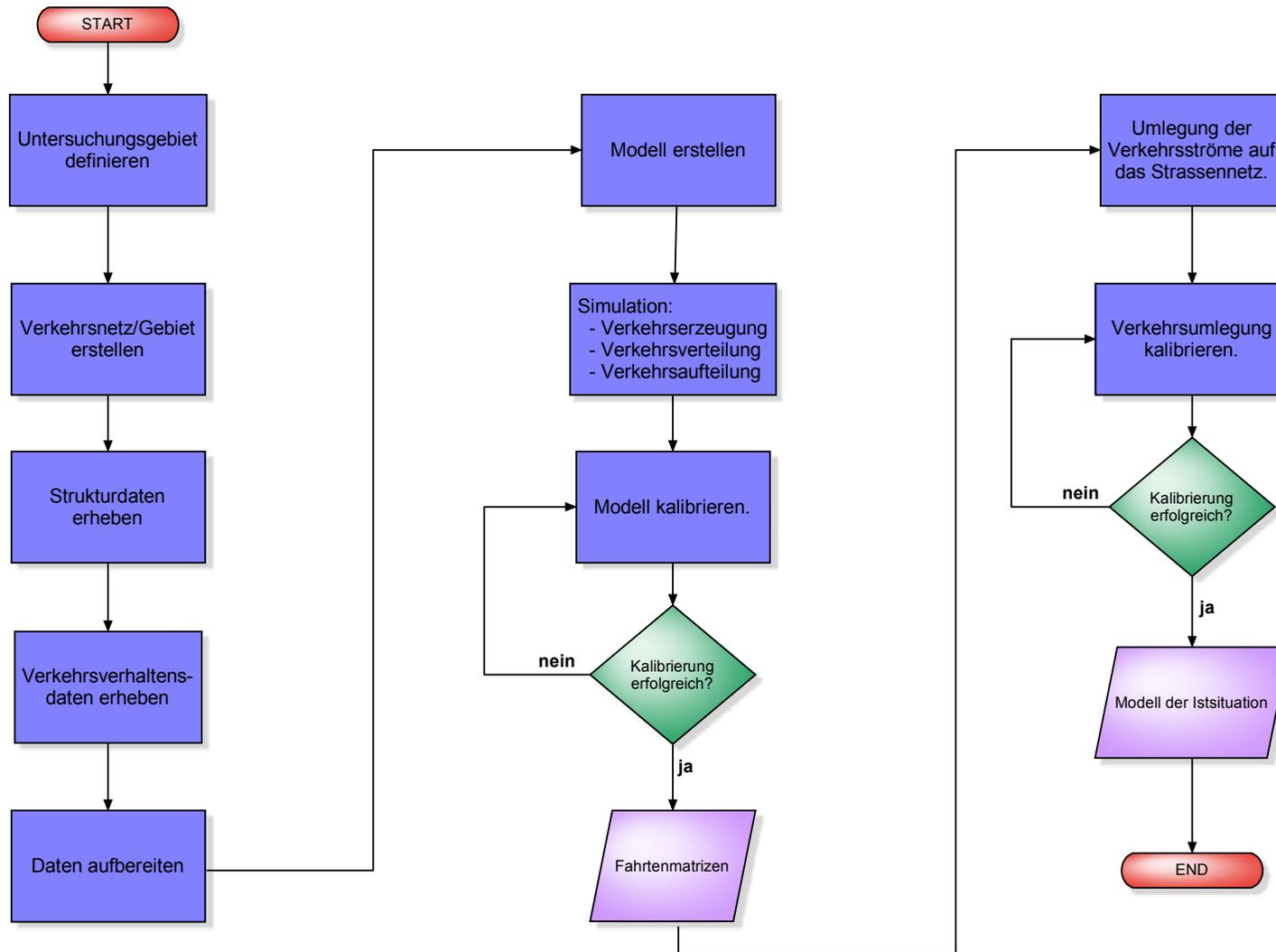


Abb. 5.1: Flußdiagramm des Arbeitsablaufs

### 5.2.1 Definition des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet wird in Planungsgebiet und Umland unterteilt. Da Verkehrsberechnungsmodelle nur den Binnenverkehr abbilden, sollte das Untersuchungsgebiet so groß gewählt werden, dass äußere Einflüsse nicht mehr von Bedeutung sind. Das Planungsgebiet wird detaillierter erfasst, das Umland berücksichtigt äußere Verkehrseinflüsse. Meist muss ein Kompromiss zwischen Größe des Gebietes und möglichem Modellierungsaufwand gefunden werden. Im Untersuchungsgebiet werden die Grenzen der politischen Bezirke als Verkehrszellen gewählt. Im Planungsgebiet erfolgt eine detaillierte Aufteilung nach Gemeinden. Im wesentlichen enthält das Gebiet folgende Bezirke:

- Güssing
- Jennersdorf
- Oberwart
- Feldbach
- Fürstenfeld
- Graz
- Graz-Umgebung
- Hartberg
- Leibnitz
- Radkersburg
- Weiz
- Pomurska
- Podravska

Eine digitalisierte Karte wurde bereits von der Fa. Depisch ZT erstellt und als Shapefile zur Verfügung gestellt.

Das Untersuchungsgebiet umfasst den Süd-Osten der Steiermark, das südliche Burgenland und den Nord-Osten von Slowenien (Abb. 5.2). Das Gebiet in der Steiermark hat ca. 700.000 Einwohner, im Burgenland ca. 98.000 und in Slowenien etwa 430.000 Einwohner. Die Gesamtfläche des Gebietes beträgt ca. 10.300 km<sup>2</sup>.

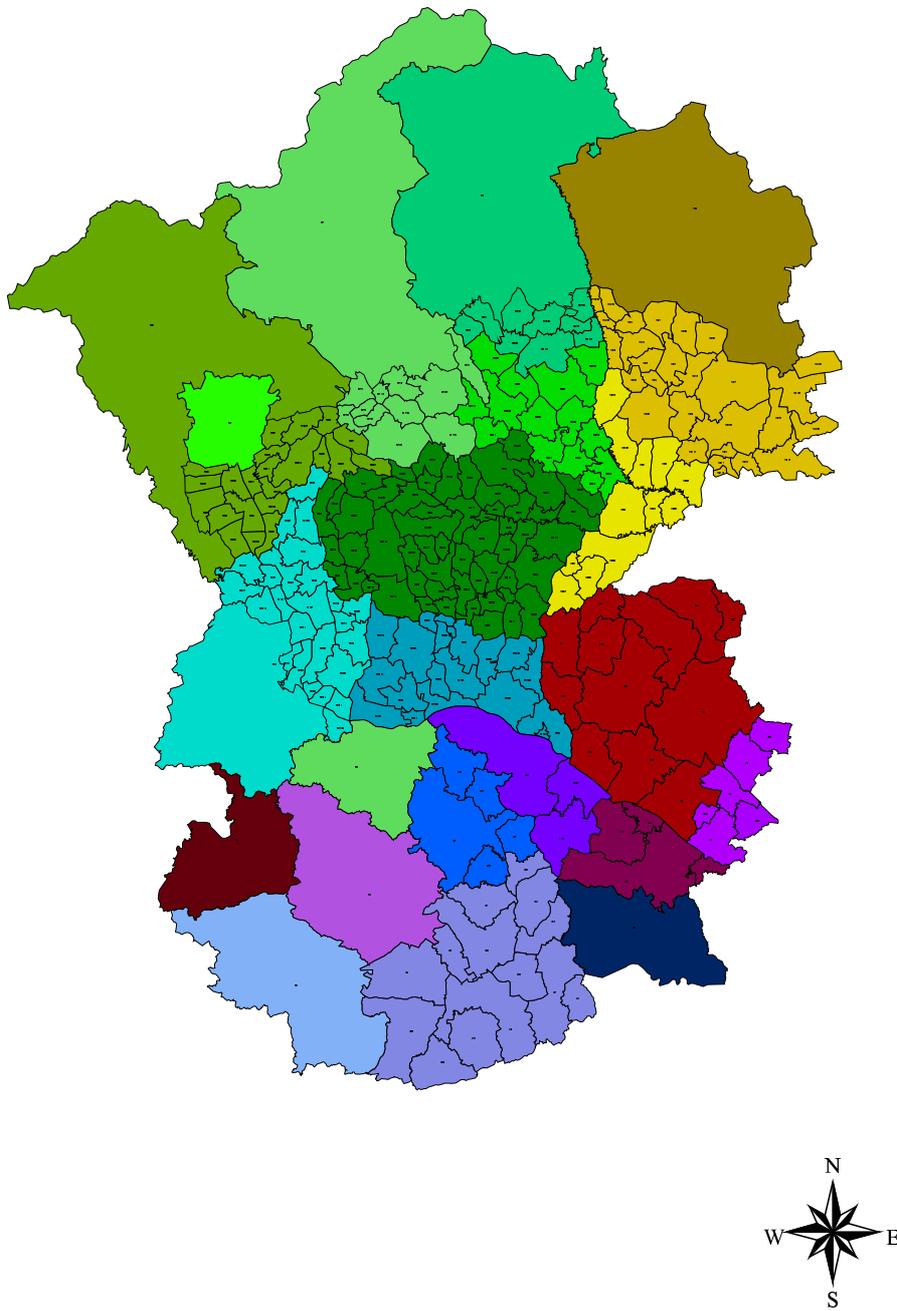
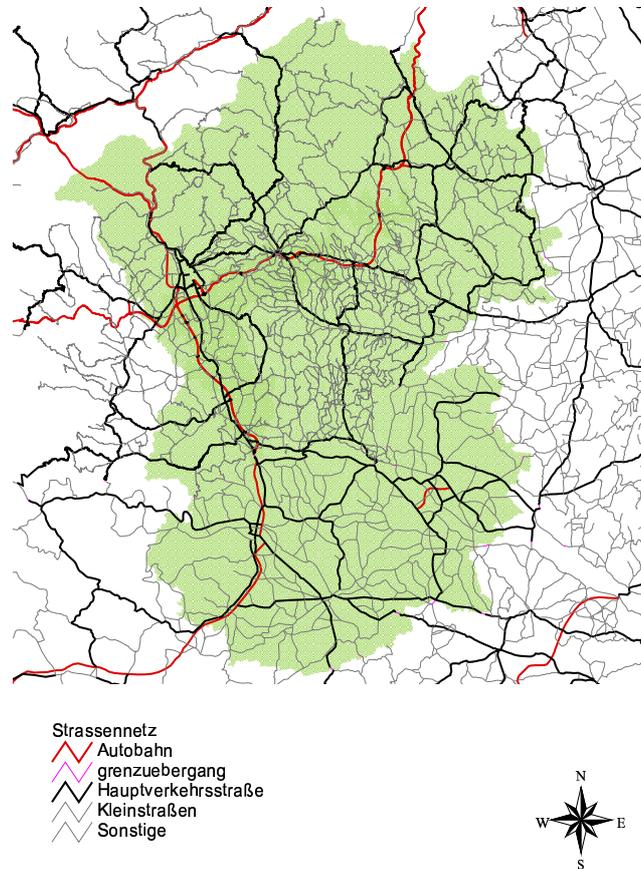


Abb. 5.2: Untersuchungsgebiet

## 5.2.2 Modellierung Verkehrsnetz

Das Straßennetz wird einerseits zur Umlegung der Fahrtenmatrix auf das Verkehrsnetz in *VISUM* benötigt und andererseits für die Verkehrsnachfrage. Ein solches Verkehrsnetz wurde von der Fa. Depisch ZT aufbereitet und zur Verfügung gestellt (Abb. 5.3). Es besteht aus 7.318



**Abb. 5.3:** Strassennetz

Knoten und 20.444 Strecken. In der Abbildung erkennt man, dass das Netz im Planungsgebiet detailliert dargestellt wird und nach außen nur mehr Hauptverbindungen zur Verfügung stehen. Die Strecken im Modell sind mit folgenden Attributen belegt:

- Länge
- Anfangsgeschwindigkeit
- Kapazität
- Anzahl der Fahrstreifen
- Name (z.B.: Autobahn)

Diese Attribute wurden mit dem Eingangsfile mitgeliefert. Da im Zuge der Modellierung eine Modifizierung der Attribute notwendig sein kann, wurden die Strecken in Kategorien unterteilt.

