
2014/08

IMoVe-Güter

Innovative Modellierung zur Verbesserung der Grundlage
der Güterverkehrsstatistik für Österreich

Finanziert im Rahmen der
Programmlinie I2V des
Forschungsförderungsprogramms
IV2Splus

Institut für Verkehrswesen

Department für Raum, Landschaft u. Infrastruktur
Universität für Bodenkultur Wien
Peter Jordan Str. 82
1190 Wien

Paradigma Unternehmensberatung GmbH Wien

Mariahilfer Str 47 1 3
1060 Wien

Unter Mitarbeit von:

Institut für Transportwirtschaft und Logistik

Wirtschaftsuniversität Wien
Welthandelsplatz 1
1020 Vienna, Austria

Netwiss gmbh

Hohe Warte 46
1190 Wien

Wien, August 2014

Autoren

Gerd Sammer, Christoph Link, Oliver Roider
Institut für Verkehrswesen
Department für Raum, Landschaft und Infrastruktur
Universität für Bodenkultur Wien
1190 Wien, Peter Jordan Str. 82

Rudolf Bauer, Werner Schachinger
Paradigma Unternehmensberatung GmbH Wien
1060 Wien, Mariahilfer Str 47 1 3

unter Mitarbeit von:

Christian Vogelauer
Institut für Transportwirtschaft und Logistik
Wirtschaftsuniversität Wien
1020 Vienna, Welthandelsplatz 1

Alexander Neumann, Alexander Schubert
Netwiss gmbh
1190 Wien, Hohe Warte 46

Inhalt

Kurzfassung	7
Abstract - Short summary	9
Begriffsdefinitionen	10
Abkürzungen	12
1 Ausgangslage und Problemstellung	13
2 Zielsetzung des Projekts	15
3 Systemabgrenzung	16
4 Güterverkehrsstatistik in anderen Ländern	17
4.1 Güterverkehrsstatistik in den USA	17
4.2 Güterverkehrsstatistik in den Niederlande	22
4.3 Güterverkehrsstatistik in Frankreich	23
5 Primärdatenquellen zum Straßengüterverkehr in Österreich und ihre Aufbereitung	26
5.1 Österreichische Straßengüterverkehrsstatistik (SGVS) und Europäische Straßengüterverkehrsstatistik (ESGVS)	26
5.1.1 Erhebungs- und Datenspezifika	26
5.1.2 Datenanalyse und Datenaufbereitung	28
5.2 CAFT-Erhebung	32
5.2.1 Erhebungs- und Datenspezifika	32
5.2.2 Datenanalyse und Datenaufbereitung	33
5.3 Mautdaten und Daten der automatischen Zählstellen	36
5.3.1 Erhebungs- und Datenspezifika	36
5.3.2 Datenanalyse und Datenaufbereitung	37

5.4	Verkehrsmodell Österreich	45
5.4.1	Datenspezifika	45
5.4.2	Graphennetzaufbereitung	46
6	Verfahren zur Erstellung der Straßengüterverkehrsmatrix	47
6.1	Datenarchitektur	47
6.2	Prozessschritte	48
6.3	Datenaustausch	51
6.4	Datenintegration	52
6.5	Verwendete Analyseprogramme	52
7	Analyse und Vergleich der Datenquellen	53
7.1	Vergleich CAFT-Erhebung 2009 mit der ESGVS 2009	53
7.2	Vergleich der VMÖ-Straßengüterverkehrsmatrix 2010 mit der ESGVS 2009	54
7.3	Vergleich der Randsummen im Lkw-Binnenverkehr am Beispiel der ESGVS	55
8	Angewendete Verfahren und Indikatoren	57
8.1	Entropiemaximierungsverfahren	57
8.2	Matrixkorrekturverfahren	59
8.3	Kennwerte zur Überprüfung der Konsistenz zweier Datensätze	60
9	Verfahren zur Erstellung einer validen Lkw-Quell-Ziel-Matrix des Straßengüterverkehrs	61
9.1	Durchführung der räumlichen Disaggregation der Eingangsdaten	61
9.2	Erstellung der Matrix Stufe 1: Räumliche Adaption der Ausgangsmatrizen	62
9.2.1	Stufe 1a: Disaggregation auf Aggregationsebene "Politische Bezirke"	63
9.2.2	Stufe 1b: Disaggregation auf Aggregationsebene "VMÖ-Verkehrsbezirke"	68
9.2.3	Erstellung der Matrix der Stufe 2: Transformation der Lkw-Jahresmatrix in Lkw-durchschnittliche Werktagfahrten	69
9.2.4	Erstellung der Matrix der Stufe 3: Einbezug der Informationen der CAFT-Erhebung	71
9.2.5	Stufe 3a: Berücksichtigung der Mehrfacherfassungen an CAFT-Erhebungsstellen	72

9.2.6	Stufe 3b: Einbeziehung der Lkw-Fahrten über Alternativrouten zu den CAFT-Zählstellen	76
9.2.7	Stufe 3c: Zusammenführung der CAFT-Erhebung und der ESGVS	80
9.2.8	Erstellung der Matrix der Stufe 4: Matrixkorrektur mit Maut- und Zählstellendaten	82
9.3	Zusammenschau des angewendete Verfahrens zur Erstellung einer validen Quell-Ziel-Matrix des Straßengüterverkehrs	85
10	Ergebnisse der Umlegung der resultierenden Straßengüterverkehrsmatrix und Einordnung der Ergebnisse	87
10.1	Ergebnisse – Lkw-Verkehrsaufkommen 2009	87
10.2	Ergebnisse – Lkw-Verkehrsleistung 2009	90
10.3	Ergebnisse – Fahrtweitenverteilung 2009	94
10.4	Ergebnisse – Lkw-Beladung	95
10.5	Ergebnisse – Lkw-Transportaufkommen 2009	96
10.6	Ergebnisse – Lkw-Transportleistung 2009	98
10.7	Ergebnisse – Zählstellenvergleich 2009	99
11	Sensitivitätsanalysen	105
11.1	Alternative Verfahren im Rahmen der Erstellung der Matrix der Stufe 1a: Sensitivität des Verfahrens gegenüber alternativen Startverteilungen	105
11.2	Alternative Verfahren im Rahmen der Erstellung der Matrix der Stufe 3a: Distanzabhängige Faktoren bei der Matrixzusammenführung	106
11.3	Verfahren im Rahmen der Erstellung der Matrix der Stufe 3c: Alternative Möglichkeiten zum Einbezug der CAFT-Daten	108
11.4	Alternative Verfahren im Rahmen der Erstellung der Matrix der Stufen 4 und ihrer Umlegung: Reduzierung des Außenverkehrs	112
11.5	Alternative Verfahren im Rahmen der Erstellung der Matrix der Stufe 4: Nicht-Anpassung von Quell-Ziel-Beziehungen, die nicht über Zählstellen führen	116
11.6	Alternative Verfahren im Rahmen der Routensuche und Umlegung der Matrix der Stufe 4: Gleichgewichtsumlegung	117
12	Anforderungen an die Güterverkehrsstatistik in Österreich aus Sicht von Expertinnen und Experten	119

12.1 Methodische Vorgehensweise	119
12.2 Positive Aspekte der derzeitigen Güterverkehrsstatistik (GVS) in Österreich	120
12.3 Negative Aspekte der derzeitigen Güterverkehrsstatistik (GVS) in Österreich	120
12.4 Vorschläge zur Verbesserung der Güterverkehrsstatistik in Österreich	120
13 Anforderungen an neue Technologien zur Erhebung und Verarbeitung von Güterverkehrsdaten	121
13.1 Datenerhebungs- und Datenverarbeitungsverfahren	121
13.2 Bewertung der Technologien	121
13.3 Berücksichtigte Stakeholder	125
13.4 Zusammenfassende Bewertung der Technologien	126
14 Intermodaler Verkehr und Logistik	132
15 Weiterer Forschungsbedarf, Schlussfolgerungen	134
15.1 Problemlage	134
15.2 Forschungsbedarf zur Hebung des Entwicklungspotentials des IMoVe-Güter-Verfahren	136
16 Tabellenverzeichnis	138
17 Abbildungsverzeichnis	141
18 Literatur	143
19 Anhang	146

Kurzfassung

Im Projekt IMoVe-Güter wurde ein Verfahren entwickelt mit dem vorhandene Daten zum Straßengüterverkehr zu einer konsistenten und validen Straßengüterverkehrsmatrix 2009 für Österreich zusammengeführt wurden. Die Matrix kann in das Verkehrsmodell Österreich importiert und verarbeitet werden. Zentrale Basis des Verfahrens sind Lkw-Fahrten, die von Unternehmen des fuhrgewerblichen und Werksverkehrs an nationale statistische Institutionen und weiter an Eurostat gemeldet werden. Das entwickelte IMoVe-Güter-Verfahren umfasst insgesamt vier Stufen. Im Rahmen der ersten Stufe werden die ESGVS-Daten auf die räumliche Ebene der VMÖ-Verkehrsbezirke mittels Imputationsverfahren disaggregiert. Im Rahmen der Erarbeitung der zweiten Stufe werden diese Daten, die auf Jahresebene hochgerechnet vorliegen, in zeitlicher Hinsicht auf Werktage transformiert. In der Überarbeitung zur dritten Stufe werden die Daten der CAFT-Erhebungen, das sind alle fünf Jahre stattfindende Befragungen von Lkw-Lenkern an bestimmten Alpenpässen und Grenzübergängen, mit der Matrix der zweiten Stufe abgestimmt. Im Bearbeitungsprozess zur vierten Stufe wird die Matrix der dritten Stufe mit Hilfe eines Matrixkalibrierungsverfahrens anhand von Zählstellenwerten von Mautbrücken im hochrangigen Straßennetz und automatischen Dauerzählstellen des sonstigen Straßennetzes adaptiert. Das geschieht derart, dass nach der Routensuche und Umlegung der Matrix die modellierten Straßenverkehrsstärken mit den Zählstellendaten bestmöglich übereinstimmen. Das im Projekt IMoVe-Güter entwickelte Verfahren wurde für das Bezugsjahr 2009 erfolgreich angewendet und kann in Zukunft prinzipiell zur Erzeugung von Straßengüterverkehrsmatrizen für andere Zeitquerschnitte verwendet werden. Es ist aber festzuhalten, dass dieses Verfahren auf den derzeit verfügbaren Daten und ihrer vorliegenden Qualität aufbaut. Es ist anzustreben, dass weitere Verbesserungen schrittweise vorgenommen werden, die im Ergebnis des Projektes definiert sind.

Die quantitativen Ergebnisse des Verfahrens zeigen folgendes Bild: Durch das Verfahren der dritten Stufe, der Einbeziehung der CAFT-Daten, steigt das österreichbezogene Lkw-Verkehrsaufkommen gegenüber der Matrix den Ausgangsdaten in der zweiten Stufe im Schnitt um vier Prozent. Die Zuwächse entfallen vor allem auf den Transitverkehr (+37 %), weniger auf den Quell- und Zielverkehr (+16 %; +22 %). Dies ist naheliegend, da in der CAFT-Erhebung, die an den Alpenpässen und an Grenzübergängen durchgeführt wird, Quell-, Ziel- und Transitverkehr mit einer höheren Wahrscheinlichkeit erfasst werden. Durch das Verfahren der vierten Stufe, die Matrix-Kalibrierung, bleibt der Transitverkehr mit einer Zunahme von +2% nahezu unverändert, während das Binnenverkehrsaufkommen mit +43 % stark steigt. Dies zeigt, dass kurze Lkw-Fahrten, die im Binnenverkehr von Österreich überproportional vertreten sind, im Rahmen der ESGVS stärker unterrepräsentiert sind als längere Fahrten. Die Ergebnis des Straßengüterverkehrsaufkommens 2009 des JDTVw enthält 260.626 Lkw-Fahrten/Werktag und stellt eine valide Schätzung dar. Davon entfällt mit 82 % der größte Teil auf den Binnenverkehr, 5% auf den Transitverkehr und auf den Quell- und Zielverkehr jeweils 6 %. Die Lkw-Verkehrsleistung des JDTVw auf dem österreichischen Straßennetz wird zu 60 % im Binnenverkehr (inklusive Umgebungsinnenverkehr von Österreich und Zellbinnenverkehr der Verkehrsbezirke) erbracht, auf den Transitverkehr entfallen 18% der Straßengüterverkehrsleistung und auf den Ziel- und Quellverkehr 21%. Die Lkw-Transportleistung auf dem österreichischen Straßennetz beträgt 581,5 Mio. t./Jahr und wird zu 74% im Binnenverkehr (inklusive Umgebungsinnenverkehr und Zellbinnenverkehr) erbracht, auf den Transitverkehr entfallen 9% und auf den Ziel- und Quellverkehr 17%. Es zeigt sich deutlich, dass die signifikante Untererfassung der ESGVS auch eine starke Auswirkung auf den Modal-Split und seine dadurch notwendige Neubewertung hat.

Die Veränderung der Matrixsumme des Lkw-Verkehrsaufkommens und der anderen Indikatoren im Verlauf der Verfahrensschritte belegt die These einer Untererfassung des Straßengüterverkehrs der ESGVS (Sammer et al. 2009, Sammer et al. 2008, Grafl et al. 2007, Pischinger et al. 1993, Spiegel 2003 und 2007).

Dies betrifft den Transit-, Ziel-, Quell- und Binnenverkehr. Die Glaubwürdigkeit und Plausibilität des Ergebnisses des IMoVe-Güter-Verfahrens wird durch eine hohe Übereinstimmung mit Zähldaten vor allem auf dem hochrangigen Straßennetz von A&S, aber auch im untergeordneten Straßennetz unterstützt. Ein Vergleich des Ergebnisses mit anderen Daten zum Straßengüterverkehr zeigt auch, bezogen auf die Lkw-Verkehrsleistung, eine hohe Übereinstimmung mit den Angaben des VMÖ für ein vergleichbares Bezugsjahr. Dies gilt sowohl für die gesamte Verkehrsleistung im Straßengüterverkehr als auch für die Verteilung auf die verschiedenen Verkehrsarten mit Bezug auf Verkehrsquelle und -ziel.

Abstract – Short summary

The IMoVe-Güter project developed a methodology to merge existing road freight transport data in order to produce a consistent and valid road freight matrix for the year 2009 for Austria. The resulting matrix can be implemented and processed in the Austria transport model. The methodology is based on data of shipments reported by carrier trade companies to the national statistics and forwarded to Eurostat. The methodology comprises four stages. In the first stage, data of the European Freight Transport Statistics (ESGVS) are disaggregated to the level of the traffic zones of the Austrian Transport Model (VMÖ) by using imputation techniques. These annual data are transformed into an average daily level (working days) within the second stage. In the third stage these data are adjusted by using data of the Cross Alpine Freight Survey (CAFT), which is a roadside survey of truck drivers at certain Alpine passes and border crossings conducted every 5 years. The matrix is finally calibrated based on data of road side counting stations and toll bridges within the fourth stage. For this purpose, the matrix resulting from stage three is implemented into the Austrian Transport Model and a traffic assignment is conducted. The modeled road traffic volumes are compared with the observed data at counting stations and toll bridges. The methodology developed in the IMoVe-Güter project was successfully applied for the reference year 2009 and can be used in the future to generate road freight transport matrices for different time periods. However, it is noted, that the methodology is based on the available data and their given quality. The resulting matrix could be improved by adaptations of the data collection and processing for which recommendations were given within the IMoVe-Güter project.

The implementation of the third stage, considering CAFT data, increases the traffic volume compared to the matrix of the second stage on the average by four percent. This is primarily due to international transport: Transit traffic volume increases by 37%, also outgoing and incoming traffic rise significantly (+16% and +22%). This is obvious since the CAFT surveys are conducted at Alpine passes and border crossings where the percentage of international traffic is high. After the matrix calibration, transit traffic remains almost unchanged with an increase of 2%, while domestic traffic increases significantly (+43%). This shows that short trips are disproportionately within the ESGVS. The resulting traffic matrix of an annual average daily working day (JDTVw) includes 260,626 truck trips per day. Most of the trips are domestic traffic (82%), whereas 5% are transit and 6% are incoming/outgoing trips each. The truck mileage on the Austrian road network is mainly caused by domestic traffic including bypass inland transport and traffic cell internal traffic (60%); transit accounts for 18% and incoming/outgoing traffic for 21%. The transport volume on the Austrian road network is 581,500,000 t per year. 74% is domestic traffic; transit accounts for 9% and incoming/outgoing traffic for 17%. It is obvious, that the significant under-reporting of trips in the European statistics has a strong impact on these figures resulting in the need for a reassessment.

The changes of the matrix sum of truck traffic and other indicators during the stages of the procedure underpin the thesis of an under-reporting road transport in the ESGVS (compare Sammer et al., 2009 Sammer et al., 2008 Grafl et al. 2,007, Pischinger et al., 1993, Spiegel 2003 and 2007). This applies to transit, incoming/outgoing and domestic traffic. The reliability and plausibility of the result of the IMoVe-Güter methodology is proven by a high correlation with counting data, in particular on the primary road network (highways and expressways), but also in the secondary road network. A comparison of the results with other data on road freight transport also shows, based on the truck traffic performance, a high level of accordance with the data of the VMÖ for a comparable reference year. This applies to the overall traffic performance of the road freight transport as well as for the distribution of the different types of traffic with respect to traffic origins and destinations.

Begriffsdefinitionen

Außenverkehr	Verkehrsnachfrage, die Verkehrswege (Straßen) innerhalb eines definierten Gebietes (hier Österreich) nicht nutzt, in der Erhebung aber vorhanden ist, obwohl Quelle und Ziel außerhalb dieses Gebiets liegen, gemessen in [Verkehrsmenge je Zeiteinheit].
Binnenverkehr	Verkehrsnachfrage, deren Quelle und Ziel in einem definierten Gebiet (hier Österreich) liegen unabhängig ob Verkehrswege innerhalb oder außerhalb dieses Gebietes genutzt werden, gemessen in [Verkehrsmenge je Zeiteinheit].
Durchschnittlicher täglicher Verkehr (werktags)	Der innerhalb eines Jahres durchschnittlich an einem Werktag (Mo-Fr) fließende Verkehr; dies entspricht der ganzjährigen Verkehrsnachfrage an Werktagen, gebrochen durch die Anzahl der Werkstage, gemessen in [Verkehrsmenge je Tag].
Lkw-Fahrtaufkommen, Lkw-Verkehrsaufkommen	Innerhalb eines Zeitintervalls be- oder entladene Lkw-Anzahl innerhalb eines definierten Gebietes (z.B. Österreich oder eine Verkehrsbezirk), gemessen in [Lkw-Fahrten je Zeiteinheit].
Lkw-Verkehrsleistung	Innerhalb eines Zeitintervalls über eine definierte Entfernung eines definierten Wegenetzes (Straßennetz) fahrende Lkw-Menge, gemessen in [Lkw-Kilometern je Zeiteinheit].
Lkw-Fahrt , Lkw-Verkehrsbeziehung	Lkw-Bewegung zwischen Quelle und Ziel; Jeder Ladevorgang definiert dabei eine Quelle und/oder ein Ziel, gemessen in [Lkw-Fahrten je Zeiteinheit].
Knoten	Georeferenzierter Punkt im Verkehrsmodell zur Abbildung von Eigenschaftsänderungen und Verknüpfungen von Strecken im Verkehrswegenetz/Straßennetz (Kreuzungen, Anschlussstellen, Änderung des Straßenquerschnittes, ...)
Link	Abbildung eines Abschnittes des Verkehrswegenetzes/Straßen-netzes im Verkehrsmodell als Verbindung zwischen zwei Knoten
LS-ID	Location-Station-Identification (Nummer der Mautbrücke zur Erfassung der Lkw-Maut auf dem Autobahn- und Schnellstraßennetz der Asfinag
Matrix, Quell-Zielmatrix, Matrix der Verkehrsbeziehungen	Schema zur mathematischen Darstellung und Bearbeitung der räumlichen Verteilung der Verkehrsbeziehungen zwischen Quelle und Ziel; Quelle und Ziele können auf unterschiedlicher Aggregationsebene auftreten
Quellverkehr	Verkehrsnachfrage, deren Quelle innerhalb eines definierten Gebietes (hier Österreich) und deren Ziel außerhalb dieses Gebietes liegt, gemessen in [Verkehrsmenge je Zeiteinheit].

Route	Die auf einer Fahrt zwischen Quelle und Ziel gewählten Strecken (Links).
Transitverkehr, Durchgangsverkehr	Verkehrsnachfrage, deren Quelle und Ziel außerhalb eines definierten Gebietes (hier Österreich) liegen und die Verkehrswege innerhalb dieses Gebietes nutzt, gemessen in [Verkehrsmenge je Zeiteinheit].
Transportaufkommen	Innerhalb eines Zeitintervalls transportierte bzw. be- oder entladene Transportmenge, ausgedrückt als Gewicht, eines definierten Gebietes (z.B. Österreich oder eine Verkehrsbezirk), gemessen in [Gewicht je Zeiteinheit].
Transportleistung	Innerhalb eines Zeitintervalls über eine definierte Entfernung auf einem definierten Wegenetz (Straßennetz) transportierte Transportmenge, ausgedrückt als Gewicht, gemessen in [Tonnenkilometern je Zeiteinheit].
Umgebungsbinnenverkehr	Verkehrsnachfrage, deren Quelle und Ziel in einem definierten Gebiet (hier Österreich) liegen und abschnittsweise auch Verkehrswege außerhalb dieses Gebietes nutzt (z.B. Verkehr über das „Deutsche Eck“ von Salzburg), gemessen in [Verkehrsmenge je Zeiteinheit].
Lkw-Verkehrsstärke oder Lkw- Verkehrsbelastung	Innerhalb eines Zeitintervalls an einem Querschnitt eines Verkehrsweges (Straße) gezählte Lkw-Menge in [Verkehrsmenge oder Lkw-Anzahl je Zeiteinheit].
Verkehrsbezirk (Verkehrszelle)	Räumliche Aggregationseinheit des Verkehrsmodells als Bezugsgröße zur Erstellung einer Quell-Zielmatrix. Im Verkehrsmodell Österreich sind das zumeist österreichische Gemeinden mit partiellen Verdichtungen in den Ballungsräumen
Verkehrsbeziehung, Quell-Ziel-Beziehung	Verkehrsmenge innerhalb eines Zeitintervalls, die von Quelle (Verkehrsbezirk) zu einem Ziel (Verkehrsbezirk) unterwegs ist in [Verkehrsmenge je Zeiteinheit]
Zellbinnenverkehr	Verkehrsnachfrage, dessen Quelle und Ziel innerhalb desselben Verkehrsbezirks oder derselben Verkehrszelle liegen in [Verkehrsmenge je Zeiteinheit].
Zielverkehr	Verkehrsnachfrage, deren Quelle außerhalb eines definierten Gebiet (hier Österreich) und deren Ziel innerhalb dieses Gebietes liegt in [Verkehrsmenge je Zeiteinheit].

Alle im Folgenden präsentierten Ergebnisse beziehen sich auf den Lkw-Verkehr, das Referenzjahr 2009 und das österreichische Straßennetz bzw. das Österreichische Staatsgebiet. Alle Ausnahmen von dieser Regel sind explizit benannt.

Abkürzungen

AZS	Automatische Zählstelle
bmvit	Bundesministerium für Verkehr, Information und Technologie in Wien
CAFT ¹	Cross Alpine Freight Traffic (Alpenquerender und grenzüberschreitender Güterverkehr, der alle fünf Jahre erhoben wird)
ESGVS	Europäische Straßengüterverkehrsstatistik (amtliche EU-Güterverkehrsstatistik)
Eurostat	Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften
FAF	Freight Analysis Framework
hZG	Höchstzulässiges Gesamtgewicht
A+S	Autobahn und Schnellstraßen
JDTVw	Jährlicher durchschnittlicher werktäglicher Verkehr
km	Kilometer
Lkw	Lastkraftwagen
LkwÄ	Lkw-Ähnliche Fahrzeuge: Lkw + Slz + LoA + PAB
LoA	Lastkraftwagen ohne Anhänger
LS	Mautbrücke; („Location Station“ der Mautdaten auf A+S-Straßen)
NUTS	EU-Gebietsklassifikation (Nomenclature des unités territoriales statistiques)
PAB	Personenwagen mit Anhänger und Busse
RMSE; PRMSE	absoluter und relativer (Percentage) Root Mean Square Error; Maß zur Bewertung der Übereinstimmung zweier Verteilungen.
SGVS	Straßengüterverkehrsstatistik (Bundesgesetz 1983)
Slz	Sattel- und Lastzüge
t	Tonnen (Transportmenge)
tkm	Tonnenkilometer (Transportentfernung)
UBV	Umgebungsbinnenverkehr
VMÖ	Verkehrsmodell Österreich
VPÖ 2025+	Verkehrsprognose Österreich 2025+

¹ CAFT (Cross Alpine Freight Transport) umfasst nur Lkw-Güterdaten des alpenquerenden Güterverkehrs (bmvit et al. 2011/1). Da der in IMoVe-Güter verwendete Datensatz auch die Erhebung des grenzüberschreitenden Güterverkehrs beinhaltet (bmvit et al. 2011/2) wird in diesem Bericht die Terminologie „CAFT“ aus Übersichtsgründen für Daten des alpenquerenden und grenzüberschreitenden Güterverkehrs verwendet.

1 Ausgangslage und Problemstellung

Verlässliche Planungs- und Steuerungsprozesse im Verkehrsbereich müssen auf vollständigen und richtigen Beschreibungen der Verkehrssituation und vorhandener Problemlagen beruhen. Unentbehrliche Grundlage aller Planungen im Straßengüterverkehr ist daher die realistische Abbildung des Verkehrs im Untersuchungsgebiet. Erst auf dieser Grundlage kann die Wirkung geplanter Maßnahmen zur Verkehrslenkung oder zur Infrastrukturanpassung seriös prognostiziert und evaluiert werden.

In Planungsprozessen werden Verkehrsmodelle angewendet, um den Status Quo abzubilden und um die Wirkungen von Änderungen im Verkehrssystem, des Verkehrsaufkommens oder sonstiger Rahmenbedingungen zu prognostizieren. Eine vollständige und richtige Beschreibung setzt voraus, dass der gesamte das Untersuchungsgebiet berührende Verkehr in einer Quell-Ziel-Matrix möglichst valide abgebildet wird. Eine solche Matrix beschreibt die zwischen je zwei Verkehrsbezirken oder innerhalb eines Verkehrsbezirks entstehende Verkehrsnachfrage je Zeiteinheit. Mit Hilfe eines Verkehrswegewahlmodelles, das Widerstandsfunktionen bzw. Nutzenfunktionen beinhaltet, wird die Verkehrsmatrix auf das Straßennetz umgelegt und ermöglicht die Darstellung der Verkehrsnachfrage auf den einzelnen Streckenabschnitten bzw. der Verkehrsstärke des Verkehrsnetzwerkes. Die Erstellung einer Quell-Ziel-Matrix ist auf verschiedene Arten möglich:

- durch eine Primärerhebung der Verkehrsnachfrage,
- durch Modellierung auf Basis von aggregierten oder individuellen Verkehrsverhaltensdaten,
- durch eine modellbasierte Fortschreibung vorhandener Matrizen,
- durch die Kombination verschiedener vorhandener Datenquellen oder
- durch eine Matrixabschätzung auf Basis von Zählwerten der Verkehrsstärke von Straßenquerschnitten.

Eine Primärerhebung ist mit hohem organisatorischem und finanziellem Aufwand verbunden, wenn eine hinreichend große und repräsentative Stichprobe erfasst werden soll. Eine modellbasierte Abschätzung oder Fortschreibung ist abhängig von der verwendeten Methode mit vergleichsweise geringem Aufwand möglich. Sie basiert auf allgemeinen Annahmen zu durchschnittlichen oder individuellen Veränderungen der Verkehrsnachfrage. Die resultierende Matrix ist daher zwangsläufig ungenau, weswegen eine wiederholte Fortschreibung vorhandene Matrixfehler (z.B. Entfernungsverteilungen) erhöhen kann. Die Kombination verschiedener Datenquellen ist schwierig, da die zugrundeliegenden Daten meist für andere Zwecke erhoben wurden. Stichprobenumfang, räumliche Aggregationseinheiten oder erfasste Kategorien entsprechen häufig nicht den Anforderungen für eine konkrete Matrixerstellung. Bei Matrixabschätzung auf Basis von Zählstellen wird jene Matrix ermittelt, deren Umlegung auf das Streckennetz den beobachteten Zählstellenbelastungen am besten nach zu definierenden Kriterien, wie z.B. der Entropie-Maximierung entsprechen. Dieses Verfahren setzt eine bezüglich definierter Verhaltenskriterien möglichst valide Ausgangsmatrix und eine kalibrierte Widerstandsfunktion voraus.

In Österreich kommt das Verkehrsmodell Österreich (VMÖ) bei der überörtlichen Verkehrsmodellierung häufig zur Anwendung. Es beinhaltet einen Netzgraphen, der das höherrangige Straßennetz detailliert abbildet. Auf lokaler Ebene ist die Abbildungsgenauigkeit des Verkehrsnetzes auf Grund der Zielsetzung des Verkehrsmodells geringer. Dieses Verkehrsmodell beinhaltet eine modellierte Quell-Ziel-Matrix des Personen- und des Güterverkehrs. Die Straßengüterverkehrsmatrix basiert auf dem Referenzjahr 2005, welches für 2010 und 2015 fortgeschrieben wurde, wobei die Auswirkungen der europäischen Wirtschaftskrise auf das Güterverkehrsaufkommen nicht berücksichtigt ist. Sie sind daher derzeit für Planungsaufgaben nur eingeschränkt verwendbar.

In Österreich gibt es verschiedene Datenbestände, die Informationen zum Güterverkehr enthalten. Dazu zählen die Daten der nationalen Mauterfassung, Daten der nationalen und europäischen Statistiken, der Erhebungen an Grenzübergängen und Alpenpässen sowie Daten der automatischen Straßenverkehrszählungen. Diese in den Datensätzen enthaltenen Informationen sollen zur Erstellung einer diesbezüglichen validen Straßengüterverkehrsmatrix für Österreich für das Jahr 2009 verwendet werden.

2 Zielsetzung des Projekts

Die europäische Güterverkehrsstatistik, basierend auf der Richtlinie 1172/98 und Folgeakten, sieht grundsätzlich eine einheitliche Erfassung des Straßengüterverkehrs innerhalb der EU vor. Jeder Mitgliedsstaat erhebt die Verkehre mit den im Land zugelassenen Fahrzeugen. Über einen europäischen Datenaustausch sollte damit ein Gesamtbild des Straßengüterverkehrs aufgebaut werden können. In der Praxis bleiben aber nicht unerhebliche Datenlücken, z.B. aufgrund von Untererfassungen fehlende Vergleichbarkeit, fehlende Informationen über Fahrzeuge aus Nicht-EU-Staaten, bzw. Brüche in Zeitreihen aufgrund von Methodenänderungen. Jedoch verfügt Österreich über Informationen und Werkzeuge, die zu einer deutlichen Verbesserung der Informationslage beitragen können, wie vor allem

- die Daten aus der elektronischen Maut der ASFINAG;
- die Daten der Befragung zum alpenquerenden und grenzüberschreitenden Güterverkehr, die fünfjährlich vom bmvit durchgeführt wird;
- das Planungstool „Verkehrsmodell Österreich“ des bmvit und der ASFINAG, das eine Zuordnung zwischen Daten einer räumlichen Verflechtung und Querschnittsbelastungen über Verkehrsumlegungen ermöglicht bzw. auch Kalibrationsverfahren für die Anpassung verschiedener Datenbestände bereithält.

Es sollen demnach Möglichkeiten zur umfassenden Ausschöpfung der Informationen aus den unterschiedlichen Datenbestände untersucht und ein Gesamtprozess für eine laufende Aktualisierung von Verkehrsmatrizen zum Straßengüterverkehr in Österreich entwickelt werden, um Datenlücken im Bereich der Güterverkehrsstatistik zu schließen und zur Verbesserung der Datenlage beizutragen.

Ziel des Forschungsprojekts IMoVe-Güter ist es, aus den existierenden europäischen und österreichischen Erhebungsdaten des Straßengüterverkehrs eine Straßengüterverkehrsmatrix für Österreich für das Bezugsjahr 2009 zu erstellen. Dazu wird ein nachvollziehbares, automatisiertes Verfahren der Datenaufbereitung und -bereitstellung entwickelt. Der Prozess zur Entwicklung der Quell-Ziel-Matrix wird so dokumentiert, dass er wiederholbar ist und ermöglicht es, eine Quell-Ziel-Matrix des Straßengüterverkehrs aufbauend auf den zur Verfügung stehenden Primärdatenquellen für Österreich zu erstellen. Diese Straßengüterverkehrsmatrix soll den Anforderungen des Verkehrsmodells Österreich entsprechen, in dieses integrierbar sein und allgemein verfügbare Software Tools verwenden. Sie bezieht sich auf den durchschnittlichen Werktagverkehr des Straßengüterverkehrs auf der Ebene der Verkehrsbezirke des Verkehrsmodells ausgedrückt in Lkw-Fahrten pro Zeiteinheit, als Transportaufkommen (Tonnen/Zeiteinheit) und Transportleistung (Tonnenkilometer/Zeiteinheit). Als Bezugszeitraum gelten ein jahresdurchschnittlicher Werktag und der durchschnittliche Jahresverkehr. Basieren auf Literaturanalysen und qualitativen Interviews werden darüber hinaus Empfehlungen zu einer Weiterentwicklung der österreichischen Güterverkehrsstatistik formuliert.

3 Systemabgrenzung

Zeitliche Systemabgrenzung

Als Bezugsjahr wird das Jahr 2009 definiert. Die Straßengüterverkehrsmatrix ist ein repräsentatives Abbild des durchschnittlichen werktäglichen Straßengüterverkehrs dieses Jahres. Das Jahr 2009 wurde gewählt, da für dafür alle benötigten jüngsten Daten zum Güterverkehrsaufkommen und dem Straßennetz verfügbar sind: dazu zählen Daten der Statistik Austria und der europäischen Statistik und die letzte Erhebung des alpenquerenden und grenzüberschreitenden Güterverkehrs (CAFT). Die Ergebnisse dieser Erhebung stehen dem IMoVe-Konsortium in Form eines Rohdatensatzes der einzelnen Lkw-Fahrten zur Verfügung. Für ein anderes Bezugsjahr wäre eine Hochrechnung dieser Erhebung notwendig, die zu Verzerrung der Ergebnisse führen kann. Zählzeiten der automatischen Straßenverkehrszählungen sowie Daten der elektronischen Lkw-Maut sind ebenso für 2009 vorhanden. Im Verkehrsmodell Österreich sind zumindest bis zum Jahr 2008 alle infrastrukturellen Änderungen im Straßennetz nachvollzogen.

Räumliche Systemabgrenzung

Im Ergebnis des Projektes IMoVe-Güter werden alle Lkw-Transportbewegungen erfasst, die das Österreichische Staatsgebiet berühren. Neben dem Binnenverkehr (Quelle und Ziel in Österreich) beinhaltet dies auch den Quellverkehr (Ziel im Ausland), Zielverkehr (Quelle im Ausland) und Transitverkehr (Quelle und Ziel im Ausland mit Nutzung des österreichischen Straßennetzes). In einigen Fällen wird auch auf den Außenverkehr, der das österreichische Staatsgebiet nicht berührt, eingegangen. Dieser Umstand wird in den Auswertungen gesondert gekennzeichnet und beschrieben.

Aufgrund der Zielsetzung des Forschungsprojekts, eine in Bezug auf die Datenlage valide Quell-Ziel-Matrix des Straßengüterverkehrs für Österreich basierend auf den Verkehrsbezirken des VMÖ, werden für Österreich und das Ausland jeweils unterschiedliche Aggregationseinheiten gewählt. In Österreich wird die Straßengüterverkehrsmatrix auf Gemeinden mit partiellen Verdichtungen in den Ballungsräumen abgebildet. Dies basiert auf der Berechnung der Straßengüterverkehrsmatrix in Österreich auf Bezirksebene, die anschließend auf Gemeinden disaggregiert wird. Im europäischen Ausland werden direkte Nachbarregionen auf NUTS-3-Ebene mit partiellen Verdichtungen in den Grenzgebieten dargestellt. Alle anderen Regionen orientieren sich ebenso an den Verkehrsbezirken des VMÖ, wo mit zunehmender Entfernung zu Österreich die Aggregationseinheiten größer werden (Käfer 2009).

Inhaltliche Systemabgrenzung / Klassifikationen der Güterverkehrsmatrix

Im Projekt IMoVe-Güter werden alle Lkw-Transportbewegungen des Straßengüterverkehrs berücksichtigt. Spezifische Grenzwerte zum Fahrzeuggewicht der jeweiligen nationalen Statistik bedingen allerdings länderspezifische Unterschiede in der Berücksichtigung von Fahrzeugen. Entsprechend den EU-Erfordernissen erfolgt die Erhebung des Straßengüterverkehrs nach dem Nationalitätsprinzip, d.h. es werden alle Verkehre ausschließlich inländischer Unternehmen unabhängig vom Territorium auf dem sie sich bewegen erhoben. Um die Verkehrsleistung auf dem Österreichischen Straßennetz ermitteln zu können (Territorialprinzip), sind demnach die ausländischen Statistiken in geeigneter Form miteinzubeziehen (Statistik Austria 2010/1). In Österreich werden Fahrzeuge mit einer Nutzlast von mindestens zwei Tonnen erfasst. In Deutschland beispielsweise ausschließlich Lkw mit einer Nutzlast von mindestens 3,5 Tonnen. Klein-Lkw unter 3,5 t Gesamtgewicht werden nicht berücksichtigt (Eurostat 2008). Um eine Vergleichbarkeit der CAFT-Erhebung mit der nationalen Straßengüterverkehrsstatistik zu ermöglichen, werden die Daten der CAFT-Erhebung um jene Erhebungseinheiten bereinigt, welche nicht Gegenstand der Untersuchung sind. Sogenannte Klein-Lkw unter 3,5 Tonnen und Lieferwagen, die gemäß Eurostat in keinem Land erhoben werden, sind nicht in der Matrix beinhaltet, obwohl diese insbesondere in Ballungsräumen einen nennenswerten Anteil des Straßengüterverkehrs repräsentieren.

4 Güterverkehrsstatistik in anderen Ländern

Das im Projekt IMoVe-Güter angewendete Verfahren basiert auf der Weiterentwicklung der bisher im Rahmen der im VMÖ angewandten Methoden und stellt eine grundlegende Innovation auf österreichischer Ebene dar und soll zu einer Standardisierung beitragen. Dies beinhaltet die Art der Verwendung der CAFT-Daten unter Berücksichtigung der erfassten Routen über CAFT-Zählstellen, die Disaggregation der vorhandenen Daten auf Verkehrsbezirksebene mittels Verfahren der „Maximierung der Entropie“, die Anwendung inklusive Spezifizierung des VStromFuzzy-Verfahrens anhand von Zählquerschnittsdaten (Matrixkorrekturverfahren) sowie die Anwendung der Qualitätskennwerte aus dem Projekt QUALIVERMO² einschließlich ausgewählter Sensitivitätsanalysen.

Auf internationaler Ebene werden ähnliche Verfahren teilweise angedacht oder wurden bereits umgesetzt. Daher wurde ein persönlicher Austausch mit relevanten Stakeholdern, zum Beispiel Vertretern statistischen Ämtern, gesucht. Als Gesprächsleitfaden wurde ein semi-strukturierter Fragebogen entwickelt (siehe Anhang). Er behandelt die Themenbereiche „Datensammlung“ und „Verwendung der erhobenen Daten zur Erzeugung valider Quell-Ziel-Matrizen des Güterverkehrs“. Die „Datensammlung“ umfasst dabei Aspekte wie die Erhebungsmethoden oder Zuständigkeiten. Die „Verwendung der erhobenen Daten“ bezieht sich auf Hochrechnungs- bzw. Imputationsmodelle, statistische Modelle zur Matrixerzeugung oder Verkehrsmodelle. Die Stakeholder wurden persönlich – teilweise im Rahmen von Konferenzen – oder postalisch befragt.

4.1 Güterverkehrsstatistik in den USA

Die Federal Highway Administration in Washington, eine Abteilung des US-Verkehrsministeriums (US Department of Transportation), erstellt das "Freight Analysis Framework" (FAF V3). Dieses besteht aus einer Sammlung von Quell-Ziel-Matrizen von Jahresfahrten und jährlichen Prognosen zu Veränderungen bis in das Jahr 2040. Dabei werden 121 Regionen unterschieden, die folgendermaßen klassifiziert sind: Bundesstaaten, Metropolregionen oder Gruppen von Bundesstaaten (Abbildung 4-1). Die Quell-Ziel-Matrizen enthalten das geschätzte Volumen des Frachtaufkommens im Binnen-, Quell- und Zielverkehr aufgeschlüsselt nach 43 Gütergruppen und Verkehrsmittel/Verkehrsträger (Lkw, Schiene, Seeverkehr/Binnenschifffahrt, Luftfracht, Multimodal (Paketdienste) und andere (z.B. vom Öltanker direkt zur Raffinerie in Hafennähe)). Die Verwendung der Kategorie „Multimodal“ macht eine Schätzung des kombinierten Verkehrs redundant, allerdings können die Weganteile den verwendeten Verkehrsträgern nicht zugeordnet werden.

Die wichtigste Datenquelle für die Quell-Ziel-Matrizen des FAF ist die vom US Census Bureau durchgeführte „Commodity Flow Survey“ (U.S. Census Bureau 2011). In dieser Befragung werden im Erhebungsjahr (zuletzt 2007) vierteljährlich Stichproben von Betriebsstätten in ausgewählten Branchen (manufacturing, mining, wholesale and selected retail and services establishments) gezogen und mittels Fragebogen wöchentliche Lieferungen von Gütern erfasst. Konkret werden dabei die folgenden Merkmale erhoben: Datum der Lieferung, Wert, Gewicht, Gütergruppe (SCTG), Beschreibung der Ladung, Ziel (Stadt, Bundesland, PLZ - Gateway für Exporte), Verkehrsmittel, Ziel im Ausland (Stadt, Land). Die Stichprobe umfasste im Jahr 2007 100.000 Betriebsstätten (1993: 200.000; 2002: 50.000). Die Kosten dieser Erhebung, die alle 4 Jahre durchgeführt wird, betragen ca. \$ 25 Millionen (Sprung 2010).

² Sammer et al. (2010), Qualitätssicherung für die Anwendung von Verkehrsnachfragemodellen und Verkehrsprognosen, Entwurf eines Merkblattes (Projekt QUALIVERMO), Forschungsbericht, i. A. von ASFINAG und bmvit, Wien

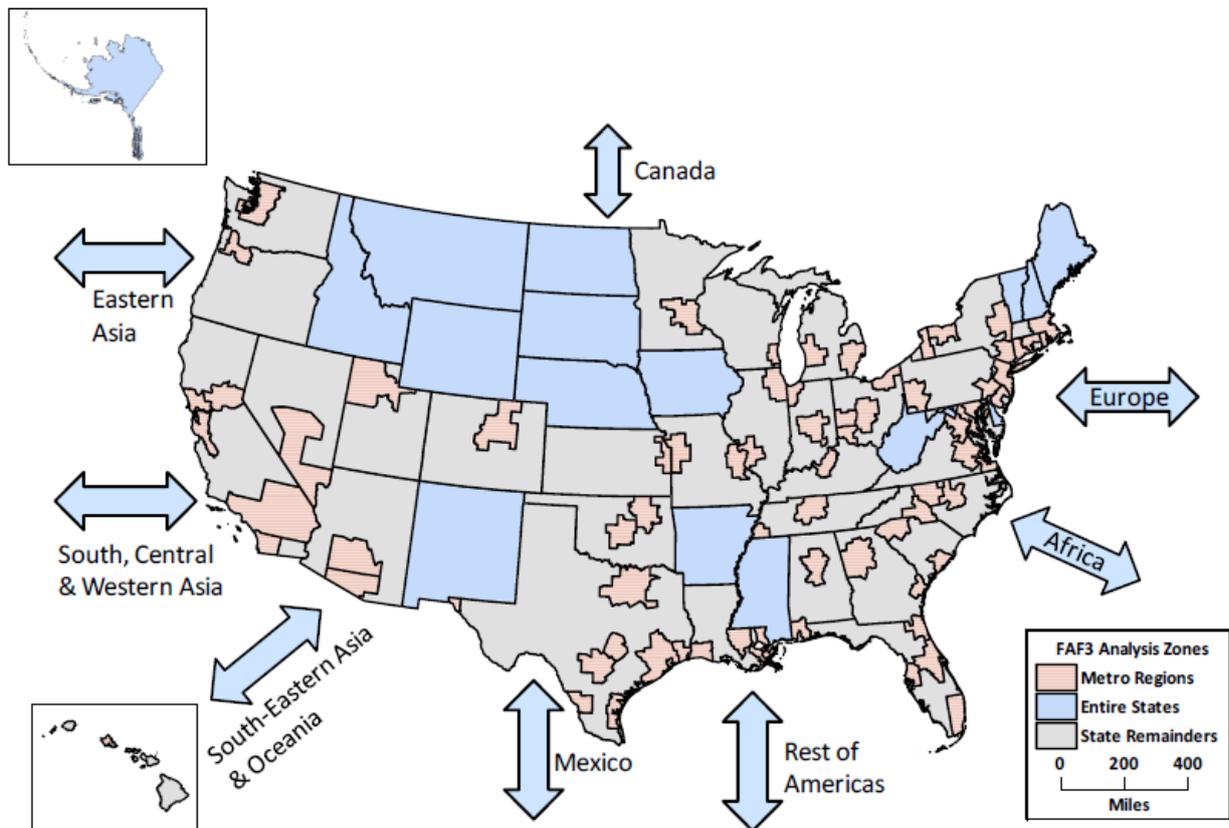


Abbildung 4-1: Regionen für das Freight Analysis Framework (U.S. Census Bureau 2011)

Zur Erstellung der Europäischen Güterverkehrsstatistik (ESGVS) werden von Betriebsstätten der Fahrzeughalter Auskünfte über Fahrten und Ladungen eingeholt. Im Gegensatz dazu werden im Rahmen des "Commodity Flow Surveys" Verlagerer befragt, somit jene Unternehmen, die die Transportleistung in Auftrag geben. Bei regionalen und bundesstaatlichen Projekten werden neben Verladern auch Spediteure und Frächter befragt. Der „Commodity Flow Survey“ umfasst allerdings weder alle Wirtschaftsbereiche noch den Außenhandel. So bleibt beispielsweise das Transportaufkommen der Landwirtschaft, der Baubranche oder des Einzelhandels unberücksichtigt. Diese sogenannten "out-of-scope“-Ströme werden lediglich abgeschätzt. Dazu werden verschiedene branchenspezifische Datenquellen (Industrieproduktion, Beschäftigungszahlen, regionale Indikatoren) und Verfahren verwendet. So werden zum Beispiel Daten der Agrarstrukturerhebung auf Bezirksebene mit Lkw-Streckendaten aus dem Vehicle Inventory and Use Survey (VIUS) verschnitten, um das Lkw-Verkehrsaufkommen in der Landwirtschaft zu imputieren (Federal Highway Administration 2011). Verkehrsströme im Bausektor, die vor allem aus der Beseitigung von Schutt und Baumüll resultieren, werden auf Basis von Daten der US-Umweltbehörde (EPA) berechnet. Da keine Streckeninformationen für diese Fahrten verfügbar sind, wird die Annahme getroffen, dass all diese Fahrten innerhalb des Bezirks bzw. innerhalb einer definierten Region stattfinden. Zur Schätzung des Transportaufkommens aus dem Handel werden die Input/Output (I/O) Tabellen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) für die Allokation der insgesamt 378,6 Mio. Tonnen Fracht auf die transportierten Güterklassen verwendet. Die aus diesen Schätzungen resultierenden Ströme machen etwa ein Drittel des jährlichen Gesamttransportaufkommens aus. Neben dem Commodity Flow Survey werden weitere Erfassungsmethoden von den nationalen und bundesstaatlichen Organisationen angewendet (Krieger 2011):

- Roadside/intercept surveys: Lkw's werden während der Fahrt angehalten, um die FahrerInnen zu befragen. Das europäische Pendant ist die CAFT-Erhebung, in der ähnliche Merkmale abgefragt werden. Durch den Einsatz der Exekutive und der InterviewerInnen sind die Kosten für diese Befragung sehr hoch, weshalb der Stichprobenumfang häufig eingeschränkt wird.
- License plate matches: An Auf- und Abfahrten des hochrangigen Straßennetzes werden mit Kameras Fahrzeugkennzeichen erfasst. Durch Verschneiden dieser Daten mit Verkehrszählungen werden Quell-Ziel-Matrizen erstellt. Unabhängig davon, ob diese Erfassung manuell oder elektronisch erfolgt, werden die erfassten Kennzeichen manuell in ein Spreadsheet übertragen.
- "Weigh-in-motion" Messungen: Mit Messplatten wird das Gewicht des die Erhebungsstelle passierenden Fahrzeuges erfasst. Die Messeinrichtungen sind flächendeckend auf dem hochrangigen Verkehrsnetz (Interstate Highways, Turnpikes) installiert und ermöglichen die Ermittlung der durchschnittlichen Beladung je Lkw-Typ. Insbesondere kann auch der Anteil der Leerfahrten erfasst werden.
- GPS-Daten: Lkw übermitteln durch on-board GPS-Geräte Daten an Dienstleister, die für die Disposition verwendet werden. Diese Daten werden anonymisiert und gesammelt. Dadurch stehen Fahrten von etwa 600.000 Lkw zur Verfügung, die zur Erstellung von Transportleistungskennzahlen als auch für die Bestimmung der Routen im Verkehrsmodell des FAF verwendet werden (ATRI (<http://www.atri.online.org>)).

Weitere Datenquellen sind Fokus- und Stakeholdergruppen, von den FahrzeuglenkerInnen ausgefüllte Fahrzeug- und Wegetagebücher und persönliche Interviews mit Verladern, Spediteuren und Transporteuren. Der Einsatz administrativer Datenbestände und Register, die Verwendung von Mautdaten und der Einsatz von GPS Technologie ist nach Aussagen des US Department of Transportation in den USA nicht nennenswert.

"Missing values" der Commodity Flow Survey

In den Commodity Flow Survey-Tabellen sind die vier essentiellen Dimensionen (Quelle, Ziel, Güterkategorie und Verkehrsmittel) für die FAF-Matrizen enthalten. Die Angaben sind allerdings oft nicht vollständig. Beispielsweise werden von den Befragten häufig nur relative Anteile der Verkehrsmittels (Road, Air, Maritime, ...) gemeldet. Fehlende Angaben müssen unter Berücksichtigung von Randwerten geschätzt werden. Zudem werden in vielen Zellen der Quell-Ziel-Matrix aus datenschutzrechtlichen und statistischen Überlegungen, wie zu hohe Varianz aufgrund niedriger Fallzahlen, Werte von der erhebenden Statistikbehörde in den US nicht berichtet. Die beiden letzten Fälle sind jedoch eigens gekennzeichnet. Zur Imputation der fehlenden Werte wird ein Log-Lineares Modell verwendet, um unter Verwendung von Hilfsdatasets die fehlenden Werte des Güterflusses zu schätzen (Federal Highway Administration 2011, Southworth 2010). Die geschätzten Werte werden durch ein iteratives Verfahren modifiziert, um eine Übereinstimmung mit den vorhandenen Randwerten zu erzielen. Eine schematische Darstellung des Verfahrens, das mit dem im IMoVe-Güter Projekt realisierten Vorgehen vergleichbar ist, ist in Abbildung 4-2 dargestellt.

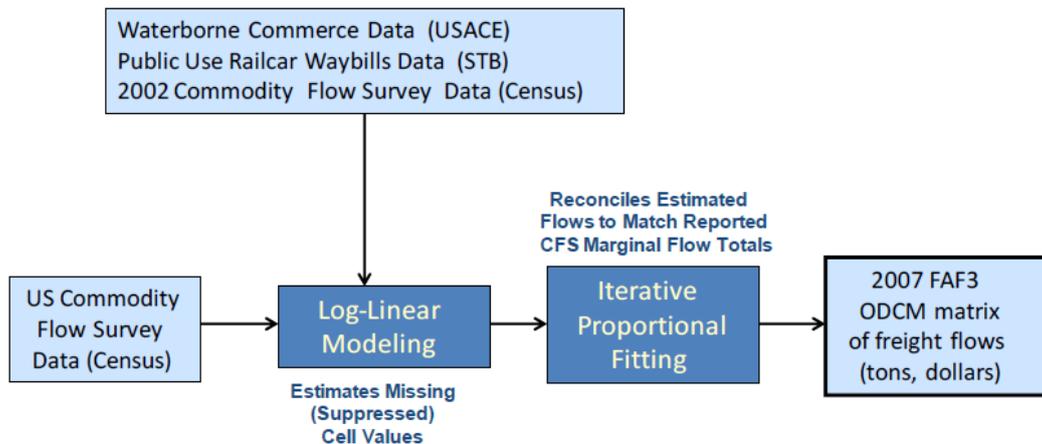


Abbildung 4-2: Imputation fehlender Werte im amerikanischen Freight Analysis Framework FAF3 (Southworth 2010)

Umlegung der Straßengüterverkehrsmatrix

Da die Commodity Flow Survey als Hauptquelle für die Quell-Ziel-Matrizen keine fahrtengenauen Informationen enthält, wird das erfasste Transportaufkommen auf Fahrten je Lkw umgerechnet. Dazu werden die Daten des „2002 Vehicle Inventory and Use Survey (VIUS)“ verwendet, aus der die Anzahl der Fahrzeuge nach Kategorien (Typ) je Bundesstaat entnommen wird. Die Aufteilung des Transportaufkommens auf Fahrten erfolgt in Stufen (Alam 2010, Abbildung 4-3):

- Identifikation des Lkw Typs/Güterklassifikation
- Schätzung der durchschnittlichen Beladung je Lkw-Typ
- Schätzung der Anzahl der eingesetzten Fahrzeuge
- Schätzung der Leerfahrten.

Die Aufteilung der Fahrten auf das Straßennetz erfolgt wie im Projekt IMoVe-Güter mit einem Verkehrsmodell mithilfe einer Widerstandsfunktion. Sie beinhaltet unter anderem die Fahrzeit, die sich nach der Streckenbelastung richtet.

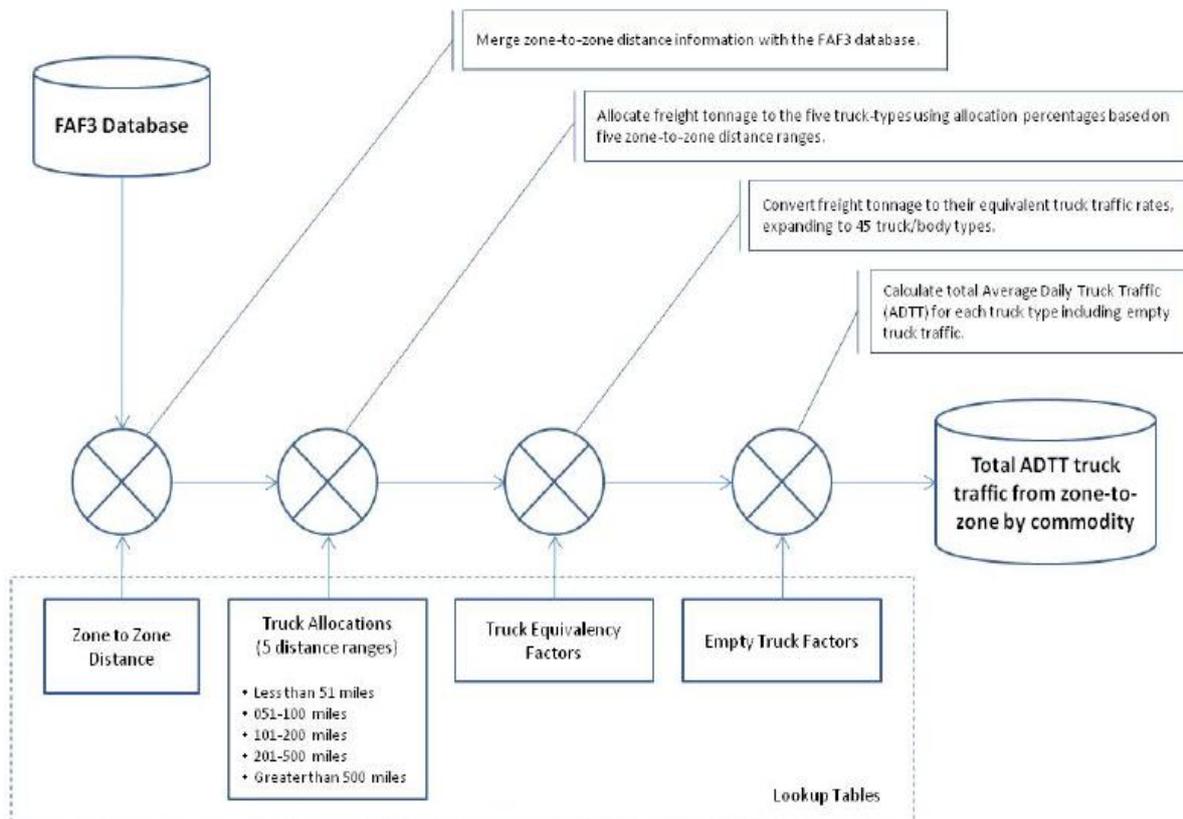


Abbildung 4-3: Abschätzung des Lkw-Verkehrs zwischen zwei FAF-Regionen (Alam 2010)

Erkenntnisse zur Verbesserung der Datengrundlage der Güterverkehrsstatistik in Österreich im Rahmen von IMoVe-Güter

Aufgrund der in den USA auf Bundesebene kaum verfügbaren Register muss vermehrt auf statistische Erhebungen zurückgegriffen werden. Dies ist mit hohen Kosten und häufig mit einem hohen Zeitbedarf verbunden. Trotz des hohen Aufwands bei der Erhebung der „Commodity Flow Survey“ werden aufgrund der Einschränkung auf ausgewählte Wirtschaftszweige nur etwa zwei Drittel des gesamten Transportnachfrage erfasst. Das restliche Drittel muss unter Verwendung anderer Datenquellen geschätzt werden. Wenngleich die empirischen Grundlagen nicht vergleichbar sind, gibt es hinsichtlich der Herausforderungen und der verwendeten Methoden Parallelen zwischen dem Verfahren in den USA und jenen im Projekt IMoVe-Güter. Zu den Herausforderungen zählt vor allem der aus Datenschutzgründen eingeschränkte Detailierungsgrad der Daten. So werden in den USA nur 121 unterschiedliche „Verkehrsbezirke“ betrachtet. Die methodische Vorgehensweise bei der Imputation fehlender Werte gleicht dem im Projekt IMoVe-Güter angewendeten Verfahren der Entropiemaximierung. Punktuell vorhandene „license plate matches“ korrespondieren insofern mit den österreichischen Mautdaten, als dabei Kameras zum Erfassen von Kennzeichen verwendet werden, die an Installationen bei Auf- und Abfahrten im hochrangigen Straßennetz verwendet werden. Durch Verschneiden dieser Daten mit Verkehrszählungen werden Quell-Ziel-Matrizen für den untersuchten Sektor erstellt. Ein wesentlicher Unterschied zwischen der österreichischen und europäischen Datenerfassung im Vergleich zur USA besteht darin, dass in den USA teilweise bei den Verladern erhoben wird, was als Vorteil in Bezug auf die Datenqualität zu bewerten ist.

4.2 Güterverkehrsstatistik in den Niederlande

Das niederländische Modell der Güterverkehrsstatistik wurde zwischen 1994-1997 gemeinschaftlich vom Transport Research Centre des niederländischen Verkehrsministeriums und der Transport und Research Organisation NEI (Netherlands Economic Institute) entwickelt. Anwendung findet das Modell in Verbindung und Ergänzung mit dem Dutch National Model System (LMS -Personenverkehrsmodell) als Basis für langfristige Prognosen der nationalen strategischen Verkehrsplanung (Transport Structure Plan of the Netherlands) insbesondere um inländische sowie grenzüberschreitende Güterverkehrsströme zu prognostizieren. Wenngleich die Zielsetzung dieses Ansatzes nicht die Erstellung einer konsistenten Quell-Ziel-Matrix für den Straßengüterverkehr ist, wurde er im Zuge der ursprünglichen Intention, im Rahmen des IMoVe Projektes auch logistische Aktivitäten zu berücksichtigen, einer kurzen Betrachtung unterzogen.

Im Jahr 2004 wurde eine neue Version des Modells (SMILIE+) entwickelt. Dies beinhaltet einerseits eine Aktualisierung der Datenlage (Basisjahr) und andererseits die Integration eines eigenständigen stochastischen Umlegungsmoduls. Die grundlegende Struktur folgt einem klassischen 4-Stufen-Verkehrsmodell:

- Verkehrserzeugung: Hier werden die Quell- und Zielaufkommen der Matrix bestimmt.
- Verkehrsverteilung: Hier werden die Verkehrsbeziehungen der Quell-Ziel-Matrix bestimmt.
- Verkehrsmittelwahl: Hier werden die Güterströme den einzelnen Verkehrsmitteln zugeordnet.
- Verkehrsumlegung: Die Ströme werden auf die Verkehrsnetze umgelegt.

Die Besonderheit des Modells ist die Berücksichtigung von logistischen Aktivitäten. Mit Logistik wird hier die Kontrolle von Güterströmen, sowohl Produktionsprozesse (B2B) als auch Konsumentennachfrage (B2C), beschrieben. Das ökonomische Modul beschreibt den räumlichen und funktionalen Zusammenhang zwischen Produktion und der Verteilung, mit Hilfe eines Gravitationsansatzes. Das Transportmodul modelliert:

- (a) Materialfluss- und Lagerverwaltungsoperationen zwischen Quellen und Zielen
- (b) Güterströme sowie Umschlag einer multimodalen Transportkette.

Güterverflechtungsmatrizen zwischen Regionen sind daher Ergebnis beider Module, einerseits als Ergebnis von Handelsverflechtungen, andererseits als Güterströme. Wenngleich zwei Szenarien identische Ergebnisse von Güterströmen für ein bestimmtes Prognosejahr produzieren können, können die Handelsverflechtungen doch sehr verschieden ausfallen. Die wichtigsten Inputvariablen sind:

- 542 Produktgruppen, aggregiert in 50 logistischen Gruppen
- Netzmodelle für Straße, Schiene, Binnenwasserstraße, Luft, Pipelines und Seeverkehr
- Ca. 77 Regionen weltweit, davon ca. 40 in den Niederlanden
- Sektorale und räumliche Verflechtungen (Produktionsfunktionen und Verflechtungsmatrizen)
- Logistische Abläufe.

Gütergruppen mit identischen logistischen Anforderungen werden in logistische Familien zusammengefasst. Sie werden im Modell mit folgenden Produkt- und Nachfragecharakteristika beschrieben:

- Auslieferungskonzept
- Frequenz von An- und Auslieferungen
- Werte- und Umschlagsdichte
- Versand- und Empfangszeiten
- Sendungsgrößenverteilung.

Ergebnis des Modells sind Prognosen von Transportströmen und Belastungen sowie als Ergebnis von Szenario-Annahmen, wie die Änderungen im Modal Split. Das Modell erlaubt es, den Einfluss von

ökonomischen Faktoren, logistische Komponenten auf Unternehmensbasis, Determinanten der Transportnachfrage, inklusive der Kostensensitivitäten von Verbrauchern, Effizienzsteigerungen von Transportvorgängen sowie den Einfluss von Güterverkehrszentren zu analysieren. Schwerpunkte der Modellanwendung sind:

- Landgebundener Güterverkehr innerhalb der Niederlande
- Szenarien für den Hafenumschlag in Rotterdam und Amsterdam
- Langfristige Szenarien Entwicklung für die Niederlande
- Analyse der Auswirkungen von politischen Maßnahmen im Bereich Güterverkehr in den Niederlanden
- Auswirkungen von Güterverkehrskorridoren auf die räumliche Entwicklung.

Bei SLAM (Spatial Logistics Appended Module) handelt es sich um ein ergänzendes Modul, das eine Optimierung von Güterverkehrszentren in Europa modelliert. Die hauptsächliche Funktion des Moduls besteht in der Transformation der Ergebnisse des regionalen Wirtschaftsmodells, d.h. Verflechtungen von Handelsströmen in Tonnen zwischen Regionen, in Transportverflechtungen, die alternative Distributionsketten berücksichtigen. Eine Distributionskette ist definiert als die „Verbindung von Güterverkehrszentren und Transportbeziehungen zwischen Produktions- und Verbrauchsregionen“. Das Ergebnis dieses SLAM Moduls wird iterativ als Input des eigentlichen Modells eingespeist und darauf aufbauend werden Modal Split und die Transportrouten modelliert.

4.3 Güterverkehrsstatistik in Frankreich

Das in Frankreich verwendete Verkehrsmodell (MODEV) zur Abschätzung der Güterverkehrsstatistik ist ein GIS basiertes, multimodales Modell, in dem der Personen- und der Güterverkehr abgebildet werden. Es wurde im Auftrag des „Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement“ entwickelt und im Rahmen der Abteilung „Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable“ betrieben. Die aktuelle Version 4 aus dem Jahre 2008 wurde im Rahmen eines Interviews mit den Verantwortlichen besprochen und diente als Basis, um einen Vergleich zur gegenständlichen Vorgehensweise herzustellen. Das Modell folgt gleich wie in den Niederlanden dem 4-Stufen-Ansatz der Verkehrsmodellierung: Verkehrserzeugung, der Verkehrsverteilung, der Wahl des Verkehrsmittels und der Wahl der Routen. Das europäische Territorium in Frankreich wird in 342 Verkehrsbezirke aufgeteilt. Das restliche Europa in Bezirken unterschiedlicher Aggregationsstufen (NUTS-0 – NUTS-2) (Abbildung 4-4).

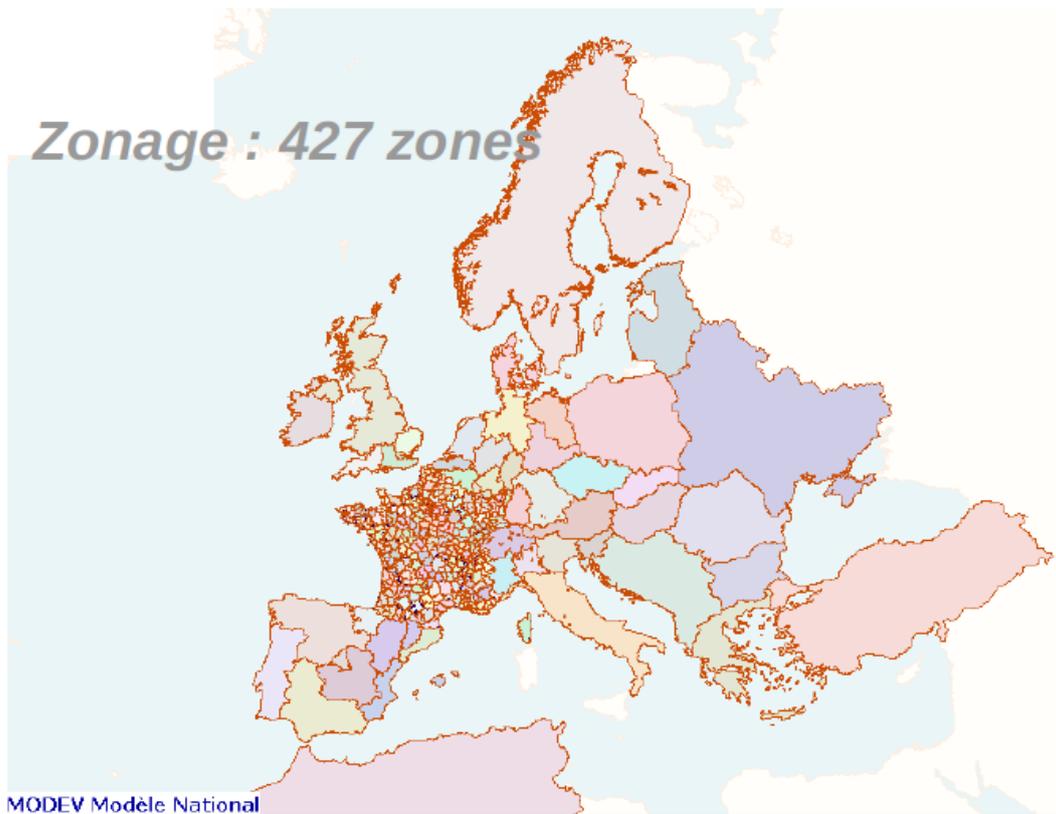


Abbildung 4-4: Die geographischen Zonen im französischen Verkehrsmodell (MODEV 2012)

Die im Güterverkehr dargestellten Verkehrsmittel umfassen den Straßenverkehr, Schienenverkehr, den kombinierten Verkehr und die Binnenschifffahrt, Der Netzgraph umfasst das Straßen- und Schienennetz, Binnenwasserwege, Flugverbindungen und maritime Routen. Die Aufteilung auf multimodale Transportarten berücksichtigt dabei die Kombinationen Straße/Schiene, Straße/Binnenschifffahrt und Straße/Luftfracht. MODEV wurde von Kessel & Partner (Fribourg) auf Basis der Software CUBE entwickelt. Die Vorteile dieses Softwarepakets liegen in der integrierten Workflow Engine, der vielfältigen Modellierungsmöglichkeiten und statistischen Funktionen. CUBE ermöglicht die Definition und Verwaltung unterschiedlicher Szenarien und Versionen bei voller Transparenz.

An primären Datenquellen werden nationale Erhebungen (INSEE) und die europäische Straßengüterverkehrsstatistik (Eurostat) verwendet. Unter den von INSEE zur Verfügung gestellten Datenkörpern ist vor allem die nationale Güterverkehrserhebung zu nennen, die auch in der europäischen Straßengüterverkehrsstatistik enthalten ist. Die CAFT Erhebung wurde bislang nicht für die Erstellung der Quell- Zielbeziehungen von MODEV verwendet. Die Architektur von MODEV ermöglicht die separate Betrachtung des Güterverkehrs, allerdings ist die Modellierung des Güterverkehrs eine Voraussetzung für die Modellierung des Personenverkehrs. Das französische Güterverkehrsmodell betrachtet zehn Gütergruppen. Ausgehend von der Generierung der Güterströme je Quellgebiet (Department) unter Berücksichtigung der wirtschaftlicher Kenngrößen (industrielle Produktion, Beschäftigung, Bevölkerung) werden Quell/Zielbeziehungen mittels Gravitationsmodell errechnet. Diese werden mittels eines hierarchischen LOGIT Modells auf die unterschiedlichen Verkehrsträger aufgeteilt. Die Routenzuordnung erfolgt unter Berücksichtigung von Netzkapazität, weg- und zeitabhängigen Kostenfunktionen (Abbildung 4-5).

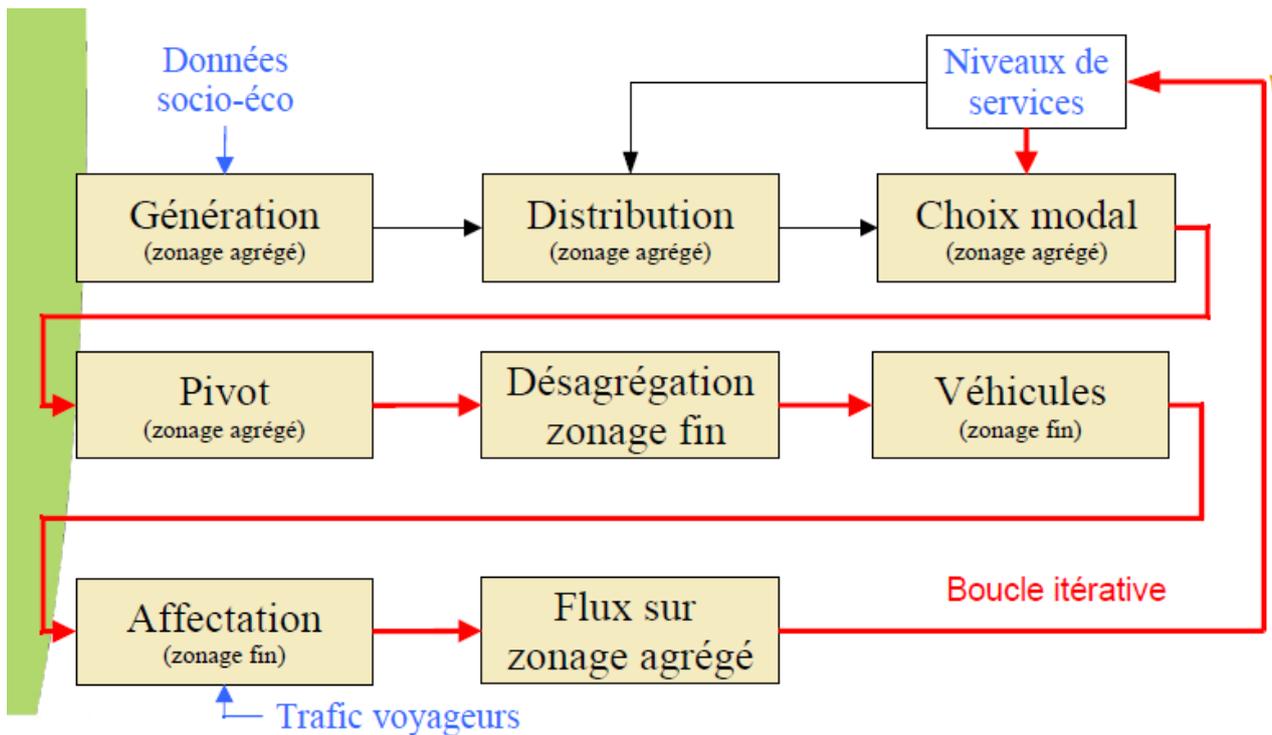


Abbildung 4-5: Iterative Vorgehensweise im MODEV Modell (MODEV 2012)

Eine Kalibrierung des Modells mit erhobenen Daten des Straßengüterverkehrs bzw. des Eisenbahnverkehrs hat vor allem Unterschiede bei der Transportleistung aufgezeigt. Im Falle des Straßengüterverkehrs wurden Abweichungen vor allem mit der Art und Weise der Erfassung erklärt, wonach das berichtete Gewicht dem Ladegewicht entspricht und sukzessive Entladungen von den Respondenten auf einer Fahrt nicht berichtet werden. Das Thema Untererfassung der Fahrten im Straßengüterverkehr wurde im Zuge der Befragungen mit dem Ministerium nicht behandelt.

Im Schienenverkehr, und zum Teil auch in der Binnenschifffahrt werden in vielen Fällen aus Wettbewerbsgründen kürzere Fahrten als tatsächliche durchgeführte verrechnet. Diesem Umstand Rechnung tragend, verwendet MODEV die offiziell von INSEE publizierte Transportleistung als Maßstab und schätzt damit das Transportaufkommen und die Verkehrsleistung für Schiene und Straße.

5 Primärdatenquellen zum Straßengüterverkehr in Österreich und ihre Aufbereitung

Das in IMoVe-Güter entwickelte und angewendete Verfahren baut auf verschiedenen Datenquellen auf. Dabei handelt es sich um Daten des europäischen Statistikamtes Eurostat (Europäische Straßengüterverkehrsstatistik, ESGVS), eine Sonderauswertung der österreichischen Straßengüterverkehrsstatistik (SGVS) der Statistik Austria, die Daten der CAFT-Erhebung 2009, die von der ASFINAG erhobenen Mautdaten des Lkw-Verkehrs auf dem hochrangigen Straßennetz (Autobahn- und Schnellstraßen) und die Daten der automatischen Dauerzählstellen. Ein wichtiger methodischer Input kommt das Verkehrsmodell Österreich (VMÖ) zur Anwendung. Im Folgenden werden die Datensätze, die ihnen zugrundeliegenden Systemabgrenzungen und Erhebungsmethoden beschrieben. Hinreichend detaillierte Daten zum Schienengüterverkehr, zum kombinierten Verkehr und zur Binnenschifffahrt standen laut Statistik Austria aus Datenschutzgründen für das Projekt nicht zur Verfügung. Dies gilt auch für bestimmte Detaillierungsstufen der im Rahmen von IMoVe-Güter verwendeten Daten, beispielsweise Zusatzinformationen zu den Mautdaten, insbesondere dem Gewicht der mautpflichtigen Fahrzeuge.

Die verfügbaren Datenquellen wurden in umfangreichen Analysen auf Qualität, Kompatibilität, Validität und Vollständigkeit untersucht. Erfassungsunterschiede wurden, soweit wie möglich, bereinigt. Das ursprünglich geplante Untersuchungsdesign wurde, wenn notwendig, in Reaktion auf die Analyseergebnisse angepasst. Für die Analysen wurde eine umfangreiche Datenbank aufgebaut (Kap. 6.1), die einen einfachen Zugriff in jedem Stadium des Verarbeitungsprozesses auf die Einzeldatensätze erlaubt. Der Einsatz und Aufbau der Datenbank ermöglicht es, Rechenroutinen, die zur Zusammenführung der Datensätze entwickelt werden, programm-technisch einfach und gut überschaubar umzusetzen. Problematisch war dabei insbesondere die Erstellung der Lade- und Zusammenführungsprozesse der unterschiedlichen Datenquellen, die durch zum Teil unvollständige Metadaten und die notwendige Bereinigung von Wertebereichen erschwert wurde.

5.1 Österreichische Straßengüterverkehrsstatistik (SGVS) und Europäische Straßengüterverkehrsstatistik (ESGVS)

5.1.1 Erhebungs- und Datenspezifika

Die EU-Mitgliedsländer melden im Rahmen der Europäischen Straßengüterverkehrsstatistik Lkw-Fahrten von in ihrem Staatsgebiet zugelassenen Fahrzeugen auf NUTS-3-Ebene an Eurostat. Internationale Rechtgrundlage hierfür sind im Wesentlichen folgende Verordnungen (Statistik Austria 2010/2):

- Verordnung (EG) Nr. 1172/98 des Rates vom 25. Mai 1998 über die statistische Erfassung des Güterkraftverkehrs
- Verordnung (EG) Nr. 2163/2001 der Kommission vom 7. November 2001 über die technischen Modalitäten für die Übermittlung der Daten zur Statistik des Güterkraftverkehrs
- Verordnung (EG) Nr. 6/2003 der Kommission vom 30. Dezember 2002 über die Verbreitung der Statistik des Güterkraftverkehrs
- Verordnung (EG) Nr. 642/2004 der Kommission vom 6. April 2004 über Genauigkeitsanforderungen für die nach der Verordnung (EG) Nr. 1172/98 des Rates über die statistische Erfassung des Güterkraftverkehrs erhobenen Daten
- Verordnung (EG) Nr. 833/2007 der Kommission vom 16. Juli 2007 zur Beendigung des in der Verordnung (EG) Nr. 1172/98 des Rates über die statistische Erfassung des Güterkraftverkehrs vorgesehenen Übergangszeitraums

- Verordnung (EG) Nr. 973/2007 der Kommission vom 20. August 2007 zur Änderung einiger Verordnungen der EG über bestimmte statistische Bereiche zum Zweck der Umsetzung der Statistischen Systematik der Wirtschaftszweige NACE Rev. 2
- Verordnung (EG) Nr. 1304/2007 der Kommission vom 7. November 2007 zur Änderung der Richtlinie 95/64/EG des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1172/98 des Rates sowie der Verordnungen (EG) Nr. 91/2003 und (EG) Nr. 1365/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Einführung der NST 2007 als einheitliche Klassifikation für in bestimmten Verkehrszweigen beförderte Güter.

Basierend auf den nationalen Statistiken erstellt Eurostat die europäische Straßengüterverkehrsstatistik, indem die von den Mitgliedsländern gelieferten Einzeldatensätze geprüft und aggregiert werden. Sie enthält alle Lkw, unabhängig vom Meldeland. Ein entsprechender Datensatz liegt dem Projekt für das Jahr 2009 vor, der neben den Daten der EU-Mitgliedsländer auch die Meldungen des damaligen Beitrittskandidaten Kroatien sowie von Norwegen, Liechtenstein und der Schweiz enthält. Für jede Fahrt enthält er auch die Quell- und Zielregion aller Länder, die auf der Fahrt passiert werden.

Statistik Austria erhebt die österreichische Straßengüterverkehrsstatistik gemäß folgender nationaler Rechtsgrundlage:

- Bundesstatistikgesetz 2000 (BGBl. I Nr. 163/1999), idgF,
- Güterbeförderungsgesetz, BGBl. I Nr. 593/1995 idgF
- Straßen- und Schienenverkehrsstatistikgesetz, BGBl. Nr. 142/1983
- Straßen- und Schienengüterverkehrsstatistikverordnung, BGBl. Nr. 393/95 idF BGBl. II Nr. 119/2005

Die österreichische Straßengüterverkehrsstatistik (SGVS) geht wie oben beschrieben in die Erstellung der europäischen Straßengüterverkehrsstatistik (ESGVS) direkt ein. Daher enthalten beide Statistiken dieselben transport-relevanten Variablen: Lkw-Verkehrsaufkommen (Lkw-Fahrten/Zeiteinheit), Transportaufkommen (Tonnen/Zeiteinheit), Transportleistung (Tonnenkilometer/Zeiteinheit). Die kleinste räumliche Aggregationseinheit der ESGVS ist NUTS-3. Im Zuge des Projektes IMoVe-Güter wurde eine Sonderauswertung der Statistik Austria erstellt. Diese liefert die Anzahl der Fahrten in Österreich gemeldeter Lkw mit mindestens zwei Tonnen Nutzlast, die im Beobachtungsjahr 2009

- zwischen zwei politischen Bezirken in Österreich durchgeführt wurden (Binnenverkehr),
- ihren Ursprung im Ausland und ihre Bestimmung in einem österreichischen Bezirk haben (Zielverkehr) oder
- ihren Ursprung in einem österreichischen Bezirk haben und in einem anderen EU-Mitgliedsstaat enden (Quellverkehr).

Neben diesen Fahrten liegen Informationen über Tonnagen und Transportleistungen für das Bezugsjahr 2009 vor. Ergebnis dieser Sonderauswertung ist eine Quell-Ziel-Matrix auf Ebene der 98 österreichischen politischen Bezirke bzw. der Quell-Ziel-Beziehungen mit dem Ausland.

In verschiedenen Veröffentlichungen wird die These vertreten, dass die ESGVS-Daten der amtlichen Statistik den Straßengüterverkehr tendenziell untererfassen (Sammer et al. 2009, Sammer et al. 2008, Graf et al. 2007, Pischinger et al. 1993, Spiegel 2003 und 2007). Beispielsweise ergibt eine Vergleichsrechnung der mit der CAFT-Erhebung 2004 angepassten ESGVS-Ergebnisse mit den ursprünglichen Werten der ESGVS eine Untererfassung des Transportaufkommens in der ESGVS um 15 % (Spiegel, 2007). Die Ursachen für die systematische Untererfassung sind vielfältig.

Ein zentrales Problem bei der Einschätzung der Genauigkeit der ESGVS-Daten liegt darin, dass es keine objektiven Vergleichszahlen zur Grundgesamtheit des Transportaufkommens und der Transportleistung im Straßengüterverkehr gibt. Stattdessen gibt es aus verschiedenen Datenquellen zu gewinnende Hinweise.

Hierzu zählen Querschnittszählungen des Güterverkehrs oder die Rückrechnung des Kraftstoffverbrauchs durch Lkw oder Tachometerdaten für die durchschnittlichen Fahrtweiten von Lkw. Die derzeit angewendeten Schätzverfahren nutzen allerdings nicht die heute zur Verfügung stehenden und sehr genauen Daten der Mauterfassung des Güterverkehrs auf den Autobahnen und Schnellstraßen, die über die Querschnittsmengen hinausgehende Informationen der Routen und Fahrtweiten beinhalten sowie auch Lkw aus Drittstaaten umfassen.