Von den 100 möglichen Kategorien wurden im Projekt nur einige Obertypen benötigt. So ist es möglich Streckenattribute klassifiziert zu modifizieren. Weitere Vorteile einer Typisierung sind:

- differenzierte grafische Darstellung
- Gruppierung von Strecken nach Funktion oder Ausprägung

### 5.2.3 Strukturdaten und Verkehrsverhaltensparameter

Die Strukturdaten, welche in einem Nachfragemodell eingesetzt werden, stehen in engem Zusammenhang mit den für das Modell als signifikant betrachteten Verkehrskennwerten. Daten wie etwa die Einwohnerzahl, Beschäftigte am Wohnort, Schüler, ... werden von der Statistik Austria erhoben. Die letzte umfangreiche Befragung erfolgte mittels Großzählung im Jahr 2001. Unter diesem Begriff werden die drei Zählbereiche Volkszählung, Arbeitsstättenzählung und Gebäude- und Wohnungszählung zusammengefasst. Ebenfalls von Statistik Austria

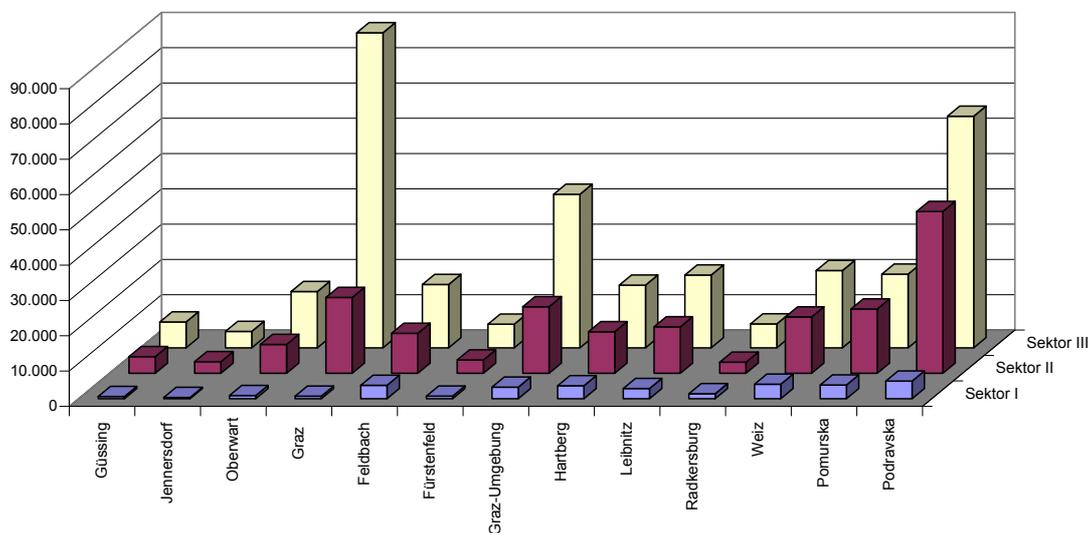


Abb. 5.4: Beschäftigte unterteilt nach Sektoren

werden Erhebungen zum Straßengüterverkehr durchgeführt. Es werden stichprobenartig alle Unternehmen befragt, die Straßengüterfahrzeuge ab 2 Tonnen Nutzlast betreiben. Diese Daten werden vierteljährlich hochgerechnet und publiziert.

Die ausgewerteten Daten werden der Öffentlichkeit kostenlos bzw. gegen Entgelt angeboten. Es gibt auch die Möglichkeit gewünschte Auswertungen online<sup>2</sup> in der ISIS Datenbank abzufragen. Als Bezugspersonen und Strukturgrößen der Verkehrserzeugung werden die Beschäftigten (Abb. 5.4) der verschiedenen Branchen verwendet. Diese Daten werden von der Statistik Austria angefordert und entsprechend aufbereitet. Die Speicherung der Strukturdaten erfolgt im dbf-Format, sie gehen in die Erzeugungsrechnung von VISEVA als primäre Datenbank ein.

<sup>2</sup>[www.statistik.gv.at](http://www.statistik.gv.at)

### 5.2.3.1 Bildung verhaltensähnlicher Gruppen

Die Güterverkehrsstatistik liegt differenziert nach Güterarten (NST/R) vor. Die Beschäftigungsstatistik wird nach Wirtschaftsklassen (ÖNACE) unterteilt. Demnach muss der Autor eine sinnvolle Zuordnung dieser beiden Konzepte überlegen. Gleichzeitig wird eine Aggregation der 10 NST/R Klassen zu den 3 Wirtschaftssektoren (primärer, sekundärer und tertiärer Sektor) durchgeführt. Abbildung 5.5 zeigt die Zuordnung und Zusammenfassung der Klassen.

Güterart nach NST/R		Wirtschaftsklassen nach ÖNACE		Sektoren
0	Land- und forstwirtschaftliche Erzeugnisse und lebende Tiere	A	Land- und Forstwirtschaft	S I
1	Andere Nahrungs- und Futtermittel	B	Fischerei und Fischzucht	S I
2	Feste mineralische Brennstoffe	E	Energie- und Wasserversorgung	S I
3	Erdöl, Mineralölerzeugnisse			S II
4	Erze und Metallabfälle	C	Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden	S I
5	Eisen, Stahl und NE-Metall (einschl. Halbzeug)	DJ	Metallerzeugung und -bearbeitung, Herstellung von Metallerzeugnissen	S II
6	Steine und Erden und Baustoffe	DF	Kokerei, Mineralölverarbeitung	S II
7	Düngemittel	DG	Herstellung von Chemikalien und chem. Erzeugnissen	S II
8	Chemische Erzeugnisse			S II
9	Fahrzeuge, Maschinen, sonstige Halb- und Fertigwaren sowie besondere Transportgüter	D	Sachgütererzeugung	S II
		ab G	Dienstleistungen	S III

Abb. 5.5: Zuordnung Gütergruppen zu Wirtschaftszweigen

### 5.2.3.2 Ermittlung der Verkehrsverhaltensdaten

Im Rahmen der Diplomarbeit wurden keine eigenen empirischen Verhaltensdaten erhoben. Dazu wäre eine umfangreiche Befragung von Unternehmen und/oder Verkehrszählungen notwendig. Dies würde den zeitlichen Rahmen, der für diese Arbeit vorgesehen ist, übersteigen. Als Grundlage zur Berechnung der Verhaltensdaten dient eine Sonderabfrage der Güterverkehrsstatistik von Statistik Austria. Die Daten für das Untersuchungsgebiet werden als ASCII Datei bereitgestellt.

Im ersten Schritt erfolgte die Ermittlung der spezifischen Verkehrsaufkommen (Tab. 5.1).

$$SV^A = SV^E = RA = \frac{\text{Fahrten}}{\text{Beschaeftigten}} \quad (5.1)$$

$$SV^V = RA * (RK - 2) = \frac{\text{Fahrten}}{\text{Beschaeftigten}} * (ZJT - 1)$$

$SV^{QZG}$  ..... Spezifisches Verkehrsaufkommen der QZG

$ZJT$  ..... Anzahl der angefahrenen Ziele je Tour

$VVE_{RFG}$  ..... Summe aller Versandaufkommen

Mit den Gleichungen 5.1 werden die Kennwerte für die Rundfahrgruppen berechnet. Die RFG werden durch die Wirtschaftssektoren abgebildet, wobei im Modell der primäre und sekundäre Sektor Verwendung finden. Der tertiäre Sektor wird in einem Modell für den Personenverkehr berücksichtigt.

Laut einer Aussage von Statistik Austria haben ca. 3% aller Fahrten mehr als eine Ausladestelle, sind also Rundfahrten. 97% haben nur eine Ein- und Ausladestelle. Aufgrund des geringen Anteils an Rundfahrten werden diese bei der Modellierung nicht berücksichtigt. Für die Nachfrageberechnung ist der Wert  $ZJT=1$  und es folgt mit Glg. 5.1  $SV^V=0$ .

Zur Berechnung der Parameter, der Verkehrszellen in Slowenien können die Daten nicht herangezogen werden, da die Erhebungen unvollständig sind. In Pomurska werden insgesamt nur 6 Fahrten pro Tag und in Podravska 7 Fahrten pro Tag ausgewiesen.

Die Erzeugungsraten (Tab. 5.1) werden ebenfalls aus den bereitgestellten Datensätzen bestimmt. Es gibt zwei Fahrzwecke (Sektor I und Sektor II), welche ein bestimmtes Empfangsaufkommen erzeugen.

Bezirk	Sektor	SV	ER
1	S I	0,00014	0,00005
1	S II	0,00026	0,00029
2	S I	0,00010	0,00020
2	S II	0,00014	0,00012
104	S I	0,13866	0,08738
104	S II	0,06744	0,08687
105	S I	0,08913	0,16312
105	S II	0,09998	0,09051
109	S I	0,21348	0,24728
109	S II	0,14232	0,13784
601	S I	1,34469	1,17484
601	S II	0,07550	0,07709
604	S I	0,08943	0,06943
604	S II	0,08303	0,09125
605	S I	0,15066	0,20032
605	S II	0,10813	0,09928
606	S I	0,18955	0,16084
606	S II	0,12896	0,13268
607	SI	0,08645	0,08040
607	S II	0,07826	0,08335
610	SI	0,10271	0,14352
610	S II	0,13358	0,11847
615	SI	0,06050	0,06677
615	S II	0,10887	0,10746
617	S I	0,06912	0,07851
617	S II	0,08900	0,08825

**Tab. 5.1:** Spezifische Verkehrsaufkommen und Erzeugungsraten der Strukturgrößen

## 5.2.4 Simulation mit VISEVA

In *VISEVA* werden die ersten 3 Vorgänge des „4-Stufen-Modells“ abgearbeitet. Es wird für die 2 RFG das Projekt *wiv.prj* angelegt und die Gruppeneinteilung wird in der Datei *B Branchen.ini* entsprechend angepasst (Abb. 5.6). Die Raumstrukturdaten werden aus dem bereitgestellten

```

GrName1=10er
GrName2=3er
GrName3=3sek
GrName4=2sek

[2sek]
Titel=2sek
Anz=2
Branche1=primaer
Branche2=sekundaer

[10er]
Titel=10
Anz=10
Branche1=Industrie
Branche2=Bauhauptgew.
Branche3=Ausbaugew.
Branche4=Grosshandel
Branche5=Einzelhandel
Branche6=Verkehr
Branche7=Banken+Vers.
Branche8=Reinigung
Branche9=Rechtsberatg.
Branche10=Sonstiges

```

Abb. 5.6: Brancheneinteilung in *VISEVA*

dBase File, als primäres Datenfile, in das Programm eingelesen. Anschließend erzeugt man die sekundäre Datentabelle (Abb. 5.7). Diese enthält für jede Kombination von QZG und Verkehrszelle, die mit Standardwerten vorbelegten Verkehrsverhaltenparameter (z.B.:  $SV=0$ ,  $ER=0$ , ...). Im ersten Schritt kann anschließend die Verkehrserzeugung durchgeführt werden.

BEZ_NAM	GEM_NR	VBZ_TYP	VBZ_TYP_1	SG_I	SG_II	BP_I	BP_II
Unterlamm	60455	604	p	42	17	42	17
Zerlach	60456	604	p	84	57	84	57
Altenmarkt bei Fuerstenfeld	60501	605	p	47	63	47	63
Bad Blumau	60502	605	p	94	36	94	36
Burgau	60503	605	p	21	51	21	51
Fuerstenfeld	60504	605	p	58	2077	58	2077
Grosssteinbach	60505	605	p	77	118	77	118
Grosswillfersdorf	60506	605	p	60	376	60	376
Hainersdorf	60507	605	p	33	233	33	233
Ilz	60508	605	p	64	294	64	294
Loipersdorf bei Fuerstenfeld	60509	605	p	31	56	31	56

WVK	BP_I_RA	BP_I_RK	BP_II_RA	BP_II_RK	SG_I_ER	SG_II_ER	AE	VE	H
1	0,1507	2	0	0	0,2003	0	8,7383	11,9233	0
2	0	0	0,1081	2	0	0,0993	224,5777	205,2232	0

Abb. 5.7: Datentabelle mit primärem und sekundärem File in *VISEVA*

Anhand der eingegebenen Verhaltensparameter werden die Verkehrsaufkommen, getrennt für jede QZG, berechnet. Das Ergebnis wird in die sekundäre Datentabelle eingetragen. Bevor die nächste Stufe, die Verteilung der Quell- und Zielverkehrsaufkommen, durchgeführt werden kann ist eine Bewertung der Verkehrsverbindungen erforderlich. In diesem Modell erfolgt die Berechnung der Verkehrsverteilung in Abhängigkeit der Bewertung der Reisezeit. Zusätzliche Aufwandsmatrizen werden nicht miteinbezogen.