Die Datenquellen der amtlichen Statistik unterliegen Zufallsfehlern und systematischen Fehlern auf Grund ihrer Stichprobenerhebung. Diesbezüglich ist insbesondere relevant, dass die Stichprobengröße der amtlichen Statistik in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen ist. Gleichzeitig ist die derzeitige schriftliche Erhebung mittels Fragebogen an Unternehmer komplex und umfangreich, sodass angenommen werden kann, dass eine Vielzahl an österreichischen Transportunternehmen diese nicht immer vollständig korrekt ausfüllen und aus Zeitgründen bei der händischen Befüllung der Erhebungsbögen tendenziell vereinfachend vorgehen. Dies gilt vor allem bei Lieferketten, beispielsweise im Handel, wo viele kurze Fahrten vereinfacht zusammengefasst berichtet werden könnten. Grundsätzlich ist die Angabe einer Leerfahrt oder keiner Fahrt an einem Stichtag für die Betroffenen weitaus weniger aufwändig und kann vor allem bei Frachtunternehmen, die über keine digitale Datenbank verfügen auch nachträglich nicht kontrolliert werden. Dieses mangelhafte Ausfüllen von Fragebogen kann auch nicht durch eine gesetzliche verpflichtende Erhebung sichergestellt werden, wie die Erfahrung nachweislich zeigt. Dadurch kann es zu einer Untererfassung der Fahrten kommen.

Auf europäischer Ebene enthalten die Daten von Eurostat nur den Straßengüterverkehr von Fahrzeugen, die in EU-Ländern inklusive Norwegen, Schweiz, Kroatien und Liechtenstein gemeldet sind und dort der Erhebung unterliegen. Sie können nur dann berücksichtigt werden, sofern die Meldung an Eurostat rechtzeitig erfolgt. In Drittstaaten (in Bezug auf die EU) registrierte Fahrzeuge werden nicht erfasst. Die Konsolidierung der nationalen Erhebungen ist aus zwei Gründen schwierig: erstens, ist die Grundgesamtheit der zu erfassenden Fahrzeuge unterschiedlich und zweitens ist die Art des Erhebungsverfahrens in den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union unterschiedlich (Fragebögen, Stichprobenumfang, etc.). Die Konsolidierung kann letztendlich nur durch regelmäßige Kontrollerhebungen an Grenzzählstellen erfolgen, was derzeit nicht vorgesehen ist.

Die Fahrten des kombinierten Verkehrs sind in der österreichischen und der europäischen Statistik in den jeweiligen verkehrsträgerbezogenen Statistiken separat und somit aus verkehrsträgerübergreifender Sicht mehrfach erfasst. Es stehen aber keine Darstellungen von intermodalen Wegekettens zur Verfügung, so dass eine Verknüpfung der nach Verkehrsmittel getrennt erhobenen Güterdaten derzeit nicht möglich ist.

5.1.2 Datenanalyse und Datenaufbereitung

Da die österreichische Straßengüterverkehrsstatistik (SGVS) direkt in die Erstellung der europäischen Straßengüterverkehrsstatistik (ESGVS) eingeht, enthalten beide Statistiken dieselben transportrelevanten Variablen. Im Rahmen von IMoVe-Güter wurde die Konsistenz von SGVS und ESGVS in Hinsicht auf das Lkw-Verkehrsaufkommen (Lkw/Jahr) und das Lkw-Transportaufkommen (Tonnen/Jahr) überprüft. Im Lkw-Verkehrsaufkommen wurden die in der SGVS und der ESGVS getrennt ausgewiesenen Last- und Leerfahrten zusammengefasst.

Konsistenz des Lkw-Verkehrsaufkommens in SGVS und ESGVS

Untersuchungsgegenstand ist die Frage, ob die in der SGVS berichtete Summe der Fahrten zwischen politischen Bezirken zweier NUTS-3 Regionen dem in der ESGVS berichteten Lkw-Verkehrsaufkommen derselben Quell-Ziel-Beziehung (auf NUTS 3 Ebene) entspricht. Bei dieser Auswertung werden in der ESGVS nur die in Österreich gemeldeten Lkw berücksichtigt, damit die Ergebnisse vergleichbar sind. Für diese

Untersuchung der Datenkonsistenz wurden nur jene politischen Bezirke als Verkehrsquellen oder ziele ausgewählt, die eindeutig einer NUTS 3 Region zugeordnet werden können. Folgende NUTS 3 Regionen wurden daher ausgeschlossen: AT122 – Niederösterreich – Süd; AT125 – Weinviertel; AT126 – Wiener Umland / Nordteil; AT127 – Wiener Umland / Südteil; AT312 – Linz / Wels; AT313 – Mühlviertel; AT341 – Bludenz / Bregenzer Wald; AT342 – Rheintal / Bodenseegebiet). Die 20 größten Abweichungen je Quell Ziel Beziehung im Binnenverkehr zwischen beiden Datenquellen – gemessen als Betrag der prozentuellen Abweichung – sind in Tabelle 5-1 dargestellt. Die resultierenden prozentuellen Abweichungen sind insgesamt gering und als vertretbar einzustufen, wenngleich nicht für alle Quell-Ziel-Kombinationen statistisch zu untermauern.

Tabelle 5-1: Konsistenz von SGVS und ESGVS: die 20 Quell-Ziel-Beziehungen mit den größten prozentualen Abweichungen der Lkw-Verkehrsaufkommen von in Österreich gemeldeten Fahrzeugen, absteigend nach dem Betrag der relativen Abweichung, sortiert (Fallzahl ≥ 10 Beobachtungen)

Quelle	Ziel	Fahrten laut ESGVS [LKW/Jahr]	Fahrten laut SGVS [LKW/Jahr]	Differenz [LKW/Jahr]	Relative Abweichung [%]	Fallzahlen
AT311	AT130	9438	9559	-121	-1,27%	47
AT130	AT311	9511	9627	-116	-1,20%	51
AT130	AT323	24533	24828	-295	-1,19%	88
AT322	AT226	2022	2025	-3	-0,15%	12
AT322	AT121	2149	2146	3	0,14%	14
AT335	AT221	1666	1664	2	0,12%	11
AT315	AT221	5959	5952	7	0,12%	35
AT113	AT211	2631	2628	3	0,11%	12
AT130	AT212	1911	1909	2	0,10%	11
AT323	AT112	1991	1993	-2	-0,10%	12
AT212	AT335	2099	2097	2	0,10%	10
AT212	AT221	5257	5252	5	0,10%	25
AT225	AT212	2116	2114	2	0,09%	12
AT311	AT323	133477	133352	125	0,09%	332
AT224	AT222	3355	3352	3	0,09%	19
AT112	AT213	2280	2278	2	0,09%	13
AT221	AT212	5955	5950	5	0,08%	27
AT224	AT323	2404	2402	2	0,08%	14
AT123	AT315	4972	4976	-4	-0,08%	23
AT213	AT323	3787	3784	3	0,08%	21

In einem Mittelwertvergleich wurde die Nullhypothese, dass der Mittelwert beider Verteilungen für den Binnenverkehr gleich ist, überprüft. Die Überprüfung erfolgte, um festzustellen, ob die erhaltenen Datensätze in der Tat denselben Sachverhalt darstellen bzw. auch um den Effekt der von Eurostat vorgenommenen Konsolidierung abschätzen zu können. Der Mittelwertvergleich ergibt einen p-Wert von annähernd eins. Das bedeutet, dass die Nullhypothese nicht verworfen werden kann; die Daten unterscheiden sich bei einem 95% Konfidenzintervall nicht signifikant. Die Mittelwerte beider Vergleiche sind als gleich anzunehmen. Der PRMSE Wert (percentage root mean square error) der Abweichung der Verteilungen beträgt 0,1 %, die Verteilungen sind also fast ident. Bei lediglich drei von 644 untersuchten

Quell-Ziel-Beziehungen liegt eine Abweichung der ESGVS 2009 vom berichteten Wert der SGVS von mehr als 1 % vor. Die Ursache dieser geringen Abweichungen konnten leider nicht eruiert werden, da keine detaillierte Interpretation der Zusammenfügung der nationalen Daten zur den ESGVS Daten zugänglich ist.

Konsistenz des Lkw-Transportaufkommens in SGVS und ESGVS

Der Mittelwert des Lkw Transportaufkommens von in Österreich gemeldeten Lkw je Quell-Ziel-Beziehungen im Binnenverkehr beträgt für die SGVS 294.200 Tonnen/Jahr, für die ESGVS 294.300 Tonnen/Jahr. Die Mittelwerte unterscheiden sich nicht signifikant. Auf einzelnen Quell-Ziel-Beziehungen des Binnenverkehrs kommt es aber zum Teil doch höheren Abweichungen zwischen beiden Datensätzen (Tabelle 5-2). Die größten relative Abweichungen beim Transportaufkommens sind bei Verkehrsbeziehungen zu beobachten, deren Transportaufkommen zwischen 3% und 20% des Mittelwertes des Transportaufkommens darstellen. Der PRMSE Wert der beiden Verteilungen beträgt daher 38,2 % und ist damit deutlich höher als der entsprechende Wert der Verkehrsleistung in Fahrzeugkilometern. Wenngleich also grosso modo die Konsistenz der beiden Datenkörper festgestellt wurde, gibt es bei einigen Beziehungen Abweichungen, deren Ursachen nicht eruiert werden konnten, da keine detaillierte Information darüber vorlag, wie die Zusammenfügung der nationalen Daten zu den ESGVS Daten erfolgt ist.

Tabelle 5-2: Konsistenz zwischen SGVS und ESGVS: die 20 Quell-Ziel-Beziehungen mit den größten prozentualen Abweichungen im Lkw-Transportaufkommen des Binnenverkehrs von in Österreich gemeldeten Fahrzeugen, absteigend nach dem Betrag der relativen Abweichung, sortiert (Fallzahl ≥ 10 Beobachtungen)

Quelle	Ziel	Transport Aufkommen laut ESGVS [t/Jahr]	Transport Aufkommen laut SGVS [t/Jahr]	Differenz [t/Jahr]	Relative Abweichung [%]	Fallzahlen
AT221	AT111	10.239	6.172	4.067	66%	10
AT123	AT311	17.327	13.273	4.054	31%	18
AT123	AT314	22.806	18.435	4.371	24%	14
AT225	AT315	53.389	43.765	9.624	22%	11
AT112	AT323	19.300	16.311	2.989	18%	10
AT221	AT124	14.296	12.413	1.883	15%	19
AT123	AT211	30.701	26.886	3.815	14%	13
AT224	AT111	14.897	13.140	1.757	13%	12
AT222	AT225	16.081	14.509	1.572	11%	15
AT311	AT112	8.644	7.871	773	10%	12
AT130	AT226	29.392	26.826	2.566	10%	21
AT123	AT223	27.001	24.767	2.234	9%	16
AT221	AT123	21.147	19.425	1.722	9%	12
AT211	AT223	34.428	31.694	2.734	9%	30
AT333	AT335	8.208	7.569	639	8%	10
AT112	AT113	51.769	47.811	3.958	8%	36
AT323	AT212	33.867	31.308	2.559	8%	19
AT222	AT311	21.192	19.604	1.588	8%	17
AT224	AT311	18.744	17.479	1.265	7%	10
AT225	AT212	25.670	23.951	1.719	7%	12

Für den österreichischen Quell- und Zielverkehr werden tendenziell dieselben Ergebnisse ermittelt. Die Mittelwerte des Transportaufkommens unterscheiden sich nicht signifikant, auf einzelnen Quell-Ziel-Beziehungen treten aber große Unterschiede auf. Auch hier gilt, dass die resultierenden prozentuellen Abweichungen insgesamt gering und als vertretbar einzustufen sind, obgleich Aussagen auf dieser Aggregatebene nicht für alle Quell-Ziel-Kombinationen aufgrund der geringen Fallzahlen statistisch zu belegen sind.

Verteilung der Lkw-Fahrtlängen in Abhängigkeit vom Meldeland

Aus der ESGVS lassen sich die Fahrtlängen der Lkw in Österreich (in km zwischen gemeldeter Quell und Zielregion) in Abhängigkeit vom Meldeland ermitteln. Der Analyse liegen alle Fahrten zugrunde, welche im Rahmen der ESVG das österreichische Straßennetz 2009 genutzt haben. Deutlich zeigt sich, dass die Lkw-Fahrtlängen der in Österreich gemeldeten Lkw deutlich geringer sind als die der ausländischen Lkw. Im Nahverkehr kommen vor allem in Österreich gemeldete Lkw zum Einsatz, mit steigender Fahrtweite sinkt ihr Anteil (Abbildung 5-1). Dies erklärt sich dadurch, dass die österreichischen Lkw auf ihren Fahrten in Österreich erwartungsgemäß stärker im Nahverkehr eingesetzt werden als die ausländischen Lkw.

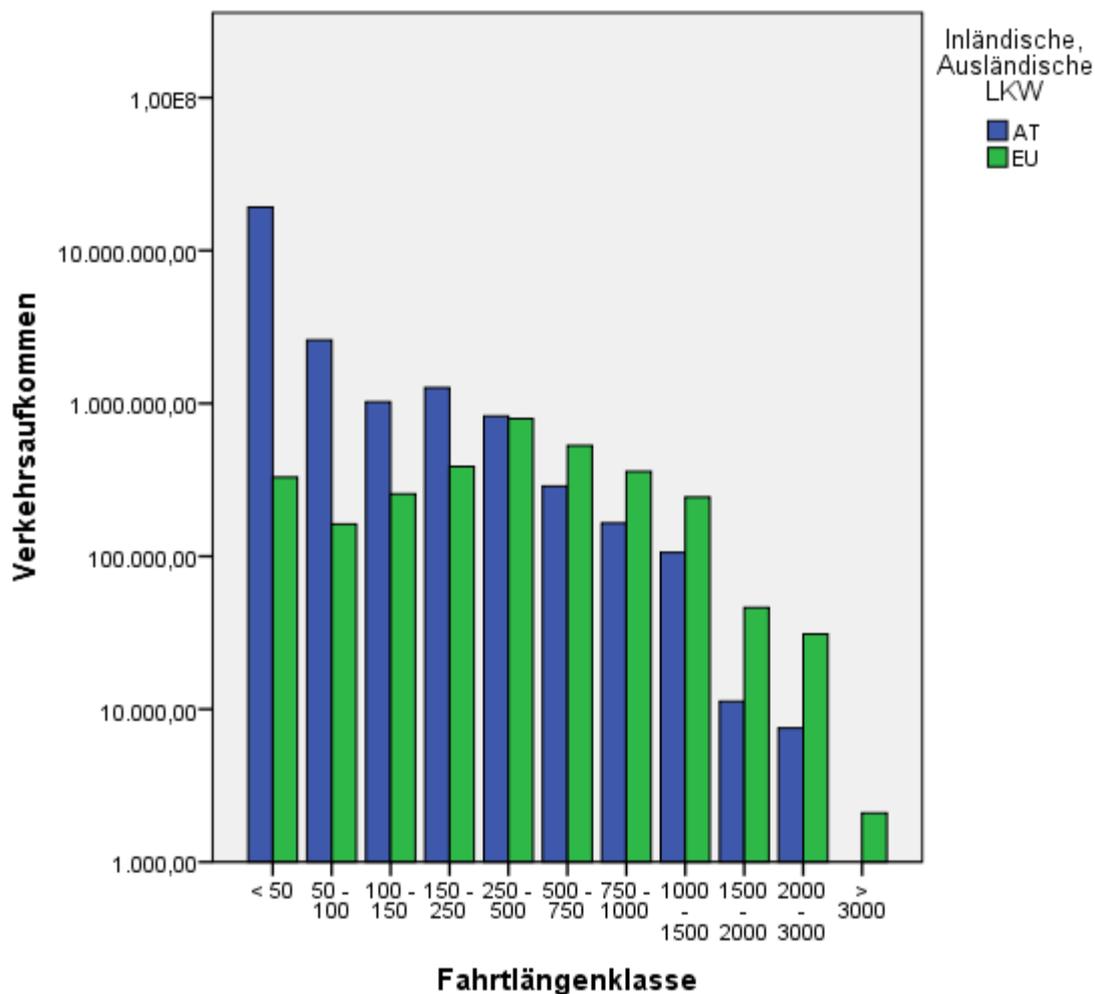


Abbildung 5-1: Lkw-Verkehrsaufkommen von Fahrten (Anzahl der Fahrten), die das österreichische Straßennetz benützt haben in Abhängigkeit vom Meldeland des Fahrzeugs und der zurückgelegten Lkw-Fahrtlänge der gesamten Fahrt von Quelle bis Ziel in km

5.2 CAFT-Erhebung

5.2.1 Erhebungs- und Datenspezifika

Die CAFT-Erhebung ist eine multinationale Stichtagsbefragung von Lkw-LenkerInnen an ausgewählten Alpenpässen und Grenzübergängen. Sie wird im Abstand von fünf Jahren durchgeführt. In der letzten Befragung 2009 wurden Daten an neun Alpenpässen und neun Grenzübergängen in Österreich erhoben (Abbildung 5-2). Erfasst werden verschiedene Merkmale der erhobenen Lkw-Fahrt und des verwendeten Fahrzeugs. Dazu zählen die Anzahl der Achsen des Fahrzeuges, das Zulassungsland, die befahrende Route, die transportierte Warengruppe und Quelle sowie Ziel der Fahrt. Österreichische Quellen und Ziele sind gemeindefinanziert, alle anderen im Sinne einer „gleitenden Zonierung“ in Abhängigkeit der Entfernung von Österreich vermerkt. In der CAFT-Erhebung werden alle Lkw mit einem höchstzulässigen Gesamtgewicht von $\geq 3,5$ t erfasst, eine gezielte Auswahl etwa nach der Größe oder dem Herkunftsland (Meldeland) wird vermieden. Die Erhebungsstichtage sind über das ganze Jahr verteilt, ihre Anzahl variiert mit der Erhebungsstelle. Die meisten Erhebungstage gibt es in der Erhebung 2009 mit 38 Erhebungstagen an der Zählstelle Brenner (bmvit 2011/1 und bmvit 2011/2).



Abbildung 5-2: Erhebungsquerschnitte der CAFT-Daten 2009 in Österreich (bmvit 2011/1)

Primäres Ziel der CAFT-Erhebung im multinationalen Kontext ist die Erfassung des alpenquerenden Güterverkehrs anhand ausgewählter Querschnittserhebungen. In Österreich wird zusätzlich der Güterverkehr an ausgewählten Grenzstellen erhoben, um den Transitverkehr vollständig zu erfassen. Demnach werden im Binnen-, Quell- und Zielverkehr nur Teilmengen des Verkehrs in Österreich erhoben, da die Konzeption der Erhebung nicht auf Gesamtaussagen bzw. nur für spezielle Verkehre ausgelegt ist. Die Erstellung von Fahrtenmatrizen ist nicht Zielsetzung der CAFT-Erhebung.

Die Daten der letzten CAFT-Erhebung 2009 liegen in Form von Einzeldatensätzen vor. Diese Daten wurden in Abhängigkeit von der Anzahl der befragten FahrzeuglenkerInnen und der Anzahl der Erhebungstage auf das gesamte Lkw-Aufkommen an der Erhebungsstelle (Querschnitt) hochgerechnet. Mögliche Alternativrouten derselben Quell-Zielbeziehung, die nicht über eine CAFT-Erhebungsstelle führen, werden

im Zuge von IMoVe eigens untersucht, wenngleich angenommen werden kann, dass die Verkehrsmengen dieser Verkehre über diese Routen gering ist. Bei der Erstellung von Fahrtenmatrizen basierend auf den CAFT-Daten sind Faktoren zu erstellen, die den Umstand berücksichtigen, dass ein Lkw bei einer Fahrt mehrere Zählstellen passieren kann.

5.2.2 Datenanalyse und Datenaufbereitung

Im Projekt IMoVe-Güter wurde mit Hilfe eines Rechenalgorithmus aus den oben erwähnten Einzeldatensätzen eine über alle Zählstellen kumulierte Lkw-Quell-Ziel-Matrix berechnet. Dazu wurden die CAFT- und der ESGVS-Daten auf Übereinstimmungen untersucht.

Konsistenz der CAFT-Erhebung mit der ESGVS

Die Konsistenz der ESGVS-Daten und der CAFT-Erhebung 2009 kann für jene Quell-Ziel-Beziehungen verglichen werden, die in beiden Datenquellen enthalten sind. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Quell-Ziel-Beziehungen der ESGVS auch auf Routen zurückgelegt werden können, die über keine CAFT-Erhebungsstelle führen. Daher ist die Analyse auf jene Quell-Ziel-Beziehungen beschränkt, die laut Routenmodellierung des VMÖ über CAFT-Erhebungsstellen führen.

Um einen sinnvollen Vergleich zu ermöglichen, müssen aus den CAFT-Daten diejenigen Lkw ausgeschlossen werden, die aufgrund ihres Zulassungslandes, des Fahrzeuggewichtes oder des höchstzulässigen Gesamtgewichtes nicht in der ESGVS enthalten sind (Eurostat – European Commission (2008)). Da die CAFT-Daten nur das tatsächliche Ladegewicht, nicht aber die mögliche (höchstzulässige) Ladekapazität enthalten, muss für Mitgliedsstaaten und Beitrittskandidaten, in welchen die Auswahl der Erhebungseinheiten mit Hilfe der Ladekapazität erfolgt, eine Umrechnung auf das höchstzulässige Gesamtgewicht durchgeführt werden. Dazu wurde eine entsprechende Umrechnungsliste verwendet (WKO 2012). Weiter dienen die Daten der CAFT selbst dazu, höchstzulässige Ladekapazitäten aus dem tatsächlichen Ladegewicht (maximale bzw. häufigste Ladegewichte beim jeweiligen höchstzulässigen Gesamtgewicht) abzuleiten. Datensätze mit zu geringem höchstzulässigem Gesamtgewicht konnten in der Folge ausgeschieden und eine bedingte Vergleichbarkeit mit den ESGVS hergestellt werden (Tabelle 5-3)).

Tabelle 5-3: Verwende Auswahlkriterien für Datensätze aus der CAFT Erhebung, um die Vergleichbarkeit mit den Daten der Europäischen Strassengüterverkehrsstatistik herzustellen. Quelle: Eurostat – European Commission (2008).

	Kriterium laut EUROSTAT	Wertebereiche der CAFT (Regeln)
Austria	NL >= 2 Tonnen	entspricht >= 7490 kg HZG
Czech Republic	NL >= 2 Tonnen	entspricht >= 7490 kg HZG
Germany	NL > 3,5 Tonnen	entspricht >= 9700 kg HZG
Belgium	all vehicles ...	
Bulgaria	MPLW >= 6 Tonnen	MPLW >= 6 Tonnen
Denmark	MPLW >= 6 Tonnen	MPLW >= 6 Tonnen
Estonia	NL >= 3,5 Tonnen	entspricht >= 9700 kg HZG
Ireland	Unladen Weight >= 2 Tonnen	Es werden alle Datensätze gewählt
Greece	NL >= 3,5t und MPLW >= 6t	Es werden alle Datensätze gewählt
Spain	NL >= 3,5t und MPLW >= 6t	Es werden alle Datensätze gewählt
France	Lorries <= 32.5 t LC	Es werden alle Datensätze gewählt, mit Ausnahme der Zugmaschinen
	tractors <= 44.5 t	
	Vehicles >= 3.5 t gross vehicle	

	weight	
	Vehicles <= 15 years	wird ob der geringen Zahl vernachlässigt
Italy	Vehicles >= 3.5 t LC	entspricht >= 9700 kg HZG
	Vehicles < 11 years	wird ob der geringen Zahl vernachlässigt
Cyprus	Vehicles >= 3 t LC	Es werden alle Datensätze gewählt
Latvia	all vehicles ...	
Lithuania	Vehicles >= 6t LC	Es werden alle Datensätze gewählt
Luxembourg	Vehicles >= 3t LC	Es werden alle Datensätze gewählt
Hungary	Vehicles >= 3.5t LC	entspricht >= 7490 kg HZG
Malta	all vehicles ...	
Netherlands	Vehicles >= 2t LC	entspricht >= 7490 kg HZG
Poland	Vehicles > 3.5t MPLW	MPLW >= 3,5 Tonnen
	Vehicles > 25 years	wird ob der geringen Zahl vernachlässigt
Portugal	Vehicles > 3.5t MPLW	Es werden alle Datensätze gewählt
Romania	Vehicles >= 3.5 LC	entspricht >= 9700 kg HZG
Slovenia	Vehicles >= 2t LC	entspricht >= 7490 kg HZG
Slovakia	all vehicles ...	
Finland	Lorries >= 3.5t MPLW	Es werden alle Datensätze gewählt
Sweden	Vehicles > 3.5t MPLW	Es werden alle Datensätze gewählt
	Vehicles <= 30 years	wird vernachlässigt, weils keine Datensätze >30 J. gibt
United Kingdom	Vehicles >= 3.5t MPLW	Es werden alle Datensätze gewählt
Liechtenstein	Vehicles >= 6t MPLW	Es werden alle Datensätze gewählt
Norway	Vehicles <= 30 years	Es werden KEINE Datensätze gewählt
	Vehicles >= 3.5 t LC	
	Vehicles <= 35 MPLW	
Switzerland	Vehicles >= 3.5t LC	entspricht >= 9700 kg HZG
Croatia	Vehicles >= 3500 kg LC	entspricht >= 9700 kg HZG

NL ... Nutzlast

HZG ...höchstzulässiges Gesamtgewicht

MPLW ... maximum permissible laden weight (höchstzulässiges Gesamtgewicht)

LC ... load capacity (Nutzlast)

Ein Vergleich der so ausgewählten Fahrten (mit der in der CAFT-Erhebung ermittelten Anzahl der Lkw-Fahrten) zeigt, dass nur etwa 3 % des alpenquerenden Güterverkehrs von Lkw verursacht wird, die unter den Erfassungsgrenzen der ESGVS liegen (Tabelle 5-4). Das Ergebnis zeigt, dass es zum Teil erhebliche Abweichungen gibt, die vor allem für die Länder HR, HU und RO zwischen 9 und 15% liegen. Diese Abweichungen erklären sich einerseits durch die selektive Lage der in der CAFT einbezogenen Zählstellen und andererseits durch die Unschärfe der vorhin beschriebenen Datenadaption sowie durch die geringe Stichprobengröße. Sehr häufig werden in diesen Ländern auch Fahrzeuge im Fernverkehr eingesetzt, die unter 3,5 t höchstzulässigem Gesamtgewicht liegen.

Dieses Ergebnis zeigt die Notwendigkeit von ergänzenden Erhebungen wie CAFT, um Datengrundlagen zu bilden, die harmonisiert werden können bzw. die Notwendigkeit von konsolidierten Lkw-Güterverkehrsdaten, da die einzelnen Daten erhebliche Ungenauigkeiten und Unterschiede aufweisen.

Tabelle 5-4: Vergleich der alpenquerende Fahrten aus CAFT nach Meldeland und unterschiedlicher Gewichtabgrenzung

NATIONALITÄT	Fallzahlen aller erhobenen Lkw	FAHRTEN aller in CAFT erhobenen Lkw	Fallzahlen von Lkw nach ESGVS Definition	FAHRTEN von Lkw (Def.nach ESGVS) in CAFT	Differenz (absolut)	Differenz (relativ)
AT	5.331	3.716.702	5.305	3.697.038	19.664	1%
BE	35	25.999	35	25.999	-	0%
BG	271	230.282	270	226.249	4.033	2%
CH	102	51.859	100	51.113	746	1%
CY	25	12.194	25	12.194	-	0%
CZ	1.670	946.488	1.658	938.511	7.977	1%
DE	2.952	1.919.463	2.857	1.828.218	91.245	5%
DK	42	12.126	42	12.126	-	
EE	50	31.325	50	31.325	-	
ES	68	41.710	68	41.710	-	
FI	23	8.322	23	8.322	-	
FL	64	38.207	64	38.207	-	
FR	21	16.791	21	16.791	-	
GR	108	56.076	108	56.076	-	
HR	186	209.967	166	179.278	30.689	15%
HU	1.719	1.422.605	1.541	1.253.853	168.752	12%
IE	14	4.974	14	4.974	-	
IT	2.597	851.643	2.560	829.550	22.093	3%
LT	267	118.097	267	118.097	-	
LU	28	21.704	28	21.704	-	
LV	70	27.448	70	27.448	-	
MT	7	830	7	830	-	
NL	339	173.866	339	173.866	-	
PL	1.426	666.920	1.426	666.920	-	
PT	25	19.308	25	19.308	-	
RO	668	624.493	630	565.396	59.097	9%
SE	44	15.368	44	15.368	-	
SI	977	737.196	976	735.503	1.693	0%
SK	1.315	735.691	1.315	735.691	-	
UK	33	22.374	33	22.374	-	
		12.760.028		12.354.039	405.989	3%

5.3 Mautdaten und Daten der automatischen Zählstellen

5.3.1 Erhebungs- und Datenspezifika

Mautbrücken (LS-Zählstellen, LS: „locationstation“)

Die Benutzung des Autobahn- und Schnellstraßennetzes in Österreich ist für Fahrzeuge über 3,5 Tonnen höchstzulässiges Gesamtgewicht mautpflichtig. Die Maut wird nicht nach Güterklassen oder Beladung differenziert, weswegen diese Merkmale nicht erfasst werden. Stattdessen werden die Achszahl der Lkw und ihre Emissionsklasse registriert. Die Erhebung der Maut erfolgt elektronisch anhand von Mautbrücken, die entlang des hochrangigen Straßennetzes errichtet sind. Eine Mautbrücke definiert einen Mautabschnitt zwischen zwei Anschlussstellen. Die Entfernung zwischen zwei Anschlussstellen ist entsprechend der Kilometrierung bekannt. Passiert ein mautpflichtiges Fahrzeug eine Mautbrücke, so wird dies im Rahmen einer Transaktion erfasst, wenn das Fahrzeug mit einer gesetzlich vorgeschriebenen und entsprechenden Übertragungsbox (Go-Box) ausgestattet ist. Die Mautbrücken (LS-Zählstellen) erfassen die Identifikationsnummern der durchfahrenden Fahrzeuge. 2009 gab es 886 Mautbrücken. Jede Mautbrücke ist über eine Nummer, die sogenannte LS-ID (Location-Station-Identification), identifizierbar. Einzelne Mautstellen sind mit Einrichtungen ausgestattet, mit denen Fahrzeuge, die keine Übertragungsbox besitzen, zumeist mittels Videoüberwachung erfasst werden können. In der Summe aller Zählstellen gibt es einen bestimmten Anteil an mautpflichtigen Fahrzeugen, die die Maut nicht entrichten und daher auch nicht in den erfassten Transaktionen aufscheinen. Dieser Anteil dürfte aber sehr gering sein.

Dem Projekt IMoVe-Güter stehen die Jahreswerte 2009 der die Zählstelle passierenden mautpflichtigen Fahrzeuge, unterteilt nach Fahrzeugart (Bus oder Lkw), Achszahl der Lkw, Wochentag (inkl. Anzahl der erhobenen Tage je Werktag) und Herkunftsland zur Verfügung. Für LS-Zählstellen, die nicht das ganze Jahr im Einsatz waren, liegen die Zählwerte und die Summe der Einsatzstage vor. Hierbei handelt es sich vor allem um Abschnitte auf neu errichteten mautpflichtigen Streckenabschnitten oder um neu definierte Abschnitte aufgrund der Errichtung neuer Anschlussstellen. Insgesamt gibt es Zählwerte zu 886 richtungsgebundenen LS-Zählstellen der Autobahn und Schnellstraßen in Österreich. 860 davon erfassten im Jahr 2009 täglich die Verkehrsmenge am entsprechenden Querschnitt. Im Jahr 2009 wurden 579.889.000 Transaktionen an den Mautbrücken gezählt. Annähernd 96 % der Transaktionen entfallen auf den Lkw-Verkehr. Unter den Lkw-Transaktionen ist der Anteil von Lkw mit Meldeland Österreich etwas höher als von im Ausland gemeldeten Lkw (Tabelle 5-5). Die meisten Mauttransaktionen werden angesichts des Lkw-Wochenendfahrverbots und der geringen Wirtschaftsaktivität an Werktagen abgewickelt. Der Lkw-Anteil an allen Mauttransaktionen liegt an Werktagen bei über 97 %, der relative Anteil der in Österreich gemeldeten Lkw ist an Werktagen höher als in der gesamten Woche. Der Anteil der werktäglichen Lkw-Transaktionen an den gesamten Lkw-Transaktionen liegt bei 92 %.

Tabelle 5-5: Mauttransaktionen 2009 auf den Autobahn und Schnellstraßennetz in Österreich (Quelle: Asfinag Mautdaten, eigene Auswertungen)

	Mauttransaktionen an... [Transaktionen/Jahr]		
	Werktagen	Wochenenden	Allen Tagen
Lkw (AT)	276.055.434 (52 %)	13.068.108 (26 %)	289.123.542 (50 %)
Lkw (Nicht-AT)	237.501.670 (45 %)	29.433.167 (57 %)	266.934.837 (46 %)
Bus (AT)	6.259.419 (1 %)	2.877.112 (6 %)	9.136.531 (2 %)
Bus (Nicht-AT)	8.863.424 (2 %)	5.830.666 (11 %)	14.694.090 (3 %)
Summe [Transaktionen/Jahr]	528.679.947 (100 %)	51.209.053 (100 %)	579.889.000 (100 %)
Anteil [%]	91 %	9 %	100 %

Automatische Dauerzählstellen (AZS)

Im österreichischen Straßennetz gibt es automatische Dauerzählstellen (AZS), mit denen der den Straßenquerschnitt passierende Verkehr gezählt wird. Der Betrieb, die Datensammlung und -auswertung obliegt dem jeweiligen Straßenerhalter (Länder oder ASFINAG). Das bmvit erstellt eine bundesweite Auswertung. Aufgrund der rechtlichen Zuständigkeiten und unterschiedlicher technischer Ausführungen der Zählstellengeräte können Unterschiede in den erfassten Fahrzeugkategorien auftreten.

Die Zählung an den automatischen Dauerzählstellen erfolgt kontinuierlich, die Zählung wird in der Regel nur zur Wartung der Zähleinrichtungen unterbrochen. Gezählt werden alle Fahrzeuge. Der Straßengüterverkehr wird als Lkw-ähnliche Fahrzeuge erfasst (LkwÄ), diese beinhalten auch Busse, Wohnwägen oder manche Pkw mit Anhängern. An einem Teil der automatischen Dauerzählstellen ist eine sogenannte Mehrfachfahrzeugunterscheidung möglich. An diesen AZS kann das gezählte Aufkommen nach Lkw ohne Anhänger (LoA), Pkw mit Anhänger und Busse (PAB) sowie Last- und Sattelzüge (Slz) unterschieden werden. Das Unterscheidungskriterium ist in der Regel die Fahrzeuglänge oder die Achsenzahl. Die Genauigkeit der Datenerfassung hängt stark von der verwendeten Technologie (z.B. Schleifengeräte oder Radargeräte) und der Positionierung des Zählstellengerätes ab. Verschiedene Fahrzeuge, insbesondere Kastenwägen, die der Gruppe der PAB zuzuordnen sind, werden oft fälschlicherweise als LoA identifiziert. Anhand von Vergleichswerten mit Daten der Mautbrücken auf dem A&S-Netz kann diese Abweichung abgeschätzt werden (siehe Kap.5.3.2). Dem Projekt IMoVe-Güter stehen AZS-Werte für das Jahr 2009 zur Verfügung. Die vorliegenden Slz-Werte sind tagesgenau, jene der LoA stehen in Form von Wochendurchschnittswerten des Fahrzeugaufkommens zur Verfügung. Für eine Verwendung im Rahmen des IMoVe-Güter-Projektes erfolgte eine Transformation in vergleichbare Lkw-Klassen.

5.3.2 Datenanalyse und Datenaufbereitung

Mautbrücken (LS-Zählstellen)

Für die im Projekt IMoVe-Güter durchzuführenden Analysen für einen Zählstellenvergleiche und für das angewandte Matrixkorrekturverfahren müssen die einzelnen Zählstellenwerte entsprechend der Systemabgrenzung bereinigt werden. Zur Umrechnung der Zählstellenwerte von einer Jahresbasis auf eine Werktagsbasis wird das Lkw-Verkehrsaufkommen an Werktagen (Montag bis Freitag) sowie Sonn- und Feiertagen herangezogen. Für jene 26 Zählstellen, die aufgrund von Neubau (Streckenabschnitt oder Anschlussstelle) nicht das ganze Jahr Daten lieferte, werden die auf die Einsatzdauer bezogenen Werte des Lkw-Aufkommens aliquot berechnet (vgl. Kap. 5.3.1). Das Lkw-Wochenendfahrverbot ist nicht strikt, sowohl an Sonntagen als auch an Feiertagen werden an den Mautbrücken Transaktionen von Lkw vermerkt. Feiertage, die auf einen Montag bis Freitag fallen, werden bei der Ermittlung des werktäglichen Lkw-Verkehrsaufkommens nicht einbezogen (zehn Feiertage). Das resultierende gesamte Lkw-Verkehrsaufkommen wird auf die 251 Werktage des Jahres 2009 bzw. auf die Anzahl der Tage mit Messungen aufgeteilt. Von dem so berechneten Zählstellenwert wird das Zellbinnenverkehrsaufkommen (s.u.) subtrahiert, weil dieser Verkehr durch das VMÖ nicht abgebildet wird. Zu diesem Zweck wird je Zählstelle der Anteil des Zellbinnenverkehrs je nach Lage der Zählstelle zur Bebauung der Gemeinde und nach Abstand zur Verkehrsbezirksgrenze abgeschätzt und abgezogen. Eine detaillierte Beschreibung der Vorgangsweise findet sich in weiterer Folge in diesem Kapitel unter der Überschrift „Bereinigung der Zählstellenwerte zur Berücksichtigung des Zellbinnenverkehrs“. Der sich so bereinigte Zählstellenwert des durchschnittlichen werktäglichen Lkw-Verkehrsaufkommens an einer Zählstelle liegt im Mittel bei 2.356 Lkw/24h. Der Median beträgt 1.883 Lkw/24h, die Verteilung ist somit links-steil (Abbildung 5-3). Der minimale Wert liegt bei 81 Lkw/24h, das Maximum bei 8.032 Lkw/24h. Das bedeutet, dass Zählstellen mit geringer Verkehrsstärke häufiger vorkommen als Zählstellen mit starker Belastung.

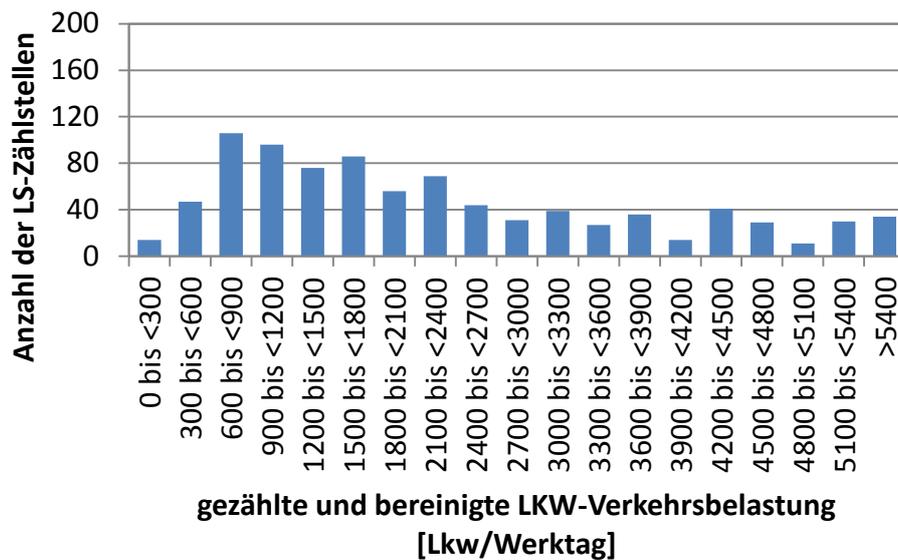


Abbildung 5-3: Verteilung der gezählten und bereinigten Lkw-Verkehrsbelastungen der LS-Zählstellen des A+S-Netzes

Die bereinigten LS-Zählstellenwerte wurden in das Verkehrsmodell Österreich eingefügt. Dazu wurde zunächst die Verkodung und Georeferenzierung der Mautzählstellen überprüft und gegebenenfalls adaptiert. Jeder Mautabschnitt und damit jede LS-Zählstelle wird durch zwei Anschlussstellen an das hochrangige Straßennetz definiert. Dies spiegelt sich im Straßengraphen des Verkehrsmodells Österreich aber nicht immer wieder. Die 886 LS-Zählstellen verteilen sich auf 1.053 Straßenabschnitte, einzelne LS-ID's kommen somit mehrfach vor. Dies ist dadurch begründet, dass Streckenabschnitte des A+S-Netzes zwischen zwei Anschlussstellen im VMÖ in einigen Fällen aus mehreren Graphen-Links bestehen. Da die Lage der Mautbrücke im VMÖ nicht georeferenziert ist, sind alle Graphen-Links des entsprechenden Streckenabschnittes des A+S-Netzes mit derselben LS-ID versehen. Beispielweise besteht der Streckenabschnitt von Anschlussstelle Wien Auhof bis Anschlussstelle Pressbaum im Verkehrsmodell VMÖ aus zwei Links des Verkehrsmodells, geteilt durch die Landesgrenze Wien/Niederösterreich. Beide Links sind in Fahrtrichtung Salzburg mit der LS-ID 1 beziehungsweise in Fahrtrichtung Wien mit LS-ID 395 versehen (Abbildung 5-4).



Abbildung 5-4: Autobahnabschnitt der A1 zwischen Anschlussstelle Wien Auhof und Pressbaum, Darstellung der Mehrfachnennung von LS-IDs auf Links des Verkehrsmodells zwischen zwei Anschlussstellen (LS-ID 1 und LS-ID 395)

Um die im VMÖ mehrfach vorhandenen LS-IDs (als Attribut der Links zwischen Anschlussstellen) bei den Auswertungen zu vermeiden, wurde eine Dummy-Variable eingefügt, so dass jede LS-ID genau einmal im Netz auftaucht. Dabei wurde folgende Entscheidungsprozedur verwendet: Wenn auf einer der betroffenen Strecken (Links) eine automatische Zählstelle (AZS) verortet ist, wird diese zum Standort der Mautbrücke bestimmt. In allen anderen Fällen fällt die Entscheidung auf die Strecke (Link) mit der niedrigsten Strecken-ID. Anders liegt der Fall, wenn eine Anschlussstelle im Verkehrsmodell nicht an das untergeordnete Straßennetz angebunden ist, wie z.B. auf der A1 im Raum Salzburg die Anschlussstellen Klessheim, Siezenheim und Flughafen (Abbildung 5-5). In der Realität wird die Anschlussstelle benutzt, so dass sich die Verkehrsbelastung auf den vorgelagerten und nachfolgenden Straßenstücken unterscheidet. Dieser Fall repräsentiert einen fehlerhaften Netz-Graphen des VMÖ, der bereinigt werden soll. Im Rahmen des Projektes IMoVe-Güter konnte diese Anschlussstellen aus Aufwandsgründen nicht an das untergeordnete Straßennetz angebunden werden. Da im Modell durch die fehlenden Anbindungen keine Änderung der Verkehrsbelastung entlang der Route modelliert wird und somit im Vergleich mit den Zählstelle unplausible Ergebnisse erzielt werden würden, sind diese im Matrixkorrekturverfahren der Stufe 4 nicht berücksichtigt worden (siehe Kap.9.2.8). Diese Zählstellen werden aber für den Zählstellenvergleich zur Überprüfung der Ergebnisse verwendet.



Abbildung 5-5: Autobahnabschnitt der A1 zwischen Anschlussstelle Salzburg Nord und Wals/Salzburg West, Darstellung von Anschlussstellen ohne Anbindung an das untergeordnete Straßennetz

Es gibt 13 LS-Zählstellen, die im Zählstellenbericht der ASFINAG aufscheinen, aber nicht im VMÖ verortet sind, weil diese Streckenabschnitte nicht im entsprechenden Detaillierungsgrad abgebildet sind (LS-IDs: 874, 875, 879, 881, 882, 889, 894, 895, 896, 904, 905, 906, 907). Sie konnten im Rahmen des Projektes IMoVe-Güter nicht in das VMÖ nachgeführt werden. Weitere LS-Zählstellen, die 2009 oder kurz vorher eröffnet wurden (LS-IDs: 853, 854, 859, 860), wurden im Rahmen von IMoVe-Güter im VMÖ-Straßengraphen verortet. Für diese LS-Zählstellen ergibt die Modellierung eine sehr geringe oder keine Lkw-Belastung. Die naheliegende Begründung ist, dass die Streckenwiderstände (die sogenannten „Z-Werte“ des Straßengraphen des VMÖ; vgl. Kap. 5.4) auf diesen neuen Streckenabschnitten (noch) nicht richtig kalibriert sind. Dies gilt im Ergebnis auch für die LS-Zählstellen 189, 206, 207, 582, 599 und 600. Daher wurden diese Strecken im weiteren Verfahren nicht berücksichtigt. In Summe verbleiben 864 LS-Zählstellen für die folgenden Analysen und Arbeitsschritte.

AZS-Zählstellen

2009 gab in Österreich es 932 richtungsgebundene automatische Dauerzählstellen, von denen 874 die Möglichkeit der Mehrfachfahrzeugartenunterscheidung haben. Allerdings liegen für nur etwa 800 AZS-Zählstellen, hauptsächlich begründet durch technische Ausfälle oder Nichtveröffentlichung aufgrund mangelnder Datenqualität, Zählraten vor. Diese sind nicht alle im VMÖ verortet. Daher werden für die weiteren Arbeitsschritte 559 richtungsgebundene AZS-Zählstellen herangezogen, die im VMÖ einbezogen sind. Für die meisten AZS-Zählstellen liegt das Verkehrsaufkommen unterteilt nach Lastwagen ohne Anhänger (LoA), Pkw mit Anhänger und Busse (PAB) sowie Sattel- und Lastzüge (Slz) vor (457). An den übrigen Zählstellen werden nur Angaben zu Lkw-ähnlichen Fahrzeugen (LkwÄ) gemacht, die nicht nur Lkw enthalten, sondern auch Busse, Wohnwägen oder manche Pkw mit Anhängern. Tagesgenaue Messwerte gibt es nur für Slz und LkwÄ. Um das im Zählstellenwert zu berücksichtigende werktägliche Slz- und LoA-Aufkommen zu identifizieren, mussten daher zwei unterschiedliche Ansätze verfolgt werden:

- (1) Zur Berechnung des Slz-Verkehrsaufkommens wird das werktägliche Slz-Verkehrsaufkommen an den Zählstellen addiert, das Feiertagsverkehrsaufkommen subtrahiert und das resultierende Verkehrsaufkommen durch 251 Werktagen des Jahres 2009 dividiert.
- (2) Für das LoA-Aufkommen sind nur Wochenwerte vorhanden. Sie werden addiert und mit dem aus dem LS-Zählstellen abgeleiteten Anteil des werktäglichen Lkw-Verkehrsaufkommens am gesamten Lkw-Verkehrsaufkommen (Faktor=0,9233) multipliziert. Das resultierende LoA-Verkehrsaufkommen wird auf 251 Werktagen aufgeteilt.

Der Zählstellenwert ergibt sich aus der Summe des LoA- und Slz-Verkehrsaufkommens. Da bei der Umlegung auf den Verkehrsgraphen des VMÖ mit VISUM der Verkehrsbezirksbinnenverkehr nicht berücksichtigt wird, sind die Zählstellenwerte um dessen Anteil zu reduzieren. Damit sind sie für den Vergleich der mit modellierten Werten geeignet aufbereitet. Der Verkehrsbezirksbinnenverkehr wird für jede Zählstelle abgeschätzt und vom Zählstellenwert abgezogen.

Der sich so ergebende bereinigte Wert des durchschnittlichen täglichen LoA/Slz-Verkehrsaufkommens an einer Zählstelle liegt im Mittel bei 1.403 Lkw/24h. Der Median beträgt 471 Lkw/24h, die Verteilung ist linkssteil (Abbildung 5-6). Der minimale Wert liegt bei elf Lkw/24h, das Maximum bei 7.631 Lkw/24h. Die Verteilung der Zählstellenwerte ist deutlich links-steiler als die der LS-Zählstellen, das durchschnittliche Lkw-Verkehrsaufkommen an den Zählstellen ist niedriger. Dies liegt darin begründet, dass die AZS-Zählstellen im untergeordneten Straßennetz situiert sind, in dem die Verkehrsbelastung des Lkw-Verkehrs deutlich geringer ist.

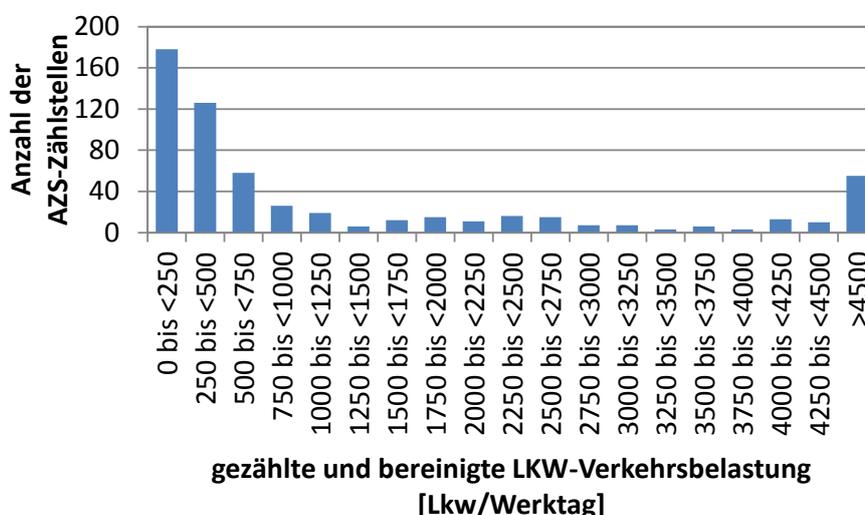


Abbildung 5-6: Verteilung der gezählten und bereinigten Lkw-Verkehrsbelastungen der AZS-Zählstellen des untergeordneten Straßen-Netzes

Bereinigung der Zählstellenwerte zur Berücksichtigung des Zellbinnenverkehrs

Bei einem Zählstellenvergleich wird die an einer Zählstelle gemessene Verkehrsmenge mit dem für diese Zählstelle modellierten Wert verglichen. Dies ist für die automatischen Zählstellen und die Mautstellen möglich. Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei der VISUM-Umlegung der Zellbinnenverkehr der VMÖ-Verkehrsbezirke nicht auf das Straßennetz umgelegt wird. Wird ein Zählstellenvergleich durchgeführt, so enthalten die modellierten Werte daher keinen Zellbinnenverkehr der Verkehrsbezirke, die Zählwerte dagegen schon. Um einen validen Zählstellenvergleich durchführen zu können, müssen die Zählstellenwerte (Messwerte) daher um den Zellbinnenverkehr bereinigt, bzw. reduziert werden. Die Größe des Zellbinnenverkehrs kann lediglich mit Hilfe von Plausibilitätsüberlegungen abgeschätzt werden, da weder eine Erhebung, noch eine Modellierung vorliegt. Dabei gilt, dass der Zellbinnenverkehr, der an einer Zählstelle erfasst werden kann, maximal halb so groß wie der Zellbinnenverkehr des gesamten VMÖ-Bezirks sein kann. Die Halbierung ergibt sich aus der Tatsache, dass die Zählstellen richtungsgebunden sind und bei typischen Wegemustern jeder Hinweg mit einem Rückweg verbunden ist. Für alle anderen Annahmen fehlen genauere Anhaltspunkte. Diese könnten lediglich im Rahmen einer umfangreichen Primärerhebung im Straßennetz gewonnen werden. Wenn mehrere Zählstellen in einem Verkehrsbezirk situiert sind, dann gilt diese Überlegung im analogen Sinne.

Im Verkehrsmodell Österreich wurde als Hilfsgröße zur Bestimmung des Zellbinnenverkehrs das Zählstellen-Attribut „Zählstelle liegt an Bezirksgrenze“ angelegt. Es gibt an, ob eine Zählstelle an der VMÖ-Bezirksgrenze verortet ist. In diesem Fall ist der Anteil des Zellbinnenverkehrs Null. Dies gilt für 143 Zählstellen. Die vermutete Höhe des Zellbinnenverkehrsaufkommens an einer Zählstelle wird durch die gegebene Obergrenze, die Lage der Zählstelle im VMÖ-Verkehrsbezirk und das Straßennetz bedingt. Bei der Bereinigung der Zählwerte von Mautbrücken im hochrangigen Straßennetz muss zudem die Verortung der Anschlussstellen berücksichtigt werden. Zellbinnenverkehr kann an Mautbrücken nur auftreten, wenn sinnvolle Binnenwege unter Berücksichtigung der Anschlussstellen und der VMÖ-Verkehrsbezirke konstruiert werden können. Die Bestimmung des Zellbinnenverkehrsaufkommens erfolgte manuell durch eine Abschätzung des prozentualen Anteils des Zellbinnenverkehrs, der die jeweilige Zählstelle passiert. Die jeweiligen um den Zellbinnenverkehr adaptierten Zählstellenwerte werden in das VMÖ eingepflegt.

Insgesamt wurden 677 Zählstellen identifiziert, an denen mit hoher Wahrscheinlichkeit Zellbinnenverkehr erfasst wird. Davon sind 366 AZS- und 368 LS-Zählstellen. 57 dieser Zählstellen sind sowohl AZS- als auch LS-Zählstellen. Der maximale Anteil des Zellbinnenverkehrsaufkommens, der eine Zählstelle passiert, wurde auf 20 % geschätzt – ein höherer Wert erscheint aufgrund der Größe der Verkehrszellen und der Dichte des Straßennetzes nicht plausibel –, der sich ergebende Durchschnitt liegt bei knapp über 9 % des Zellbinnenverkehrsaufkommens. Der Anteil des Zellbinnenverkehrs an AZS-Zählstellen ist etwas höher als bei LS-Zählstellen. Das höchste absolute Zellbinnenverkehrsaufkommen, das vom Zählstellenwert zu subtrahieren ist, beträgt 45 Lkw/24 h, im Durchschnitt liegt dieser Wert bei 3 Lkw/24 h. Der mittlere Zählstellenwert an den Zählstellen mit Zellbinnenverkehr beträgt im Vergleich dazu 1.434 Lkw/24 h. Das Zellbinnenverkehrsaufkommen hat somit nur eine marginale Korrekturwirkung. Allerdings gibt es Indizien für eine prinzipielle Untererfassung des Lkw-Zellbinnenverkehrsaufkommens in den Quell-Ziel-Matrizen des Straßengüterverkehrs. Beispielsweise hat ein Lkw, der mehrere Einzelhandelsgeschäfte nacheinander beliefert, mehrere Fahrten. Wird angenommen, dass zusammengehörende Geschäfte einer Kette in einer Verkehrszelle nacheinander beliefert werden, folgt daraus, dass die Anzahl der Fahrten mindestens der Anzahl der Ladetätigkeiten entspricht. Auf diese Art ergeben sich alleine für den Lebensmitteleinzelhandel sehr viele Zellbinnenfahrten – wohingegen die Anzahl der Lkw-Zellbinnenfahrten im Wiener Gemeindebezirk Währing gemäß der VMÖ-Matrix nur 1,01 Lkw/Werhtag beträgt.

Zusammenfassung der Mauttransaktionen zu Fahrten

An den Mautbrücken wird registriert, ob diese von einem mautpflichtigen Fahrzeug passiert werden. Jede Durchfahrt unter einer Mautbrücke wird als eigene Transaktion erfasst, die über eine Fahrzeugidentifikationsnummer (Fahrzeug-ID) zusammengefügt werden können. Beispielsweise kann das Fahrzeug mit der Fahrzeug-ID 7586854 die Mautbrücken mit den LSIDs 524 und 525 passiert haben. Dabei handelt es sich aber nicht um Fahrteninformationen, sondern lediglich um einzelne Transaktionsdaten. Die Aneinanderreihung der einzelnen Transaktionen ergibt nicht zwangsläufig Fahrten. Beispielsweise ist es möglich, dass der Lkw die Autobahn an der zwischen den LSIDs 524 und 525 gelegenen Abschlusssstelle verlassen hat, um einen Ladevorgang durchzuführen und anschließend wieder auf die Straße aufgefahren ist. Der Ladevorgang würde dann zwei Fahrten definieren.

Lkw-Fahrten die am darauffolgenden Tag enden, werden in der Datenbank als 2 Fahrten ausgewiesen (Fahrteende bzw. Fahrtbeginn ist mit 24:00 Uhr angesetzt) und sind somit überpräsentiert. Vergleichbares gilt für Fahrten die über das Wochenende gehen und bei denen das Wochenendfahrverbot eingehalten wurde, aber kein Be- oder Entladevorgang durchgeführt wurde (Hlava 2010).

Für die Zusammenfassung der Mauttransaktionen zu Fahrten ist der zeitliche Abstand zwischen den Transaktionen wesentlich. Ist dieser groß, ist es wahrscheinlich, dass das Fahrzeug die Fahrt unterbrochen hat. Hierbei sind allerdings zwei Möglichkeiten zu unterscheiden: (1) Fahrtunterbrechungen, die keine eigenen Fahrten definieren und (2) Ladevorgänge, die eigene Fahrten definieren. Zur ersten Gruppe gehören beispielsweise Fahrtunterbrechungen zum Tanken oder zur Einhaltung der vorgegebenen Ruhezeiten, aber auch die systembedingte Fahrtteilung über Mitternacht. Sie definieren keine eigenen Fahrten, da während der Fahrtunterbrechung nicht geladen wird. Ist der zeitliche Abstand zweier Transaktionen aber groß, kann die Fahrt auch unterbrochen worden sein, um das Fahrzeug zu be- oder entladen. Die Entscheidung, ob zwei Transaktionen direkt zu einer Fahrt zusammengefügt werden können, erfolgt anhand von Toleranzfahrzeiten zwischen den Mautbrücken. Von der ASFINAG wird als Richtgröße die 1,5-fache mittlere Reisezeit plus einen Zeitpuffer von 180 Sekunden vorgegeben. Aus der Uhrzeit der passierten Mautbrücken (Zeitstempel) lassen sich so Fahrten rekonstruieren. Allerdings kann die Verkehrssituation, etwa zähfließender Verkehr oder Stau, ebenfalls zu einer Überschreitung der Toleranzfahrzeit führen kann.

Die ASFINAG berichtet auf Grundlage der 1,5-fache mittleren Reisezeit für das Jahr 2009 in Summe 63,26 Millionen Fahrten (Tabelle 5-6). Geht man allerdings davon aus, dass ein Zeitabstand der Erfassung der Fahrten innerhalb von 15 Minuten bzw. von 30 Minuten nicht den Beginn einer neuen Fahrt markiert und fasst die zugehörigen Messungen zu einer Fahrt zusammen, so reduzieren sich die Jahresfahrten auf 57,94 bzw. 51,16 Millionen Fahrten.

Tabelle 5-6: Auswirkung der Zusammenfassung von Fahrten laut ASFINAG

Zusammenfassung	Verkehrsaufkommen [1.000 Lkw-Fahrten/Jahr]							Summe
	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	
ASFINAG-Konzept	11.666	11.947	12.712	11.887	10.449	3.170	1.436	63.268
Toleranzfahrzeit von 15 Minuten	10.678	10.987	11.693	10.953	9.609	2.788	1.230	57.936
Toleranzfahrzeit von 30 Minuten	9.453	9.711	10.326	9.674	8.493	2.424	1.074	51.156

Zur genaueren Ermittlung der adäquaten Toleranzfahrzeiten je Abschnitt wäre eine eigene Studie notwendig, die mit Hilfe von Wahrscheinlichkeitsrechnungen den Anteil der durchgehenden Fahrten im Verhältnis zur Fahrtaufspaltung in Abhängigkeit von Anschlussstellenabständen, Anzahl vorhandener

Parkplätze und Raststationen, der umliegenden Flächennutzung etc. ermittelt. Daten für die Erstellung der Wahrscheinlichkeitsmodelle könnten beispielsweise durch Befragung der Lkw-Lenker über deren Verhalten erhoben werden.

Vergleich der bereinigten Zählraten der AZS-Zählstellen und der LS-Zählstellen

Alle Strecken des hochrangigen Straßennetzes haben eine Mautbrücke (LS-Zählstelle), einige zusätzlich eine automatische Dauerzählstelle. 222 AZS-Zählstellen mit verwendbaren Daten liegen auf Autobahnstrecken und sind hinsichtlich ihrer Lage identisch mit LS-Zählstellen. Die um den Zellbinnenverkehr bereinigten Werte beider Zählstellen werden mit dem Ziel verglichen, mögliche systematische Erfassungsunterschiede zu identifizieren. Da die LS-Zählstellendaten als verlässlicher eingestuft werden, kann bei signifikanten Unterschieden ein Korrekturfaktor für die AZS-Zählstellen ermittelt werden. Für den Vergleich wird angenommen, dass die an den AZS als Sattel- und Lastzüge (Slz) erfassten Fahrzeuge vier und mehr Achsen haben, während Lastwagen mit weniger Achsen den Lastwagen ohne Anhänger (LoA) entsprechen. Diese Annahme erhebt selbstverständlich keinen Anspruch auf absolute Richtigkeit, ist aber plausibel. Der Vergleich des bereinigten Lkw-Aufkommens zeigt eine hohe Übereinstimmung zwischen den AZS- und den LS-Zählwerten (Abbildung 5-7). Für die 222 Zählstellen liegt der durchschnittliche werktägliche AZS-Zählstellenwert mit 3.250 Lkw/24h leicht höher als der entsprechende Wert der LS-Zählstellen (3.119 Lkw/24h). Im Mittel entspricht dies einer Abweichung von 4,2 Prozent.

Ein weniger einheitliches Bild gibt es beim Vergleich der Zählwerte unterteilt nach Lkw mit zwei oder drei Achsen (Abbildung 5-8), bzw. solchen mit vier und mehr Achsen (Abbildung 5-9). Bei beiden Gegenüberstellungen fällt die große Zahl von Ausreißern auf. Dass diese in der Darstellung des gesamten Lkw-Verkehrsstärke in Abbildung 5-7 fehlen, ist ein sicheres Zeichen für Zuordnungsfehler von Lkw zur Gruppe der Slz oder LoA bzw. für Fehlerfassungen der Achsanzahl.

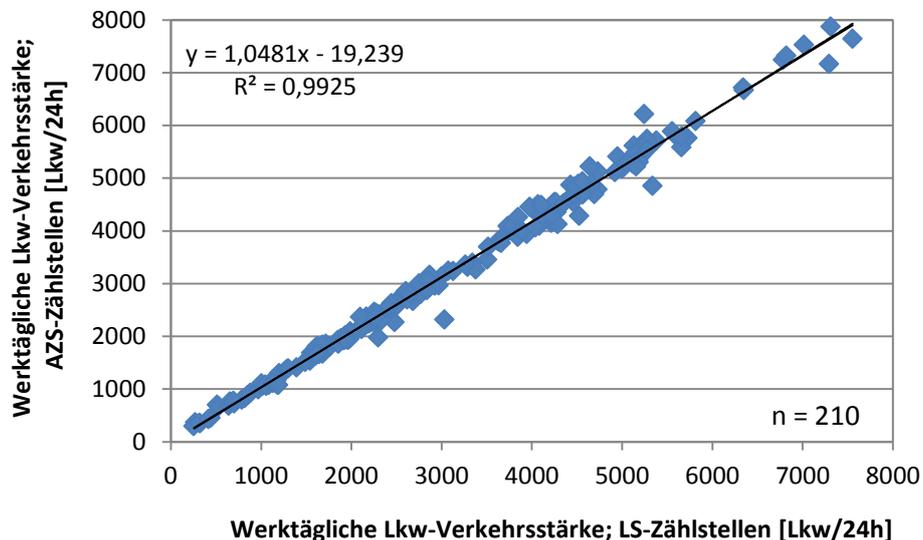


Abbildung 5-7: Vergleich der bereinigten Zählraten an AZS- und LS-Zählstellen der Lkw-Verkehrsstärke des gesamten Lkw-Verkehrs

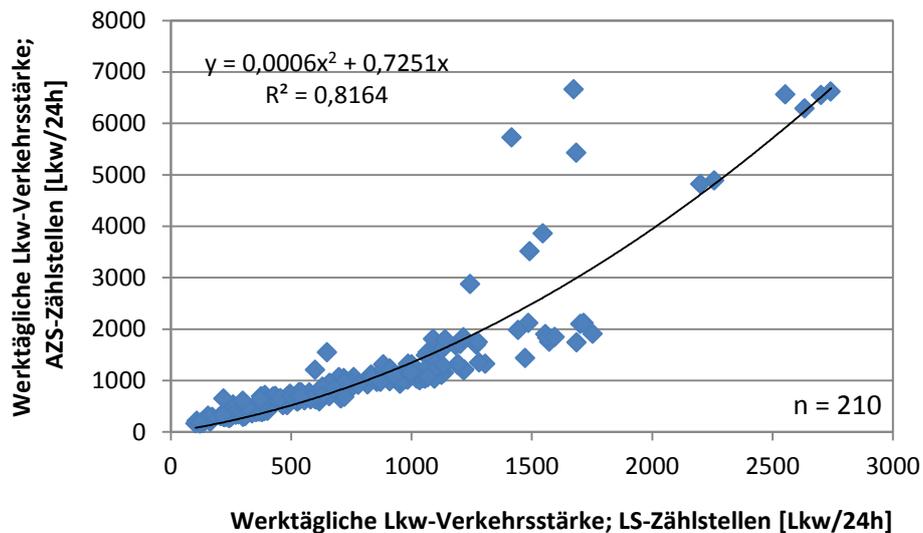


Abbildung 5-8: Vergleich der bereinigten Zählzeiten an AZS- und LS-Zählstellen der Lkw-Verkehrsstärke von Lkw mit zwei oder drei Achsen (LoA)

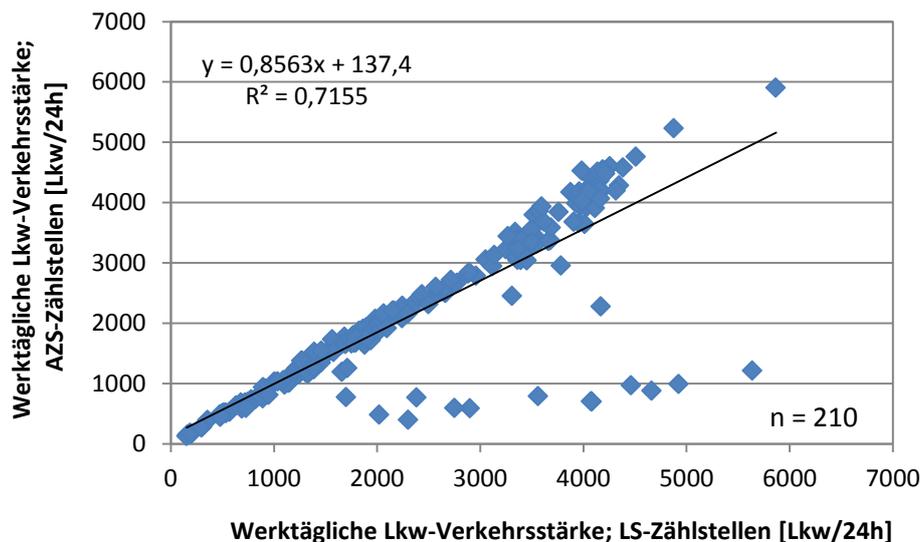


Abbildung 5-9: Vergleich der bereinigten Zählzeiten an AZS- und LS-Zählstellen der Lkw-Verkehrsstärke von Lkw mit mehr als drei Achsen (Slz)

Wird die Gegenüberstellung trotz der Ausreißer als aussagekräftig erachtet, zeigt sich in der Fahrzeuggruppe der LoA eine deutliche Übererfassung der Verkehrsstärken an den AZS-Zählstellen von 37 % (bezogen auf die LS-Verkehrsstärke). Dies stimmt mit der Annahme überein, dass größere Lieferwagen und Kastenwagen an den AZS häufig irrtümlich als Lkw erfasst werden. In der Tendenz stimmt dieses Ergebnis mit der in der Verkehrsprognose Österreich 2025+ angegebenen Differenzwerten von mehr als 30 % überein (Käfer et al, 2009). Das an den LS-Zählstellen erfasste Slz-Aufkommen ist im Vergleich dazu nur um 7 % höher als die an den entsprechenden AZS-Zählstellen gezählte Lkw-Verkehrsstärke. Der entsprechende Vergleichswert laut Verkehrsprognose Österreich 2025+ liegt bei 2 %. Auf Grundlage dieses Vergleichs wurden Faktoren abgeleitet, die die Abweichungen des Slz- und des LoA-Verkehrsaufkommens an den AZS-Zählstellen minimieren. Dabei wurde ein iteratives Zielwertsuchverfahren zur Minimierung der prozentuellen Abweichung zwischen LS-Zählstelle und AZS getrennt für LoA und Slz angewandt. Die sich ergebenden Werte sind 0,73 für Lastwagen mit Anhängern und 1,08 für Sattel- und Lastzüge. Die

Multiplikation der jeweiligen AZS-Werte mit den entsprechenden Faktoren ergeben korrigierte AZS-Werte deren Abweichung zu den LS-Zählstellenwerten in Summe gegen den Wert Null strebt und als plausibel angesehen werden kann. Mit diesen Faktoren wird das an den AZS-Zählstellen im untergeordneten Straßennetz gezählte Lkw-Aufkommen adaptiert.

5.4 Verkehrsmodell Österreich

5.4.1 Datenspezifika

Der digitale Netzgraph des Verkehrsmodells Österreich (VMÖ) ist eine Darstellung Europas, in der Verkehrsbezirke und wichtige Verkehrswege dargestellt sind. Der Fokus des VMÖ liegt auf Österreich, hier wird die höchste Detailschärfe erreicht. Abgebildet werden alle Gemeinden Österreichs. Einige Gemeinden sind wegen ihrer Gemeindegröße und der Größe des Quell- und Zielverkehrs in weitere Verkehrsbezirke unter der Gemeindegröße unterteilt. Beispielsweise ist die Stadt Wien in 23 Verkehrsbezirke unterteilt, die den Wiener Gemeindebezirken entsprechen. Österreich (inklusive Grenzübergänge) ist in 2.492 Verkehrsbezirke unterteilt, während es in Österreich nur 2.376 Gemeinden gibt. Die Verkehrsinfrastruktur besteht aus allen Straßen des höherrangigen Straßennetzes (Autobahnen und Schnellstraßen) und einem Teil Straßen des untergeordneten Straßennetzes, die eine regionale Bedeutung haben. Im Straßengraphen des Straßennetzes in Österreich sind die automatischen Dauerzählstellen und die Anlagen zur Erfassung der Lkw-Maut abgebildet. Außerhalb Österreichs verlieren der Straßengraph und die Verkehrsbezirke des VMÖ mit zunehmender Entfernung zu Österreich an Detailschärfe. Die Größe der Verkehrsbezirke steigt von der NUTS-3-Ebene in angrenzenden Gebieten zu Österreich bis auf die NUTS-0-Ebene an der europäischen Peripherie. Das VMÖ umfasst sämtliche europäische Staaten mit Ausnahme Islands und einiger kleinerer europäischer Länder. Die Aggregation von Verkehrsbezirken zu größeren räumlichen Einheiten ist anhand von Zuordnungstabellen dokumentiert. Diese basieren in Österreich auf der Nomenklatur der Statistik Austria. Für das Ausland liegt eine Rechenroutine des bmvit vor, die eine Überführung der Verkehrsbezirke des VMÖ auf NUTS-3-Ebene ermöglicht. Das im Graph dargestellte Straßennetz des VMÖ befindet sich überwiegend auf dem Stand des Jahres 2009. Es wird mit zunehmender Entfernung zu Österreich großmaßstäblicher. Für die Verkehrswegewahl und Umlagen im VMÖ wird die Widerstandsfunktion des Lkw-Verkehrs im VMÖ unverändert übernommen, obwohl festzuhalten ist, dass diese Widerstandsfunktion nicht auf einer Verhaltensuntersuchung basiert und durch die im Straßengraphen nicht zu vernachlässigender Weise vorhandenen Z-Werte, die auf Grund der Routenverhaltensgesetze nicht begründbare und daher reine Korrekturwerte repräsentieren, mit hoher Wahrscheinlichkeit verbesserbar ist (siehe auch Roider et al. 2011):

$$W = 0,6903 * \text{Fahrzeit} + 0,0218 * \text{Fahrtlänge} + 100 * \text{Maut} + \text{Z-Wert}$$

Der Z-Wert ist ein Korrekturwert, mit dem Streckenspezifika abgebildet werden können, die nicht unmittelbar mit dem Verkehrsmodell berechnet bzw. erfasst werden können. Mit Hilfe des Z-Wertes können Streckenwiderstände manuell adaptiert werden, um zu einer besseren Abbildung des beobachteten Verkehrsaufkommens (an Zählstellen) beizutragen. Mit der Widerstandsfunktion wird für jede mögliche Route zwischen einer Quelle und einem Ziel ein Widerstandswert berechnet. Entsprechend diesem Widerstand wird das Verkehrsaufkommen auf die Routen aufgeteilt.

Eine Quell-Ziel-Matrix des Straßengüterverkehrsaufkommens im Bestand ist für das Jahr 2005 verfügbar, darauf aufbauende Hochrechnungen der Quell-Ziel-Matrix liegen für die Jahre 2010 und 2015 vor. Diese Hochrechnungen wurden allerdings vor der europäischen Finanz- und Wirtschaftskrise erstellt, die mit einem deutlichen Rückgang des Lkw-Verkehrs verbunden war und beinhalten daher eine deutliche Überschätzung des Lkw-Verkehrs (Kap. 7.2).

5.4.2 Graphennetaufbereitung

Das Graphennetz des Verkehrsmodells Österreich war für die durchzuführenden Analysen nicht ohne Adaptionen verwendbar. Dies betrifft:

- Die Überprüfung und gegebenenfalls Adaption der Verortung der verschiedenen Zählstellen, die von der AustriaTech – Gesellschaft des Bundes für technologiepolitische Maßnahmen GmbH eingepflegt werden.
- Die Überprüfung und Auswahl geeigneter Zählstellen, sofern diese nicht eindeutig verortet sind.
- Das Einpflegen der adaptierten Zählstellenwerte.

6 Verfahren zur Erstellung der Straßengüterverkehrsmatrix

Das im Zuge von IMoVe-Güter entwickelte Verfahren zur Erstellung einer in Bezug auf die zur Verfügung stehenden Daten validen und qualitätsgesicherten Straßengüterverkehrsmatrix stellt einen wiederholbaren Prozess dar. Dieser umfasst verschiedene Elemente, die im Folgenden beschrieben werden.

6.1 Datenarchitektur

Die dem wiederholbaren Prozess zugrundeliegende Datenarchitektur ist in Abbildung 6-1 dargestellt. Rohdaten, dies können Matrizen oder Zählstellendaten sein (Excel-, SPSS- und CSV-Files), werden zunächst auf einem Fileserver gespeichert. Wenn sie im richtigen Format vorliegen, werden sie zur weiteren Verarbeitung mit Hilfe eines Datenverarbeitungstools (Pentaho ETL) in eine sogenannte Staging Area (Relationales Datenbankmanagementsystem, RDBMS) importiert. Dort wird eine Validitätsprüfung (R, SPSS) durchgeführt. Sämtliche Daten, die zur Erstellung der Straßengüterverkehrsmatrix (mit R) benötigt werden, werden anschließend mit Pentaho ETL in das RDBMS Common importiert. Genügen die Daten den Anforderungen, werden sie in den File-Exchange-Bereich exportiert (mit Pentaho ETL), um später in PTV VISUM importiert werden zu können.

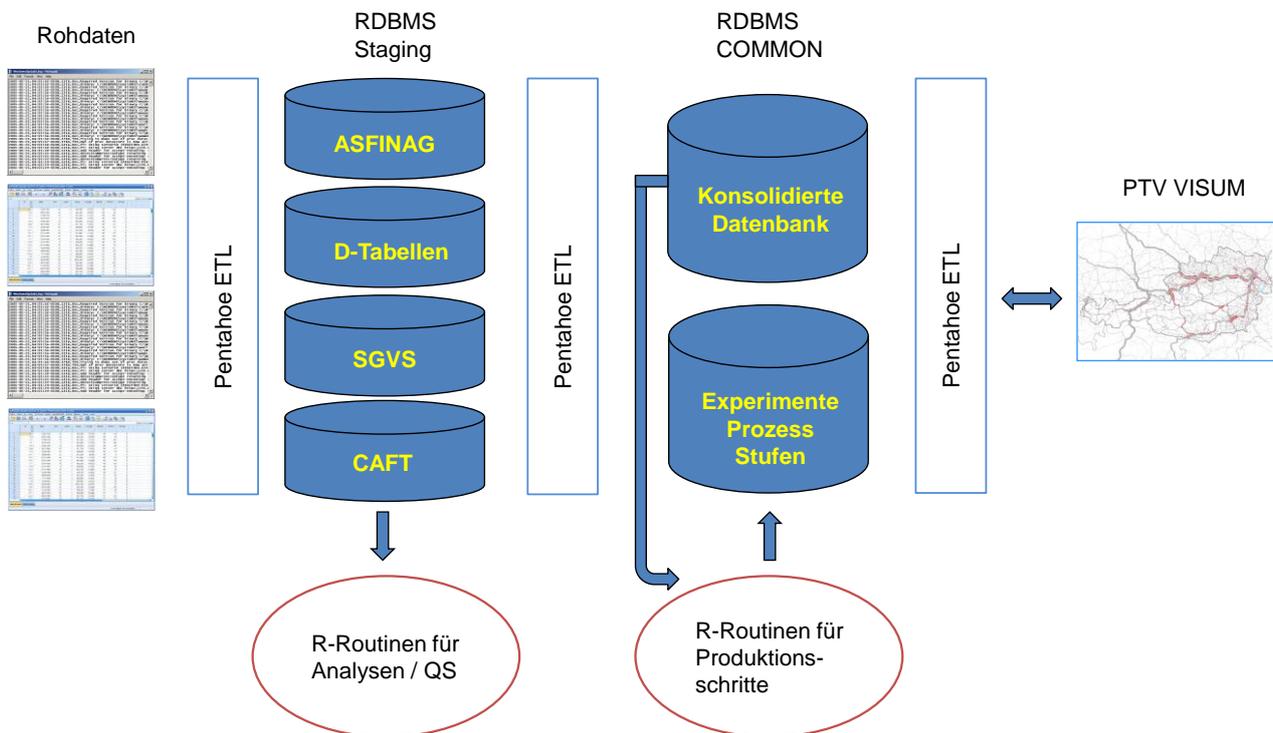


Abbildung 6-1: Datenarchitektur von IMoVe-Güter

6.2 Prozessschritte

Prozessschritt 1: Import der Primärdaten in die Datenbank

Dieser Prozess beinhaltet alle nötigen Schritte, um den Inhalt einer Datenlieferung im Datenbereich der Datenbank abzulegen und sie in der Folge für die Fortschreibung der Quell-Ziel-Matrix verwenden zu können. Dabei wird zunächst die Datenstruktur der neuen Daten überprüft. Entspricht die Datenstruktur den Anforderungen, werden die Daten in die Staging Area importiert, qualitätsgesichert und anschließend in den COMMON Datenbereich importiert.

Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none"> • Eingegangene Datenkörper und Metadaten liegen auf dem Fileserver • Struktur der Staging Area und Datenbereich definiert
Schritte	<ul style="list-style-type: none"> • Überprüfung der strukturellen Integrität anhand der beschreibenden Metadaten • Import in die Staging Area
Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Dateninhalte liegen korrekt und validiert im Datenbereich für die Analyse bereit
Fehlerfall	<ul style="list-style-type: none"> • Verständigung des Datenlieferanten • Anfordern einer korrigierten Datenlieferung

Prozessschritt 2: Analyse der Primärdaten

Die in der Staging Area eingelagerten Daten werden in diesem Prozessschritt einer umfangreichen Analyse unterzogen. Diese umfasst die Prüfung der Vollständigkeit und der Wertebereiche sowie den Vergleich mit anderen Datenquellen.

Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none"> • Benötigte Daten befinden sich im Datenbereich
Schritte	<ul style="list-style-type: none"> • Ausführung der Analyse • Prüfung der Übereinstimmung der gelieferten Daten mit der mitgelieferten Beschreibung (Metadaten) • Prüfung der Vollständigkeit • Prüfung der Wertebereiche (Übereinstimmung kategorischer Felder mit Klassifikationen; Statistische Kennzahlen für numerische Felder) • Berechnung von Randwerten, Vergleiche mit anderen Datenquellen (inhaltliche Prüfung) • Ablage der Ergebnisse am Fileserver • Darstellen der Ergebnisse
Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> • CSV Dateien mit Metadaten am Fileserver • Darstellen der Ergebnisse (pdf)

Fehlerfall	<ul style="list-style-type: none"> • Werden weitere Daten benötigt, werden diese beim zuständigen Datenlieferanten angefordert. • Treten inhaltliche Probleme auf, muss die Integrität des Datenmodells überprüft werden.
------------	---

Prozessschritt 3: Zusammenführung der Quelldaten

Die in der Staging Area geprüften Daten werden in ein konsolidiertes Datenmodell übergeführt, anhand dessen die Fahrten aus den Mautdaten berechnet werden.

Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none"> • Qualitätssicherung der einzelnen Rohdatenbestände erfolgreich abgeschlossen
Schritte	<ul style="list-style-type: none"> • Berechnung der Fahrten aus den Mautdaten unter Berücksichtigung geeigneter Parameter (Fahrzeiten) • Abbildung der einzelnen Datenkörper im konsolidierten Datenmodell (COMMON) • Prüfen der Übereinstimmung COMMON mit Staging Areas anhand von Randsummen
Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrt- und Transportaufkommen eines Jahres zwischen Verkehrsbezirken (auf unterschiedlichen hierarchischen Ebenen) in einem konsolidierten Datenraum

Prozessschritt 4: Produktion der Rohmatrizen

Die Daten im Datenbereich (COMMON) werden für die einzelnen Stufen der Matrixerstellung (Entropiemaximierung, Einbeziehen der CAFT-Daten, Schätzung des Transportaufkommens und der Transportleistung) sowie für weiteren Analysen herangezogen, um im letzten Schritt am File-Exchange Server für den Import in VISUM verfügbar zu sein (Abbildung 6-2).

Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none"> • Vergleichbare und qualitätsgesicherte Jahresfahrten im COMMON Bereich zusammengeführt.
Schritt	<ul style="list-style-type: none"> • Anwendung der Algorithmen (in R umgesetzt), für Binnen-, Quell- Ziel- und Transitverkehr.
Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Varianten der Anzahl von Fahrten auf VMÖ-Bezirksebene im COMMON (EXP)

Tabellenname	Anzahl	ORIGIN	DESTINATION	LASTFAHRTEN	LEERFAHRTEN	TONNEN
D_TAB_2009_AT_INTERNAL_NUTS3_NUTS3	1077	NUTS3	NUTS3	24.235.490	16.651.462	306.925.547
CAFT_2009_AT_INTERNAL_VMOE_VMOE	3132	VMOE	VMOE	1.366.317	550.768	16.550.612
SGVS_2009_AT_INTERNAL_POLBEZ_POLBEZ	8125	POLBEZ	POLBEZ	24.042.241	16.076.596	303.040.530
D_TAB_2009_AT_INBOUND_COUNTRY_NUTS3	510	COUNTRY	NUTS3	2.261.904	660.774	36.813.133
D_TAB_2009_AT_INBOUND_NUTS3_NUTS3	4555	NUTS3	NUTS3	2.253.611	652.872	36.650.313
CAFT_2009_AT_INBOUND_COUNTRY_VMOE	214	COUNTRY	VMOE	2.227.288	493.249	31.089.915
CAFT_2009_AT_INBOUND_NUTS3_VMOE	3351	NUTS3	VMOE	118.861	20.966	1.754.687
SGVS_2009_AT_INBOUND_COUNTRY_POLBEZ	673	COUNTRY	POLBEZ	706.700	353.054	12.768.539
SGVS_2009_AT_INBOUND_NUTS3_POLBEZ	3136	NUTS3	POLBEZ	701.949	351.102	12.679.522
D_TAB_2009_AT_OUTBOUND_NUTS3_COUNTRY	536	NUTS3	COUNTRY	2.116.756	833.648	34.494.961
D_TAB_2009_AT_OUTBOUND_NUTS3_NUTS3	4573	NUTS3	NUTS3	2.097.223	828.798	34.237.696
CAFT_2009_AT_OUTBOUND_VMOE_COUNTRY	367	VMOE	COUNTRY	191.685	5.078	2.955.327
CAFT_2009_AT_OUTBOUND_VMOE_NUTS3	3390	VMOE	NUTS3	1.960.044	631.157	29.693.935
SGVS_2009_AT_OUTBOUND_POLBEZ_COUNTRY	692	POLBEZ	COUNTRY	835.029	253.951	14.328.917
SGVS_2009_AT_OUTBOUND_POLBEZ_NUTS3	3259	POLBEZ	NUTS3	830.334	251.840	14.255.531
D_TAB_2009_AT_TRANSIT_NUTS3_NUTS3	8685	NUTS3	NUTS3	2.712.499	166.179	44.112.368
CAFT_2009_AT_TRANSIT_COUNTRY_COUNTRY	234	COUNTRY	COUNTRY	1.268.698	58.310	18.649.649
CAFT_2009_AT_TRANSIT_NUTS3_NUTS3	5844	NUTS3	NUTS3	4.168.074	319.302	61.544.326
SGVS_2009_AT_TRANSIT_COUNTRY_COUNTRY	187	COUNTRY	COUNTRY	368.651	435.424	6.505.060
SGVS_2009_AT_TRANSIT_NUTS3_NUTS3	3688	NUTS3	NUTS3	364.005	433.341	6.416.006

Abbildung 6-2: Übersicht über Tabellen in der Common Datenbank

Die Tabellen sind nach Binnen-, Quell-, Ziel- und Transitverkehr organisiert. Ebenfalls aus dem Tabellennamen ableitbar ist die jeweilige Datenquelle. Je Tabelle werden die Anzahl der Quell-Ziel-Beziehungen (Anzahl), die Anzahl der Lastfahrten und Leerfahrten als auch die Transportleistung (Tonnen) berichtet.

Prozessschritt 5: Qualitätssicherung und Vergleiche der geschätzten Werte

In diesem Prozessschritt werden die geschätzten Werte statistischen Analysen unterzogen und die Ergebnisse dokumentiert und graphisch dargestellt.

Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none"> Schätzwerte für Fahrten zwischen je zwei Verkehrsbezirken (NUTS-3 oder Bezirksebene) liegen vor
Schritte	<ul style="list-style-type: none"> Zu vergleichende Varianten auswählen Erstellung deskriptiver Statistiken (Momente, Verteilungen) der einzelnen Varianten und grafische Darstellung Berechnung von Differenzmaßen (RMSE, Differenz, prozentuelle Abweichungen) zwischen je 2 Varianten und grafische Darstellung Protokollierung und Dokumentation der Erkenntnisse am Fileserver
Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> Dokumentation und Protokoll

Prozessschritt 6: Bereitstellung der Verkehrsmatrizen für Verkehrsmodell (VISUM)

Die geprüften Daten der COMMON area werden in eine Matrix übergeführt, die in VISUM einlesbar ist. Der Datentransfer erfolgt über einen File-Exchange Server.

Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none"> • Verkehrsmatrix der jeweiligen Stufe liegt im Schema EXP der COMMON Datenbank vor
Schritte	<ul style="list-style-type: none"> • Export der Matrix, deren Name via Parameter in ein VISUM passendes Format (fma) eingegeben wird. • Prüfung der Vollständigkeit des File Exports • Ablage des exportierten fma Files auf dem File-Exchange Server (ftp) • Verständigung „VISUM“
Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Fma file liegt auf File-Exchange Server (ftp)

Prozessschritt 7: Einlagern von Verkehrsmatrizen (aus VISUM)

Nach dem Download der Daten vom File-Exchange Server wird die Matrix in das Verkehrsmodell importiert. Dies bildet die Grundlage für das weitere Verfahren einer validen Güterverkehrsmatrix (Stufe 1, vgl. Kap. 9). Um die Daten weiterer Rechenalgorithmen zu unterziehen und Plausibilitätsprüfung durchführen zu können, werden darüber hinaus die Summen der Fahrten zwischen den Quell- Zielbezirken ausgewiesen.

Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none"> • Ein für VISUM verarbeitbares Format („fma file“) liegt auf dem File-Exchange Server. Inhaltlich handelt es sich dabei entweder um die nach Strecken aufgeteilten Fahrten der Matrix Stufe 1 oder um die Summe der Fahrten zwischen Quell- und Zielbezirken
Schritte	<ul style="list-style-type: none"> • Prüfung der Vollständigkeit des File Imports
Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Eingelagertes VISUM Ergebnis im Schema EXP der COMMON Datenbank liegt vor.
Fehlerfall	<ul style="list-style-type: none"> • Rücksprache mit Lieferanten

6.3 Datenaustausch

Als Schnittstelle wird ein File-Exchange-Interface verwendet, das eine verschlüsselte Datenübertragung mit geregelten Benutzerberechtigungen garantiert. Im File-Exchange wird für jeden Datenlieferanten ein eigener Bereich angelegt, in den die Eingangsdaten geladen und eventuell benötigte Zwischenergebnisse zur Abholung bereitgestellt werden können. Nur die berechtigten Personen des jeweiligen Datenlieferanten haben darauf Zugriff. Zudem ist ein Bereich zur Ablage der Ergebnisse eingerichtet.

6.4 Datenintegration

Als Tool für die Datenintegration kommt Pentaho Data Integration (PDI) zum Einsatz. Dieses Tool unterstützt sowohl die Modellierung der Importlogik als auch deren Ausführung und Steuerung. Die für die Datenintegration benötigten Verarbeitungsschritte (Transformationen bzw. Jobs, welche mehrere Transformationen beinhalten) werden in einem sogenannten Repository abgelegt. Sie befindet sich in einer eigenen relationalen Datenbank. Es kann hier jedes von PDI unterstützte Datenbankmanagementsystem (DBMS) verwendet werden. Da im IMoVe-Güter Projekt sowohl für die Staging-Areas als auch für den Datenbereich bereits IBM DB2 (s. u.) zum Einsatz kommt, wird das Repository auch darin angelegt.

Der Datenbereich muss sowohl Schnittstellen für die Beladungen als auch die Abfrage der Daten zur Verfügung stellen. Aufgrund der gewählten Tools für die Datenintegration und die Analyse wird SQL über Java Database Connectivity (JDBC), eine Datenbankschnittstelle der Java-Plattform, die eine einheitliche Schnittstelle zu Datenbanken verschiedener Hersteller bietet, als minimale Voraussetzung festgelegt. Um die Beladung großer Datenmengen (zum Beispiel Mautdaten) effizient gestalten zu können, ist die Möglichkeit zur Verwendung eines „Bulk Interfaces“ vorgesehen. Aufgrund der bestehenden Erfahrungen und Beladungstests mit ca. 40 Mio. Datensätzen (praktisch über 580 Mio. von der ASFINAG gelieferte Datensätze) wird IBM DB2 Express-C 9.7 als DBMS ausgewählt.

6.5 Verwendete Analyseprogramme

Für die Analysen und für die Modellierung der Prozesse wird ein flexibles Statistikprogramm benötigt, das als Open Source Lizenz verfügbar ist. Die Wahl fiel auf das Statistikprogramm R. Wie bereits erwähnt, wurde für die Verkehrsumlegungen die Software Visum von PTV in der Version 12 verwendet, da das Verkehrsmodell Österreich mit diesem Programm erstellt wurde.

7 Analyse und Vergleich der Datenquellen

Im Folgenden werden Analysen der Eingangsdaten präsentiert. Dies dient dazu, einen Eindruck von der Datenqualität und den spezifischen Charakteristika der unterschiedlichen Datensätze zu gewinnen.

7.1 Vergleich CAFT-Erhebung 2009 mit der ESGVS 2009

Die CAFT-Erhebung erfolgt an ausgewählten Zählstellen. Erfasst werden alle Lastkraftfahrzeuge des Straßengüterverkehrs ohne Einschränkung des Gewichts oder des Meldelandes. Die per Befragung erfassten Fahrten von Lkw mit einem höchstzulässigen Gesamtgewicht von 3,5 Tonnen werden unter Berücksichtigung der gezählten Grundgesamtheit aller Fahrzeuge an diesen Querschnitten hochgerechnet (bmvit 2011). Dagegen werden in der Europäischen Straßengüterverkehrsstatistik nur Fahrten von in europäischen Staaten gemeldeten Lkw ab einem bestimmten höchstzulässigen Gesamtgewicht oder mit einer bestimmten Mindestladekapazität erhoben. Für einen Vergleich der CAFT-Erhebung mit der ESGVS sind daher die nicht in der ESGVS geführten Lkw auszuschneiden.

Die Erwartung, dass die CAFT-Erhebung zum einen aufgrund der unterschiedlichen Zielsetzung und zum anderen aufgrund der angewendeten Methode (Querschnittserfassung) eine schlechtere Abdeckung der Quell-Ziel-Beziehungen erzielt als die kontinuierliche Befragung von FahrzeughalterInnen der ESGVS kann nicht bestätigt werden. Vergleicht man die Jahresfahrten von Lkw-Kategorien, die in CAFT und in der ESGVS erfasst werden zwischen Quell-Ziel-Regionen auf NUTS3 Ebene mit jeweils mehr als 10 Beobachtungen, so stellt man fest, dass erstens nur eine geringe Zahl von Quell-Ziel-Beziehungen auf NUTS3 Ebene statistisch valide Ergebnisse zulassen; zweitens es eine Reihe von aussagefähigen Quell-Ziel-Beziehungen in der CAFT gibt, die in der ESGVS nicht abgesichert sind; drittens, in zwei Fällen, wo CAFT Ergebnisse signifikant höher sind im Vergleich zu den im Rahmen der ESGVS berichteten.

Aus Tabelle 7.1 sind drei Sachverhalte zu entnehmen: erstens, dass es eine Reihe von Quell-Ziel-Beziehungen auf NUTS3 Ebene gibt, die laut CAFT Erhebung signifikante Anzahl von Fahrten aufzeigen, die in der ESGVS entweder nicht erfasst werden, oder aber aus Gründen niedriger Fallzahlen, nicht berichtet werden; zweitens (gelb markiert) gibt es Quell-Ziel-Kombinationen, bei denen laut CAFT Erhebung wesentlich mehr Jahresfahrten verzeichnet werden; drittens (grün markiert), dass es Quell-Ziel-Kombinationen auf NUTS3 Ebene gibt, bei denen die ESGVS, dem Umstand Rechnung tragend, dass nicht alle Routen über CAFT Zählstellen führen, erwartungsgemäß eine höhere Anzahl der Jahresfahrten aufweist.

Tabelle 7-1: Vergleich Jahresfahrten 2009 laut CAFT und ESGVS nach Quell- Ziel-Regionen mit mehr als 10 Beobachtungen (grün: ESGV Jahresfahrten erwartungsgemäß; gelb: signifikante Untererfassung der ESGV; weiß: keine signifikanten Jahreswerte laut ESGV auf NUTS3 Ebene verfügbar.

Quell Region	Ziel Region	CAFT Jahresfahrten	CAFT Einzelsätze	ESGV Jahresfahrten	ESGV Einzelsätze
CZ064	AT130	14027	16	15956	21
DE111	AT341	3613	10		
DE111	AT342	18040	12		
DE144	AT341	5237	15		
DE144	AT342	12765	11		
DE147	AT341	7152	11		
DE147	AT342	18563	12	25314	26
DE148	AT341	6107	17	6443	19
DE148	AT342	42571	18	20568	42
DE212	AT333	510	10		
DE222	AT312	39207	13	2348	11
DE273	AT332	4622	12		
DE274	AT341	59	10		
DE274	AT342	16714	11		
DE27A	AT341	1724	15	2391	11
SK010	AT122	6098	15		
SK010	AT126	6192	29	6725	11
SK010	AT221	5769	14		

Es ist allerdings zu beachten, dass im Rahmen der europäischen Straßengüterverkehrsstatistik für Verkehrszellen, für die weniger als 10 Einzeldatensätze erhoben wurden, aus Datenschutzgründen keine Ergebnisse berichtet werden.³ Deshalb sind allein die Aussagen auf der Aggregationsstufe NUTS2 statistisch abgesichert.

7.2 Vergleich der VMÖ-Straßengüterverkehrsmatrix 2010 mit der ESGVS 2009

Das Verkehrsmodell Österreich und die ESGVS haben für das österreichische Staatsgebiet unterschiedliche räumliche Aggregationsebenen. Die Darstellung im VMÖ erfolgt weitgehend gemeindegerecht, wobei die Erzeugung der Matrix aber auf Bezirksebene durchgeführt wurde und eine synthetische Splittung auf Gemeinden zur Verbesserung der Umlegungsergebnisse erfolgte. Die ESGVS liegt auf der Aggregatsebene NUTS3 vor. Der dabei von der Statistik Austria erhobene Verkehr von in Österreich gemeldeten Lkw wird auf Ebene der politischen Bezirke im Rahmen einer Sonderauswertung berichtet. Ein Vergleich setzt daher die Aggregation der VMÖ-Verkehrsbezirke auf Ebene der politischen Bezirke voraus. Für das Jahr 2009 liegt im VMÖ keine Straßengüterverkehrsmatrix vor, die Straßengüterverkehrsmatrix des Jahres 2010 ist eine Prognoserechnung aus der Studie Verkehrsprognose Österreich 2025+ (Käfer 2009).

³ Artikel 3, Absatz 1 der VERORDNUNG (EG) Nr. 6/2003 DER KOMMISSION vom 30. Dezember 2002 über die Verbreitung der Statistik des Güterkraftverkehrs

Tabelle 7-2: Vergleich des Lkw-Binnenverkehrsaufkommen in Bezug auf Österreich gemäß der Verkehrsprognose 2025+ für das Jahr 2010 und ESGVS

	Anzahl Verkehrsbeziehungen	Verkehrsaufkommen Summe [Lkw/Jahr]	Verkehrsaufkommen Mittelwert [Lkw/Jahr]	Verkehrsaufkommen Standardabweichung [Lkw/Jahr]
ESGVS, 2009	8089	40.881.510	5.054	23.136
VPÖ 2025+, 2010	8089	64.171.248	7.933	43.934

Der Vergleich der Summe der in Österreich 2009 durchgeführten Jahresfahrten laut ESGVS mit den für 2010 prognostizierten Fahrten des Verkehrsmodells Österreich zeigt, dass das Binnenverkehrsaufkommen in Österreich laut ESGVS nur knapp 64% der für 2010 prognostizierten Fahrten des VMÖ beträgt (Tabelle 7-2). Dies kann an einer Untererfassung der ESGVS liegen und daran, dass der VMÖ-Prognosewert zu hoch ist. Der Grund für Letzteres könnten unter anderem die verkehrlichen Auswirkungen der europäischen Wirtschafts- und Finanzkrise sein.

7.3 Vergleich der Randsummen im Lkw-Binnenverkehr am Beispiel der ESGVS

Verkehrsmatrizen im Güterverkehr sind nicht immer notwendigerweise symmetrisch. Im Falle des Lkw-Binnenverkehrs ist allerdings zu erwarten, dass die Randsummen der Jahresfahrten (mit Ausnahme statistisch insignifikanter Abweichungen) ident sind, also dass die Zahl (Z_L) der in ein NUTS3 Gebiet ein- und ausgehenden Jahresfahrten (Q_K) ident ist:

$$Q = \sum Q_K = \sum_{i=1}^{N_K} \sum_{j=1}^N f_{ij} = Z = \sum Z_L = \sum_{j=1}^{N_L} \sum_{i=1}^N f_{ij}$$

Q ... Lkw-Quellverkehrsaufkommen des gesamten Binnenverkehrs in Österreich

Q_K ... Lkw-Quellverkehrsaufkommen der NUTS-3-Region K

Z ... Lkw-Zielverkehrsaufkommen des gesamten Binnenverkehrs in Österreich

Z_L ... Lkw-Zielverkehrsaufkommen der NUTS-3-Region L

f_{ij} ... Anzahl der Lkw-Fahrten von Verkehrsbezirk i nach j

N ... Anzahl aller Bezirke des Binnenverkehrs in Österreich; definitionsgemäß einer symmetrischen Matrix ist $N_K = N_L = N$

N_L ... Anzahl aller Bezirke in der NUTS3 Zielregion L

N_K ... Anzahl aller Bezirke in der NUTS3 Quellregion K

Die interne Datenkonsistenz der von Eurostat zur Verfügung gestellten Straßengüterverkehrsstatistik wurde anhand der von Österreichischen Lkw durchgeführten Fahrten im Inland überprüft und für in Ordnung befunden (Tabelle 7-3). Die Summe aller Quell- und Zielverkehrsaufkommen im Jahr 2009 für den österreichischen Lkw-Binnenverkehr beträgt jeweils 40,887 Mio. Lkw-Fahrten/Jahr. Das Quellverkehrsaufkommen entspricht somit dem Zielverkehrsaufkommen. Die prozentualen Abweichungen je Quell-Ziel-Beziehung sind auf der Ebene der NUTS-3-Regionen für keine Quell-Ziel-Beziehung größer als zwei Prozent.

Tabelle 7-3: Quell- und Zielfahrten der Matrix des Lkw-Jahresverkehrs 2009 je NUTS-3 Region in Österreich in der ESGVS 2009

NUTS3	Fahrtenaus der Region	Fahrten in die Region	Differenz (Anzahl)	Differenz %	Fallzahlen Fahrten aus der Region	Fallzahlen Fahrten in die Region
AT111	199.292	199.887	595	0,30%	433	458
AT112	728.933	739.596	10.663	1,46%	1.660	1.695
AT113	351.479	354.030	2.551	0,73%	858	875
AT121	1.668.575	1.665.606	-2.969	-0,18%	3.060	3.056
AT122	1.181.971	1.186.117	4.146	0,35%	2.625	2.671
AT123	958.848	958.764	-84	-0,01%	2.004	1.993
AT124	1.171.837	1.181.499	9.662	0,82%	2.234	2.295
AT125	569.887	576.356	6.469	1,14%	1.122	1.154
AT126	2.536.876	2.528.414	-8.462	-0,33%	3.618	3.602
AT127	1.993.086	1.955.436	-37.650	-1,89%	4.727	4.596
AT130	4.190.921	4.182.090	-8.831	-0,21%	6.829	6.679
AT211	1.147.514	1.143.318	-4.196	-0,37%	2.173	2.182
AT212	652.696	662.064	9.368	1,44%	1.119	1.138
AT213	972.758	976.217	3.459	0,36%	1.616	1.637
AT221	1.747.690	1.732.018	-15.672	-0,90%	3.717	3.698
AT222	398.139	404.921	6.782	1,70%	831	830
AT223	903.970	905.979	2.009	0,22%	1.594	1.636
AT224	1.148.442	1.152.426	3.984	0,35%	2.415	2.416
AT225	914.159	916.597	2.438	0,27%	1.746	1.774
AT226	566.268	576.907	10.639	1,88%	1.116	1.149
AT311	1.542.037	1.537.501	-4.536	-0,29%	2.894	2.853
AT312	3.482.443	3.461.227	-21.216	-0,61%	6.919	6.793
AT313	780.900	787.449	6.549	0,84%	1.722	1.737
AT314	895.554	894.323	-1.231	-0,14%	1.679	1.704
AT315	1.476.805	1.492.424	15.619	1,06%	2.847	2.916
AT321	89.519	91.520	2.001	2,24%	177	181
AT322	1.191.934	1.200.855	8.921	0,75%	1.486	1.503
AT323	1.859.002	1.844.776	-14.226	-0,77%	3.319	3.262
AT331	202.799	207.229	4.430	2,18%	244	256
AT332	1.213.504	1.204.988	-8.516	-0,70%	1.874	1.858
AT333	187.383	190.615	3.232	1,72%	333	340
AT334	630.001	632.191	2.190	0,35%	903	906
AT335	1.694.258	1.703.343	9.085	0,54%	1.963	1.991
AT341	472.808	480.427	7.619	1,61%	729	746
AT342	1.164.664	1.159.842	-4.822	-0,41%	1.591	1.597

40.886.952 40.886.952

8 Angewendete Verfahren und Indikatoren

8.1 Entropiemaximierungsverfahren

Da die ESGVS auf der Aggregationseinheit NUTS 3 vorliegt, die zu erstellende Lkw-Matrix aber auf der detaillierteren räumlichen Ebene der politischen Bezirke der SGVS und der noch detaillierteren Verkehrsbezirke in Österreich des Verkehrsmodells Österreich vorliegen soll, muss eine Transformation der Verkehrsbeziehungen in Form einer Disaggregation erfolgen. Das bedeutet, dass ein mathematisch unterbestimmtes Problem mittels zusätzlicher Informationen zu lösen ist. Dies kann z.B. unter der Annahme der Entropiemaximierung geschehen. Im Prinzip gibt es auch andere Verfahren, wie zum Beispiel die Durchschnittsfaktormethode (Sammer, 2011), die auch im Verkehr angewendet werden. Der Entropiemaximierung wurde in diesem Projekt vor allem aufgrund der fundierten theoretischen Grundlagen des Verfahrens der Vorzug gegeben („State of the Art“). Entropie ist ein Maß für den mittleren Informationsgehalt oder der Informationsdichte einer Nachricht. Diese Entropie entspricht der Cressie-Read power-divergence, einem Pseudodistanzmaß zwischen den zu bestimmenden Werten x_i und einer angenommenen Gleichverteilung der Zelleninhalte, welches zu minimieren ist (King et al. 2004).

Im Rahmen von IMoVe-Güter kommt das Entropiemaximierungsverfahren zur Anwendung, um die Lkw-Verkehrsbeziehungen der Lkw-Matrix auf kleinteiligere Aggregationsebenen zu verteilen. Dabei wird versucht, unter Einhaltung von Rahmenbedingungen, Shannon's Entropie-Funktion zu maximieren (King et al. 2004):

$$- \left(\sum_{ij} f_{ij} \ln f_{ij} + \sum_{iC} f_{iC} \ln f_{iC} + \sum_{Cj} f_{Cj} \ln f_{Cj} \right)$$

- f_{ij} ... Lkw-Fahrten von Bezirk i in Bezirk j innerhalb Österreichs (Binnenverkehr der Verkehrsbeziehung ij in Österreich)
- f_{iC} ... Lkw-Fahrten von Bezirk i in Österreich nach Bezirk C im Ausland (Quellverkehr der Verkehrsbeziehung iC in Bezug auf Österreich)
- f_{Cj} ... Lkw-Fahrten vom Ausland C in den Bezirk j in Österreich (Zielverkehr der Verkehrsbeziehung Cj in Bezug auf Österreich)

Da die Entropie dem negativen Wert dieses Pseudodistanzmaßes entspricht, ist die Entropie $-\sum_i x_i \ln x_i$ mittels eines numerischen Verfahrens zu maximieren. Entropiemaximierung entspricht dabei einer Lösung mit minimalem Informationsgewinn. Ungeachtet der Wahl der Zielfunktion müssen dabei im Optimum die folgenden Rahmenbedingungen einer Verkehrsmatrix eingehalten werden:

- (1) Die laut ESGVS berichteten Binnenverkehrsfahrten F zwischen je zwei NUTS-3-Regionen K, L muss der Summe der berechneten Fahrten zwischen den Verkehrsbezirken dieser Regionen entsprechen. Diese Bedingung schließt auch die Transporte innerhalb einer Region ein. M sind alle Nuts 3 Regionen.

$$F_{KL} = \sum_{i=1}^{N_K} \sum_{j=1}^{N_L} f_{ij} \quad K, L = 1, \dots, M$$

- (2) Die Summe aller Fahrten der ESGVS, deren Ursprung im Land C und deren Ziel in der NUTS-3-Region L im Inland liegt (F_{CL}), muss der Summe der berechneten Fahrten, deren Ursprung im Land C und deren Ziel in den Verkehrsbezirken der betrachteten Region liegt, entsprechen. Diese Bedingung muss für alle Länder P (NUTS-0) und alle NUTS-3 Regionen L im Inland gelten.

$$F_{CL} = \sum_{j=1}^{N_L} f_{Cj} \quad L = 1, \dots, M \quad C = 1, \dots, P$$

- (3) Die Anzahl aller Fahrten laut ESGVS (F_{KC}) aus der NUTS-3 Quellregion K im Inland ins Land C muss der Summe der berechneten Fahrten aus den Verkehrsbezirken dieser Region ins Land C sein:

$$F_{KC} = \sum_{i=1}^{N_K} f_{iC} \quad K = 1, \dots, M \quad C = 1, \dots, P$$

- (4) Die aus der Entropiemaximierung resultierenden Lkw-Fahrten auf einer Quell-Ziel-Beziehung des Binnenverkehrs müssen mindestens so groß sein wie die Fahrten von in Österreich gemeldeten Lkw auf dieser Quell-Ziel-Beziehung (SGVS): $f_{ij} \geq f_{ij}^d$

d ... Index für Fahrten der in Österreich gemeldeten Lkw

- (5) Die aus der Entropiemaximierung resultierenden Lkw-Fahrten auf einer Quell-Ziel-Beziehung des Quellverkehrs müssen mindestens so groß sein wie die Fahrten von in Österreich gemeldeten Lkw auf dieser Quell-Ziel-Beziehung (SGVS): $f_{iC} \geq f_{iC}^d$

- (6) Die aus der Entropiemaximierung resultierenden Lkw-Fahrten auf einer Quell-Ziel-Beziehung des Zielverkehrs müssen mindestens so groß sein wie die Fahrten von in Österreich gemeldeten Lkw auf dieser Quell-Ziel-Beziehung (SGVS): $f_{Cj} \geq f_{Cj}^d$

Die Einhaltung der Bedingungen (1), (2) und (3) auf Länderebene ist die Randbedingung, wonach die Summe aller Fahrten (Z_L) in eine NUTS-3 Region (im Inland) laut ESGVS der Summe aller berechneten Fahrten des Inlandes plus der Summe über alle Staaten der von dort ausgehenden berechneten Fahrten entspricht, gegeben ($C = 1$ entspricht Österreich):

$$Z_L = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{N_L} f_{ij} + \sum_{C=2}^P \sum_{j=1}^{N_L} f_{Cj} = \sum_{C=1}^P F_{CL} \quad L = 1, \dots, M$$

Dies gilt entsprechend für die Randbedingungen aller Quellen:

$$Q_K = \sum_{i=1}^{N_K} \sum_{j=1}^N f_{ij} + \sum_{i=1}^{N_K} \sum_{C=2}^P f_{iC} = \sum_{C=1}^P F_{KC} \quad K = 1, \dots, M$$

Das Entropiemaximierungsverfahren ist ein iteratives Verfahren, wozu eine geschätzte Ausgangsmatrix für die disaggregierte Matrix vorhanden sein muss. Diese soll den Einfluss auf den Widerstand der Verkehrsbeziehungsnachfrage bestmöglich abbilden. Deshalb wurde als geschätzte Ausgangsmatrix jene des Verkehrsmodells Österreich herangezogen.

8.2 Matrixkorrekturverfahren

Mit Matrixkorrekturverfahren wird eine vorhandene Lkw-Matrix anhand von Zählstellendaten korrigiert. Im Projekt IMoVe-Güter kommt das VISUM-Programmmodul VStromFuzzy zur Anwendung. Das Matrixkorrekturverfahren basiert auf einer Umlegung einer zu korrigierenden Quell-Ziel-Matrix auf das Graphennetz des Verkehrsmodells. An Zählstellen werden die modellierten Umlegungsergebnisse mit gezählten bzw. gemessenen Verkehrsstärkenwerten verglichen. Daraus werden routenspezifische Korrekturfaktoren abgeleitet, mit denen sämtliche diese Zählstelle passierenden Fahrten bzw. Lkw-Routen entsprechend ihrem Anteil an der gesamten Verkehrsstärke an der Zählstelle und der Abweichung des modellierten vom gezählten Verkehrsstärke angepasst werden. Dabei handelt es sich um ein iteratives Verfahren (Abbildung 8-1). Das Verfahren kann sich in einer Erhöhung oder Reduktion der Verkehrsnachfrage einer Quell-Ziel-Matrix niederschlagen. Zu beachten ist, dass dieses Verfahren ein reines Korrekturverfahren darstellt und nicht kausale Verhaltenszusammenhänge, wie zum Beispiel eine Verkehrsmodellierung, berücksichtigt. Solange das Matrixsystem einen ausreichenden Freiheitsgrad hat konvergiert es und stellt eine Matrix der Verkehrsbeziehungen her, die den Bedingungen der Zählstellen genügt. Deshalb kommt der Auswahl der im Verfahren berücksichtigenden Zählstellen eine wesentliche Bedeutung für die Qualität des Ergebnisses der Matrix zu: Idealerweise werden die Zählstellen bewusst so ausgewählt, dass mit diesen Zählstellen Kordon-Schnitte und Durchmesser-Schnitte für wichtige Verkehrsverbindungen gebildet werden können. Ein detailliertes Auswahlverfahren für ein Netz in der Größe des VMÖs bedeutet allerdings einen sehr großen Aufwand und war im Rahmen des Projektes IMoVe nicht möglich. Ebenso ist fest zu halten, dass die AZS in der Realität meist so angeordnet werden, dass vor allem Haupttrouten abgedeckt werden und bei Kordonuntersuchungen zahlreiche ergänzende manuelle Erhebungen durchgeführt werden. Das heißt, es erfolgte keine Optimierung hinsichtlich des Einflusses der Lage der Zählstellen auf das Ergebnis der Matrixberechnung.

Ebenso ist festzuhalten, dass beim Autobahn- und Schnellstraßennetz für jeden Abschnitt eine Zählstelle (Mautbrücke) zur Verfügung steht. Damit ist die Gefahr einer mathematisch formalen Überbestimmung möglich. Deshalb wurde eine Reihe von Zählstellen weggelassen, um so eine Überbestimmtheit zu vermeiden. Dies erfolgt durch Auswertung der Analyseprotokolle des VStromFuzzy Verfahrens, mit deren Hilfe Zählstellen identifiziert werden können, für die im Verfahren keine Lösung gefunden werden kann. Diese sind im VMÖ (Stand 2009) mit einer Dummy-Variablen gekennzeichnet. Dies macht den Prozess des entwickelten Verfahrens wiederholbar. Da sich aber die Anzahl und Lage der Zählstellen im Laufe der Jahre ändern kann, sind neue Gegebenheiten mit Hilfe der Analyseprotokolle erneut zu überprüfen.

Ein weiterer zentraler Einflussbereich stellt die valide Abbildung der Routenwahl des Verkehrsmodells dar, weil sie das Ergebnis stark beeinflussen. Das Matrixkorrekturverfahren erfordert Zählstellenwerte, die in inhaltlicher, räumlicher und zeitlicher Hinsicht der zu behandelnden Matrix entsprechen. Wichtige Verfahrenseinstellungen betreffen

- die Höhe der zulässigen Abweichung des modellierten Wertes vom gemessenen Wert nach Abschluss des Verfahrens (Toleranz) und
- den Umgang mit Quell-Ziel-Beziehungen, die nicht über eine Zählstelle verlaufen. Sie können unverändert gelassen, um einen Mittelwert adaptiert oder entfernungsabhängig angepasst werden.

Toleranzwerte für zulässige Abweichungen sind in einem manuellen Prozess iterativ zu optimieren, d.h. letztendlich ist hier eine manuelle Optimierung des Ergebnisses durchzuführen, welche von gegebenen Rahmenbedingungen (z. B. Zählstellendaten, Eingangsmatrix der Verkehrsnachfrage) abhängt. Gleiches gilt sinngemäß für den Umgang mit Quell-Ziel-Beziehungen, die nicht über eine Zählstelle verlaufen. Auch hier sind die unterschiedlichen Verfahrensmöglichkeiten zu testen und mittels Qualitätsindikatoren zu bewerten (vgl. Kap. 8.3). Im Rahmen des in IMoVe-Güter getesteten Verfahrens wurde als Toleranz der Abweichung 10 Prozent angesetzt. Jene Quell—Ziel-Beziehungen, die nicht über eine Zählstelle verlaufen, wurden mittels der durchschnittlichen Veränderung der erfassten Zählstellenwerte angepasst (siehe Kap. 9.2.8).

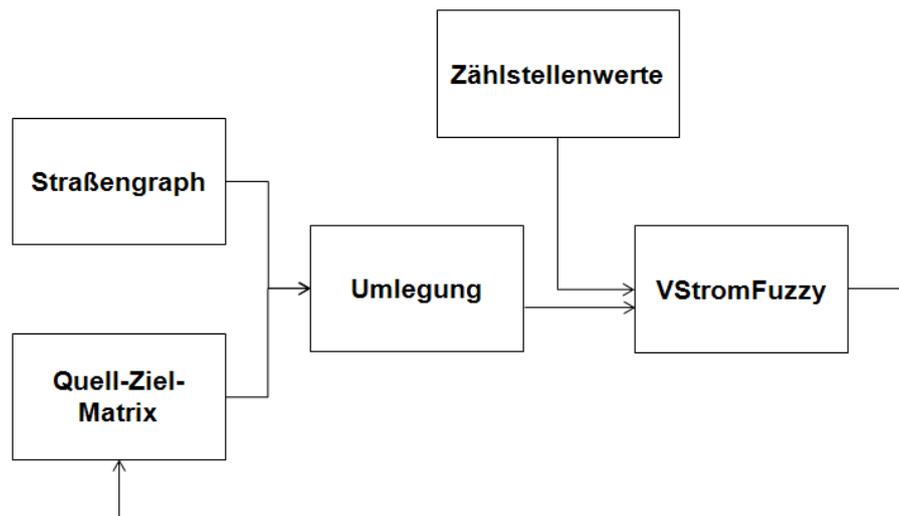


Abbildung 8-1: VStromFuzzy-Verfahren (Quelle: Eigene Darstellung nach PTV 2013)

8.3 Kennwerte zur Überprüfung der Konsistenz zweier Datensätze

Zur Überprüfung der Konsistenz zweier Datensätze können verschiedene Kennwerte berechnet und Verfahren angewendet werden. Dazu gehören:

- der Mittelwertvergleich: Dieses Verfahren vergleicht die Mittelwerte zweier Verteilungen und untersucht, ob diese sich signifikant unterscheiden.
- Der absolute Root Mean Square Error RMSE und der relative Root Mean Square Error PRMSE vergleichen den Unterschied zweier Verteilungen V_n bei einer Anzahl von n Beobachtungen. Diese Beobachtung stellen hier die Verkehrsbeziehungen der zu vergleichenden Matrizen dar. Je niedriger der resultierende Wert ist, desto besser ist die Übereinstimmung beider Kennwerte. Im Prinzip entspricht dieser Wert einem gemittelten Fehler dar. Sie berechnen sich wie folgt (Sammer 2006):

$$RMSE = \left[\frac{1}{n} \times \sum (V_1 - V_2)^2 \right]^{0,5}$$

$$PRMSE [\%] = 100 \times \left[\frac{1}{n} \times \sum \left(\frac{V_1 - V_2}{V_1} \right)^2 \right]^{0,5}$$

Das beschriebene Verfahren wird im Projekt IMoVe-Güter zur Beurteilung der Ergebnisse des entwickelten Verfahrens (errechnete Verkehrsstärke) im Vergleich zu den beobachteten Werten (Zählstellendaten) herangezogen (vgl. Kap. 10.7).

9 Verfahren zur Erstellung einer validen Lkw-Quell-Ziel-Matrix des Straßengüterverkehrs

Die Erstellung einer validen Straßengüterverkehrsmatrix im Rahmen von IMoVe-Güter besteht aus vier aufeinander aufbauenden Stufen (Abbildung 9-1). Stufe 1 bereinigt und disaggregiert die Eingangsdaten, das Ergebnis ist eine disaggregierte Matrix, Ergebnis der Stufen 2-4 ist jeweils eine schrittweis verbesserte Matrix.

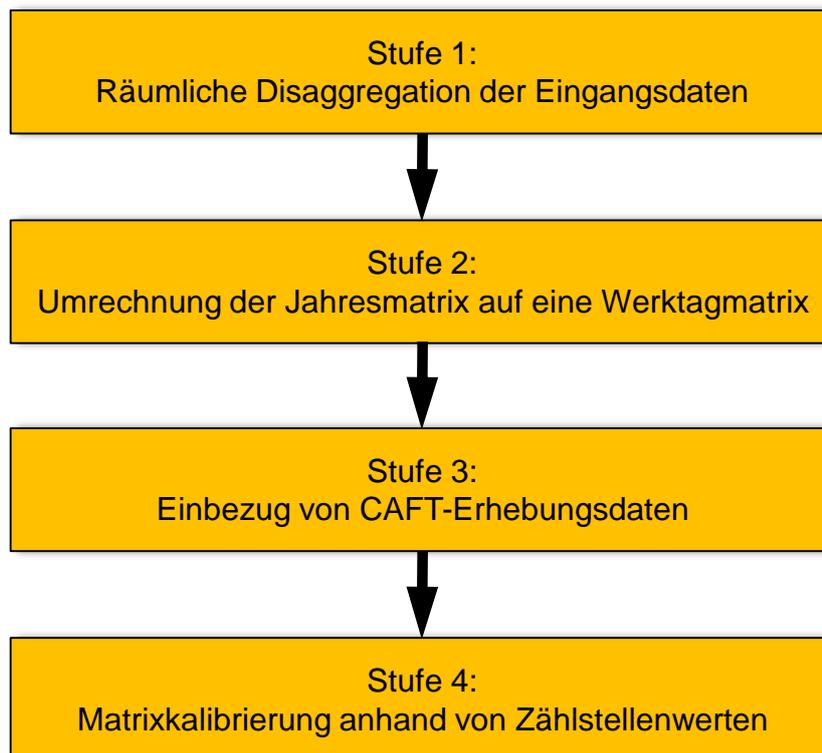


Abbildung 9-1: Modellstufen 1 bis 4 zur Erstellung der Straßengüterverkehrsmatrix

9.1 Durchführung der räumlichen Disaggregation der Eingangsdaten

Bevor das eigentliche Verfahren zur Erstellung einer Quell-Ziel-Matrix durchgeführt wird, müssen die Eingangsdaten aufgearbeitet werden. Dies umfasst vor allem die Auswahl der relevanten Daten. Die zur Verfügung stehenden Daten der ESGVS enthalten auch Lkw-Fahrten, die das österreichische Staatsgebiet nicht berühren und daher für die weiteren Arbeitsschritte nicht relevant sind (Außenverkehr). Daher werden aus der ESGVS die angegebenen Quell-Ziel-Beziehungen des österreichischen Binnen-, Ziel- und Quellverkehrs übernommen, während die Daten des Transitverkehrs nur übernommen werden, wenn die Fahrt über das Gebiet von Österreich verläuft. Dieser ist in der ESGVS auf der Aggregationsebene der NUTS-3-Regionen (teilweise auch auf NUTS-0) abgebildet. Dabei werden alle Länder aufgeführt, die bei der Fahrt durchfahren werden. Wie noch später in Stufe 4 gezeigt wird, stellt der Außenverkehr allerdings einen nicht zu vernachlässigender Qualitätsfaktor des Ergebnisses dar.

In Bezug auf den Transitverkehr gibt es eine nicht unerhebliche Diskrepanz zwischen den Originaltabellen der ESGVS und ihrer Umlegung im Verkehrsmodell Österreich (VMÖ). Lkw-Fahrten, die in der ESGVS als Transitverkehr ausgewiesen werden, werden im VMÖ teilweise so umgelegt, dass sie Österreich nicht berühren. Zudem sind in der ESGVS Werte enthalten, die offensichtlich keine Transitwege sein können. Beispiele sind Binnenfahrten in der ungarischen Stadt Sopron oder Fahrten von Budapest in die Türkei, bei denen es sich offensichtlich um Erhebungsfehler handelt. Da diese Daten in der ESGVS als Transitverkehr ausgewiesen sind, sind zwei Erklärungen denkbar: Diese Fahrten haben entweder einen nicht angegebenen Ladeaufenthalt in Österreich, wodurch sie zu je einer Quell- und Zielfahrt werden – diese Ladetätigkeit ist aber falsch angegeben – oder Österreich wurde fälschlicherweise als Transitland angegeben. Beispiele für Quellverkehr aus der Region Zentralfrankreich (Ile de France), die in der ESGVS als Transitverkehr durch Österreich ausgewiesen werden, aber in der Visum-Umlegung nicht über Österreich geroutet werden, sind in Abbildung 9-2 dargestellt. Vor allem bei den Fahrten Ile de France in die Niederlande und Ile de France nach Méditerranée wurde Österreich mit großer Wahrscheinlichkeit fehlerhaft als Transitland angegeben. Obwohl dies Auswirkungen auf die spätere Umlegung der Matrix hat, können die Daten der ESGVS nicht entsprechend angepasst werden, da keinerlei Anhaltspunkte für eine Adaption in Form zusätzlicher Verladeorte in Österreich vorliegen.