Wie in Kapitel 2.10, Seite 26 beschrieben, stehen unterschiedliche Funktionstypen für eine Bewertung zur Verfügung. VISEVA bietet auch die Möglichkeit eine eigene Funktion zu definieren. Im vorliegenden Fall wird die EVA Funktion verwendet. Jeder Wirtschaftsverkehrsklasse (WVK) kann eine eigene Bewertungsfunktion zugeordnet werden. Da keine empirischen Werte für die Parameter E, F und G zur Verfügung stehen, werden Werte aus der Literatur (siehe [Salzwedel, 1997, Seite 67]) verwendet (Abb. 5.8). Die Aufwandsmatrix

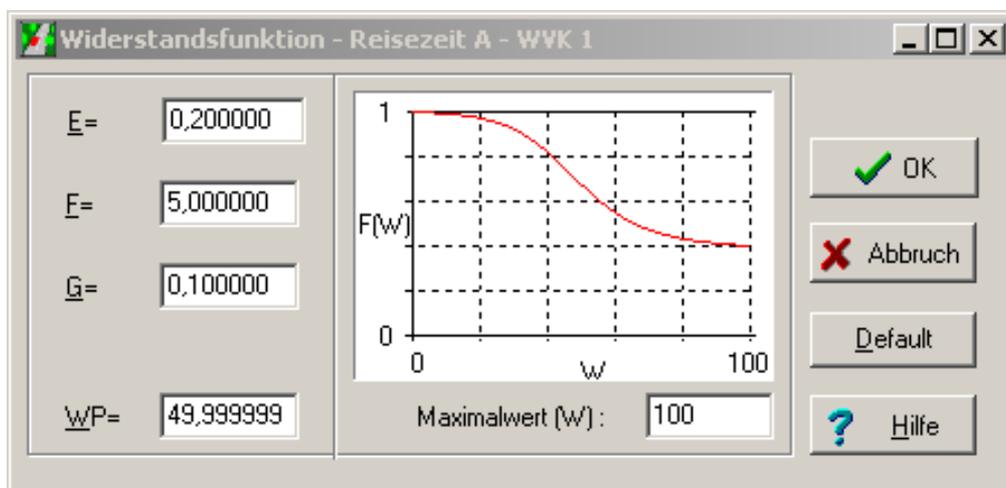


Abb. 5.8: Bewertungsfunktion EVA in VISEVA

mit den Reisezeiten wird mit VISUM generiert. Dazu wird in VISUM das Strassennetz mit den Bezirken abgebildet. Die Daten in Form von Shapedateien vorhanden und können direkt in das Programm importiert werden. Wichtig ist, dass die Zellen in VISUM mit den Verkehrszellen in VISEVA genau übereinstimmen. Die Zellen mit dem zugehörigen Strassennetz werden in der Datei *wiv.ver* abgespeichert. Bevor man die Berechnung startet muss jeder Bezirk an das Straßennetz angebunden werden. Als Schwerpunkt wird in VISUM die Beschriftung der Bezirke verwendet.

Sind alle Bezirke angebunden, kann im Menü „Rechnen“ Punkt „Verfahren“ eine neue Operation angelegt werden. Im aktuellen Fall wird der Vorgang „Kennwertmatrix berechnen“ definiert. Bevor die Berechnung startet, muss das Nachfragesegment, also das beanspruchte Verkehrsmittel, zugewiesen werden und im Punkt „Parameter“ die gewünschte Aufwandsmatrix ausgewählt werden.

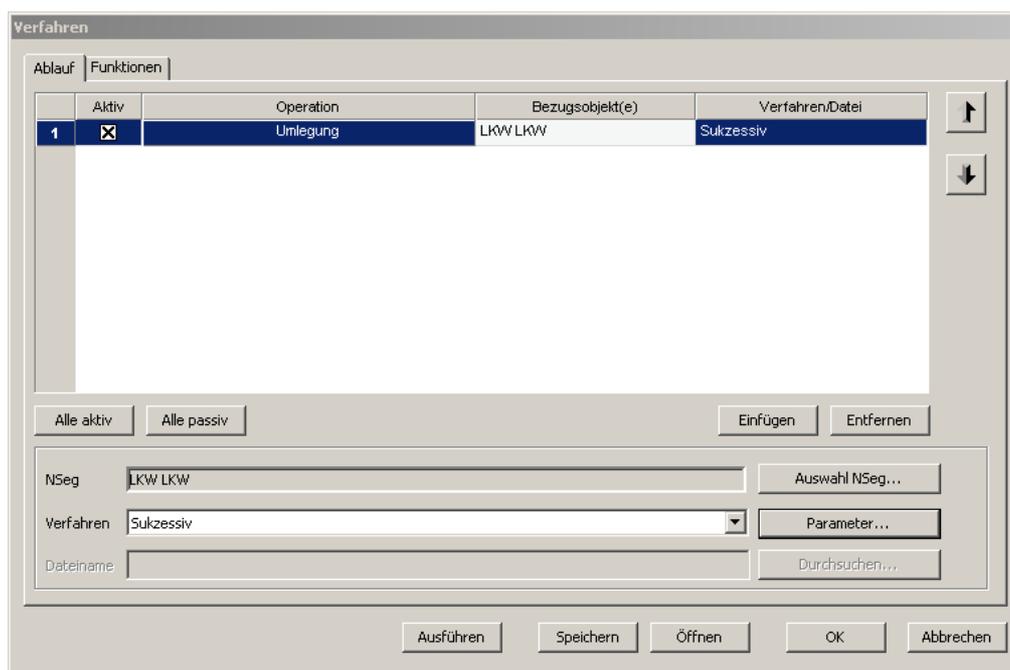
Die erzeugte Aufwandsmatrix (Abb. A-6) wird anschließend dem Fahrzeug zugewiesen und die Bewertung an der EVA Funktion durchgeführt. Als Ergebnis erhält man für jede WVK eine Bewertungsmatrix (Abb. A-7) differenziert nach QZG. Mit den Bewertungen

der Verkehrsbeziehungen ist es nun möglich die Verkehrsstrommatrizen zu erzeugen. Diese Matrizen, welche wieder differenziert nach Wirtschaftsverkehrsklassen und QZG vorliegen, werden mittels Addition zu einer Gesamtfahrtenmatrix (FMA) (Abb. A-8) zusammengefasst. Verwendet man verschiedene Verkehrsmittel (z.B.: PKW, LKW\_klein, LKW\_groß, ...) kann für jedes Fahrzeug eine separate FMA und eine Gesamtfahrtenmatrix erzeugt werden. Diese Matrizen können in *VISUM* auf das Verkehrsnetz umgelegt werden.

### 5.2.5 Umlegung in VISUM

Die Fahrtenmatrix wird als Quell-Ziel-Matrix eingelesen und dem Nachfragesegment LKW zugewiesen. Sollen externe Fahrtenmatrizen berücksichtigt werden (z.B.: Durchgangsverkehr), so müssen diese Werte zur eingelesenen Matrix addiert werden. Weiters muss man noch im Menü „Rechnen“ unter „Verfahren“ die Operation „Umlegung“ definieren (Abb. 5.9). Als Umlegeverfahren wird das Sukzessiv-Verfahren mit seinen Standardparametern verwendet.

Bei diesem Verfahren wird die Matrix „sukzessiv“ auf das Netz umgelegt. Im ersten Schritt wird ein Teilpaket auf die widerstandsminimalesten Routen umgelegt. Dann werden mit dieser Belastung neue Streckenwiderstände berechnet und das nächste Teilpaket wird umgelegt. Als default Parameter für die Sukzessivumlegung sind 3 Teilschritte eingestellt dh. in jedem Schritt werden ca. 33% der FMA umgelegt.



**Abb. 5.9:** Dialogfenster zur Definition von Operationen.

## 5.2.6 Kalibrierung

Die Aussage- und Prognosfähigkeit eines Verkehrsmodelles hängt davon ab, wie gut das Modell kalibriert ist. Die Kalibrierung hat dabei sowohl am Nachfragemodell als auch am Netzmodell zu erfolgen. Folgende Elemente sind dafür vorgesehen:

- Kalibrierung der Quell- und Zielverkehrsaufkommen anhand der Verkehrserhebung der Fa. IKK<sup>3</sup>
- Kalibrierung der Reiseweite anhand der Daten von Statistik Austria
- Kalibrierung der Umlegung mittels Querschnittsmessung aus den automatischen Zählstellen (DTV)

Die Kalibrierung eines Modells ist ein zeitintensiver Vorgang. Im Rahmen dieser Arbeit wurden erste Anpassungsmaßnahmen durchgeführt, sodass grundsätzliche Aussagen zum Modell möglich sind.

### 5.2.6.1 Kalibrierung der Nachfragedaten

Die Überprüfung der berechneten Quell- und Zielverkehrsaufkommen (Abb. A-3) erfolgt anhand von Verkehrszählungen. Die Fa. IKK führte im Rahmen des Straßenprojektes S7 eine partielle Verkehrserhebung durch. Diese erstreckt sich von Großwilfersdorf entlag der B319 über die B65 bis nach Heiligkreuz. Es wurden an 4 Zählstellen Daten erhoben. Diese Zählung ergibt keine 100% Erfassung des Güterverkehrs, jedoch können die Werte für Fürstenfeld als repräsentativ betrachtet werden.

Zur Kalibrierung werden die Daten der Verkehrsaufkommen im Bezirk Fürstenfeld, mit den in der Simulation errechneten Werten, verglichen (Tab. 5.2).

vor Kalibrierung			
<b>Bezirk 605</b>	WISEVA	Zählung	Differenz
Qi	<b>487</b>	591	<b>-104</b>
Zj	<b>494</b>	690	-196
nach Kalibrierung			
Qi	591	591	0
Zj	686	690	-4

**Tab. 5.2:** Kalibrierung der Quell- und Zielverkehrsaufkommen

### 5.2.6.2 Kalibrierung der EVA Parameter

Die Verifizierung der Parameter E, F und G erfolgt durch eine Abweichungsanalyse der Werte der durchschnittlichen Reiseweiten. Als empirische Daten stehen die Transportdistanzen aus

<sup>3</sup>Ingenieurgemeinschaft Kaufmann-Kribernegg ZT-OG in Graz

der Güterverkehrsstatistik zur Verfügung. Die Auwertung dieser Werte zeigt Abb. A-12. Die durchschnittlichen Reiseweiten der Simulation werden mit der Distanzaufwandsmatrix aus *VI-SUM* und der aktuell berechneten Fahrtenmatrix ermittelt (Abb. A-13). In Abb. A-14 sieht man die Abweichungen der empirisch ermittelten Reiseweiten von den Distanzen der Simulation. Eine Anpassung der Werte erfolgt nun solange durch Variation der Parameter der EVA Funktion, bis sich die mittleren Reiseweiten einstellen. Die Kalibrierung der Parameter erfolgt händisch.

### 5.2.6.3 Kalibrierung der Umlegung

Sind die Nachfragedaten kalibriert, ist eine Verifizierung, der Aufteilung der Verkehrsströme auf das Straßennetz, durchzuführen. Zuvor sind vorliegende externe Fahrtenmatrizen zu berücksichtigen. In dieser Arbeit wird der Verkehr von ausgewählten Verkehrserzeugern, wie Wien, Wien Umgebung, ... zu den Werten der FMA der Simulation addiert.

Die Kalibrierung wird unter Zuhilfenahme von Werten an automatischen Zählstellen, sogenannte DTV Werte, abgehandelt. Die DTV Werte (Abb. A-9) können im Internet abgefragt werden ([www.verkehr.steiermark.at/cms/ziel/3186097/DE](http://www.verkehr.steiermark.at/cms/ziel/3186097/DE)).

Ein Wertevergleich ist nur auf ausgewählten Hauptverkehrsstraßen sinnvoll. Die Verkehrsaufkommen der Autobahnen können nur dahin gehend überprüft werden, dass sie unterhalb der DTV Werte liegen, da nicht alle Verkehrsströme von außerhalb des UG (z.B.: Transitverkehr) berücksichtigt werden. Die Anpassung der Streckenbelastungen wird mit der Funktion „Wege hochrechnen“ durchgeführt (Abb. 5.12). Zu finden ist diese Funktion im Menü „Nachfrage“ Punkt „Matrixkorrektur“. Mit dieser Funktion wird die Fahrtenmatrix eines Nachfrageseg-

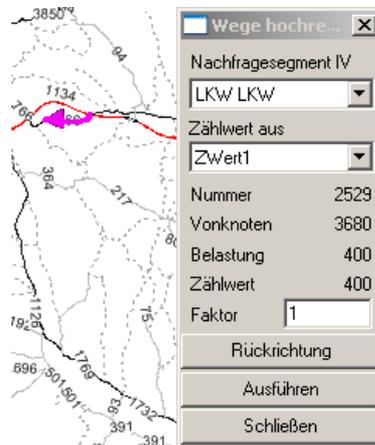


Abb. 5.10: Dialogfenster „Wege hochrechnen“

mentes an die Zählwerte einzelner Strecken angepasst. Es werden die Fahrtenbeziehungen, die eine ausgewählte Strecke benutzen, so hochgerechnet, dass die Belastung einem Zählwert entspricht. Dieser Zählwert wird z.B. als ZWert1 hinterlegt. Für diese Art der Kalibrierung muss eine Umlegung vorhanden sein, da die verwendeten Fahrtenbeziehungen auf dieser basieren. Das Ergebnis der Hochrechnung (Abb. A-11) mit der berechneten Fahrtenmatrix wird als neue Version abgespeichert. Die Abbildungen 5.11 und 5.12 zeigen ausgewählte DTV Werte und einen Ausschnitt der kalibrierten Umlegung.



Abb. 5.11: DTV Ausschnitt

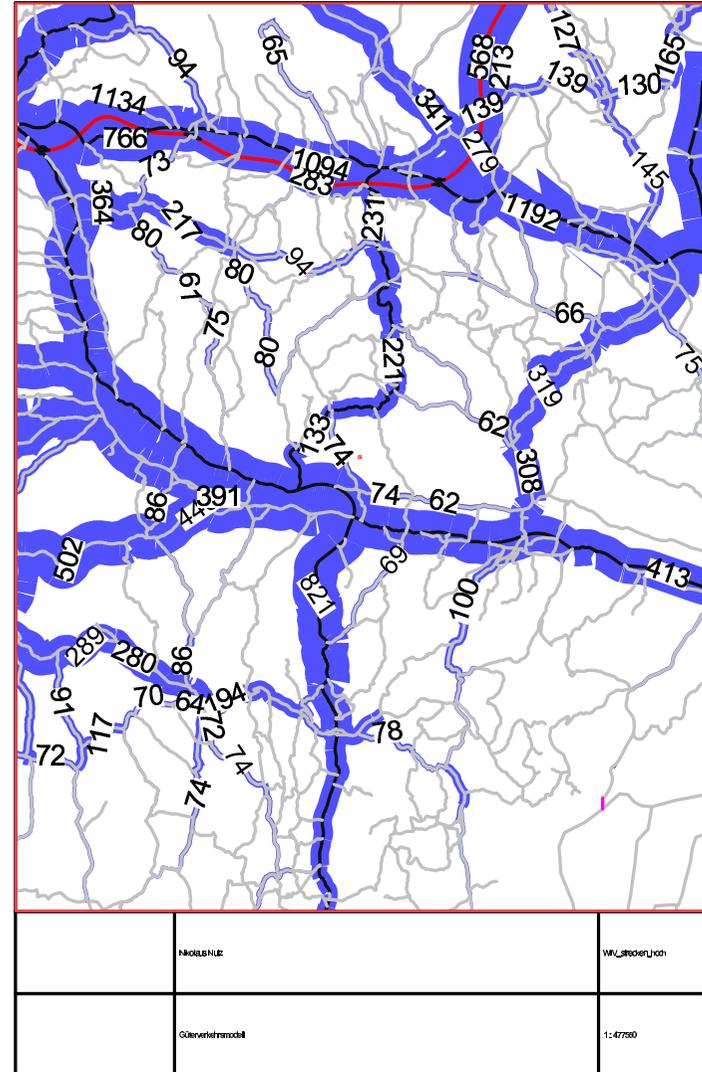


Abb. 5.12: Strassenausschnitt der kalibrierten Umlegung

## 6 Conclusio

Die Eignung des Programmsystems *VISEVA*, mit dem implementierten Kennwertmodell nach Lohse zur Modellierung des Straßengüterverkehrs, ist gegeben. Die zur Modellierung notwendigen Daten (siehe Kapitel 5.2.3) können nicht aus statistischen Standardpublikationen extrahiert werden. Mit den Daten der Sonderauswertung ist es möglich, das Quell- und Zielverkehrsaufkommen der Verkehrszellen, im österreichischen Teil des Untersuchungsgebietes, hinreichend genau abzubilden. Für den slowenischen Raum benötigt man Daten aus anderen Quellen.

Die Kalibrierung der Erzeugung erfolgt anhand einer partiellen Verkehrserhebung. Für eine gebietsfeinere Kalibrierung sind in Zukunft zusätzliche Verkehrserhebungen notwendig.

Das Ergebnis der Verkehrsumlegung (Abb. A-11) zeigt, dass mit den vorhandenen Kalibrierungsmaßnahmen ein prognosefähiges Verkehrsnachfragemodell erzeugt werden kann.

## 7 Zusammenfassung

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst und die Kernaussagen hervorgehoben. Es sollen die Forschungsfragen und die aufgestellten Hypothesen beantwortet werden.

In diesem Projekt soll ein flexibles Verkehrsnachfragemodell für den Güterverkehr erstellt werden. Eine besondere Eigenschaft des Simulationsgebietes ist die Trennung durch die Staatsgrenze und die unterschiedliche wirtschaftliche Struktur von Österreich und Slowenien.

Die publizierten Daten in der Güterverkehrsstatistik konnten nicht für die Modellierung herangezogen werden. Zur Abbildung des Güterverkehrs mit dem Kennwertmodell musste eine Sonderabfrage bei Statistik Austria angefordert werden. Diese Abfrage dient als Grundlage zur Berechnung der Verkehrsverhaltensparameter. Demnach kann die Hypothese, dass durch Umlegung des Transportaufkommen/Transportleistung in Fahrzeugfahrten das Simulationsmodell erstellt werden kann, nicht bestätigt werden. Bis zu welcher Tiefe die Aufschlüsselung der Wirtschaftssektoren sinnvoll ist, hängt einerseits von den verfügbaren Daten und andererseits von der Modellierungstiefe ab. Im vorliegenden Projekt reicht eine Einteilung in primären und sekundären Sektor aus. Der tertiäre Sektor wird in einem Personenverkehrsmodell abgebildet.

Die Auswertung der Simulation zeigt, dass es grundsätzlich möglich ist, den Güterverkehr in einer Region mit *VISEVA* zu berechnen und in *VISUM* umzulegen. Somit lässt sich die Hypothese, dass es möglich ist die Verkehrsströme von Unternehmen mit dem Kennwertmodell am Computer nachzubilden, bestätigen.

Für die Prognoserechnung bzw. die Nachbildung spezieller planerischer Maßnahmen sind noch folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Die Verkehrsverhaltensparameter wurden aus statistischen Erhebung berechnet. Die Überprüfung der Übertragbarkeit der Kennwerte auf das Untersuchungsgebiet kann nicht ausreichend durchgeführt werden. Hierzu sind weiter Sondererhebungen notwendig.
- Die ausgewiesenen Daten für Slowenien in der Güterverkehrsstatistik von Statistik Austria sind unvollständig. Aussagekräftige Daten sollten von slowenischen Projektpartner bzw. statistischen Ämtern in Slowenien bezogen werden.
- Die Abbildung des grenzüberschreitenden Verkehrs erfordert einen speziellen Modellierungsaufwand.
- Rundfahrten sind im Modell nicht berücksichtigt, sollten jedoch in zukünftigen Modellen abgebildet werden. Dazu sind umfangreiche Erhebungen und Auswertungen des Fahrverhaltens notwendig.

## Literaturverzeichnis

- [Chr.Pfohl 2003] CHR.PFOHL: *Güterverkehr. Eine Integrationsaufgabe für die Logistik*. Berlin : Erich Schmidt Verlag, 2003. – ISBN: 3-503-07458-9 5, 54
- [Clausen 2005] CLAUSEN, Uwe: *Wirtschaftsverkehr 2005*. Dortmund : Praxiswissen, 2005, 2005. – ISBN: 3-89957-029-4 10
- [Deneke 2005] DENEKE, Kai: *Nutzungsorientierte Fahrzeugkategorien im Straßenwirtschaftsverkehr / Technische Universität Braunschweig*. 2005 (53). – Forschungsbericht. ISBN: 3-8322-3802-6 2
- [Lohse 1997] LOHSE, Dieter: *Ermittlung von Verkehrsströmen mit n-linearen Gleichungssystemen unter Beachtung von Nebenbedingungen einschließlich Parameterschätzung / Technische Universität Dresden, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr*. 1997 (05). – Forschungsbericht. ISSN: 1432 - 5500 9, 54, 59
- [Salzweidel 1997] SALZWEDEL, Jörg: *Untersuchung zur Einordnung der verkehrsplanerischen Berechnung des Güter- und Wirtschaftsverkehrs in das Modell- und Programmsystem PEVA.*, Technische Universität Dresden, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Diplomarbeit, 1997 9, 10, 11, 17, 18, 46, 54
- [Schnabel/Lohse 1997] SCHNABEL/LOHSE: *Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung*. Berlin : Verlag für Bauwesen GmbH, 1997. – ISBN: 3-345-00567-0 7, 8, 10, 12, 13, 14, 19, 21, 25, 30

## Abbildungsverzeichnis

2.1	Einteilung Wirtschaftsverkehr . . . . .	2
2.2	Transportaufkommen nach Verkehrsträger in AUT (Quelle: Statistik Austria) .	3
2.3	Transportaufkommen/-leistung Strasse in AUT (Quelle: Statistik Austria) . .	4
2.4	Exportquote (Quelle: [Chr.Pfohl, 2003, Seite 70]) . . . . .	5
2.5	Verkehrserzeugung . . . . .	8
2.6	Fahrten und Versender-Empfänger-Beziehung in Rundfahrten . . . . .	9
2.7	QZG und Rundfahrtengestaltung im Güterverkehr . . . . .	10
2.8	Beispiel zur Erzeugung der Heimatverkehrsaufkommen . . . . .	11
2.9	Verkehrstrommatrix . . . . .	12
2.10	Beispiel zum Furness Algorithmus . . . . .	15
2.11	Die Randsummenbedingungen als Basis der Verteilung (Quelle: [Salzwedel, 1997, Seite 46]) . . . . .	18
2.12	CR-Funktion . . . . .	25
2.13	Potenzfunktion . . . . .	27
2.14	Elastizitätsfunktion der Potenzfunktion . . . . .	28
2.15	Exponentialfunktion . . . . .	28
2.16	Elastizitätsfunktion der Exponentialfunktion . . . . .	29
2.17	EVA Funktion . . . . .	30
2.18	Funktionsänderung bei Parametervariation . . . . .	31
2.19	Elastizitätsfunktion der EVA Funktion . . . . .	31
3.1	Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes . . . . .	34
5.1	Flußdiagramm des Arbeitsablaufs . . . . .	38
5.2	Untersuchungsgebiet . . . . .	40
5.3	Strassennetz . . . . .	41
5.4	Beschäftigte unterteilt nach Sektoren . . . . .	42
5.5	Zuordnung Gütergruppen zu Wirtschaftszweigen . . . . .	43
5.6	Brancheneinteilung in <i>VISEVA</i> . . . . .	45
5.7	Datentabelle mit primärem und sekundärem File in <i>VISEVA</i> . . . . .	45
5.8	Bewertungsfunktion EVA in <i>VISEVA</i> . . . . .	46
5.9	Dialogfenster zur Definition von Operationen. . . . .	47
5.10	Dialogfenster „Wege hochrechnen“ . . . . .	49
5.11	DTV Ausschnitt . . . . .	50
5.12	Strassenausschnitt der kalibrierten Umlegung . . . . .	50
A-1	Kennwertmodell des Wirtschaftsverkehrs (Quelle: [Lohse, 1997]) . . . . .	59
A-2	Beschäftigte im Sektor I und Sektor II (Quelle: Statistik Austria . . . . .	60
A-3	Aggregation der Erzeugungsergebnisse . . . . .	62
A-4	Quellverkehrsaufkommen . . . . .	63