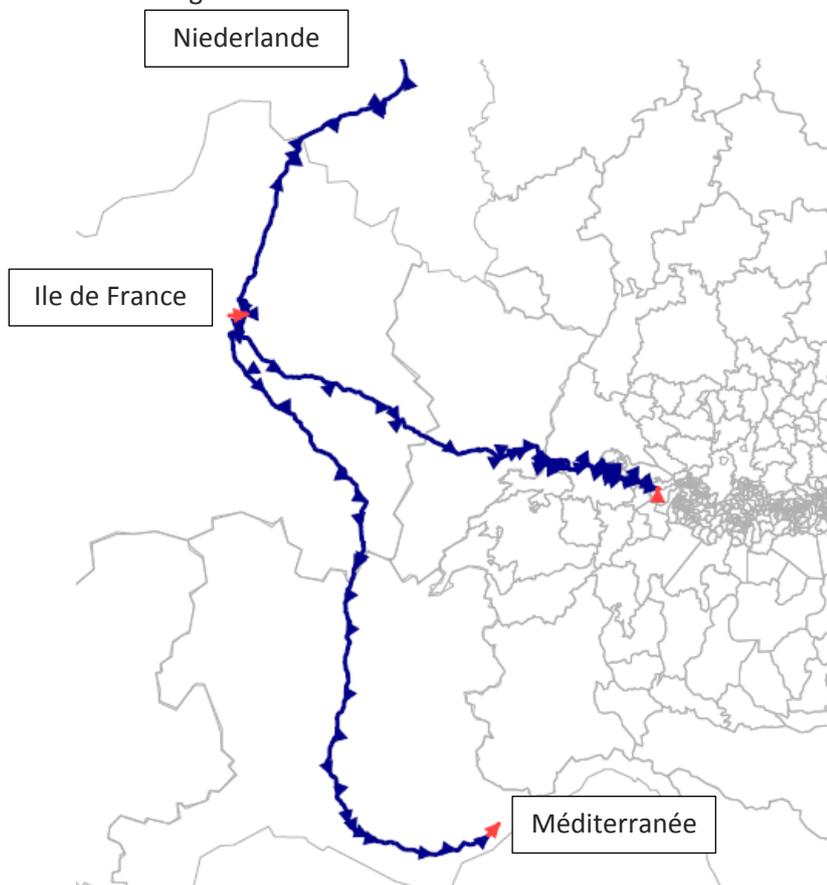


Abbildung 9-2: Beispiel für in der ESGVS ausgewiesene unplausible Lkw-Transitfahrten durch Österreich

9.2 Erstellung der Matrix Stufe 1: Räumliche Adaption der Ausgangsmatrizen

Ziel des Verfahrens der ersten Stufe ist es, die ESGVS- und die SGVS-Daten miteinander zu harmonisieren und auf die benötigte räumlichen Aggregationseinheiten zu disaggregieren. Dazu werden die Daten zuerst auf die Ebene der politischen Bezirke (Stufe 1a), anschließend auf die Verkehrsbezirke des Verkehrsmodells

(Stufe 1b) disaggregiert, wobei jeweils unterschiedliche Verfahren angewendet werden (Abbildung 9-3). Dies erfolgt auf der Basis des Lkw-Jahresverkehrs.

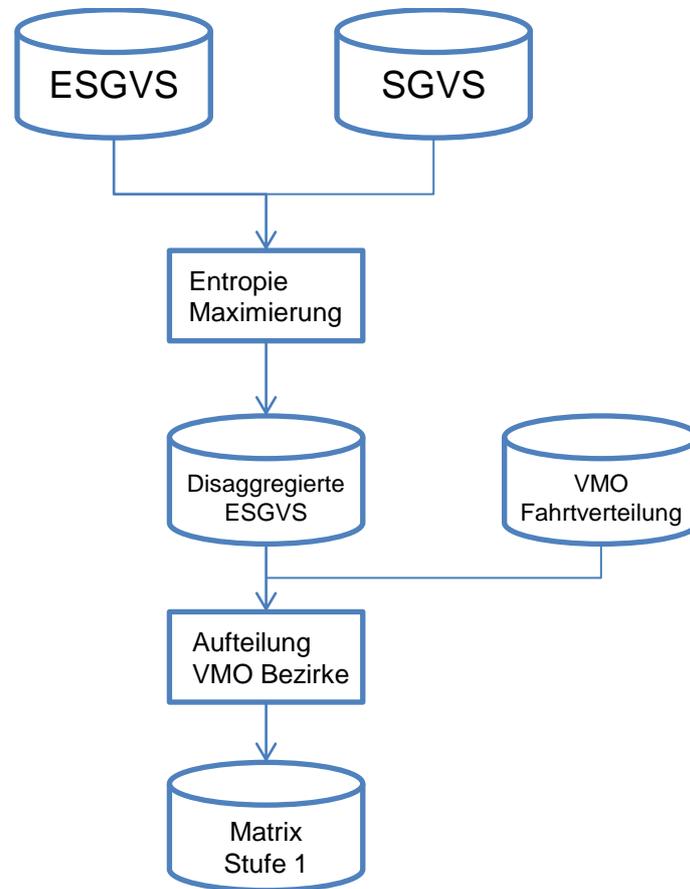


Abbildung 9-3: Arbeitsschritte zur Erstellung der Matrix Stufe 1

Grundlage der Matrix der Stufe 1 ist die von Eurostat publizierte Europäische Straßengüterverkehrsstatistik (ESGVS) und die Sonderauswertung der SGVS. Beide Quellen bilden das Lkw-Verkehrsaufkommen in der Einheit „Anzahl der Lkw-Fahrten pro Jahr“ in Bezug auf unterschiedliche räumliche Aggregationseinheiten (Verkehrsbezirk, Politischer Bezirk, Österreich) ab. Die kleinste räumliche Aggregationseinheit der ESGVS ist NUTS-3. Als zweite Informationsquelle wird die Sonderauswertung der österreichischen Straßengüterverkehrsstatistik SGVS herangezogen, die allerdings nur Lkw-Fahrten bzw. Lkw-Verkehrsbeziehungen von in Österreich gemeldeten Lkw zwischen politischen Bezirken enthält. Somit kann die österreichische Straßengüterverkehrsstatistik (SGVS) als Teilmenge der Europäischen Straßengüterverkehrsstatistik (ESGVS) betrachtet werden.

9.2.1 Stufe 1a: Disaggregation auf Aggregationsebene „Politische Bezirke“

Die Verfahrensstufe 1a umfasst die Zusammenführung und Harmonisierung der Daten der ESGVS und der SGVS sowie ihre räumliche Disaggregation (Abbildung 9-4). Die herzustellende räumliche Aggregationseinheit ist für das österreichische Staatsgebiet der politische Bezirk. Für alle außerhalb Österreichs gelegenen Quellen und Ziele ist die Aggregationsgröße der SGVS – in Abhängigkeit von der Entfernung zu Österreich – NUTS-0 bis NUTS-3 (Kap. 3). Die Disaggregation erfolgt unter Anwendung des Prinzips des minimalen Informationsgewinns (Entropiemaximierung) und kann auch als eine Art von Imputationsverfahren interpretiert werden, weil nicht vorhandene, fehlende Daten bzw. Werte einer Variablen nach einer definierten Regel eingesetzt werden.

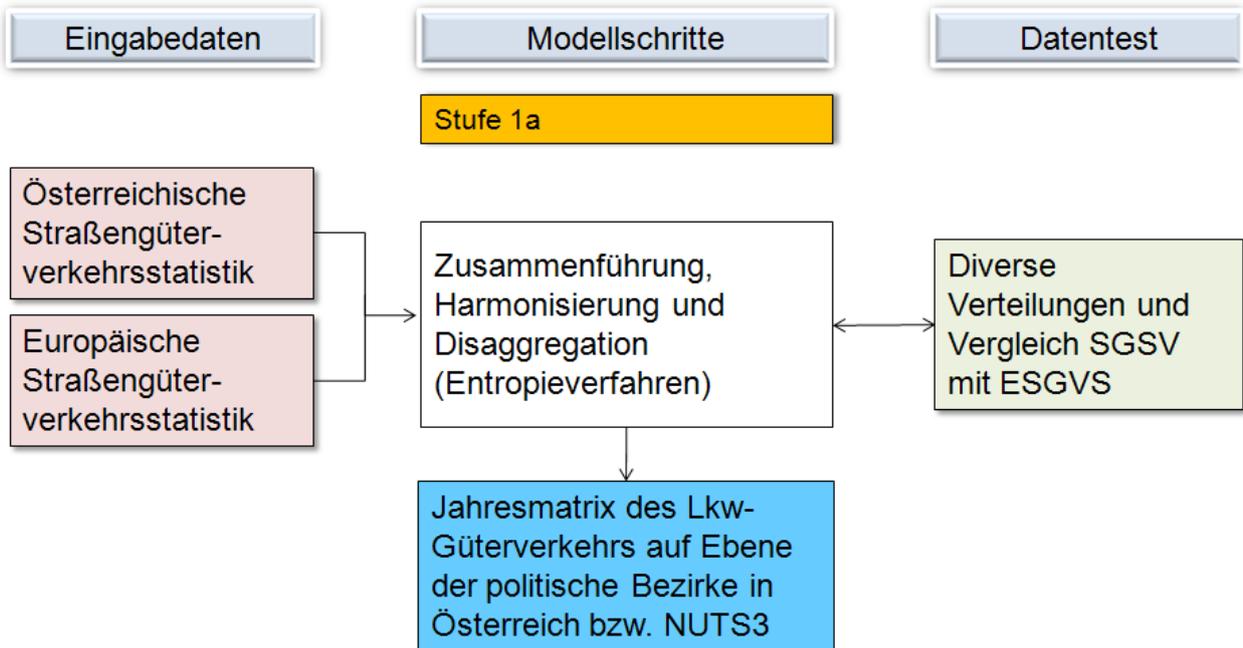


Abbildung 9-4: Arbeitsschritte der Modellstufe 1a

Da sechs politische Bezirke in Österreich nicht eindeutig einer NUTS-3-Einheit zugeordnet werden können (siehe Kap. 5.1.2), wurden jene NUTS-3-Regionen, welche sich nicht eindeutig in Bezirke teilen, zu künstlichen „NUTS-2.5“-Regionen zusammengefasst, um die Entropiemaximierung zu ermöglichen (Tabelle 9-1). So ist aus der Tabelle 9.2 zu entnehmen, dass zum Beispiel der politische Bezirk 306 (Baden) in zwei NUTS Gebieten, AT122 (Niederösterreich Süd) und AT127 (Wiener Umland/Südteil) liegt, und somit eine eindeutige Aggregation nicht möglich ist. Zur Plausibilitätskontrolle wird die Wirkung verschiedener Ausgangsverteilungen für das Verfahren der Entropiemaximierung untersucht.

Tabelle 9-1: Zusammenfassung nicht eindeutig einer NUTS-3 zuordenbare österreichische Bezirke (färbig gekennzeichnet sind Bezirke die sich in mehrere Nuts-Zonen befinden)

Politischer Bezirk	NUTS3	NUTS2.5	
304	AT122	AT12_2.5	
306			
314			
318			
323			
308	AT125		
310			
316			
308	AT126		
312			
316			
321			
324			
306	AT127		
307			
317			
324			
401	AT312	AT31_2.5	
403			
405			
410			
416			
418			
406	AT313		
411			
413			
416			
801	AT341		AT34_2.5
802	AT342		
802			
803			
804			

Verfahren

Die Matrizen der ESGVS und der SGVS werden zunächst auf die Ebene der politischen Bezirke Österreichs disaggregiert. Eine Datengrundlage ist die Sonderauswertung nach § 4 (2) des Österreichischen Straßen- und Schienenverkehrsstatistikgesetzes. Sie bildet die Anzahl der Lkw-Fahrten in Österreich gemeldeter Lkw mit einer Nutzlast von mindestens 2 Tonnen ab, die im Beobachtungsjahr 2009 durchgeführt wurden. Diese können in Fahrten der Verkehrsbeziehungen f_{ij}^d zwischen zwei politischen Bezirken ($i, j = 1, \dots, N$) unterteilt werden. Um Fahrten mit in Österreich gemeldeten Lkw zu kennzeichnen, werden diese mit dem Superscript d (domestic) versehen: f_{ij}^d . Der Datensatz enthält auch Fahrten von Verkehrsbeziehungen

österreichischer Lkw, die aus dem Ausland kommend ihr Ziel in einem österreichischen Bezirk haben. Sie werden in der Folge mit Verkehrsbeziehung f_{Cj}^d bezeichnet. Fahrten mit einem Quellbezirk in Österreich und einem Ziel in einem anderen EU-Land mit f_{iC}^d . Die Gebietseinteilung ist im Ausland gröber (Abbildung 9-5). Mit C (C=1,...P) werden die Länder (NUTS-0-Regionen) indiziert, wobei Österreich C = 1 entspricht.

		NUTS3			NUTS0			
		Zielbezirke j			AT	BA	BE	UK
NUTS3	Quellbezirke i							
			$f_{i_K j_L}^d$				$f_{i_K C}^d$	
			F_{KL}				F_{KC}	
								Q_K
NUTS0	AT							
	BA							
	BE		$f_{C j_L}^d$	F_{CL}				
	UK							
			Z_L					

Abbildung 9-5: Quell-Ziel-Matrix der Fahrten laut SGVS bzw. ESGVS

In den von Eurostat zur Verfügung gestellten ESGVS sind Lkw-Fahrten auf NUTS-3-Ebene abgebildet. Dies umfasst alle Fahrten zwischen NUTS-3-Regionen in Österreich, die in der Folge mit F_{KL} bezeichnet werden. K und L (K, L = 1,..., M) bezeichnet die österreichischen NUTS-3-Regionen, die Quell- bzw. Zielgebiete von Fahrten sein können. Zusätzlich werden Fahrten zwischen dem europäischen Ausland und Österreich berichtet. Alle Fahrten, die im Ausland ihren Ursprung haben und in einer österreichischen NUTS-3-Region enden, werden mit Verkehrsbeziehung F_{CL} , jene Fahrten, die in einer österreichischen NUTS-3-Region beginnen und im Ausland enden, mit Verkehrsbeziehung F_{KC} bezeichnet (Abbildung 9-5). Die politischen Bezirke in Österreich sind mit einigen Anpassungen den NUTS-3-Regionen eindeutig zuordenbar. Die einer Region $i \in K$ bzw. $j \in L$ zugehörigen Bezirke werden mit $i_k = 1, \dots, N_K$ bzw. mit $j_l = 1, \dots, N_L$ indiziert. Dabei gilt, dass die Summe der Anzahl der politischen Bezirke je NUTS3 Region (N_K, N_L) der Anzahl aller politischen Bezirke in Österreich (N) entsprechen muss:

$$N = \sum_{K=1}^M N_K = \sum_{L=1}^M N_L$$

Der Ausdruck $f_{iKjL}^{(d)}$ repräsentiert hier die Jahresfahrten aller österreichischen Lkw vom politischen Bezirk i in der NUTS3 Region K in den politischen Bezirk j in der NUTS3 Region L.

Die Anzahl der Fahrten aller Lkw

- zwischen je zwei politischen Bezirken in Österreich (Verkehrsbeziehung f_{ij}),
- aus den österreichischen Bezirken ins Ausland (Verkehrsbeziehung f_{iC}) sowie
- aus dem Ausland mit Ziel in einem österreichischen Bezirk (Verkehrsbeziehung f_{Cj})

ist so festzulegen, dass unter Einhaltung von Rahmenbedingungen, Shannon's Entropie-Funktion maximiert wird (siehe Kap. 8.1). Die Durchführung der Disaggregation der Stufe 1a kann aufgrund der Problemstruktur und der empirischen Datenlage in Teilschritten durchgeführt werden. Zum einen betreffen die Nebenbedingungen entweder nur innerösterreichische oder nur Auslandsverkehre, zum anderen sind alle notwendigen Randwerte aus der ESGVS gegeben. In anderen Worten: Das Verfahren der Disaggregation mittels Entropiemaximierung kann getrennt nach Binnen-, Quell-, und Zielverkehr durchgeführt werden, weil die Nebenbedingungen den drei Verkehrsarten eindeutig zugeordnet werden können. Für die Erstellung der Matrix der Stufe 1a wurde ein erweitertes Lagrange Optimierungsverfahren verwendet, welches unter „Package Alabama“ als open source code für R (einer Programmierumgebung) verfügbar ist.

Für den Transitverkehr liegen Fahrtquellen und -ziele im Ausgangsdatensatz selbst in der SGVS höchstens auf NUTS-3-Ebene vor. Eine Entropiemaximierung zur Disaggregation auf politische Bezirksebene ist daher für den Transitverkehr nicht möglich.

Binnenverkehr

Unter Verwendung iterativer Verfahren zur Entropiemaximierung werden in einem ersten Schritt die unbekanntes Verkehrsbeziehungen f_{ij} für alle Bezirkspaare in Österreich ermittelt. Die Zielfunktion $\sum_{ij} f_{ij} \ln f_{ij}$ umfasst daher nur die innerösterreichischen Verkehrsbeziehungen. Dabei werden solche Startwerte für die Verkehrsbeziehungen $f_{ij}^{(0)}$ verwendet, die unter der Annahme gebildet werden, dass die Verkehrsbeziehungen aller Lkw ähnlich verteilt sind, wie die Verkehrsbeziehungen der in Österreich gemeldeten Fahrzeuge f_{ij}^d .

$$f_{iKjL}^{(0)} = F_{KL} \frac{f_{ij}^d}{\sum_{i=1}^{N_K} \sum_{j=1}^{N_L} f_{ij}^d}$$

Als Nebenbedingungen sind dabei in jedem Fall die Bedingungen (1) und (4) aus Kap. 8.1 zu beachten. Als alternative Startverteilung für das Optimierungsverfahren kann auch die vorhandene Quell-Ziel-Matrix des Lkw-Verkehrs laut Verkehrsmodell Österreich (Hochrechnung für 2010) verwendet werden. Dieser Ansatz entspricht der Annahme, dass die Verteilung der Verkehrsbeziehungen laut VMÖ dem Straßengüterverkehr im Beobachtungsjahr (2009) gleicht. f_{ij}^v bezeichnet die aus dem VMÖ entnommenen, auf politische Bezirke aggregierten Verkehrsbeziehungen:

$$f_{iKjL}^{(0)} = F_{KL} \frac{f_{ij}^v}{\sum_{i=1}^{N_K} \sum_{j=1}^{N_L} f_{ij}^v}$$

Zielverkehr aus dem Ausland in einen österreichischen Bezirk

Die Zielfunktion, die es in diesem Fall zu minimieren gilt, ist mit $\sum_{Cj} f_{Cj} \ln f_{Cj}$ gegeben. Die unbekanntes Verkehrsbeziehungen f_{Cj} entsprechen den Verkehrsbeziehungen aus dem Land C in den politischen Bezirk j. An Nebenbedingungen sind dabei (2) und (6) aus Kap. 8.1 zu beachten:

$$F_{CL} = \sum_{j=1}^{N_L} f_{Cj} \quad L = 1, \dots, M \quad C = 2, \dots, P$$

$$f_{Cj} \geq f_{Cj}^d$$

Quellverkehr aus einem österreichischen Bezirk ins Ausland

Die zu minimierende Zielfunktion ist mit $\sum_{iC} f_{iC} \ln f_{iC}$ gegeben. Die unbekanntenen Verkehrsbeziehungen f_{iC} entsprechen Verkehrsbeziehungen aus den politischen Bezirken i in das Land C . An Nebenbedingungen sind dabei (3) und (5) aus Kap. 8.1 zu beachten:

$$F_{KC} = \sum_{i=1}^{N_K} f_{iC} \quad K = 1, \dots, M \quad C = 2, \dots, P$$

$$f_{iC} \geq f_{iC}^d$$

Ergebnisse

Mit dem Entropiemaximierungsverfahren wurde die Quell-Ziel-Matrix so besetzt, dass der Lkw-Verkehr des Jahres 2009 aus der europäischen und der österreichischen Straßengüterverkehrsstatistik entnommenen Verkehrsbeziehungen zwischen politischen Bezirken in Österreich (Binnenverkehr) bzw. zwischen einem politischen Bezirk und der entsprechenden NUTS-3-Region oder größer im Ausland (Quell-, bzw. Zielverkehr) entsprechen. Die Maximierung der Entropie erfolgt unter den Nebenbedingungen, dass die berechneten Summen des Binnen-, Quell- bzw. Zielverkehrsaufkommens auf politischer Bezirksebene in Österreich mit dem Verkehrsaufkommen der darüber liegenden NUTS-3-Regionen (ESGVS) ident sind. Die sich damit ergebende Straßengüterverkehrsmatrix bestehen aus vier Bereichen mit spezifischen räumlichen Aggregationseinheiten. Für drei der vier Bereiche (Teilmatrix für Binnen-, Quell- und Zielverkehr) wurde das Entropiemaximierungsverfahren angewendet. Daraus ergeben sich folgende Aggregationseinheiten in Bezug auf Österreich:

- Binnenverkehr (politische Bezirke),
- Zielverkehr mit Verkehrsquelle im Ausland (NUTS-3 bis NUTS-0) und Ziel im Inland (politische Bezirke),
- Quellverkehr mit Verkehrsziel im Ausland (NUTS-3 bis NUTS-0) und Quelle im Inland (politische Bezirke),
- Aus den weiter oben genannten Gründen wurde die Entropiemaximierung nicht für den Transitverkehr (NUTS-3 bis NUTS-0) vorgenommen.

9.2.2 Stufe 1b: Disaggregation auf Aggregationsebene "VMÖ-Verkehrsbezirke"

Ergebnis des Verfahrens der Stufe 1a ist eine Lkw-Quell-Ziel-Matrix der Binnen-, Quell-, Ziel- und Transitfahrten bezogen auf Österreich aller laut ESGVS in Europa gemeldeten Lkw für das Jahr 2009. Diese Fahrten werden im Rahmen der Stufe 1b auf die im VMÖ zugrundeliegenden Verkehrsbezirke aufgeteilt. Für das österreichische Staatsgebiet sind dies Gemeinden, wobei es in Ballungsräumen partielle Verdichtungen gibt (zum Beispiel im Raum Linz oder Graz). Die Stadt Wien ist entsprechend den Wiener Gemeindebezirken unterteilt. Für das europäische Ausland steigt die Gebietsgröße der Verkehrsbezirke mit zunehmender Entfernung zu Österreich. Für den Binnenverkehr ist daher eine Aufteilung der Verkehrsbeziehungen von der Ebene der politischen Bezirke auf die Gemeindeebene notwendig. Für die im Ausland gelegenen Verkehrsquellen und -ziele des Quell-, Ziel-, und Transitverkehrs ist eine Abbildung von der NUTS-3-Ebene auf die Verkehrsbezirke des VMÖ notwendig. Die Aufteilung auf die kleinteiligere Aggregationseinheit erfolgt mithilfe von Korrespondenztabelle prozentual entsprechend der Straßengüterverkehrsmatrix des VMÖ 2005 (Abbildung 9-6). Diese Vorgangsweise wurde deshalb gewählt, weil die modellierte Straßengüterverkehrsmatrix eine Verteilung der Verkehrsbeziehungen sicherstellt, die

Widerstand oder anders ausgedrückt, die generalisierten Kosten zwischen den Quell- und Zielverkehrsbezirken methodisch berücksichtigt. Dies würde mittels der Anwendung des Verfahrens der Entropiemaximierung weniger prioritär berücksichtigt werden, nämlich nur durch die Verwendung der Anfangsverteilung der VMÖ-Verkehrsbeziehungen der Lkw-Matrix im Entropiemaximierungsalgorithmus.

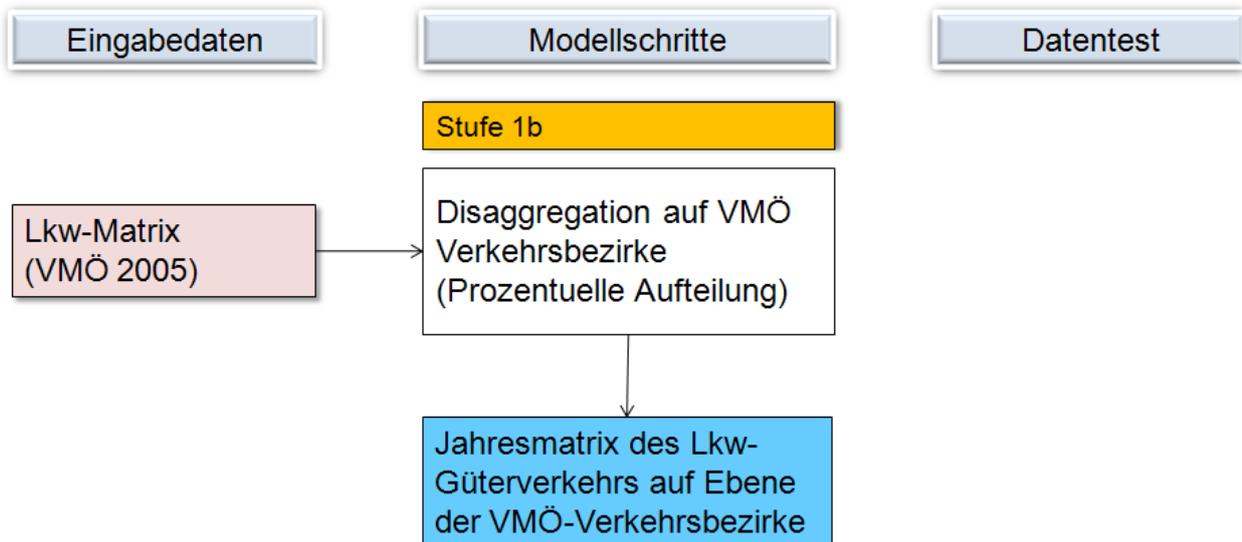


Abbildung 9-6: Arbeitsschritte der Modellstufe 1b

9.2.3 Erstellung der Matrix der Stufe 2: Transformation der Lkw-Jahresmatrix in Lkw-durchschnittliche Werktagfahrten

Die Straßengüterverkehrsmatrix der Stufe 1 liegt als Jahresmatrix 2009 vor. Für jede Quell-Ziel-Beziehung wird der Lkw-Verkehr eines Jahres dargestellt. Im Verkehrsmodell Österreich können Jahresmatrizen allerdings nicht verarbeitet bzw. umgelegt werden. Dies hängt mit der bei der Umlegung verwendeten Widerstandsfunktion und der zugrunde liegenden Kapazitäten der Strecken im Verkehrsmodell zusammen, die sich auf Tages- oder Stunden-Einheiten beziehen. Diese Reisezeit im Straßennetz berechnet sich anhand der Streckenbelastung im Verhältnis zur jeweiligen Kapazität, die im VMÖ auf Tagesbasis angegeben ist. Daher muss die Jahresmatrix in eine Straßengüterverkehrsmatrix des durchschnittlichen werktäglichen Lkw-Verkehrs transformiert werden. Diese Tagesmatrix wird als Matrix der Stufe 2 bezeichnet. Die Umrechnungsfaktoren werden anhand der Lkw-Zählwerte der Mautbrücken auf dem A&S-Netz ermittelt (vgl. Kap. 5.3). Mit diesen Mauttransaktionsdaten kann ermittelt werden, welcher Anteil des gesamten Lkw-Verkehrsaufkommens auf dem hochrangigen Straßennetz auf Werktage entfällt. Da diese Daten nur das Autobahn- und Schnellstraßennetz umfassen, werden die Ergebnisse mit Daten der zur Verfügung stehenden automatischen Dauerzählstellen überprüft (Abbildung 9-7).

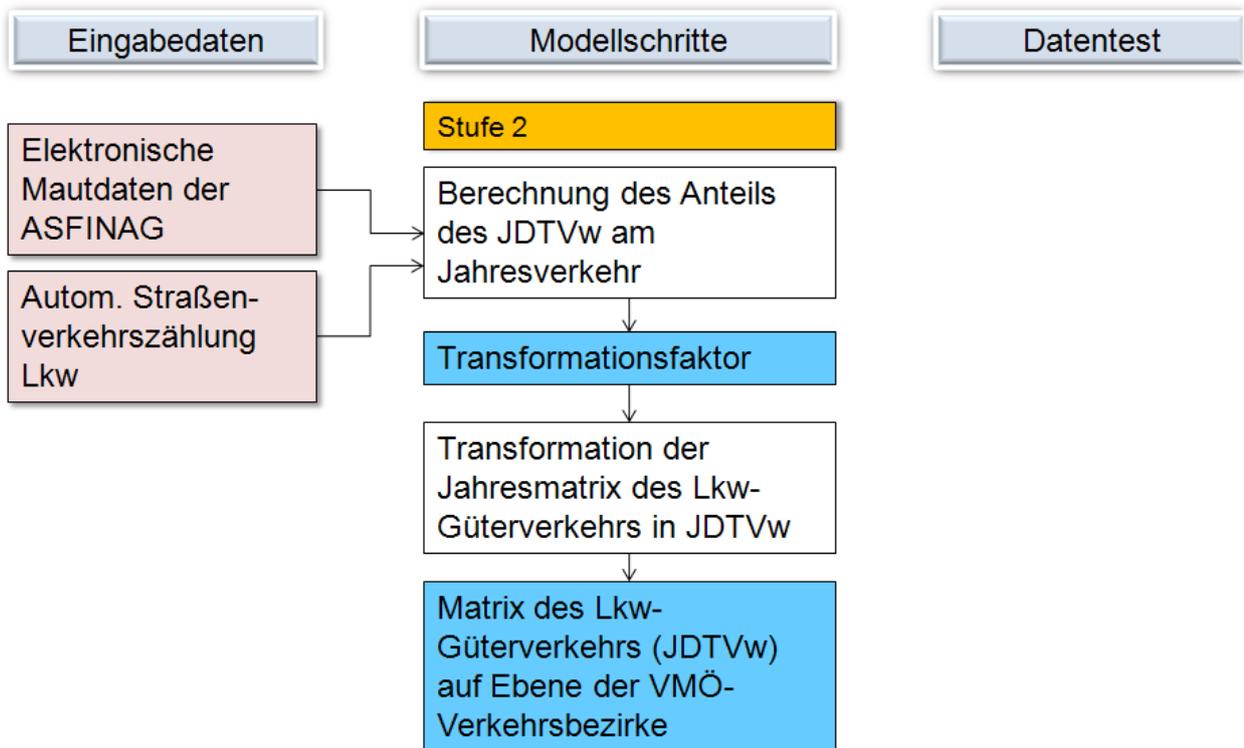


Abbildung 9-7: Arbeitsschritte der Modellstufe 2

Verfahren

Die für das Jahr 2009 vorliegenden LS-Zählstellenwerte umfassen den eine Mauterhebungsstelle (Mautbrücke) passierenden Straßengüterverkehr, bzw. wenn die Mauterhebungsstelle nicht das gesamte Jahr in Betrieb war, den während der Betriebszeiten gemessenen Straßengüterverkehr. Die Lkw-Verkehrsstärke als Zählergebnis ist unterteilt nach der Fahrzeugart (Bus oder Lkw), der Achsanzahl, dem Wochentag (inkl. Anzahl der erhobenen Tage je Werktag) und dem Herkunftsland des Fahrzeuges. Der Transformationsfaktor beschreibt den Anteil der Lkw-Werktagverkehrsstärke an der gesamten Lkw-Verkehrsstärke (einschließlich Sonn- und Feiertage) für das betrachtete Jahr 2009. Dieser Faktor dient zur Umrechnung der Lkw-Jahresverkehrsmatrix in eine Matrix des jährlichen durchschnittlichen werktäglichen Lkw-Verkehrs (JDTVw) - Der Faktor errechnet sich nach folgender Gleichung:

$$T = \frac{\sum_{m=1}^M (V_{m,j_a} - V_{m,j_f})}{\sum_{m=1}^M V_{m,j_a}} \Bigg/ W_{2009}$$

Notation	Beschreibung
T	Transformationsfaktor zur Transformation der Lkw-Jahresmatrix in eine durchschnittliche werktägliche Matrix des Lkw-Verkehrs
V_{m,j_a}	Lkw-Jahresverkehrsstärke an der LS-Zählstelle m , alle Tage [Anzahl der Lkw / Jahr]
V_{m,j_f}	Lkw-Jahresverkehrsstärke an der LS-Zählstelle m , Sa, So, Fei [Anzahl der Lkw / Jahr]
W_{2009}	Anzahl der Werktage im Jahr 2009 Lkw (251 Werktage) [Werktagen]
M	Anzahl aller LS-Zählstellen

Ergebnis

Die Summe der werktäglichen Mauttransaktionen aller Lkw an den 886 LS-Zählstellen betrug im Jahr 2009 513.436.453 Lkw/Jahr, der gesamte Straßengüterverkehr 556.058.379 Lkw/Jahr. Daraus ergibt sich ein Verhältnis von 0,9233. Werden nur in Österreich gemeldete Lkw betrachtet, liegt der entsprechende Wert bei 0,9557, bei nur im Ausland gemeldeten Lkw bei 0,8883, d.h. der Anteil der Fahrten am Wochenende und an Feiertagen ist bei im Ausland gemeldeten Lkw höher als an den Werktagen. Für die automatischen Zählstellen ergibt sich für alle Lkw-ähnlichen Fahrzeuge, dies umfasst beispielsweise auch Busse und Pkw mit Anhänger, ein Verhältnis des werktäglichen Verkehrs am Gesamtverkehr ohne Berücksichtigung der Feiertage von 0,9036. Dies wird als ausreichende Übereinstimmung interpretiert.

Da die Matrizen des Verkehrsmodells nicht nach Meldeland der Lkw unterscheidet wird zur Umrechnung von Jahreswerten auf den durchschnittlichen Werktagverkehr der Faktor 0,9233 verwendet, d.h. die Jahresmatrix des Lkw-Verkehrs der Stufe 1 wird mit diesem Faktor multipliziert und durch die Anzahl der Werktage des Jahres 2009 (251 Tage) dividiert:

$$F_{ij,w(2009)} = \frac{F_{ij,j_a} \times T}{W_{2009}}$$

$F_{ij,w(2009)}$	Anzahl aller Fahrten des jährlichen durchschnittlichen täglichen Lkw-Verkehrs von Verkehrszelle i nach j im Bezugsjahr 2009
F_{ij,j_a}	Summe aller Fahrten des jährlichen Lkw-Verkehrs von Verkehrszelle i nach j
T	Transformationsfaktor zur Transformation der Lkw-Jahresmatrix in eine durchschnittliche werktägliche Matrix des Lkw-Verkehrs (0,9233)
W_{2009}	Anzahl der Werktage im Jahr 2009 Lkw (251 Werktage) [Werktagen]

9.2.4 Erstellung der Matrix der Stufe 3: Einbezug der Informationen der CAFT-Erhebung

Die bisher entwickelte Matrix beruht auf Eingangsdaten der ESGVS und der SGVS. Sie kann in das Verkehrsmodell Österreich implementiert und verarbeitet bzw. umgelegt werden. Allerdings steht mit der CAFT-Erhebung eine weitere Informationsquelle zum Straßengüterverkehr zur Verfügung, die bisher nicht berücksichtigt wurde. Das Verfahren der Stufe 3 gliedert sich in drei Schritte, von denen die ersten beiden durch das CAFT-Erhebungsdesign bedingte Anpassungsschritte sind, während der dritte Schritt die Zusammenführung der CAFT-Daten mit der Matrix der Stufe 2 beinhaltet:

- (1) Die CAFT-Erhebung ist eine reine Querschnitterhebung und findet im Rahmen von Befragungen an verschiedenen Stichtagen an verschiedenen Erhebungsstellen statt. Daher werden Fahrten, die mehr als eine CAFT-Erhebungsstelle passieren, auch mehrmals erfasst. Diese Mehrfacherfassung muss bei der gemeinsamen Nutzung aller CAFT-Zählstellen im Rahmen der Stufe 3a berücksichtigt werden.
- (2) Die CAFT-Erhebung kann als Querschnittserhebung nur Fahrten bzw. Verkehrsbeziehungen und Routen von Verkehrsbeziehungen erfassen, die die Erhebungsstelle passieren. Fahrten auf derselben Quell-Ziel-Beziehung, die eine Alternativroute verwenden, werden nicht erfasst. Dies wird im Rahmen der Stufe 3b korrigiert.

(3) Die resultierenden Daten werden mit der Matrix der Stufe 2 zusammengeführt (Stufe 3c).

Für diese Verfahrensstufe werden die Hochrechnungen der CAFT-Ergebnisse der Erhebung 2009 in Jahresfahrten je Fahrzeug, Zählstelle und Verkehrsbeziehung verwendet. Vor der Berücksichtigung der CAFT-Erhebungsdaten wurden zwei Datenbereinigungen durchgeführt, um die Vergleichbarkeit mit der ESGVS herzustellen. Zum einen wurden alle Fahrzeuge ausgeschlossen, die von den Meldeländern der Europäischen Straßengüterverkehrsstatistik nicht erfasst werden. Zudem wurden jene Fahrzeuge ausgeschieden, die aufgrund der Gewichtsgrenzen nicht Gegenstand der landesspezifischen SGVS-Erhebungen sind (siehe Tabelle 5-3 in Kap. 5.2.2). In einigen Ländern werden auch jene Fahrzeuge nicht von der nationalen SGVS erfasst, welche älter als 11 (Italien), 15 (Frankreich), 25 (Estland, Polen) oder 30 Jahre (Norwegen, Schweden) sind (Eurostat 2008). Da in der CAFT nur äußerst wenige Fahrten von dieser Art von Fahrzeugen durchgeführt werden, wurde diesbezüglich kein entsprechender Filter gesetzt.

9.2.5 Stufe 3a: Berücksichtigung der Mehrfacherfassungen an CAFT-Erhebungsstellen

Die CAFT-Erhebung ist keine kontinuierliche Erhebung, sondern erfolgt an den einzelnen Zählstellen an jeweils unterschiedlichen Stichtagen. Ergebnis der CAFT-Erhebung ist die hochgerechnete Anzahl der Jahresfahrten an 18 ausgewählten Erhebungsquerschnitten, d.h. es werden nur jene Fahrten erfasst, die eine CAFT-Erhebungsstelle passieren. Lkw-Fahrten, die mehr als eine CAFT-Erhebungsstelle passieren, haben eine höhere Wahrscheinlichkeit, in der CAFT-Erhebung mehrfach erfasst zu werden. Diese Doppelzählungen werden bei der Erstellung der Quell-Ziel-Matrix berücksichtigt (Abbildung 9-8).

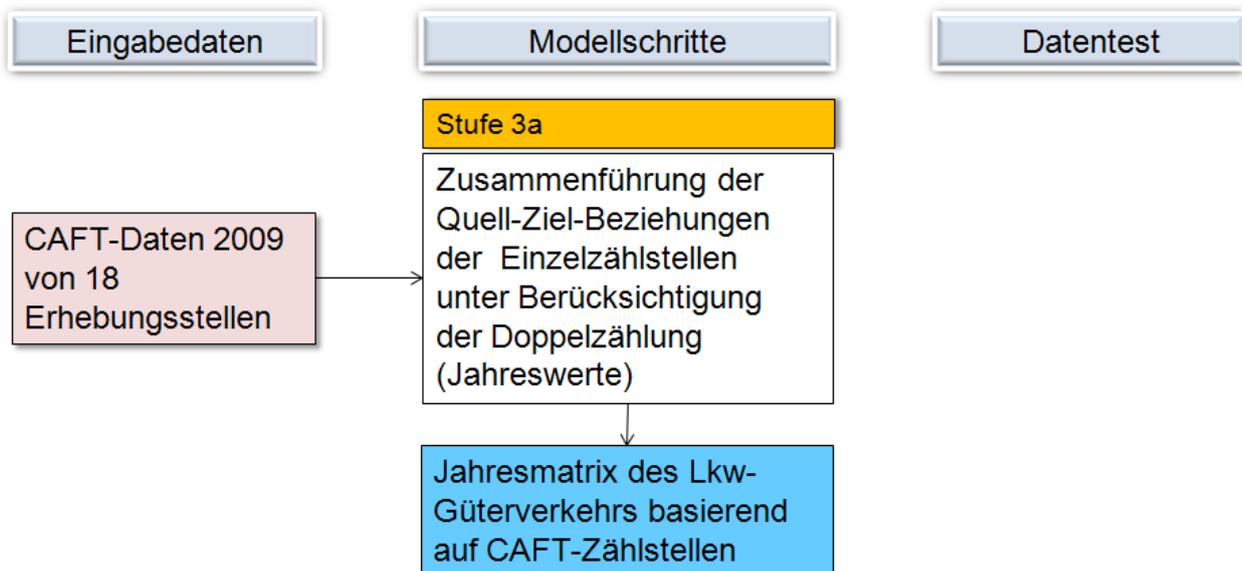


Abbildung 9-8: Arbeitsschritte der Modellstufe 3a

Im Beispiel der Abbildung 9-9 führen die zweite und die dritte Route (R2, R3) über jeweils eine, die erste Route (R1) über zwei CAFT-Erhebungsstellen. Da die Fahrten der zweiten Route an beiden Zählstellen gezählt werden, werden an den Zählstellen insgesamt 110 Lkw/Tag erfasst, während die Lkw-Verkehrsstärke nur 90 Lkw/Tag beträgt. Es ergibt sich eine Mehrfacherfassung von 20 Lkw/Tag, die bei der Erstellung der Quell-Ziel-Matrix berücksichtigt wird.