---

A-5 Zielverkehrsaufkommen . . . . .	64
A-6 Nach Bezirken aggregierte Aufwandsmatrix mit einer mittleren Reisezeit . . .	65
A-7 Nach Bezirken aggregierte Bewertungsmatrix . . . . .	65
A-8 Nach Bezirken aggregierte Gesamtfahrtenmatrix . . . . .	65
A-9 DTV Steiermark . . . . .	66
A-10 Verkehrsumlegung ohne Kalibrierung . . . . .	67
A-11 Verkehrsumlegung nach der Kalibrierung . . . . .	68
A-12 Durchschnittliche Reiseweite (Quelle: Statistik Austria) . . . . .	69
A-13 Durchschnittliche Reiseweite der Simulation . . . . .	69
A-14 Differenz der durchschnittlichen Reiseweite . . . . .	69
A-15 Systematik der Wirtschaftstätigkeiten (Quelle: Statistik Austria) . . . . .	70
A-16 Systematik der Wirtschaftstätigkeiten (Quelle: Statistik Austria) . . . . .	71
A-17 NUTS Gliederung (Quelle: Statistik Austria) . . . . .	72
A-18 NUTS Gliederung (Quelle: Statistik Austria) . . . . .	73

## Tabellenverzeichnis

2.1	Entwicklung des Güterverkehrs in Österreich (Quelle: Statistik Austria) . . . .	3
2.2	Transportaufkommen, durchschnittliche jährl. Zuwachsraten 1999-2003 (Quelle: bmvit) . . . . .	5
5.1	Spezifische Verkehrsaufkommen und Erzeugungsraten der Strukturgrößen . . .	44
5.2	Kalibrierung der Quell- und Zielverkehrsaufkommen . . . . .	48
A-1	Auswertung der Sonderabfrage von Statistik Austria . . . . .	61

## Abkürzungsverzeichnis

<i>BIP</i> .....	Brutto Inlands Produkt
<i>BW</i> .....	Bewertungswahrscheinlichkeit
<i>DTV</i> .....	durchschnittlicher täglicher Verkehr
<i>ER</i> .....	Erzeugungsrate
<i>FMA</i> .....	Fahrtenmatrix
<i>GIS</i> .....	Geografisches Informationssystem
<i>ISIS</i> .....	Integriertes Statistisches Informatiossystem
<i>MOE</i> .....	Mittel- und Osteuropa
<i>NACE</i> .....	Nomenclature générale des activités économiques
<i>NST</i> .....	Nomenclature uniforme de marchandises pour les Statistiques de Transport
<i>OEPNV</i> .....	Öffentlicher Personen Nahverkehr
$Q_i$ .....	Quellaufkommen im Bezirk i
<i>QZG</i> .....	Quell-Ziel-Gruppen
<i>RFG</i> .....	Rundfahrgruppen
<i>RSB</i> .....	Randsummenbedingungen
<i>SV</i> .....	spezifisches Verkehrsaufkommen
<i>tkm</i> .....	Tonnen-Kilometer (Transportleistung)
<i>VE</i> .....	Empfangsaufkommen
<i>WISEVA</i> .....	Verkehr in Städten Erzeugung Verteilung Aufteilung
<i>VISUM</i> .....	Verkehr in Städten Umlegung
<i>VV</i> .....	Versandaufkommen
<i>WIV</i> .....	Wirtschaftsverkehr
<i>WVK</i> .....	Wirtschaftsverkehrsklasse
$Z_j$ .....	Zielaufkommen im Bezirk j

## Anhang

	Versandaufkommen VV	Gesamtaufkommen VVE	Empfangsaufkommen VE
RFG	$VV_e = \sum_p ((RK_p - 1) \cdot RA_p \cdot BG_{pe} \cdot u_{pe})$ $VV_e = \sum_p (SVV_p \cdot BG_{pe} \cdot u_{pe}) = \sum_p VV_{pe}$ <p style="text-align: center;">harte RSB</p>	$VVE = \sum_e VV_e$ <p style="text-align: center;">harte RSB</p>	$VE_j = \frac{\sum_s ER_s \cdot SG_{sj} \cdot v_{sj}}{\sum_s \sum_{\ell} ER_s \cdot SG_{s\ell} \cdot v_{s\ell}} \cdot VVE$ <p style="text-align: center;">harte RSB</p>
QZG	<p style="text-align: center;"><b>Quellverkehrsaufkommen</b></p> $Q_i, Q_i^A, Q_i^E, Q_i^V$	<p style="text-align: center;"><b>Gesamtverkehrsaufkommen</b></p> $V, V^A, V^E, V^V$	<p style="text-align: center;"><b>Zielverkehrsaufkommen</b></p> $Z_j, Z_j^A, Z_j^E, Z_j^V$
A (Typ 1)	$Q_i^A = \sum_p (RA_p \cdot BG_{pi} \cdot u_{pi})$ $Q_i^A = \sum_p \frac{VV_{pe}}{RK_p - 1}; \quad (Q_i^A = Z_i^E)$ <p style="text-align: center;">harte RSB</p>	$V^A = \sum_i Q_i^A = (V^E)$ <p style="text-align: center;">harte RSB</p>	$Z_j^A \leq VE_j$ <p style="text-align: center;">weiche RSB</p>
E (Typ 2)	$Q_i^E \leq VE_i$ <p style="text-align: center;">weiche RSB</p>	$V^E = \sum_j Z_j^E = (V^A)$ <p style="text-align: center;">harte RSB</p>	$Z_j^E = \sum_p (RA_p \cdot BG_{pj} \cdot u_{pj})$ $Z_j^E = \sum_p \frac{VV_{pe}}{RK_p - 1}; \quad (Q_j^A = Z_j^E)$ <p style="text-align: center;">harte RSB</p>
V (Typ 3)	$Q_i^V \leq VE_i$ <p style="text-align: center;">weiche RSB</p>	$H_e^V = \sum_p ((RK_p - 2) \cdot RA_p \cdot BG_{pe} \cdot u_{pe})$ $H_e^V = \sum_p (VV_{pe} - Q_{pe}^A); \quad V^V = \sum_e H_e^V$ <p style="text-align: center;">harte RSB</p>	$Z_j^V \leq VE_j$ <p style="text-align: center;">weiche RSB</p>
Gesamt	$Q_i = Q_i^A + VE_i = Q_i^A + Q_i^E + Q_i^V (= Z_i)$ <p style="text-align: center;">harte RSB</p>	$V = V^A + V^E + V^V$ <p style="text-align: center;">harte RSB</p>	$Z_j = Z_j^E + VE_j = Z_j^A + Z_j^E + Z_j^V (= Q_j)$ <p style="text-align: center;">harte RSB</p>

Abb. A-1: Kennwertmodell des Wirtschaftsverkehrs (Quelle: [Lohse, 1997])

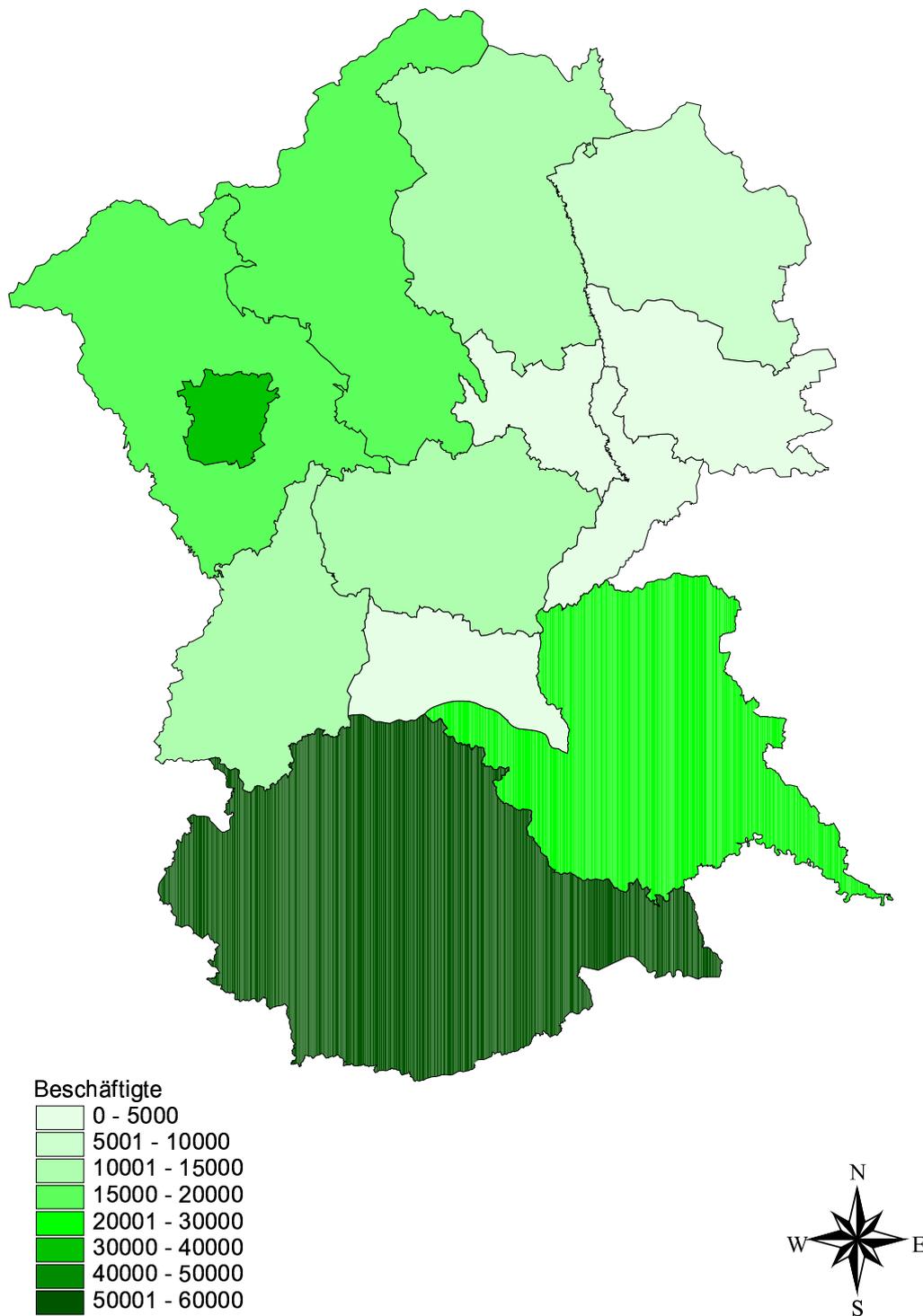


Abb. A-2: Beschäftigte im Sektor I und Sektor II (Quelle: Statistik Austria)

vonBez	Sektor	Quellfahrten	Beschäftigte	Fahrten/Besch
1	S I	1	3865	0,00014
1	S II	5	17.643	0,00026
2	S I	0	4929	0,00010
2	S II	6	46.004	0,00014
104	S I	84	606	0,13866
104	S II	149	2.216	0,06744
105	S I	31	352	0,08913
105	S II	187	1.868	0,09998
109	S I	198	926	0,21348
109	S II	806	5.666	0,14232
601	S I	955	710	1,34469
601	S II	2.655	35.167	0,07550
604	S I	336	3754	0,08943
604	S II	583	7.024	0,08303
605	S I	110	727	0,15066
605	S II	377	3.488	0,10813
606	S I	623	3285	0,18955
606	S II	2.073	16.077	0,12896
607	SI	314	3636	0,08645
607	S II	559	7.148	0,07826
610	SI	295	2870	0,10271
610	S II	1.075	8.051	0,13358
615	SI	86	1424	0,06050
615	S II	205	1.884	0,10887
617	S I	283	4094	0,06912
617	S II	1.242	13.950	0,08900

nachBez	Sektor	Zielfahrten	Beschäftigte	Fahrten/Besch
1	S I	0	3865	0,0001
1	S II	5	17.643	0,0003
2	S I	1	4929	0,0002
2	S II	5	46.004	0,0001
104	S I	53	606	0,0874
104	S II	193	2.216	0,0869
105	S I	57	352	0,1631
105	S II	169	1.868	0,0905
109	S I	229	926	0,2473
109	S II	781	5.666	0,1378
601	S I	834	710	1,1748
601	S II	2.711	35.167	0,0771
604	S I	261	3754	0,0694
604	S II	641	7.024	0,0912
605	S I	146	727	0,2003
605	S II	346	3.488	0,0993
606	S I	528	3285	0,1608
606	S II	2.133	16.077	0,1327
607	SI	292	3636	0,0804
607	S II	596	7.148	0,0833
610	SI	412	2870	0,1435
610	S II	954	8.051	0,1185
615	SI	95	1424	0,0668
615	S II	202	1.884	0,1075
617	S I	321	4094	0,0785
617	S II	1.231	13.950	0,0883

Tab. A-1: Auswertung der Sonderabfrage von Statistik Austria

Strukturgrößen				
WVK: alle				
VEZ_TYP	BP_I	BP_II	SG_I	SG_II
1	3.865	17.643	3.865	17.643
2	4.929	46.004	4.929	46.004
104	605	2.216	605	2.216
105	352	1.868	352	1.868
109	925	5.666	925	5.666
601	710	35.167	710	35.167
604	3.754	7.024	3.754	7.024
605	727	3.488	727	3.488
606	3.285	16.077	3.285	16.077
607	3.636	7.148	3.636	7.148
610	2.870	8.051	2.870	8.051
615	1.424	1.884	1.424	1.884
617	4.094	13.950	4.094	13.950
Summe	31.202	166.210	31.202	166.210

Verkehrsaufkommen				
WVK: 1				
VEZ_TYP	AE	VE	H	
1	1	0		0
2	0	1		0
104	84	54		0
105	31	59		0
109	198	235		0
601	955	885		0
604	335	257		0
605	110	149		0
606	623	542		0
607	314	300		0
610	295	423		0
615	85	98		0
617	283	330		0
Summe	3.315	3.315		0

Verkehrsaufkommen				
WVK: 2				
VEZ_TYP	AE	VE	H	
1	4	9		0
2	5	4		0
104	149	192		0
105	187	168		0
109	805	777		0
601	2.695	2.698		0
604	583	638		0
605	377	345		0
606	2.073	2.123		0
607	559	593		0
610	1.075	949		0
615	205	201		0
617	1.242	1.225		0
Summe	9.922	9.922		0

Verkehrsaufkommen				
WVK: alle				
VEZ_TYP	AE	VE	H	
1	4	9		0
2	6	5		0
104	233	245		0
105	218	227		0
109	1.004	1.012		0
601	3.510	3.554		0
604	919	905		0
605	487	494		0
606	2.595	2.565		0
607	874	893		0
610	1.370	1.372		0
615	291	299		0
617	1.525	1.555		0
Summe	13.237	13.237		0

Abb. A-3: Aggregation der Erzeugungsergebnisse

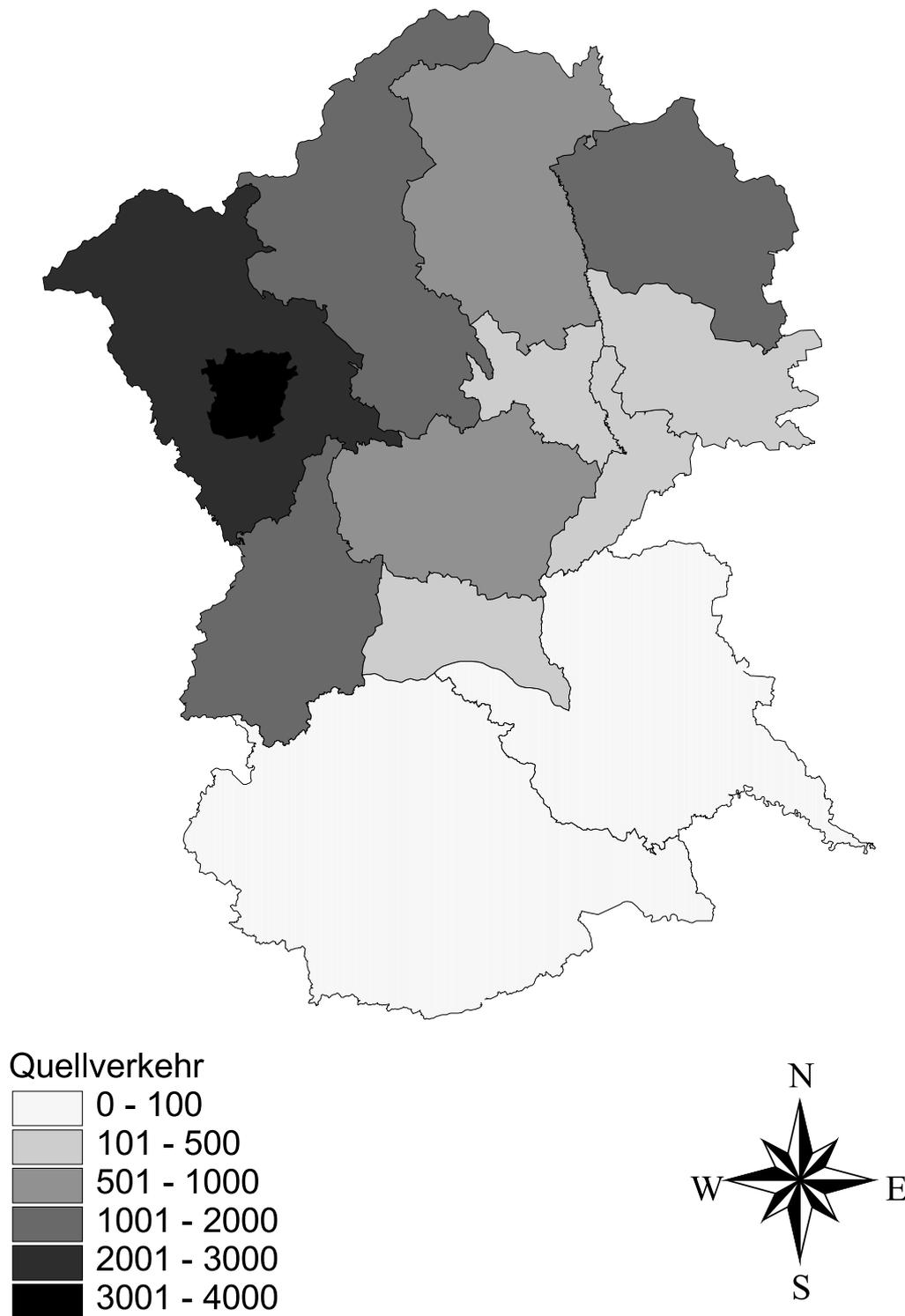


Abb. A-4: Quellverkehrsaufkommen

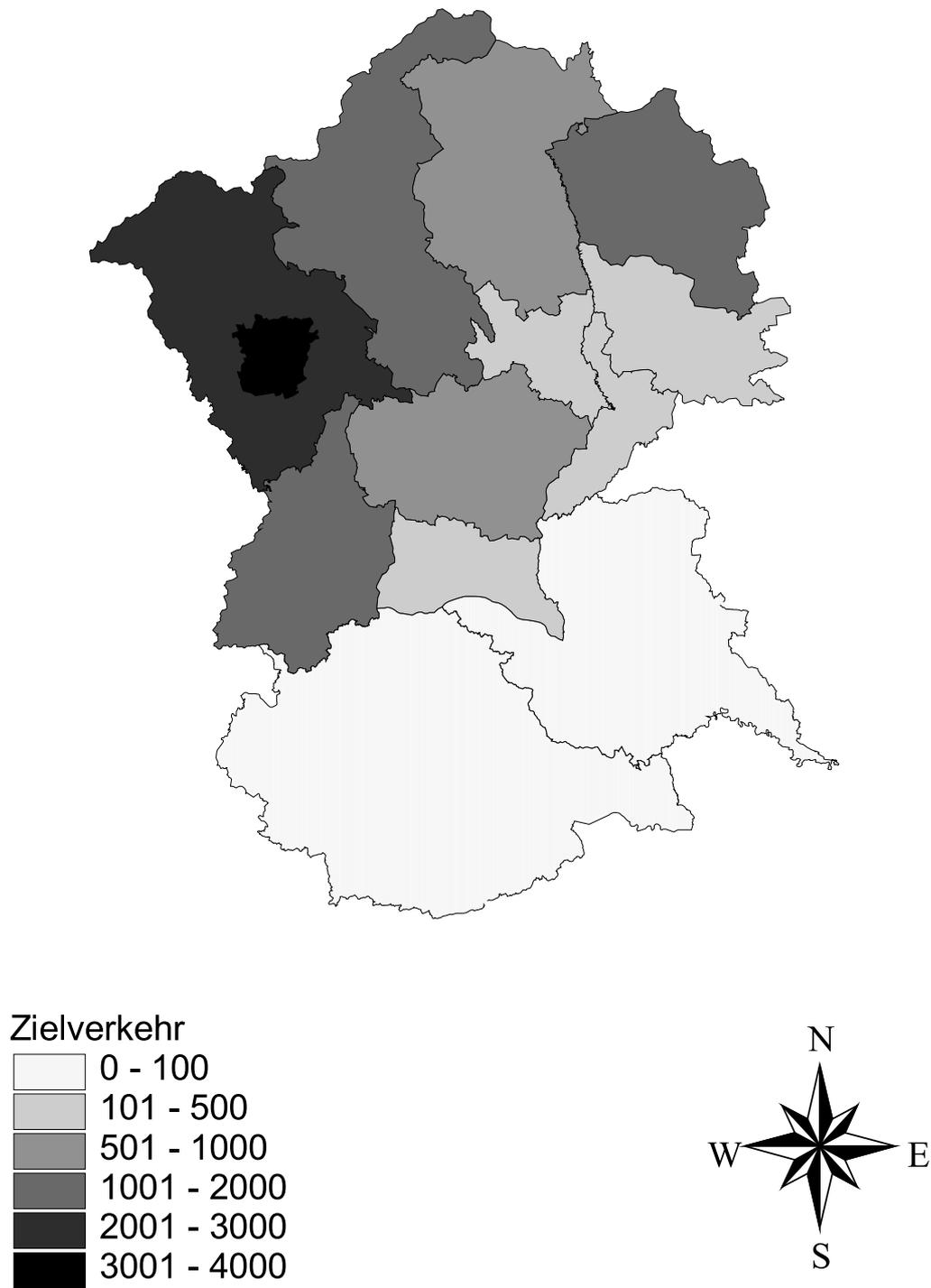


Abb. A-5: Zielverkehrsaufkommen

Bezirke	nach	1+2	104	105	109	601	604	605	606	607	610	615	617
von	$\Sigma$ 8.253	1.343	734	598	819	660	549	537	574	614	652	637	534
1+2	1.346	42	142	117	156	112	106	126	106	140	87	89	123
104	726	142	29	34	32	72	59	36	72	37	87	74	54
105	594	117	34	22	47	60	37	25	58	39	65	48	42
109	800	155	32	47	80	68	64	38	69	29	87	82	50
601	668	111	74	62	70	80	43	47	15	52	33	54	28
604	552	106	59	37	66	43	22	34	38	48	38	29	32
605	532	126	36	25	40	45	34	20	45	24	60	51	27
606	587	106	75	60	71	15	38	47	18	53	28	47	29
607	610	140	37	39	31	50	47	24	51	23	69	65	33
610	659	86	88	65	90	34	37	61	28	70	21	32	46
615	640	89	74	48	84	53	29	51	46	65	32	19	49
617	539	123	55	43	52	28	32	28	29	33	46	49	21