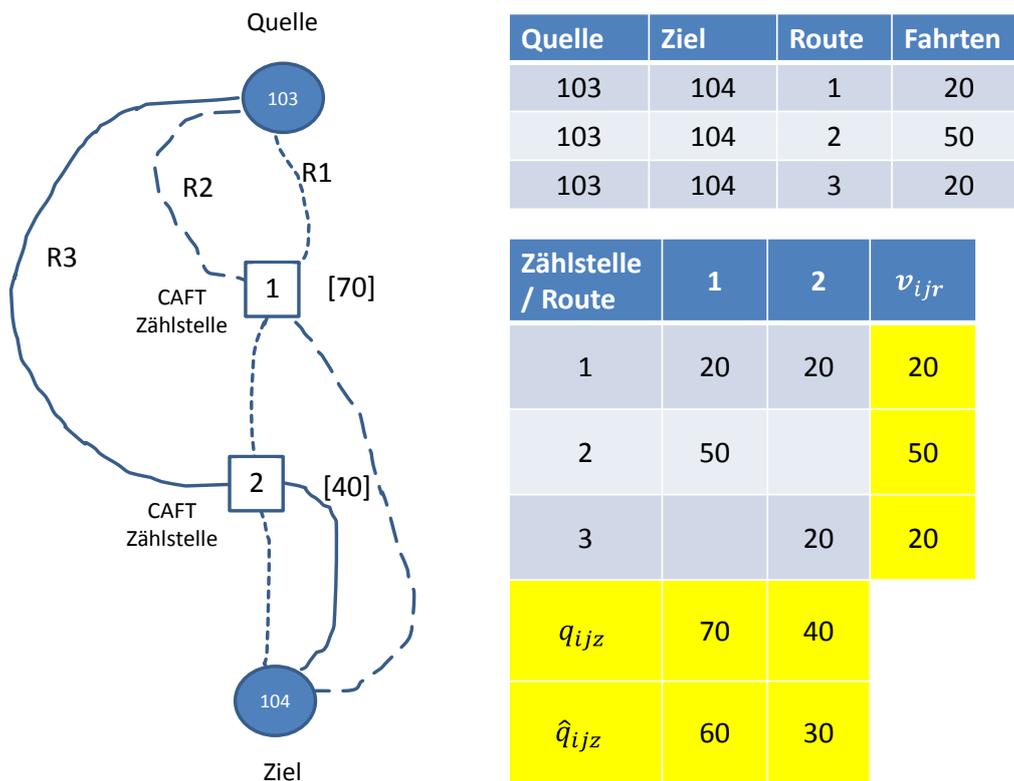


Abbildung 9-9: Schematische Darstellung der Mehrfacherfassung der CAFT-Erhebung bei Betrachtung der Gesamtmatrix für Österreich

Verfahren

Grundlage der Berücksichtigung der CAFT-Mehrfacherfassung ist eine Routensuche mit Umlegung der Straßengüterverkehrsmatrix der Stufe 2 im Straßennetz des VMÖ (Gleichgewichtsverfahren) für den durchschnittlichen Lkw-Werktagverkehr. Aus der Umlegung kann abgeleitet werden, auf welchen Wegen mehr als eine CAFT-Erhebungsstelle passiert wird. Dadurch kann eine direkte Beziehung zwischen gewählter Route r und CAFT-Erhebungsstelle z hergestellt werden. Auf dieser Grundlage wird die Verkehrsmenge der Verkehrsbeziehungen bzw. Anzahl der Fahrten zwischen zwei Bezirken i und j berechnet, die über eine CAFT-Erhebungsstelle führen. Abgesehen von der Routensuche wird das Verfahren auf den Jahresverkehr bezogen, wobei die Umrechnung zwischen Werktagverkehr und Jahresverkehr laut Kap. 9.2.3 erfolgt.

$$q_{ijz} = \sum_r v_{ijrz}$$

Notation	Beschreibung	Quelle
v_{ijrz}	Absoluter Anteil der Verkehrsbeziehung (Anzahl der Lkw-Jahresfahrten) zwischen Quell- und Zielbezirk über Route r gezählt an CAFT-Erhebungsort z; der Index r läuft über alle gewählten Routen des VMÖ auf denen sich mindestens eine CAFT-Erhebungsstelle befindet [Lkw/Jahr]	VMÖ
v_{ijr}	Absoluter Anteil der Verkehrsbeziehung (Anzahl der Jahresfahrten) zwischen Quell- und Zielbezirk über Route r [Lkw/Jahr]	VMÖ
i,j	Index der Verkehrsbezirke, die als Ziel- bzw. Quelle betrachtet werden	

q_{ijz}	Verkehrsstärke der CAFT-Erhebungsstelle z unabhängig von der gewählten Route [Lkw/Jahr]	VMÖ
n_r	Anzahl der CAFT-Erhebungsstellen auf Route r	CAFT
\hat{q}_{ijz}	Die um die Mehrfacherhebung bereinigte Verkehrsstärke (Lkw-Fahrten) über die CAFT-Erhebungsstelle z [Lkw/Jahr]	VMÖ
q_{ijz}^C	Verkehrsstärke der Quell-/Zielfahrten an CAFT-Erhebungsstelle z (inkl. Doppelzählungen) [Lkw/Jahr]	CAFT
\hat{q}_{ijz}^C	Um Doppelzählungen adaptierte Verkehrsstärke der CAFT-Erhebung der Quell-/Zielfahrten an CAFT-Erhebungsstelle z [Lkw/Jahr]	
\hat{Q}_{ijz}^C	Verkehrsstärke der um Lkw-Fahrten, die an den CAFT-Erhebungsstellen vorbeiführen, hochgerechnete CAFT-Zählwerte [Lkw/Jahr]	

Liegen auf einer Route zwischen den Bezirken i und j mehrere CAFT-Erhebungsstellen, so muss dies berücksichtigt werden, da die Hochrechnung der erhobenen CAFT Verkehrsstärken querschnittsbezogen durchgeführt wurde.⁴ Der Wert \hat{q}_{ijz} gibt die Verkehrsstärke (Anzahl aller Fahrten) zwischen den Verkehrsbezirken i und j wieder, die an einer spezifischen CAFT-Erhebungsstelle erfasst werden – unter der Annahme, dass die Lkw gleichmäßig auf alle passierten Zählstellen aufgeteilt werden. Er kann als fiktiv an der CAFT-Erhebungsstelle erhobene Verkehrsstärke (Anzahl aller Fahrten) zwischen den Bezirken interpretiert werden:

$$\hat{q}_{ijz} = \sum_r \frac{v_{ijrz}}{n_r}$$

Die in der CAFT-Erhebung erfasste Verkehrsstärke q_{ijz}^C auf einer gegebenen Quell-Ziel-Beziehung wird mit einem Faktor $\beta_{ijz} = \frac{\hat{q}_{ijz}}{q_{ijz}^C}$ multipliziert:

$$\hat{q}_{ijz}^C = q_{ijz}^C \times \beta_{ijz}$$

Für die Erstellung der Matrix der Stufe 3a wird die Hochrechnung der in der Erhebung 2009 ausgewiesenen Jahresfahrten je Zählstelle verwendet, in der nur jene Lkw berücksichtigt sind, die von den Meldeländern der Europäischen Straßengüterverkehrsstatistik erhoben werden. Die statistische Aussagefähigkeit der CAFT-Verkehrsstärken ist allerdings auf diesem Aggregationsniveau aufgrund des geringen Stichprobenumfangs der Erhebung nicht gegeben. Bei der Erstellung der Matrix der Stufe 3a werden diejenigen Quell-Ziel-Beziehungen, die zwar in der CAFT-Erhebung, nicht aber in der Umlegung der Straßengüterverkehrsmatrix der Stufe 2 enthalten sind, daher als unverändert übernommen.

Nicht-österreichische Quellen oder Ziele des Quell-, Ziel- und Transitverkehr liegen in der CAFT-Erhebung nur auf NUTS-3-Ebene vor. Deshalb werden zunächst die Faktoren β_{ijz} auf VMÖ-Verkehrsbezirksebene berechnet. Anschließend erfolgt eine Aggregation der nicht-österreichischen Verkehrsbezirke zu NUTS-3-Regionen, um einen Durchschnittswert über alle Korrekturfaktoren innerhalb einer aggregierten Verkehrsbeziehung auf NUTS-3-Ebene berechnen zu können. Mit diesem durchschnittlichen Korrekturfaktor werden die CAFT-Daten adaptiert. Zudem sind in der CAFT-Erhebung erfasste Transitfahrten teilweise nur auf NUTS-0-Ebene verfügbar. Diese Fahrten werden proportional auf jene darunterliegenden NUTS-3-Regionen verteilt, welche in der CAFT innerhalb von NUTS-3- NUTS-3-Beziehungen bereits ausgewiesen sind. Auf diese Weise ist es möglich, 145.000 von insgesamt 820.000 ausschließlich auf NUTS-0-Ebene berichteten Lkw-Fahrten bei den Adaptionen zu berücksichtigen. Umgekehrt ist aber auch festzustellen, dass laut der Umlegung der Matrix der Stufe 2 Quell-Ziel-

⁴ Telefonische Auskunft vom bearbeitendem Team HERRY Consult GmbH

Beziehungen über Routen mit CAFT-Erhebungsstellen geführt werden, die in der CAFT-Erhebung nicht aufscheinen. Das Verfahren zur Erstellung der Matrix der Stufe 3a wurde in R programmiert. Zur Qualitätssicherung wurden die Zwischenergebnisse analysiert.

Ergebnis

Ein Überblick über die Ergebnisse der Stufe 3a ist in Tabelle 9-2 dargestellt. Die Ausgangswerte der CAFT-Erhebung werden mit den Ergebniswerten der Stufe 3a verglichen. Der Gesamteffekt der vorgenommenen Korrekturen betrifft annähernd 1 Mio. Lkw-Jahresfahrten. Die durch die Doppelzählung notwendige größte Korrektur ist bei den Transitfahrten vorzunehmen, die um knapp 800.000 Lkw-Jahresfahrten zu reduzieren sind. Das ist insofern erklärbar, da die CAFT-Erhebung auf Grund der gezielt angeordneten Zählstellen für die Erhebung des Transitverkehrs eine höher einzustufende Plausibilität aufweist als die ESGVS. Dagegen wird erwartungsgemäß der Binnenverkehr kaum beeinflusst. Dies ist plausibel, da die Hälfte der CAFT-Erhebungsstellen Grenzübergänge sind, die andere Hälfte der CAFT-Erhebungsstellen an Alpenpässen liegt. Dementsprechend ist die Möglichkeit, auf einer Route des Binnenverkehrs zwei CAFT-Erhebungsstellen zu passieren, gering.

Tabelle 9-2: Schlüsselergebnisse der Korrektur der Mehrfacherfassungen der CAFT-Erhebung

	Anzahl der Verkehrsbeziehungen	CAFT-Erhebung: Lkw-Aufkommen [Lkw/Jahr]	Stufe 3a: Lkw-Aufkommen [Lkw/Jahr]	Veränderung
Quellverkehr	3.611	2.480.023	2.385.460	-3,81%
Zielverkehr	3.527	2.632.482	2.556.934	-2,87%
Binnenverkehr	3.217	1.892.756	1.876.574	-0,85%
Transitverkehr	6.371	4.409.352	3.616.535	-17,98%
Gesamt	16.726	11.414.613	10.435.503	-8,58%

Exkurs: Beispiel für die Berücksichtigung der Mehrfacherfassung an CAFT-Erhebungsstellen

Das folgende Beispiel von Lkw-Fahrten zwischen den VMÖ-Bezirken 10305 und 60102 zeigt, wie das beschriebene Verfahren der Stufe 3a umgesetzt wird. Die VMÖ-Routensuche ergibt für diese Quell-Ziel-Beziehung vier verschiedene Routen, die jeweils über zwei CAFT-Erhebungsstellen (Caft_ID 19 und 23) führen (Tabelle 9-3). Die Summe der Jahresfahrten beträgt 0,0491 Lkw/Jahr an den CAFT-Erhebungsstellen, sollte gemäß der Matrix aber nur 0,02455 Lkw/Jahr betragen.

Tabelle 9-3: Beispiel für Doppelzählung an CAFT-Erhebungsstellen

S1								
caft_id	origin	destination	route	vijz	Summe von qijz	caft_id		
19	10305	60102	1	0.00982		19	23	Gesamtergebnis
19	10305	60102	2	0.00491	1	0.00982	0.00982	0.01964
19	10305	60102	3	0.00491	2	0.00491	0.00491	0.00982
19	10305	60102	4	0.00491	3	0.00491	0.00491	0.00982
23	10305	60102	1	0.00982	4	0.00491	0.00491	0.00982
23	10305	60102	2	0.00491	Gesamtergebnis	0.02455	0.02455	0.0491
23	10305	60102	3	0.00491				
23	10305	60102	4	0.00491				

Aus der Anzahl der CAFT-Erhebungsstellen ($n_r=2$) ergibt sich ein Korrekturfaktor von jeweils 0,5 für beide Wege (Tabelle 9-4). Ein Hinweis ist hilfreich, um die geringen Werte der Verkehrsbeziehungen in der Größenordnung von 0,02455 und 0,0491 Lkw/Jahr zu interpretieren: Die einzelnen Verkehrsbeziehungen zwischen den disaggregierten Verkehrsbezirken des VMÖ sind auf Grund der geringen Stichprobe sowohl der ESGVS als auch der CAFT-Erhebung sehr gering besetzt. Durch die Hochrechnung auf ein Jahr ergeben

sich z.B. in dieser disaggregierten Form der Verkehrsbeziehungen Anteile von 2 bis 5% von einer Lkw-Fahrt, naturgemäß mit einer sehr geringen statistischen Genauigkeit.

Tabelle 9-4: Zusammenführung der Zwischenergebnisse: Kalkulation der Anpassungsfaktoren

S1								
caft_id	origin	destination	route	v _{ijrz}	nr	q̂ _{ijz}	beta-ijz	
19	10305	60102	1	0.00982	2	0.004910		
19	10305	60102	2	0.00491	2	0.002455		
19	10305	60102	3	0.00491	2	0.002455		
19	10305	60102	4	0.00491	2	0.002455		
				0.02455		0.012275	0.50000	
23	10305	60102	1	0.00982	2	0.004910		
23	10305	60102	2	0.00491	2	0.002455		
23	10305	60102	3	0.00491	2	0.002455		
23	10305	60102	4	0.00491	2	0.002455		
				0.02455		0.012275	0.50000	

$$q_{ijz} = \sum_r v_{ijrz}$$

$$\hat{q}_{ijz} = \sum_r \frac{v_{ijrz}}{n_r}$$

$$\beta_{ijz} = \frac{\hat{q}_{ijz}}{q_{ijz}}$$

$$\hat{q}_{ijz}^C = q_{ijz}^C \times \beta_{ijz}$$

9.2.6 Stufe 3b: Einbeziehung der Lkw-Fahrten über Alternativrouten zu den CAFT-Zählstellen

Nach der Bereinigung der Mehrfacherfassungen wird im Rahmen des Verfahrens der Stufe 3b Lkw-Verkehr, der auf Alternativrouten CAFT-Erhebungsstellen umfährt, berechnet und in die Matrix implementiert (Abbildung 9-10).

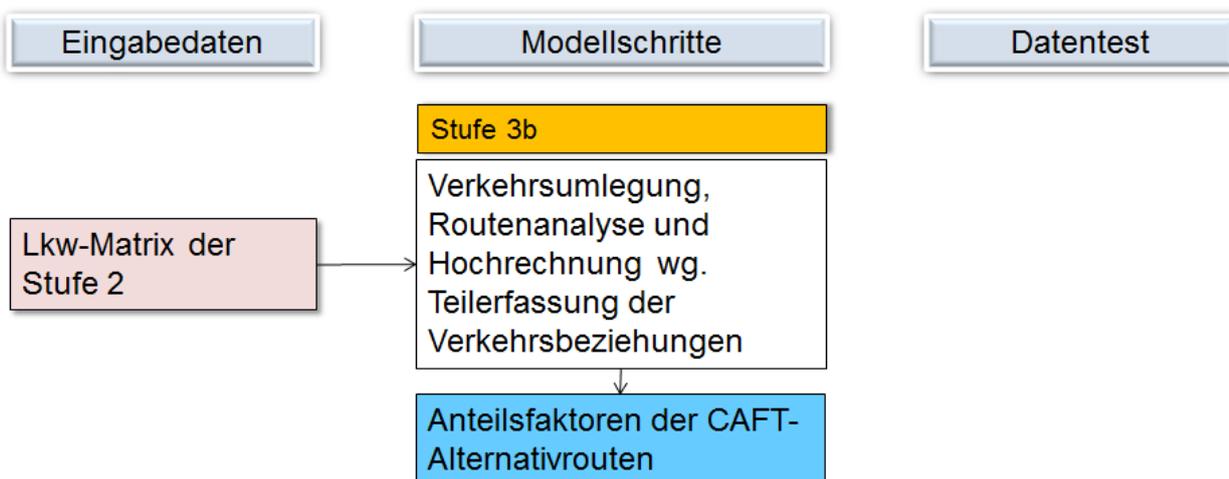


Abbildung 9-10: Arbeitsschritte der Modellstufe 3b

Als Beispiel wird in Abbildung 9-11 die Lkw-Verkehrsmengen auf Alternativrouten jener Verkehrsbeziehungen dargestellt, die auch über die CAFT-Erhebungsstelle „Brenner“ führen. Grundlage der Abbildung sind alle Quell-Ziel-Beziehungen der Routensuche im VMÖ mit Sukzessivumlegung der Stufe 2 (siehe Kap. 9.2.3), auf welchen Lkw den Brenner-Pass nutzen. Von diesen Quell-Ziel-Beziehungen ist aber

nur jener Teil des Lkw-Verkehrs abgebildet, der nicht über den Brenner führt. Aufgrund der Besonderheit der Lage des Brenners und der möglichen Alternativrouten handelt es sich dabei hauptsächlich um großräumige Umfahrungen. Wird nur derjenige Teil des Quell-Ziel-Verkehrsaufkommens berücksichtigt, der den Brenner passiert und damit in der CAFT-Erhebung enthalten ist, kommt es zu einer systematischen Untererfassung des Quell-Ziel-Verkehrsaufkommens auf Quell-Ziel-Beziehungen mit Alternativrouten.

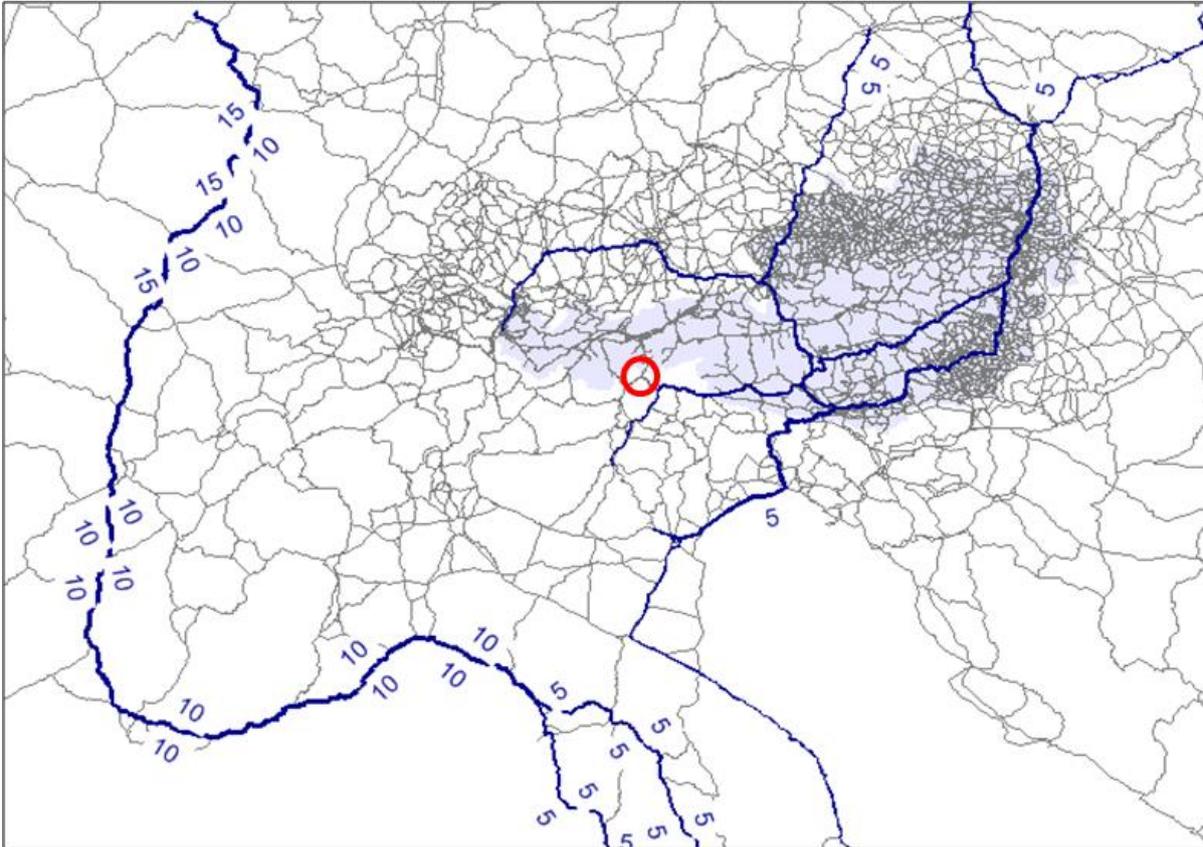


Abbildung 9-11: Lkw-Routen auf Alternativrouten zur CAFT-Erhebungsstelle Brenner (Matrix Stufe 2)

Als Ergebnis der Umlegung der Matrix der Stufe 2 ist in Tabelle 9-5 der Lkw-Verkehr auf Alternativrouten für die CAFT-Erhebungsstelle Brenner abgebildet. Von insgesamt 31.063 Quell-Ziel-Beziehungen, deren Verkehrsaufkommen zumindest auch über den Brenner geroutet wird, wird auf 30.284 Quell-Ziel-Beziehungen ausschließlich über den Brenner geroutet. Lediglich 2,5 Prozent der Quell-Ziel-Beziehungen routen über mehr als eine Route, wobei mindestens eine dieser Routen nicht über die CAFT-Erhebungsstelle Brenner führt. Für das Verkehrsaufkommen ist dieser Anteil noch kleiner.

Tabelle 9-5: Alternativrouten zur CAFT-Erhebungsstelle Brenner**Anzahl der Verkehrsbeziehungen:**

Anzahl der Quell-Ziel-Verkehrsbeziehungen (QZ), deren Lkw-Fahrten auch über den Brenner geroutet wird	31.063 QZ/Tag (100,0 %)
davon Quell-Ziel-Verkehrsbeziehungen QZ, deren Lkw-Fahrten ausschließlich über den Brenner geroutet wird	30.284 QZ/Tag (97,5 %)

Verkehrsaufkommen:

Lkw-Verkehrsmenge der Quell-Ziel-Verkehrsbeziehungen, deren Lkw-Fahrten auch über den Brenner geroutet wird	4.347 Lkw/Werntag (100,0%)
davon Lkw-Verkehrsmenge der ausschließlich über den Brenner geroutet Quell-Ziel-Verkehrsbeziehungen	4.291 Lkw/Werntag (98,7%)

Verfahren

Die CAFT-Erhebung wird nur an ausgewählten Alpenpässen und Grenzübergängen als Querschnitterhebung durchgeführt und hat nicht das Ziel sämtliche Verkehre in Österreich abzubilden. Die CAFT-Matrix entspricht demnach einer Spinnenmatrix für die jeweiligen Querschnitte. Dieses Erhebungsverfahren erfasst daher nicht jene Teile von Quell- Zielbeziehungen, deren Routen nicht über eine CAFT-Zählstelle führen (vgl. Beispiel in Abbildung 9-11). Fahrten über diese Alternativrouten müssen durch ein Verfahren einbezogen werden, da andernfalls das Quell-Ziel-Verkehrsaufkommen systematisch zu niedrig ist. Der Anteil aller Fahrten zwischen den Bezirken i und j, die über eine gegebene CAFT-Erhebungsstelle führen, gemessen an allen Fahrten zwischen i und j, kann durch die folgende Beziehung beschrieben werden:

$$\alpha_{ij} = \frac{\sum_z \hat{q}_{ijz}^C}{f_{ij}}$$

Die in der CAFT-Erhebung berichteten Fahrten auf einer Quell-Ziel-Beziehung müssen um diesen Faktor aufgewertet werden, wenn in der CAFT-Erhebung weniger Fahrten berichtet werden als in der ESGVS:

$$\hat{Q}_{ij}^C = \frac{\hat{q}_{ij}^C}{\alpha_{ij}}$$

Notation	Beschreibung
α_{ij}	Faktor zur Berücksichtigung von Alternativrouten
\hat{q}_{ijz}^C	Um Doppelzählungen korrigierte Verkehrsstärke der CAFT-Erhebung der Quell-/Zielfahrten an CAFT-Erhebungsstelle z [Lkw/Jahr]
f_{ij}	Anzahl aller Fahrten der Quell-/Zielfahrten zwischen i und j laut ESGVS
\hat{q}_{ij}^C	Um Alternativrouten zu korrigierende Verkehrsmenge der Quell-/Zielfahrten zwischen i und j, d.h. die nicht nur über CAFT Erhebungsstelle aus ESGVS routen
\hat{Q}_{ij}^C	Um Alternativrouten korrigierte Verkehrsstärke der Quell-/Zielfahrten zwischen i und j, d.h. die nicht nur über CAFT-Erhebungsstellen routen

Das Verfahren basiert auf der Annahme, dass die CAFT-Erhebung qualitativ plausibler als die ESGVS-Erhebung ist. Dies begründet sich darin, dass Quell-Ziel-Beziehungen, die an einer Zählstelle erfasst werden, sicher in der Stichprobe vertreten sind, da eine Kontrolle durch das Erhebungspersonal in Verbindung mit der Zählstellenlage gegeben ist. Die Verweigerungsrate ist gegenüber der Betriebsstättenenerhebung erfahrungsgemäß geringer. Es wird demnach angenommen, dass alle Fahrten zwischen einem gegebenen Quell- und Zielbezirk in der Europäischen Straßengüterverkehrserhebung ESGVS erfasst wurden, also α_{ij}

immer kleiner oder gleich eins ist. Ist dies nicht der Fall und sind die adaptierten Werte aus der CAFT-Erhebung größer als jene der ESGVS, werden sie nicht korrigiert. In diesen Fällen wird α_{ij} gleich eins gesetzt. Die Aggregation über alle CAFT-Erhebungsstellen der so adaptierten Quell-Ziel-Beziehungen der CAFT-Erhebung (\hat{Q}_{ij}^c) berücksichtigt somit Lkw-Verkehr der Matrix der Stufe 2, der nicht im Rahmen der CAFT erhoben wurden und laut VMÖ-Routensuche und Umlegung über andere Strecken führt. Zur Durchführung dieses Prozessschrittes wurde eine R-Routine programmiert.

Ergebnis

Analog dem Vorgehen auf Stufe 3a wird auch hier der Verfahrensalgorithmus mit Zwischenergebnissen der Zielverkehrs geprüft. Aus Tabelle 9-6 ist der Nettoeffekt des Verfahrens der Stufen 3a und 3b erkennbar, der eine Steigerung der in der CAFT-Erhebung hochgerechneten und berichteten Lkw-Fahrten bewirkt. Durch das Verfahren der Stufe 3b steigt das Lkw-Aufkommen auf allen Verkehrsbeziehungen. Vergleichsweise hoch fallen die Änderungen für den Transit- und Quellverkehr aus, während der Binnenverkehr von Adaptionen mittels Daten der CAFT-Erhebung kaum beeinflusst wird. Die geringere Anzahl an Quell-Ziel-Beziehungen im Vergleich mit Tabelle 9-2 resultiert aus der Aggregation über die einzelnen CAFT-Erhebungsstellen je Quell-Ziel-Beziehung, welche in Stufe 3b nicht mehr benötigt werden.

Tabelle 9-6: Vergleich der Summe der Lkw-Fahrten der Matrizen der Stufen 3a und 3b (basierend auf den aus den CAFT-Daten ermittelten Quell- Ziel-Beziehungen)

	Anzahl Quell-Ziel-Beziehungen	Stufe 3a (CAFT): Lkw-Fahrten [Lkw/Jahr]	Stufe 3b (CAFT): Lkw-Fahrten [Lkw/Jahr]	Veränderung [%]
Quellverkehr	3.330	2.385.460	2.463.092	3,25 %
Zielverkehr	3.284	2.556.934	2.608.473	2,02 %
Binnenverkehr	3.107	1.876.574	1.888.444	0,63 %
Transitverkehr	5.693	3.616.535	3.784.978	4,66 %
Gesamtverkehr	15.414	10.435.503	10.744.987	2,97 %

Abbildung 9-12 vergleicht die ursprünglichen Ergebnisse der CAFT-Erhebung mit der Matrix der Stufe 3a und 3b. Die Bereinigung der Mehrfacherfassungen im Verfahren der Stufe 3a bewirkt für Binnen-, Quell-, Ziel- und Transitverkehr eine Reduktion des Lkw-Verkehrsaufkommens gegenüber den Originaldaten. Sie fällt für den Transitverkehr besonders stark aus. Durch die Berücksichtigung der Alternativrouten im Verfahren der Stufe 3b steigt das Lkw-Verkehrsaufkommen wieder an. Aus beiden Effekten resultiert für jede Kategorie (Binnen-, Quell, Ziel- und Transitverkehr) eine Reduktion der in der CAFT-Erhebung berichteten Verkehrsmengen. Sie fällt für den Binnenverkehr am geringsten aus. Das ist naheliegend, da die CAFT-Erhebung an Alpenpässen und Grenzübergängen durchgeführt wird, somit an Orten mit wenig Binnenverkehr. Dagegen fallen die Anpassungen des Transitverkehrs am stärksten aus, was darin begründet liegt, dass vom Transitverkehr besonders häufig mehrere CAFT-Erhebungsstellen passiert werden – etwa eine CAFT-Erhebungsstelle an der Grenze und innerhalb Österreichs eine CAFT-Erhebungsstelle an einem Alpenpass. Daher fallen die notwendigen Adaptionen im Rahmen des Verfahrens der Stufe 3a besonders stark aus.

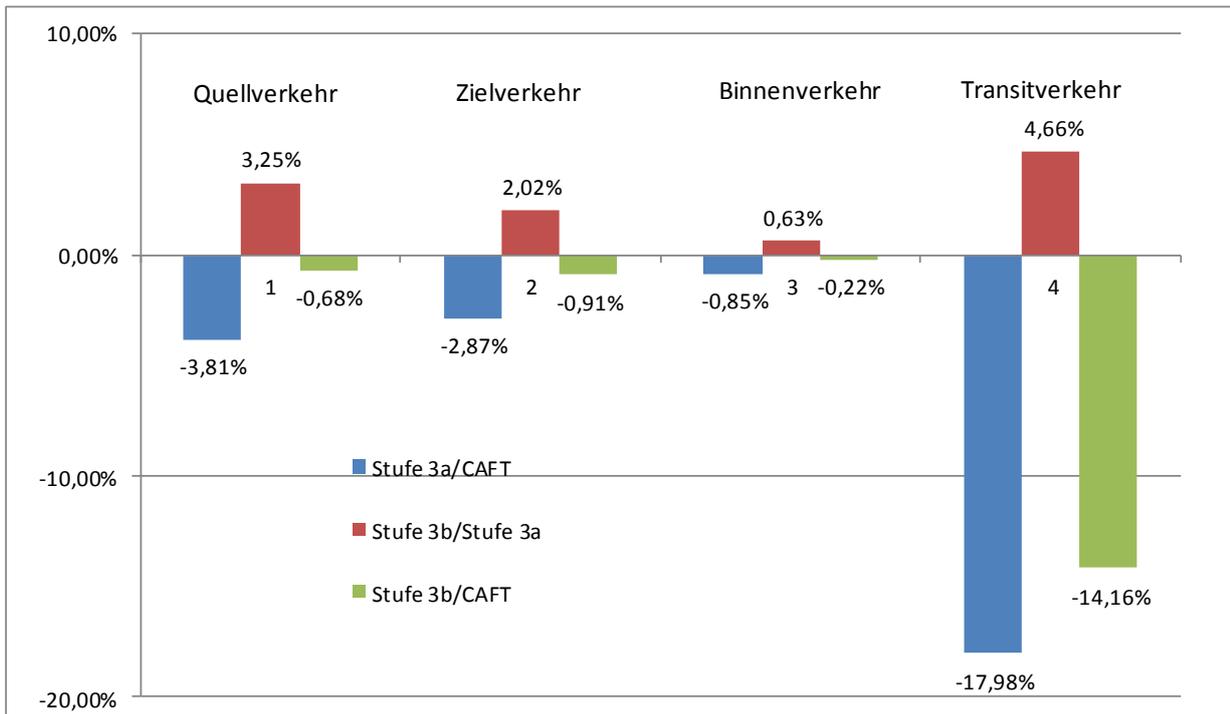


Abbildung 9-12: Veränderung des Lkw-Jahresverkehrsaufkommens nach Lkw-Fahrten/Jahr; Vergleich der CAFT-Erhebung 2009 und der Matrizen der Stufen 3a und 3b (berücksichtigt sind nur Quell-Ziel-Beziehungen, die über mindestens eine CAFT-Zählstelle routen)

9.2.7 Stufe 3c: Zusammenführung der CAFT-Erhebung und der ESGVS

Das Verfahren der Stufe 3c beinhaltet die Zusammenführung der Matrix der Stufe 3b mit der Matrix der Stufe 2. Das Ergebnis ist eine Kombination der Daten der ESGVS mit der CAFT-Erhebung. Die Straßengüterverkehrsmatrix wird dadurch auf eine breitere Datengrundlage gestellt (Abbildung 9-13).

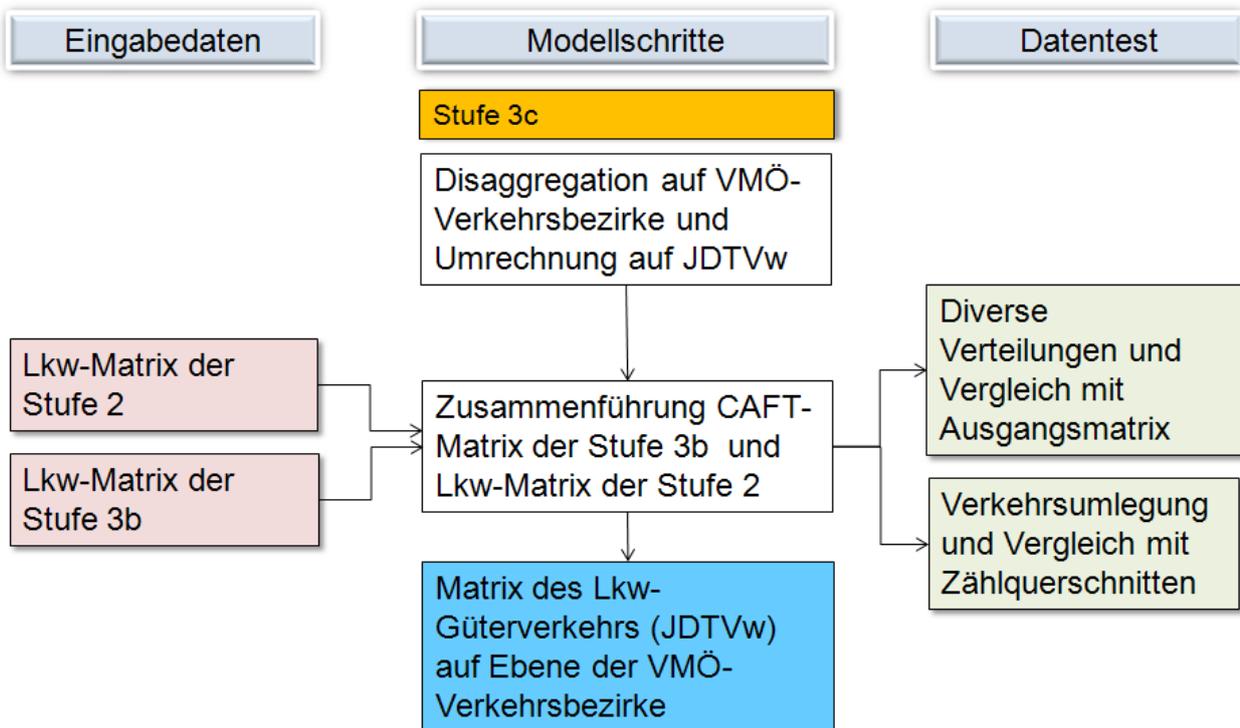


Abbildung 9-13: Arbeitsschritte der Modellstufe 3c

Verfahren

Für die Zusammenführung der ESGVS (Matrix der Stufe 2) mit der CAFT-Erhebung (Matrix der Stufe 3b) wurden verschiedene Verfahren getestet (vgl. Kap. 11.3). Letztendlich wurde folgende Variante gewählt: Für alle Quell-Ziel-Beziehungen, deren nach dem Bestwegverfahren im Visum ermittelten Routen über mindestens eine CAFT-Erhebungsstelle führen, wird das aus der CAFT-Erhebung ermittelte Lkw-Aufkommen – selbst wenn dieses null ist – verwendet und die entsprechenden Werte der ESGVS ersetzt. Für alle anderen Quell-Ziel-Beziehungen wird der Wert der Matrix der Stufe 2 (basiert auf den Daten der ESGVS) übernommen.

Zur Identifizierung der potentiellen, aber nicht erfassten oder genutzten Routen von Quell-Ziel-Beziehungen über eine CAFT-Erhebungsstelle wird eine Quell-Ziel-Matrix gebildet, in der alle Quell-Ziel-Beziehungen mit mindestens einer Lkw-Fahrt je Quell-Ziel-Beziehung besetzt sind. Diese Matrix wird mit einem Bestwegverfahren umgelegt. Für alle Quell-Ziel-Beziehungen wird ermittelt, ob der Weg mit dem geringsten Widerstand – gemessen an der Widerstandsfunktion, in die die Fahrzeit, die Mautkosten und die Fahrlänge eingehen (Kap. 5.4.1) – über eine CAFT-Erhebungsstelle führt. Diese Vorgangsweise wurde deshalb gewählt, weil einerseits die Daten der CAFT-Erhebung als die verlässlicheren beurteilt werden und andererseits durch den geringen Stichprobenumfang beider Erhebungen kleine Verkehrsmengen in der Nähe von null sehr häufig vorkommen. Eine Verwendung des jeweils größeren Wertes führt zu einer Übererfassung, die sowohl methodisch als auch numerisch im Ergebnis nichtplausibel ist. Der Versuch, bei der Zusammenführung der Matrizen distanzabhängige Faktoren einzubeziehen, war aufgrund des zu gering ausgeprägten Zusammenhangs nicht zielführend (siehe Kap. 11.2).

Bei der Umsetzung des Verfahrens ist zu berücksichtigen, dass die Quellen und Ziele im Ausland in der CAFT-Erhebung nur auf NUTS-3 erfasst werden, die „besten Wege“ laut Visum jedoch auf Basis der Verkehrsbezirke des VMÖ vorliegen. Eine Quell-Ziel-Beziehung auf Ebene einer NUTS-3-Region (auf

Auslandsseite) wird dann als über eine CAFT-Erhebungsstelle führend eingeschätzt, wenn dies für die Mehrheit der untergeordneten VMÖ-Beziehungen der Fall ist. In diesen Fällen wird der CAFT-Wert der Matrix der Stufe 3b übernommen, auch wenn dieser Null ist. Liegt der Anteil jener Fahrten, die über CAFT-Erhebungsstellen führen, bei unter 50 %, wird der Wert der ESGVS übernommen.

Ergebnisse

Dem angewendeten Prinzip liegt die begründete Hypothese zugrunde, dass es bei der ESGVS zu einer Untererfassung des Lkw-Verkehrs kommt. Die Erklärung der Untererfassung zeigt sich darin, dass die an den CAFT-Zählstellen erfassten Lkw-Fahrten kein Nicht-Beantwortungsproblem von Fahrten („item-non-response“) haben, was bei der ESGVS-Erhebung eine große Rolle spielen dürfte. Zu letzterer Annahme gibt es keine detaillierte Untersuchung, aber eine Reihe von stichhaltigen Indizien, die sich vor allem durch die Umlegung der ESGVS-Daten und die damit signifikant darunterliegenden umgelegten Lkw-Verkehrsmengen und den vergleichbaren Zählwerten ergeben. Zur Untersuchung dieser Untererfassung wurde der Quotient des Jahresverkehrsaufkommens laut Matrix der Stufe 2 und CAFT-Erhebungswerten berechnet, wobei nur die Quell-Ziel-Beziehungen berücksichtigt sind, die in beiden Datenquellen enthalten sind. Der Quotient wird für die jeweiligen VMÖ-Verkehrsbezirke ermittelt – bei Binnenfahrten ist dies die Ebene der Gemeinden, beim Quell- und Zielverkehr wird der Quotient für inländische Ziele oder Quellen auf Gemeindeebene und für ausländische für NUTS-3-Regionen berechnet (Tabelle 9-7). Er ist jeweils deutlich unter 15 % (außer Transit: 50%). Mit Ausnahme einzelner Quell-Ziel-Beziehungen gibt es somit eine deutliche Untererfassung in der ESGVS.

Tabelle 9-7: Vergleich der Summe der Lkw-Fahrten der Matrizen der Stufen 2 und 3b (basierend auf Quell-Ziel-Beziehungen, die in beiden Datensätzen enthalten sind)

	Quell-Ziel- Beziehungen [Anzahl]	Mittlere Entfernung [km]	Stufe 2 (ESGVS): Lkw-Fahrten [Lkw/Jahr]	Stufe 3b (CAFT): Lkw-Fahrten [Lkw/Jahr]	Anteil der Fahrten [Stufe 2/Stufe 3b]
Binnenverkehr	1.907	186	71.955	979.663	7,3 %
Zielverkehr	2.503	506	182.510	1.760.444	10,4 %
Quellverkehr	2.604	502	214.104	1.707.386	12,5 %
Transitverkehr	1.000		495.568	988.809	50,1 %

9.2.8 Erstellung der Matrix der Stufe 4: Matrixkorrektur mit Maut- und Zählstellendaten

Die aus dem Verfahren der Stufe 3c resultierende Matrix ist eine Kombination von ESGVS- und CAFT-Daten. Weitere Datenquellen zum Straßengüterverkehr sind Zählzahlen der automatischen Zählstellen im gesamten Straßennetz und Mautdaten im hochrangigen Straßennetz. Diese Daten werden zur Korrektur der Matrix der Stufe 3c verwendet. Im Rahmen eines Matrixkorrekturverfahrens wird die Eingangsmatrix so angepasst, dass die Umlegung der Matrix bestmöglich mit den Zählstellenwerten übereinstimmt (Abbildung 9-14).