Abb. A-6: Nach Bezirken aggregierte Aufwandsmatrix mit einer mittleren Reisezeit

Bezirke	nach	1	104	105	109	601	604	605	606	607	610	615	617
von	$\Sigma$ 87,71	1,75	6,84	8,20	5,77	7,21	8,77	8,96	8,21	8,16	7,23	7,54	9,06
1	1,74	0,76	0,04	0,07	0,03	0,07	0,10	0,05	0,10	0,04	0,24	0,20	0,05
104	6,98	0,04	0,86	0,86	0,88	0,38	0,60	0,85	0,40	0,83	0,22	0,39	0,67
105	8,29	0,07	0,86	0,90	0,74	0,54	0,84	0,92	0,59	0,82	0,48	0,73	0,80
109	6,05	0,03	0,88	0,74	0,25	0,38	0,49	0,85	0,40	0,91	0,18	0,23	0,71
601	6,93	0,07	0,32	0,49	0,32	0,25	0,78	0,71	0,96	0,63	0,86	0,64	0,90
604	8,72	0,10	0,59	0,84	0,45	0,78	0,93	0,86	0,83	0,73	0,83	0,90	0,88
605	9,05	0,05	0,85	0,92	0,83	0,75	0,86	0,91	0,76	0,93	0,56	0,70	0,92
606	8,00	0,10	0,35	0,55	0,35	0,96	0,82	0,73	0,93	0,65	0,90	0,75	0,89
607	8,28	0,04	0,83	0,82	0,90	0,68	0,73	0,93	0,69	0,89	0,42	0,48	0,88
610	7,16	0,24	0,21	0,48	0,16	0,86	0,83	0,54	0,90	0,39	0,92	0,88	0,74
615	7,52	0,20	0,39	0,73	0,21	0,64	0,90	0,70	0,75	0,48	0,88	0,93	0,71
617	9,00	0,05	0,66	0,79	0,66	0,91	0,88	0,91	0,90	0,88	0,74	0,72	0,90

Abb. A-7: Nach Bezirken aggregierte Bewertungsmatrix

Bezirke	nach	1	104	105	109	601	604	605	606	607	610	615	617
von	$\Sigma$ 26.682	9	432	420	2.060	7.187	1.701	1.252	5.422	1.782	2.773	542	3.102
1	9	0	0	0	0	5	0	0	2	0	2	0	0
104	422	0	6	8	93	109	17	27	53	46	9	2	52
105	422	0	8	7	61	115	23	25	66	33	30	6	48
109	2.058	0	93	58	116	515	145	157	292	263	68	26	325
601	7.197	5	108	115	506	835	552	370	1.942	514	1.023	181	1.046
604	1.703	0	20	24	143	546	72	72	306	118	190	27	185
605	1.251	0	27	25	160	370	69	50	215	97	79	21	138
606	5.424	2	49	66	287	1.944	306	213	901	286	643	119	608
607	1.789	0	50	34	273	508	115	98	283	88	80	23	237
610	2.767	2	12	29	66	1.022	191	77	640	78	345	87	218
615	534	0	2	6	23	180	26	21	118	22	87	4	45
617	3.106	0	57	48	332	1.038	185	142	604	237	217	46	200

Abb. A-8: Nach Bezirken aggregierte Gesamtfahrtenmatrix





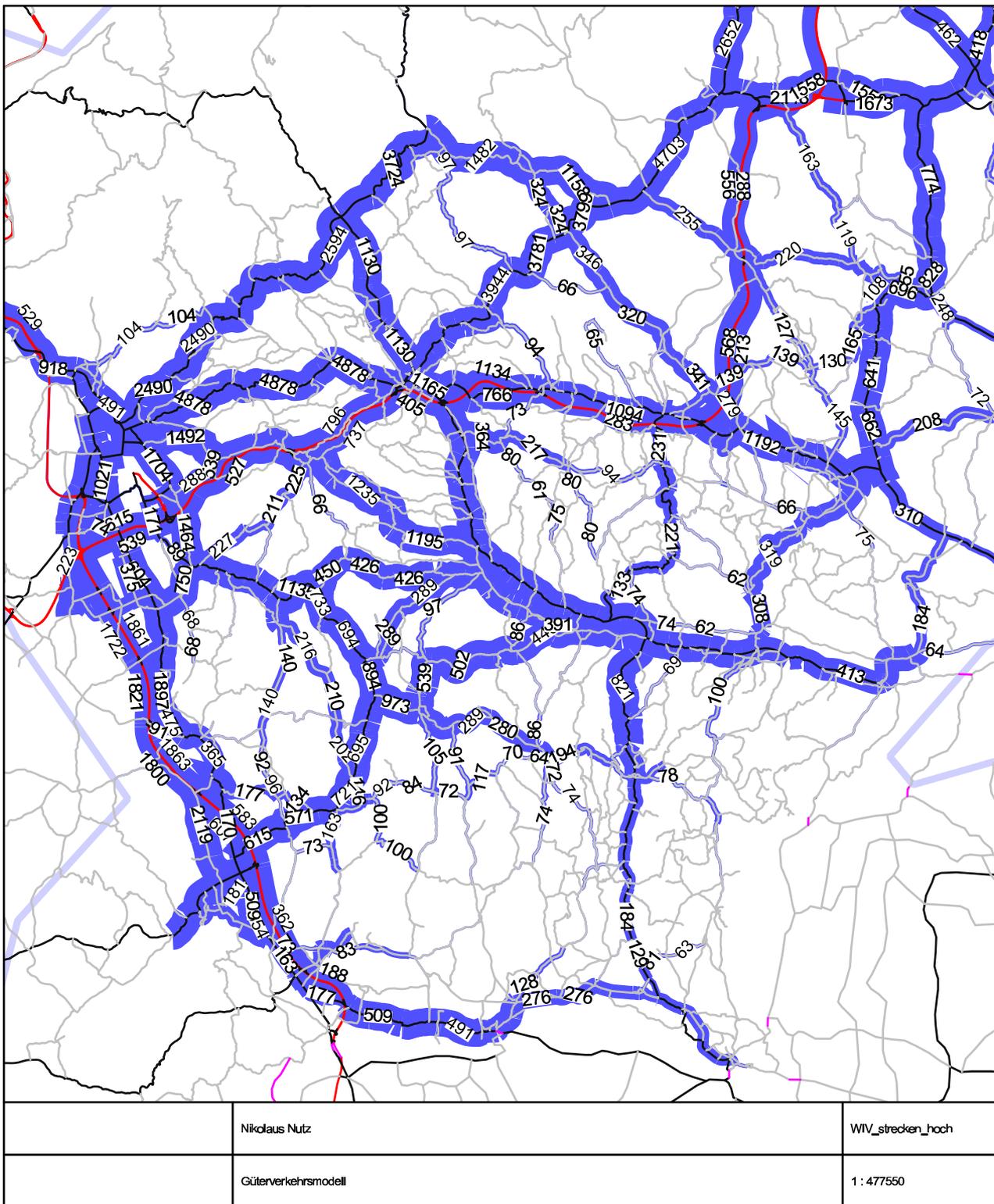


Abb. A-11: Verkehrsumlegung nach der Kalibrierung

Bezirk	nach	1+2	104	105	109	601	604	605	606	607	610	615	617
von	∅												
1+2	30	0	0	0	127	0	64	0	0	0	26	0	0
104	32	0	8	23	27	91	62	29	101	37	108	0	66
105	27	0	23	6	49	72	28	16	75	43	69	58	43
109	28	0	26	50	17	86	72	47	90	32	113	130	55
601	15	0	91	73	86	1	51	56	13	69	35	68	38
604	28	0	63	28	74	51	16	30	48	65	41	33	34
605	28	0	29	16	47	55	29	11	63	28	84	58	32
606	20	0	99	76	91	13	48	63	9	71	35	69	36
607	29	0	38	45	32	68	65	29	71	15	95	93	33
610	26	47	112	71	114	35	41	87	35	93	13	35	62
615	41	0	0	58	121	69	33	60	70	96	35	10	64
617	21	0	67	44	58	38	34	32	35	32	62	64	9

Abb. A-12: Durchschnittliche Reiseweite (Quelle: Statistik Austria)

Bezirke	nach	1+2	104	105	109	601	604	605	606	607	610	615	617
von	∅ 40	80	55	54	58	33	45	46	29	51	42	56	41
1+2	80	0	0	0	0	92	0	0	80	0	52	0	0
104	54	0	11	26	30	77	49	27	78	45	90	72	55
105	54	0	26	13	47	66	29	18	67	49	71	45	53
109	58	0	30	47	0	79	66	41	80	29	100	88	52
601	33	92	77	66	79	0	45	53	8	63	41	59	36
604	45	0	50	30	66	45	16	30	44	58	42	32	48
605	46	0	27	18	41	53	30	12	55	36	68	50	38
606	29	80	79	67	81	8	44	55	13	65	36	57	41
607	51	0	45	48	29	63	58	36	65	14	86	83	37
610	42	52	92	71	100	41	42	68	36	86	14	34	65
615	56	0	72	49	88	59	32	50	57	83	34	19	69
617	42	0	55	53	53	36	48	38	41	37	65	69	18

Abb. A-13: Durchschnittliche Reiseweite der Simulation

Bezirke	nach	1+2	104	105	109	601	604	605	606	607	610	615	617
von	∅ 40	80	55	54	58	33	45	46	29	51	42	56	41
1+2	80	0	0	0	127	-92	64	0	-80	0	-26	0	0
104	54	0	-3	-2	-3	14	13	1	22	-8	17	-72	11
105	54	0	-2	-8	2	7	-1	-2	8	-6	-2	14	-10
109	58	0	-3	4	17	7	6	6	9	3	13	42	3
601	33	-92	14	7	7	1	7	2	5	5	-6	9	2
604	45	0	13	-2	8	6	0	0	3	7	-1	2	-14
605	46	0	1	-2	6	2	-1	0	8	-8	17	7	-6
606	29	-80	21	9	9	5	4	7	-3	6	-1	12	-5
607	51	0	-7	-3	2	5	7	-8	6	1	10	10	-4
610	42	-4	20	0	13	-6	-1	20	-2	7	-1	1	-3
615	56	0	-72	9	33	9	1	10	13	13	1	-8	-5
617	42	0	12	-9	5	2	-14	-6	-5	-4	-3	-5	-9

Abb. A-14: Differenz der durchschnittlichen Reiseweite

## Systematik der Wirtschaftstätigkeiten - ÖNACE \*) 1995

Die Mitgliedschaft Österreichs in der Europäischen Union hatte auch Änderungen und Anpassungen in der österreichischen Statistik im Gefolge. Solche betreffen u.a. auch die wirtschaftsstatistischen Systematiken. Gemäß Verordnung des Rates der Europäischen Gemeinschaft (ABI.Nr. L 293 v. 24.10.90) muß in den Mitgliedstaaten der Gemeinschaft allen Statistiken, die nach Wirtschaftszweigen gegliedert sind, die "Statistische Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft" (NACE Rev.1) oder eine davon abgeleitete nationale Fassung zugrundegelegt werden. Dies hat den Vorteil, dass künftig die nationalen Statistiken mit denen der anderen EU-Länder besser vergleichbar sind. Die vorliegende "Systematik der Wirtschaftstätigkeiten - ÖNACE 1995" stellt die österreichische nationale Fassung der NACE Rev. 1 dar.

(Unter)- abschnitt	Abteilung	Bezeichnung
<b>A</b>		<b>Land- und Forstwirtschaft</b>
AA	1	Landwirtschaft, Jagd
	2	Forstwirtschaft
<b>B</b>		<b>Fischerei und Fischzucht</b>
BA	5	Fischerei und Fischzucht
<b>C</b>		<b>Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden</b>
CA	10	Kohlenbergbau, Torfgewinnung
	11	Erdöl- und Erdgasbergbau
	12	Bergbau auf Uran- und Thoriumerze
CB	13	Erzbergbau
	14	Gew.v.Steinen u.Erden, sonstiger Bergbau
<b>D</b>		<b>Sachgütererzeugung</b>
DA	15	H.v.Nahrungs- u.Genußmitteln u.Getränken
	10	Tabakverarbeitung
DB	17	H.v.Textilien u.Textilwaren (ohne Bekl.)
	18	H.v.Bekleidung
DC	19	Ledererzeugung und -verarbeitung
DD	20	Be- u. Verarb.v.Holz (ohne H.v.Möbeln)
DE	21	H.u.Verarbeitung v.Papier und Pappe
	22	Verlagswesen, Druckerei, Vervielfältigung
DF	23	Kokerei, Mineralölverarbeitung
DG	24	H.v.Chemikalien u.chem. Erzeugnissen
DH	25	H.v.Gummi- und Kunststoffwaren
DI	26	H.u.Bearb.v.Glas,H.v.W.a.Steinen u.Erden
DJ	27	Metallerzeugung und -bearbeitung
	28	H.v.Metallerzeugnissen
DK	29	Maschinenbau
DL	30	H.v.Büromasch.,Datenverarbeitungsgeräten
	31	H.v.Geräten d.Elektrizitätserz.,-verteilt
	32	Rundfunk-, Fernseh- u.Nachrichtentechnik
	33	Medizin-, Mess-u.Regelungstechnik; Optik
DM	34	H.v.Kraftwagen und Kraftwagenteilen
	35	Sonstiger Fahrzeugbau
	36	H.v.Möbeln, Schmuck, Musikinstrumenten, Sportgeräten, Spielwaren und sonst.Erz.
DN	37	Rückgewinnung (Recycling)
<b>E</b>		<b>Energie- und Wasserversorgung</b>
EA	40	Energieversorgung
	41	Wasserversorgung
<b>F</b>		<b>Bauwesen</b>
FA	45	Bauwesen

Abb. A-15: Systematik der Wirtschaftstätigkeiten (Quelle: Statistik Austria)

<b>G</b>	<b>Handel; Instandhaltung und Reparatur von Kfz u. Gebrauchsgütern</b>
GA	50 Kfz-Handel; Reparatur v.Kfz; Tankstellen
	51 Handelsvermittlung u.GH (o.Handel m.Kfz)
	52 EH (o.Kfz, o.Tankst.); Rep.v.Gebrauchsg.
<b>H</b>	<b>Beherbergungs- und Gaststättenwesen</b>
HA	55 Beherbergungs- u.Gaststättenwesen
<b>I</b>	<b>Verkehr und Nachrichtenübermittlung</b>
IA	60 Landverkehr; Transp.in Rohrfernleitungen
	61 Schifffahrt
	62 Flugverkehr
	63 Hilfs-u.Nebentät.f.d.Verkehr; Reisebüros
	64 Nachrichtenübermittlung
<b>J</b>	<b>Kredit- und Versicherungswesen</b>
JA	65 Kreditwesen
	66 Versicherungswesen
	67 Mit dem Kredit- u.Vers.w.verbund.Tätigk.
<b>K</b>	<b>Realitätenwesen, Vermietung beweglicher Sachen, Erbringung von unternehmensbezogenen Dienstleistungen</b>
KA	70 Realitätenwesen
	71 Vermietung bewegl. Sachen o.Bed.personal
	72 Datenverarbeitung und Datenbanken
	73 Forschung und Entwicklung
	74 Erbring.v.unternehmensbezogenen Dienstleistungen
<b>L</b>	<b>Öffentliche Verwaltung, Landesverteidigung, Sozialversicherung</b>
LA	75 Öffentl. Verwaltung, Sozialversicherung
<b>M</b>	<b>Unterrichtswesen</b>
MA	80 Unterrichtswesen
<b>N</b>	<b>Gesundheits-, Veterinär- u. Sozialwesen</b>
NA	85 Gesundheits-, Veterinär- u. Sozialwesen
<b>O</b>	<b>Erbringung von sonstigen öffentlichen und persönlichen Dienstleistungen</b>
OA	90 Abwasser-u.Abfallbeseit.u.sonst.Entsorg.
	91 Interessenvertretungen, Vereine
	92 Kultur, Sport und Unterhaltung
	93 Erbringung v.sonstigen Dienstleistungen
<b>P</b>	<b>Private Haushalte</b>
PA	95 Private Haushalte
<b>Q</b>	<b>Exterritoriale Organisationen und Körperschaften</b>
QA	99 Exterritoriale Organisationen
	Berufstätige insgesamt

\*) NACE ("Nomenclature générale des activités économiques dans les communautés européennes") = Statistische Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft  
 ÖNACE = österreichische Fassung der NACE

Quelle: ÖSTAT, Systematische Verzeichnisse, Band 1

Abb. A-16: Systematik der Wirtschaftstätigkeiten (Quelle: Statistik Austria)

## Gliederung Österreich in NUTS-Einheiten

Gebietsstand 1.1.2005

CODE NUTS1 NUTS2 NUTS3	Zugehörige Bundesländer, SS Statutarstädte, PB Politische Bezirke, GB Gerichtsbezirke (PB...)	Fläche in km <sup>2</sup>	Wohnbevölkerung 2001
<b>AT Österreich</b>		<b>83.870,95</b>	<b>8.032.926</b>
<b>AT1 Ostösterreich</b>	<b>Burgenland, Niederösterreich, Wien</b>	<b>23.557,89</b>	<b>3.373.496</b>
<b>AT11 Burgenland</b>	<b>Ganzes Bundesland</b>	<b>3.965,46</b>	<b>277.569</b>
AT111 Mittelburgenland	PB Oberpullendorf	701,49	38.096
AT112 Nordburgenland	SS Eisenstadt, SS Rust, PB Eisenstadt-Umgebung, PB Mattersburg, PB Neusiedl am See	1.792,56	140.976
AT113 Südburgenland	PB Güssing, PB Jennersdorf, PB Oberwart	1.471,41	98.497
<b>AT12 Niederösterreich</b>	<b>Ganzes Bundesland</b>	<b>19.177,78</b>	<b>1.545.804</b>
AT121 Mostviertel-Eisenwurzen	SS Waidhofen an der Ybbs, PB Amstetten, PB Melk, PB Scheibbs	3.356,65	237.461
AT122 Niederösterreich-Süd	SS Wiener Neustadt, PB Lilienfeld, PB Neunkirchen PB Wiener Neustadt (Land), GB Baden mit den Gemeinden Altenmarkt an der Triesting, Berndorf, Enzesfeld-Lindabrunn, Furth an der Triesting, Hemstein, Hirtenberg, Pottenstein, Weissenbach an der Triesting (PB Baden)	3.367,10	246.144
AT123 Sankt Pölten	SS St. Pölten, PB St. Pölten (Land)	1.230,14	142.430
AT124 Waldviertel	SS Krems an der Donau, PB Gmünd, PB Horn, PB Krems (Land), PB Waidhofen an der Thaya, PB Zwettl	4.614,70	224.402
AT125 Weinviertel	PB Hollabrunn, GB Laa an der Thaya (PB Mistelbach), GB Mistelbach ohne die Gemeinden Bockfließ, Groß-Engersdorf, Großebersdorf, Hochleithen, Kreuttal, Kreuzstetten, Pillichsdorf, Ulrichskirchen- Schleinbach, Wolkersdorf im Weinviertel (PB Mistelbach), GB Zistersdorf ohne die Gemeinden Ebenthal, Hohenruppersdorf, Spanberg, Velm-Götzendorf (PB Gänsemdorf)	2.412,07	123.786
AT126 Wiener Umland/Nordteil	PB Korneuburg, PB Tulln, GB Gänsemdorf (PB Gänsemdorf), GB Zistersdorf mit den Gemeinden Ebenthal, Hohenruppersdorf, Spanberg, Velm-Götzendorf (PB Gänsemdorf), GB Mistelbach mit den Gemeinden Bockfließ, Groß-Engersdorf, Großebersdorf, Hochleithen, Kreuttal, Kreuzstetten, Pillichsdorf, Ulrichskirchen- Schleinbach, Wolkersdorf im Weinviertel (PB Mistelbach), GB Klosterneuburg (PB Wien-Umgebung), GB Purkersdorf (PB Wien-Umgebung)	2.722,40	278.246
AT127 Wiener Umland/Südteil	PB Bruck an der Leitha, PB Mödling GB Baden ohne die Gemeinden Altenmarkt an der Triesting, Berndorf, Enzesfeld-Lindabrunn, Furth an der Triesting, Hemstein, Hirtenberg, Pottenstein, Weissenbach an der Triesting (PB Baden), GB Ebreichsdorf (PB Baden), GB Schwechat (PB Wien-Umgebung)	1.474,72	293.335
<b>AT13 Wien</b>	<b>Ganzes Bundesland</b>	<b>414,65</b>	<b>1.550.123</b>
AT130 Wien	Ganzes Bundesland	414,65	1.550.123
<b>AT2 Südösterreich</b>	<b>Kärnten, Steiermark</b>	<b>25.927,90</b>	<b>1.742.707</b>
<b>AT21 Kärnten</b>	<b>Ganzes Bundesland</b>	<b>9.535,97</b>	<b>559.404</b>
AT211 Klagenfurt-Villach	SS Klagenfurt, SS Villach	2.029,93	268.727

Abb. A-17: NUTS Gliederung (Quelle: Statistik Austria)

CODE NUTS1 NUTS2 NUTS3	Zugehörige Bundesländer, SS Statutarstädte, PB Politische Bezirke, GB Gerichtsbezirke (PB...)	Fläche in km <sup>2</sup>	Wohnbevölkerung 2001	
AT212	Oberkärnten PB Klagenfurt Land, PB Villach Land	4.131,10	131.749	
AT213	Unterkärnten PB Feldkirchen, PB Hermagor, PB Spittal an der Drau	3.374,94	158.928	
<b>AT22</b>	<b>Steiermark</b>	<b>Ganzes Bundesland</b>	<b>16.391,93</b>	<b>1.183.303</b>
AT221	Graz	SS Graz, PB Graz-Umgebung	1.228,27	357.548
AT222	Liezen	PB Liezen	3.270,37	82.235
AT223	Östliche Obersteiermark	PB Bruck an der Mur, PB Leoben, PB Mürzzuschlag	3.255,51	175.701
AT224	Oststeiermark	PB Feldbach, PB Fürstenfeld, PB Hartberg, PB Radkersburg, PB Weiz	3.354,23	268.054
AT225	West- und Südsteiermark	PB Deutschlandsberg, PB Leibnitz, PB Voitsberg	2.223,59	190.414
AT226	Westliche Obersteiermark	PB Judenburg, PB Knittelfeld, PB Murau	3.059,96	109.351
<b>AT3</b>	<b>Westösterreich</b>	<b>Oberösterreich, Salzburg, Tirol, Vorarlberg</b>	<b>34.385,16</b>	<b>2.916.723</b>
<b>AT31</b>	<b>Oberösterreich</b>	<b>Ganzes Bundesland</b>	<b>11.981,74</b>	<b>1.376.797</b>
AT311	Innviertel	PB Braunau am Inn, PB Grieskirchen, PB Ried im Innkreis, PB Schärding	2.822,88	272.348
AT312	Linz-Wels	SS Linz, SS Wels, PB Linz-Land, PB Wels-Land, PB Eferding, GB Urfahr-Umgebung (PB Urfahr-Umgebung)	1.743,45	524.444
AT313	Mühlviertel	PB Freistadt, PB Perg, PB Rohrbach, GB Leonfelden (PB Urfahr-Umgebung)	2.660,48	201.933
AT314	Steyr-Kirchdorf	SS Steyr, PB Kirchdorf an der Krems, PB Steyr-Land	2.238,05	152.118
AT315	Traunviertel	PB Gmunden, PB Vöcklabruck	2.516,88	225.954
<b>AT32</b>	<b>Salzburg</b>	<b>Ganzes Bundesland</b>	<b>7.154,23</b>	<b>515.327</b>
AT321	Lungau	PB Tamsweg	1.019,69	21.283
AT322	Pinzgau-Pongau	PB St. Johann im Pongau, PB Zell am See	4.396,22	161.996
AT323	Salzburg und Umgebung	SS Salzburg, PB Hallein PB Salzburg-Umgebung	1.738,32	332.048
<b>AT33</b>	<b>Tirol</b>	<b>Ganzes Bundesland</b>	<b>12.647,71</b>	<b>673.504</b>
AT331	Außerfern	PB Reutte	1.236,82	31.584
AT332	Innsbruck	SS Innsbruck, PB Innsbruck-Land	2.095,00	268.332
AT333	Osttirol	PB Lienz	2.019,87	50.404
AT334	Tiroler Oberland	PB Imst, PB Landeck	3.319,63	95.457
AT335	Tiroler Unterland	PB Kitzbühel, PB Kufstein, PB Schwaz	3.976,39	227.727
<b>AT34</b>	<b>Vorarlberg</b>	<b>Ganzes Bundesland</b>	<b>2.601,48</b>	<b>351.095</b>
AT341	Bludenz-Bregenzer Wald	PB Bludenz, GB Bezau (PB Bregenz)	1.876,05	86.515
AT342	Rheintal-Bodenseegebiet	PB Dornbirn, PB Feldkirch, GB Bregenz (PB Bregenz)	725,43	264.580

Abb. A-18: NUTS Gliederung (Quelle: Statistik Austria)