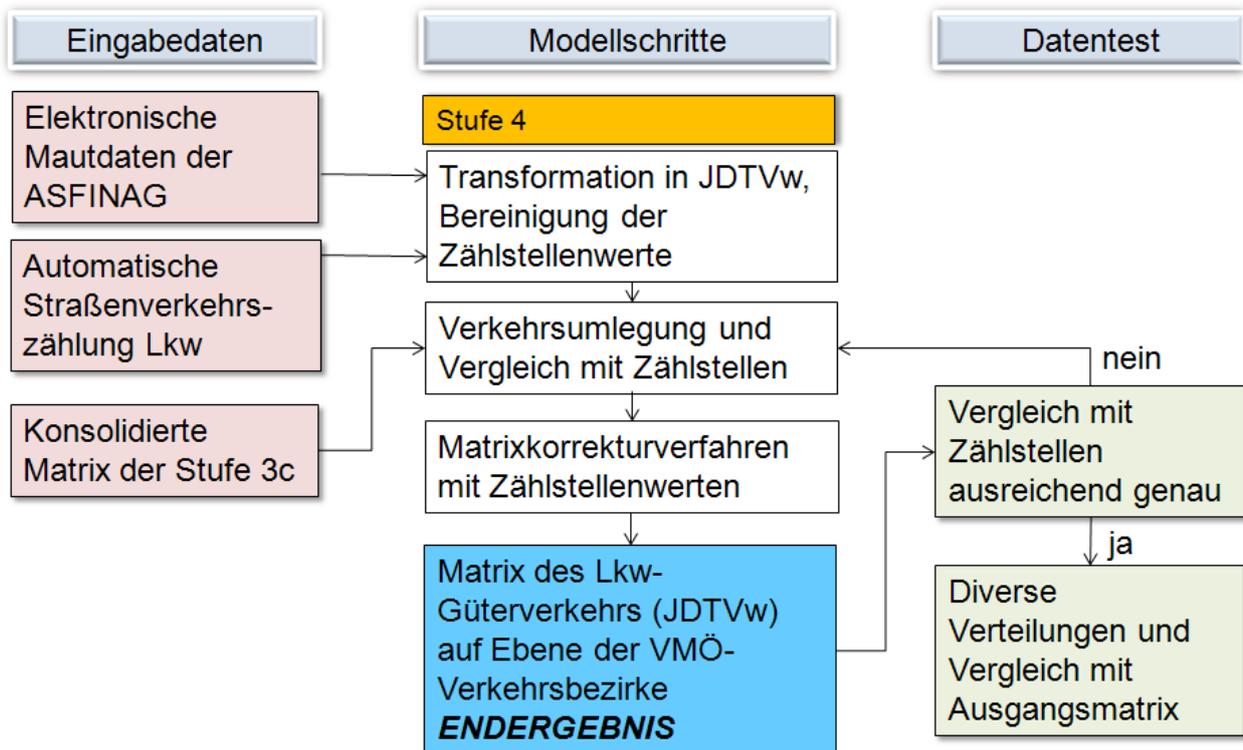


Abbildung 9-14: Arbeitsschritte der Modellstufe 4

Verfahren

Für die Matrixkorrektur wird das VISUM-Verfahren VStromFuzzy verwendet. Es erfordert Zählstellendaten, die der mit Hilfe eines Verkehrsmodells umzulegenden Matrix entsprechen. Dies bezieht sich insbesondere auf:

- Die zeitliche Bezugsgröße: Bezugsgröße des Zählstellenwertes ist der durchschnittliche werktägliche Verkehr im Jahr 2009.
- Die inhaltliche Bezugsgröße: Bezugsgröße des Zählstellenwertes ist der Lkw-Verkehr, verschiedene als „Lkw-ähnlich“ erfasste Fahrzeuge wie Busse oder Pkw mit Anhängern müssen aus den Zählstellenwerten herausgerechnet werden. Dies betrifft auch den Zellbinnenverkehr, der in der Straßengüterverkehrsmatrix enthalten ist, aber im VMÖ nicht umgelegt wird (vgl. Kap. 5.3).

Ausgehend von einer Startumlegung wird im VStromFuzzy jene Matrix iterativ berechnet, deren Umlegung die größte Übereinstimmung mit den Zählstellenwerten erzielt. Dazu werden alle über eine Zählstelle führenden Quell-Ziel-Beziehungen in einem iterativen Verfahren solange angepasst, bis diese Übereinstimmung mit einer gegebenen Toleranz erreicht wird (vgl. Kap. 8.2). Verschiedene und auch softwarebedingte Probleme erschweren die Nutzung der VStromFuzzy-Prozedur im Rahmen des Projekts IMoVe-Güter:

Probleme des VMÖ-Netzgraphen: Im Netzgraph verbindet eine Strecke zwei Knoten. Dabei sollte eine Anschlussstelle des A&S-Netzes durch einen Knoten definiert sein. Zudem sind geplante Anschlussstellen eingezeichnet, die im VMÖ-Netz nicht an das niederrangige Straßennetz angeschlossen sind. Nicht alle Knoten repräsentieren Anschlussstellen des A&S-Netzes. Knoten an Landesgrenzen und geplante Knoten betreffen die Funktionsfähigkeit der VStromFuzzy-Prozedur nicht. Die LS-Zählstellen auf zu diesen „Scheinknoten“ führenden Strecken haben, da es sich um dieselbe Zählstelle handelt,– denselben Zählwert einer Mautstelle. Anders liegt der Fall, wenn eine Anschlussstelle fälschlicherweise nicht angebunden ist. In

der Realität wird die Anschlussstelle benutzt, so dass sich die Verkehrsbelastung auf den vorgelagerten und nachfolgenden Straßenstücken unterscheidet. Dieser Unterschied kann im Verkehrsmodell aufgrund der fehlenden Anbindung der Anschlussstelle nicht abgebildet werden. In der Folge variieren die Zählwerte an direkt aufeinanderfolgenden Zählstellen, was zu einer mathematischen Überbestimmtheit des Schätzproblems führt. Das VStromFuzzy kann nur an eine Zählstelle angepasst werden. Sind die Belastungen zu unterschiedlich, kann das VStromFuzzy keine Lösung innerhalb der definierten Genauigkeit finden.

Zellbinnenverkehr: Die Quell-Ziel-Matrix des Verkehrsaufkommens beinhaltet auch Binnenverkehr der Verkehrsbezirke. Dieser wird im Netz nicht umgelegt. Die modellierte Verkehrsbelastung auf einer Strecke mit Binnenverkehr ist daher, selbst wenn der gesamte überörtliche Verkehr in der Realität genau abgebildet wird, falsch. Für das VStromFuzzy (und auch für den Zählstellenvergleich zur Bewertung der Umlegungsergebnisse) müssen daher die Zählwerte um die Menge des Binnenverkehrs des betrachteten Verkehrsbezirks bereinigt werden. Es liegen aber keine empirischen Befunde zur Bestimmung des Anteils des Binnenverkehrs auf einer gegebenen Strecke zum gesamten Binnenverkehr des Verkehrsbezirks vor. Die Bereinigung beruht daher auf einer Abschätzung, wobei die Art und Lage der Zählstelle und der Straße selbst im Kontext des Verkehrsbezirks berücksichtigt werden muss. Punktuell wurde auch die räumliche Verteilung der Flächennutzung des Verkehrsbezirks (z.B. OMV in Linz, Ballungsraum Graz) zur Plausibilitätsprüfung herangezogen. Bei Zählstellen im Autobahn- und Schnellstraßennetz ist die Ermittlung des Zellbinnenverkehrs vergleichsweise einfach. Die Anzahl der Autobahnstrecken mit zwei Anschlussstellen in einem Verkehrsbezirk ist begrenzt. Ist diese Situation gegeben, liegen die Anschlussstellen häufig am Rande des Verkehrsbezirks, so dass kein substantieller Teil an Binnenverkehr entsteht. Liegen beide Anschlussstellen in Verkehrsbezirksgrenznähe wird näherungsweise ein Anteil von 5 % des Binnenverkehrs als die Zählstelle passierend angesetzt. Liegt mindestens eine Anschlussstelle zentral in dem Verkehrsbezirk, was in den Ballungsräumen Wien, Linz und Graz häufiger vorkommt, wird der Anteil des die Zählstelle passierenden Binnenverkehrs auf bis zu 15 % erhöht. Für AZS-Zählstellen im untergeordneten Straßennetz wird ein Maximalwert von 20 % angesetzt und eine händische Analyse durchgeführt (s. Kap. 5.3.2). Da es keine detaillierten Daten über den Anteil des Zellbinnenverkehrs gibt, werden diese Annahmen zur Berücksichtigung getroffen (vgl. auch Kap. 5.3.2).

Schließlich ist festzuhalten, dass durch die dichte Lage insbesondere der Mautzählstellen entlang des A&S-Netzes in Verbindung mit einer geringen Anzahl an Verkehrsbeziehungen es zu einer mathematischen Überbestimmung kommen kann, die eine konvergente Lösung verhindern können. In diesem Falle sind solche Zählstellen auszuscheiden, um eine mathematische Lösung des Algorithmus zu ermöglichen.

Ein weiteres Softwareproblem stellt die nicht ins Detail gehende Dokumentation des Programms VStromFuzzy dar, die ein inhaltlich fundiertes Adaptieren der Eingangsdaten erschwert. Die große Anzahl der Zählstellen bedeutet auch, dass lange Rechenzeiten benötigt werden, was die Bearbeitung erschwert. Die Erfahrung mit der Handhabung der Software hat gezeigt, dass naturgemäß der Lkw-Routensuchalgorithmus einen starken Einfluss auf die Validität des Ergebnisses hat, dass die Lkw-Routensuche verhaltenmäßig nicht optimiert ist und insbesondere durch die Lkw-Maut auf den A&S-Straßen nicht ausreichend valide bezüglich des Routenverhaltens abgebildet wird. Eine der Ursachen dafür liegt darin, dass die Routensuche und Umlegung auf den Pkw-Verkehr fokussiert ist, während der Lkw-Verkehr mit einem Anteil von etwa 8 bis 15% der Verkehrsstärken normaler Weise nicht als wesentlich betrachtet wird. Wünschenswert und ein großes Manko der Software besteht darin, dass die allenfalls auftretende mathematische Überbestimmtheit einer Lösung nicht mit der dafür maßgebenden Ursache angezeigt wird.

Für das VStromFuzzy-Verfahren wurden 1.067 Zählstellen herangezogen (Abbildung 9-15). Als maximale zulässige Toleranz wurde eine Abweichung von 10 Prozent der Umlegungsergebnisse von den Zählstellenwerten festgelegt. Für die Erzeugung der Startlösung wurde eine Bestwegumlegung der Matrix der Stufe 3c durchgeführt.

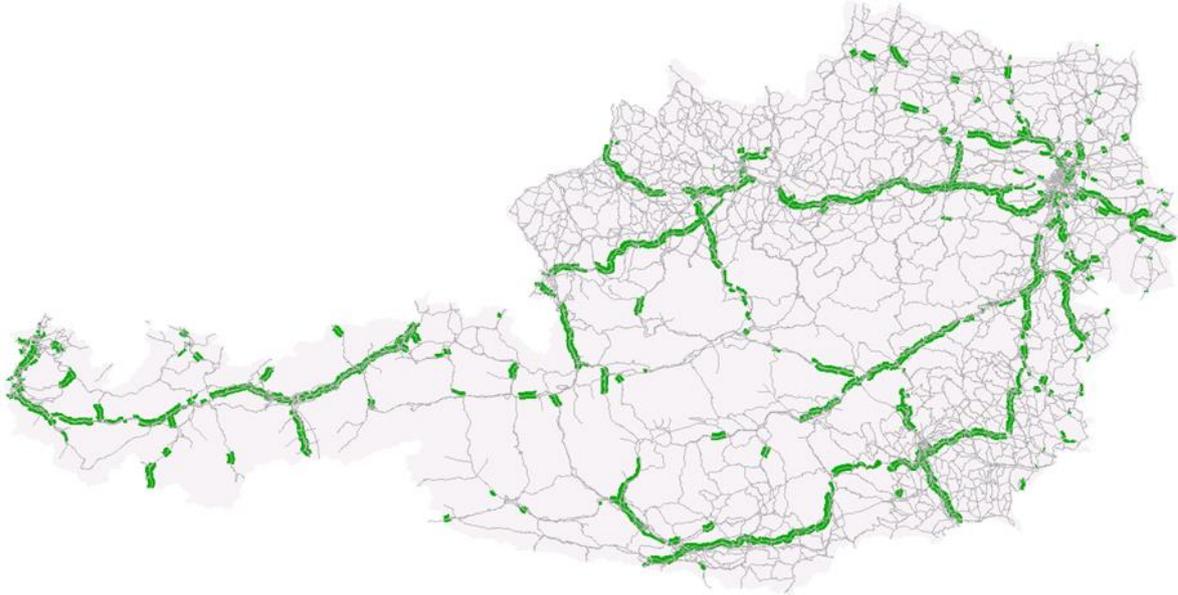


Abbildung 9-15: Strecken des Straßengraphen des VMÖ mit Zählstellen, die zur Matrixkorrektur verwendet wurden

9.3 Zusammenschau des angewendete Verfahrens zur Erstellung einer validen Quell-Ziel-Matrix des Straßengüterverkehrs

Für die Erstellung einer validen Straßengüterverkehrsmatrix steht eine Reihe von Datenquellen zur Verfügung. Dies sind die europäische Verkehrsstatistik des Statistischen Dienstes der Europäischen Kommission (Europäische Straßengüterverkehrsstatistik, ESGVS) und die amtliche Güterverkehrsstatistik Österreichs (Straßengüterverkehrsstatistik, SGVS), wobei diese im Prinzip eine Teilmenge der ESGVS ist, allerdings in Österreich Daten auf feiner räumlicher Auflösung beinhaltet (vgl. Kap. 5.1). Darüber hinaus gibt es ergänzende Erhebungen, darunter vor allem die Erhebung zum alpenquerenden und grenzüberschreitenden Güterverkehr (CAFT), die Daten der elektronischen Maut auf österreichischen Autobahnen und Schnellstraßen, sowie Querschnitterhebungen auf dem hochrangigen Straßennetz und den Straßen in der Verwaltung der Bundesländer. Aus den spezifischen Erhebungsinhalten und -methoden der verschiedenen Datenquellen ergibt sich eine Reihe von räumlicher, zeitlicher und inhaltlicher Inhomogenität, die die Auswertung und Weiterverarbeitung erschweren. Aufbauend auf einer umfassenden Datenanalyse wird daher eine spezifische Datenaufbereitung durchgeführt. Dabei werden die einzelnen Datensätze harmonisiert und dort, wo dies nicht möglich ist bzw. wo Daten fehlen, durch geeignete Verfahren ergänzt.

Im Projekt IMoVe-Güter wurde ein Verfahren entwickelt, um aus den vorhandenen Datenquellen eine valide Straßengüterverkehrsmatrix für Österreich zu entwickeln (Abbildung 9-16). Dieses Verfahren ist wiederholbar, benutzt soweit wie möglich am Markt erhältliche Software und wird im Rahmen von IMoVe-Güter für das Jahr 2009 umgesetzt. Das Verfahren ist ein mehrstufiger Prozess, in dem zunächst die ESGVS-Daten, die inhaltlich mit den SGVS-Daten weitgehend übereinstimmen, auf die benötigte räumliche und zeitliche Bezugsgröße transformiert werden. Die räumliche Transformation beinhaltet die Disaggregation

der in einer größeren Aggregationsstufe erfassten Daten auf die Aggregationseinheit „politische Bezirke“ (Österreich) bzw. NUTS-3-Regionen (Ausland). Dabei kommt das Verfahren der Entropiemaximierung zur Anwendung (Stufe 1a). In einem zweiten Schritt werden die Quell-Ziel-Beziehungen im Verhältnis des Verkehrsaufkommens auf die Verkehrsbezirke des Verkehrsmodells Österreich aufgeteilt (Stufe 1b). Die so adaptierte Matrix weist den Lkw-Jahresverkehr aus und wird auf den werktäglichen Durchschnittsverkehr der Lkw umgerechnet, um im Verkehrsmodell Österreich verwendet werden zu können (Stufe 2). Die resultierende Matrix wird mit Daten der CAFT-Erhebung verschnitten (Stufe 3). Die resultierende Matrix wird durch ein auf Zählstellenwerten basierendes Matrixkorrekturverfahren (VStromFuzzy) so angepasst, dass die Umlegung der Matrix der durch die Zählstellenwerte angegebenen Streckenbelastung bestmöglich entspricht (Stufe 4).

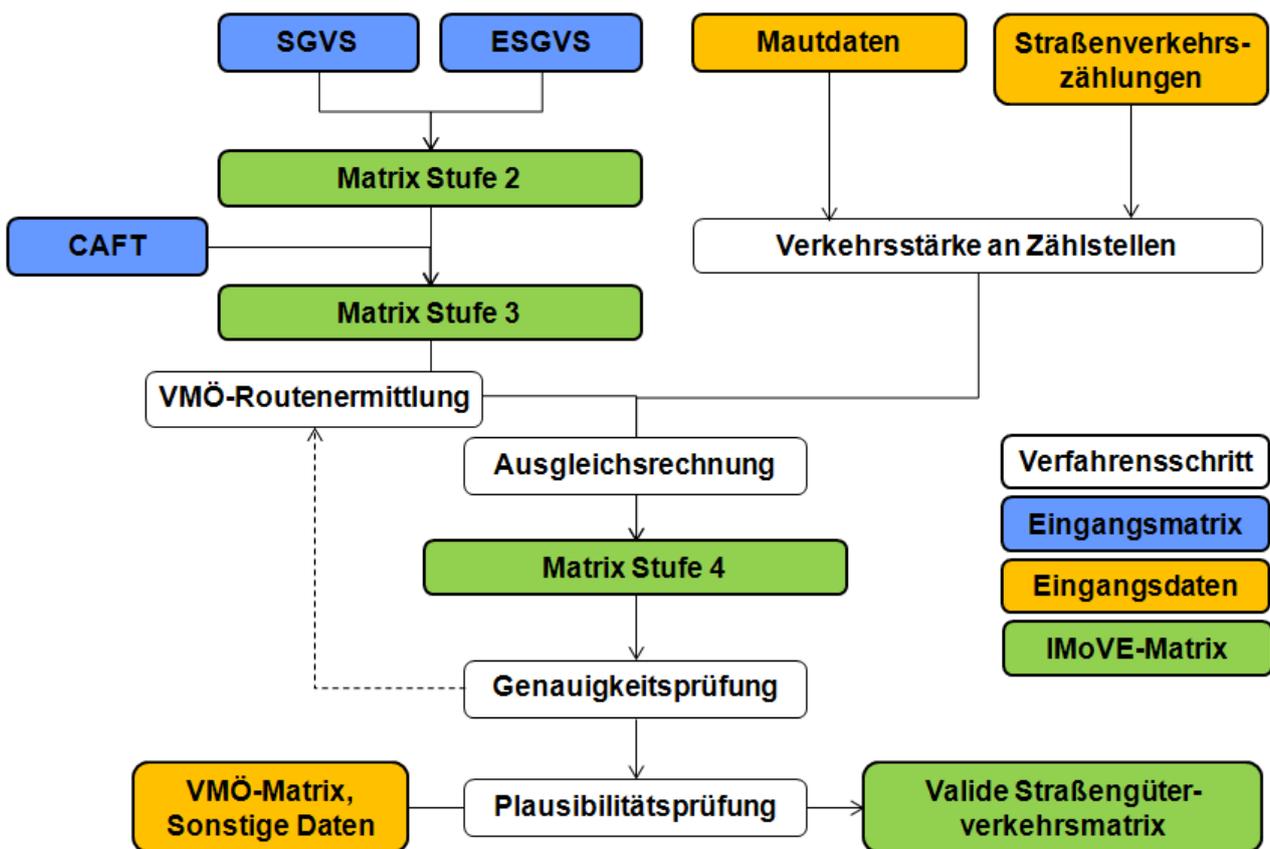


Abbildung 9-16: Verfahrensübersicht zur Erstellung einer validen und konsistenten Lkw-Güterverkehrsmatrix für Österreich

10 Ergebnisse der Umlegung der resultierenden Straßengüterverkehrsmatrix und Einordnung der Ergebnisse

Die resultierende Straßengüterverkehrsmatrix der Stufe 4 wird in das VMÖ importiert und mit dem Programm VISUM umgelegt. Dazu kommt, dem Lkw-Verkehr am besten entsprechend, eine Bestwegumlegung im unbelasteten Netz zur Anwendung. Es erfolgt

- (i) keine Umlegung des Pkw-Verkehrs und
- (ii) alle Lkw fahren auf der Route mit dem geringsten Widerstand.

Alternative Verfahren zur Routensuche und Umlegung sowie der Auswirkungen werden im Kapitel 11 beschrieben.

Die für die Berechnung der Lkw-Verkehrsleistung und der Lkw-Transportleistung benötigten Entfernungen werden dem VMÖ entnommen. Es sind die Längen der gewählten Routen inklusive aller Anbindungen der Strecken im Quell- und Zielverkehrsbezirk. Für die Verkehrs- und Transportleistung werden nur die im österreichischen Straßennetz zurückgelegten Entfernungen berücksichtigt. Da im Programm Visum der Binnenverkehr eines Verkehrsbezirks nicht umgelegt wird, kann hier keine Entfernung direkt ermittelt werden. Für diesen Lkw-Binnenverkehr richtet sich die angenommene Entfernung nach der Größe des VMÖ-Verkehrsbezirks. Die Fläche des Bezirks wird näherungsweise als Kreisfläche abgeschätzt. Aus der Fläche wird der Radius berechnet und als Fahrtlänge der einfache Bezirksradius angesetzt.

Für die Berechnung des Lkw-Transportaufkommens und der Lkw-Transportleistung wird die durchschnittliche Lkw-Beladung je Quell-Ziel-Beziehung ermittelt. Die ESGVS enthält für den Binnen-, Quell- und Zielverkehr in Bezug auf Österreich sowohl das Transportaufkommen in Tonnen als auch die Transportleistung in Tonnenkilometer für Paare von NUTS-3-Regionen, jene des Lkw-Transitverkehrs ausschließlich das Transportaufkommen. Das Transportaufkommen der ESGVS wird bereits ab Stufe 1b analog mitgerechnet, proportional nach dem Lkw-Verkehrsaufkommen verteilt und gemeinsam mit dem Verkehrsaufkommen auf VMÖ-Ebene disaggregiert. Da in Stufe 3c (Kap. 9.2.7) neue Quell-Ziel-Beziehungen aus der CAFT-Erhebung auftreten können, werden die Korrekturen der Stufen 3a und 3b auch für das in der CAFT ausgewiesene Transportaufkommen durchgeführt. Die Division des Lkw-Transportaufkommens durch das Lkw-Verkehrsaufkommen ergibt näherungsweise die durchschnittliche Beladung je Lkw-Fahrt zwischen zwei VMÖ-Regionen. Durch Multiplikation dieses Quotienten mit der Anzahl der Lkw-Fahrten und der Quell-Ziel-Entfernung (Distanzmatrix) als Ergebnis der Umlegung der Lkw-Matrizen der verschiedenen Stufen kann das Lkw-Transportaufkommen bzw. die Lkw-Transportleistung näherungsweise berechnet werden. Für Verkehrsverbindungen der ESGVS / CAFT mit Transit durch Österreich, für welche durch die Verkehrsumlegung mit Visum keine Fahrtlängen auf Österreichs Straßen gefunden werden (z.B. FR101-Paris, Ile-de-France => NL226-Niederlande) wird keine Transportleistung berechnet, da das österreichische Straßennetz nicht genutzt wird (Außenverkehr).

10.1 Ergebnisse – Lkw-Verkehrsaufkommen 2009

Aus dem Matrixkorrekturverfahren resultiert als Ergebnis eine Matrix der Stufe 4. Die Summe des durchschnittlichen werktäglichen Lkw-Verkehrsaufkommens, das das österreichische Staatsgebiet tangiert, beträgt 260.626 Lkw/Werktag (Tabelle 10-1) bzw. 70,85 Mio. Lkw/Jahr (Tabelle 10-2). Gegenüber der Matrix der Stufe 2 entspricht dies einem Anstieg des Lkw-Aufkommens um 44 Prozent und ist ebenfalls deutlich höher als das im Rahmen der dritten Stufe berechnete Lkw-Aufkommen. Dagegen sind die Änderungen von der zweiten zur dritten Stufe gering. Die relative Abweichung beträgt lediglich vier Prozent. Unterschiede zwischen der zweiten und der dritten, sowie der zweiten und der vierten

Verfahrensstufe ergeben sich in Abhängigkeit den räumlichen Verkehrsarten: für den Quell-, Ziel-, und Binnenverkehr entfällt der größte Teil des Zuwachses auf den Verfahrensschritt der vierten Stufe, während der Transitverkehr durch das Verfahren der vierten Stufe annähernd unverändert bleibt. Im Transitverkehr steigt das Lkw-Verkehrsaufkommen, also die werktäglichen Lkw-Fahrten, vor allem durch das Verfahren der Stufe 3. Das liegt daran, dass die CAFT-Erhebungsstellen, die eine valide Abbildung der Lkw-Fahrten ermöglichen, primär so angeordnet sind, dass sie den Lkw-Transitverkehr gut abbilden. Dies bestätigt die Überlegungen, dass zur validen Abbildung des LKW-Transitverkehrs die CAFT-Zählstellen sehr gut geeignet sind.

Zwischen den Matrizen, die aus den Stufen 2 und 3 resultieren, gibt es Verschiebungen insbesondere für den Umgebungsinnenverkehr (UBV) in Bezug auf Österreich. Das ist jener Lkw-Verkehr, dessen Quelle und Ziel in Österreich liegen, der aber nicht ausschließlich über österreichisches Staatsgebiet verläuft. Für diese Beziehungen steigt die Wahrscheinlichkeit, eine CAFT-Zählstelle zu passieren. Während das Lkw-Aufkommen im Binnenverkehr sogar leicht zurückgeht, steigt das Lkw-Verkehrsaufkommen im Umgebungsinnenverkehr um vier Prozent und damit genauso stark wie im Durchschnitt.

Tabelle 10-1: Werktägliches Lkw-Verkehrsaufkommen der Matrizen 2009 der verschiedenen Stufen (absolute Anzahl und relativer Anteil) in Bezug auf Österreich; Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix

	Werktägliche Lkw-Fahrten [1.000 Lkw/24 h (Mo-Fr)]			Werktägliche Lkw-Fahrten [% des Aufkommens der Verkehrsart in der jeweiligen Matrix]		
	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4
Transitverkehr	9,23	12,66	12,90	5 %	7%	5 %
Binnenverkehr (inkl. UBV)	150,36	150,36	214,61	83 %	80%	82 %
Quellverkehr	10,81	12,50	16,90	6 %	7%	6 %
Zielverkehr	10,75	13,10	16,22	6 %	7%	6 %
Gesamtverkehr	181,15	188,61	260,63	100 %	100%	100 %

Tabelle 10-2: Jährliches Lkw-Verkehrsaufkommen der Matrizen 2009 der verschiedenen Stufen (absolute Anzahl und relative Veränderung) in Bezug auf Österreich, Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix

	Lkw-Fahrten [Mio. Lkw/Jahr]			Relative Abweichung[%]	
	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	Stufe 2-3	Stufe 2-4
Transitverkehr	2,51	3,44	3,51	37 %	40 %
Binnenverkehr (inkl. UBV)	40,88	40,87	58,34	0 %	43 %
Quellverkehr	2,94	3,40	4,59	16 %	56 %
Zielverkehr	2,92	3,56	4,41	22 %	51 %
Gesamtverkehr	49,25	51,27	70,85	4 %	44 %

Die in absolutem Wert bedeutendste Änderung des Lkw-Aufkommens im Rahmen des IMoVe-Güter-Verfahrens entfällt auf den Binnenverkehr (Abbildung 10-1). Zwar ist der relative Anstieg des Quell- und Zielverkehrs in Prozent stärker, aufgrund des niedrigeren Ausgangsniveaus ist hier der absolute Zuwachs geringer.

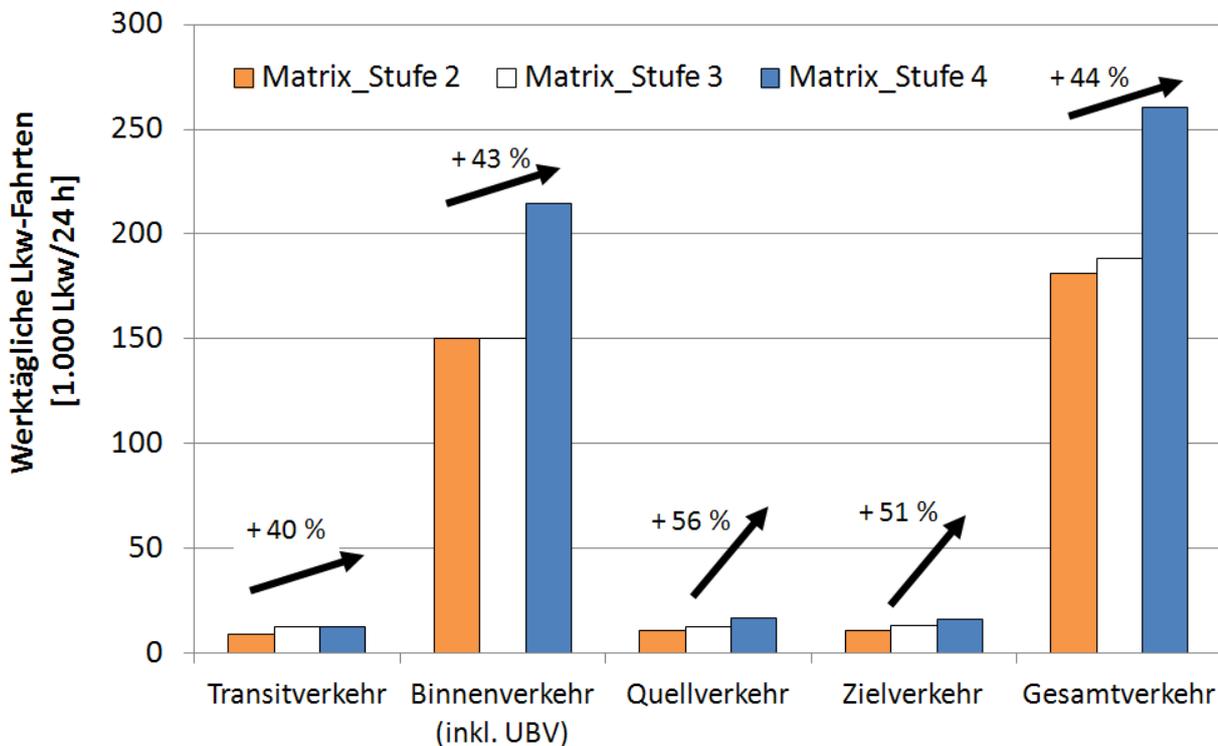


Abbildung 10-1: Werttägliches Lkw-Verkehrsaufkommen der Matrizen 2009 der verschiedenen Stufen in Bezug auf Österreich, Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix

Die Auswirkungen des IMoVe-Güter-Verfahrens auf die modellierte Streckenbelastung im Straßennetz ist für den Vergleich der Umlegungen der Matrizen der Stufen 2 und 4 in Abbildung 10-2 dargestellt. Rot markierte Strecken beschreiben eine Zunahme des Lkw-Verkehrsaufkommens als Ergebnis der Umlegung der Stufe 4, grün markierte Strecken eine niedrigere Streckenbelastung. Entsprechend der Zunahme des Gesamtverkehrs, sind grün markierte Strecken nur vereinzelt in eher peripheren Lagen verortet. Der Zuwachs des Verkehrsaufkommens entfällt im besonderen Maße auf das hochrangige Straßennetz, da insgesamt von einer signifikanten Untererfassung des Straßengüterverkehrs auszugehen ist. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass in dieser Abbildung naturgemäß auch Unsicherheiten der Lkw-Routenmodellierungen im Vergleich zu tatsächlichen Routen ihre Auswirkungen haben.

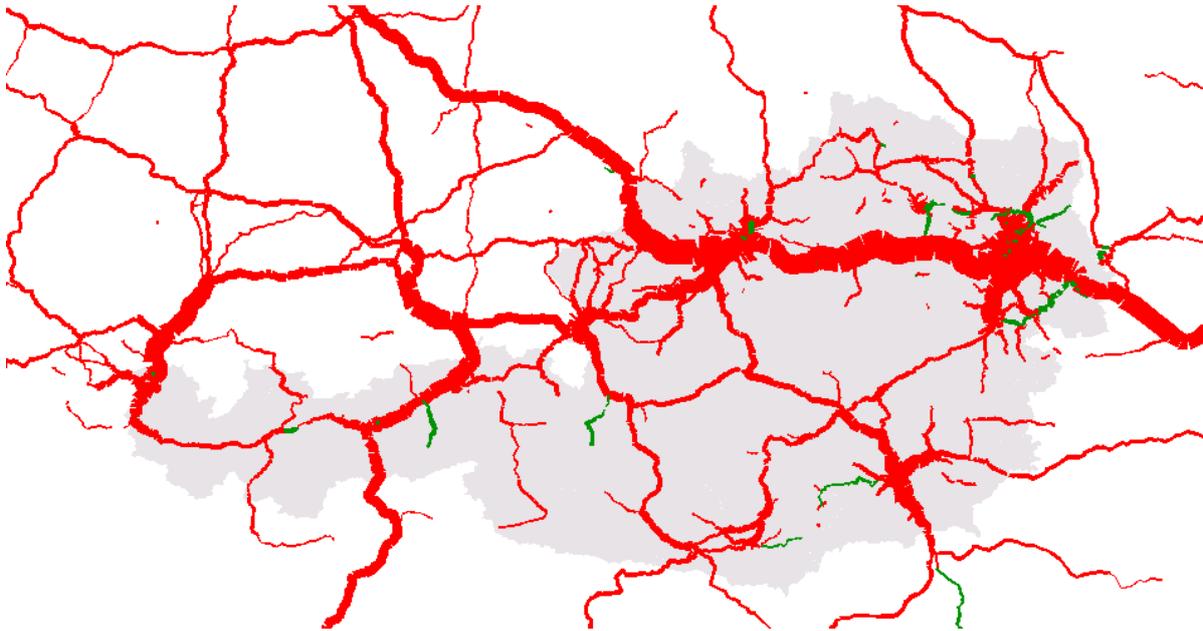


Abbildung 10-2: Differenz des Verkehrsaufkommens bei einer Umlegung der Matrizen 2009 der Stufen 2 und 4; rote Farbe bedeutet eine Zunahme, grüne Farbe eine Abnahme zwischen der Verkehrsstärke je Streckenabschnitt zwischen Stufe 2 und 4

In der Gesamtsumme des durchschnittlichen werktäglichen Lkw-Aufkommens von 260.626 Lkw/Werntag, der das österreichische Staatsgebiet tangiert, ist der Transitverkehr enthalten, nicht aber der Außenverkehr. Als Außenverkehr in Bezug auf Österreich ist derjenige Verkehr definiert, dessen Quelle und Ziel im Ausland verortet sind und der das österreichische Straßennetz nicht berührt. Per Definition der verwendeten Datenquellen dürfte dieser Verkehr nicht in den Matrizen der verschiedenen Stufen des Verfahrens enthalten sein. Allerdings ergibt die Umlegung der Matrizen ein im Verlauf der verschiedenen Stufen steigendes Lkw-Verkehrsaufkommen im Außenverkehr (Tabelle 10-3). Es steigt von weniger als einem Prozent des Gesamtverkehrs (inkl. Außenverkehr) auf 1,3 Prozent in der Matrix der vierten Stufe.

Tabelle 10-3: Außenverkehr und Gesamtverkehr des Lkw-Verkehrsaufkommens der Matrizen 2009 der verschiedenen Stufen (absolute Anzahl und relativer Anteil) in Bezug auf Österreich

	Werk tägliche Lkw-Fahrten [1.000 Lkw/24 h (Mo-Fr)]		
	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4
Transitverkehr	9,23	12,66	12,90
Gesamtverkehr – österreichrelevant	181,15	188,61	260,63
Außenverkehr	1,71	2,56	3,54
Gesamtverkehr – inkl. Außenverkehr	182,87	191,17	264,16

10.2 Ergebnisse – Lkw-Verkehrsleistung 2009

Die Lkw-Verkehrsleistung beschreibt die im Straßengüterverkehr an Werktagen zurückgelegte Entfernung. Dabei ist eine Unterscheidung nach dem Territorial- und dem Fahrtenprinzip möglich. Beim Fahrtenprinzip wird die zurückgelegte Entfernung im gesamten Straßennetz der Untersuchung betrachtet, unabhängig davon, wo sie zurückgelegt wird. Hier entspricht dies dem Europäischen Straßennetz, das in der

Modellierung abgebildet ist. Beim Territorialprinzip werden dagegen nur die innerhalb eines gegebenen Territoriums bewältigten Entfernungen einbezogen. In dieser Untersuchung erfolgt die Begrenzung in Bezug auf Österreich. Während diese Unterscheidung beim Binnenverkehr von Österreich keine Bedeutung hat bzw. keinen Unterschied macht, gilt das sehr wohl für den Umgebungsinnenverkehr von Österreich, der Quelle und Ziel in Österreich hat, aber auch Straßen im Ausland nutzt. Die territoriale Unterscheidung ist auch beim Ziel- Quell- und Transitverkehr relevant. Insbesondere im Transitverkehr, bei dem Verkehrsquelle und -ziel im Ausland liegen und daher weite Strecken im Ausland zurückgelegt werden, ist die im Fahrtenprinzip ausgewiesene Verkehrsleistung in der Regel häufig signifikant höher als die nach dem Territorialprinzips. Für die Aufgabenstellung des Projekts IMoVe-Güter ist vor allem das Verkehrsgeschehen in Österreich relevant. Daher erfolgt eine Beschränkung auf die auf dem österreichischen Straßennetz zurückgelegte Verkehrsleistung (Territorialprinzip). Es ist aber zu beachten, dass die Lkw-Verkehrsleistung des Ziel- Quell und Transitverkehr von Österreich, der auf dem Straßennetz des Auslandes zurückgelegt wird, nicht zu vernachlässigen ist (Tabelle 10-4).

Tabelle 10-4: Werktägliche Lkw-Verkehrsleistung der Matrizen 2009 nach dem Territorial- und Fahrtenprinzip (absolute Leistung und relativer Anteil des Territorial- zum Fahrtenprinzip) der Stufe 4

	Werktägliche Lkw-Verkehrsleistung (Mo-Fr)		
	Territorialprinzip [Mio. Lkw-km/24 h]	Fahrtenprinzip [Mio. Lkw-km/24 h]	Anteil des Territorial-am Fahrtenprinzip [%]
Transitverkehr	2,88	13,25	22 %
Binnenverkehr (inkl. UBV)	9,41	9,74	97 %
Quellverkehr	1,78	6,05	29 %
Zielverkehr	1,63	6,08	27 %
Gesamtverkehr (Ohne Außenverkehr)	15,69	35,12	45%

Die durchschnittliche werktägliche Lkw-Fahrleistung in Österreich steigt zwischen den Stufen 2 bis 4 von 11,64 auf 15,69 Mio. Kilometer pro Werktag. Dies entspricht einem Anstieg von 35 %, wovon der größere Teil wie bei dem Lkw-Verkehrsaufkommen auf das Verfahren der Stufe 4 entfällt (Tabelle 10-5). Verglichen mit der Veränderung der Anzahl der Lkw-Fahrten ist dieser Anstieg etwas geringer. Das bedeutet, dass die durchschnittlich zurückgelegte Strecke je Lkw-Fahrt mit zunehmender Stufe des Verfahrens abnimmt. Hierbei zeigt sich auch eine gegensätzliche Tendenz zwischen den Verfahren der Stufen 3 und 4. Durch den Einbezug der CAFT-Erhebung im Verfahren der Stufe 3 steigt die Lkw-Verkehrsleistung stärker als die Anzahl der Fahrten. Das ist naheliegend, da vorwiegend Fahrten des Quell-, Ziel- und Transitverkehrs betroffen sind. Durch das Verfahren der Stufe 4 sind dagegen vor allem Binnenverkehrsfahrten betroffen, die durchschnittlich kürzer sind. Dies deutet darauf hin, dass es vor allem eine deutliche Untererfassung des Binnenverkehrs in der ESGVS gibt.

Tabelle 10-5: Werktägliche Lkw-Verkehrsleistung der Matrizen 2009 der verschiedenen Stufen auf dem österreichischen Straßennetz (absolute Leistung und relativer Anteil), Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix

	Werktägliche Lkw-Verkehrsleistung [Mio. Lkw-km/24 h (Mo-Fr)]			Werktägliche Lkw-Verkehrsleistung [% der gesamten Lkw-Verkehrsleistung der jeweiligen Matrix]		
	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4
Transitverkehr	2,09	2,78	2,88	18%	21%	18%
Binnenverkehr (inkl. UBV)	7,10	7,05	9,41	61%	54%	60%
Quellverkehr	1,22	1,55	1,78	10%	12%	11%
Zielverkehr	1,23	1,62	1,63	11%	12%	10%
Gesamtverkehr	11,64	13,00	15,69	100%	100%	100%

Tabelle 10-6: Jährliche Lkw-Verkehrsleistung der Matrizen 2009 der verschiedenen Stufen auf dem österreichischen Straßennetz (absolute Leistung und relative Veränderung), Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix

	Lkw-Fahrten [Mrd. Lkw-km/Jahr]			Relative Abweichung[%]	
	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	Stufe 2-3	Stufe 2-4
Transitverkehr	0,57	0,76	0,78	33%	38 %
Binnenverkehr (inkl. UBV)	1,93	1,92	2,56	-1%	32 %
Quellverkehr	0,33	0,42	0,48	27%	45 %
Zielverkehr	0,33	0,44	0,44	32%	33 %
Gesamtverkehr	3,16	3,53	4,27	12%	35 %

In Bezug auf die Unterscheidung der Fahrten nach Verkehrsquellen und -zielen ergibt sich zwischen den Verfahrensstufen dieselbe Tendenz der Veränderungen der Lkw-Verkehrsleistung wie bei den Lkw-Fahrten. Im Transitverkehr entfällt der Zuwachs auf das Verfahren der Stufe 3, im Quell- und Binnenverkehr im stärkeren Ausmaß auf das Verfahren der Stufe 4. Eine Ausnahme stellt der Zielverkehr da, in dem die Lkw-Fahrleistung im Verfahren der Stufe 4 schwächer ausfällt als bei der Stufe 3 (Abbildung 10-3).

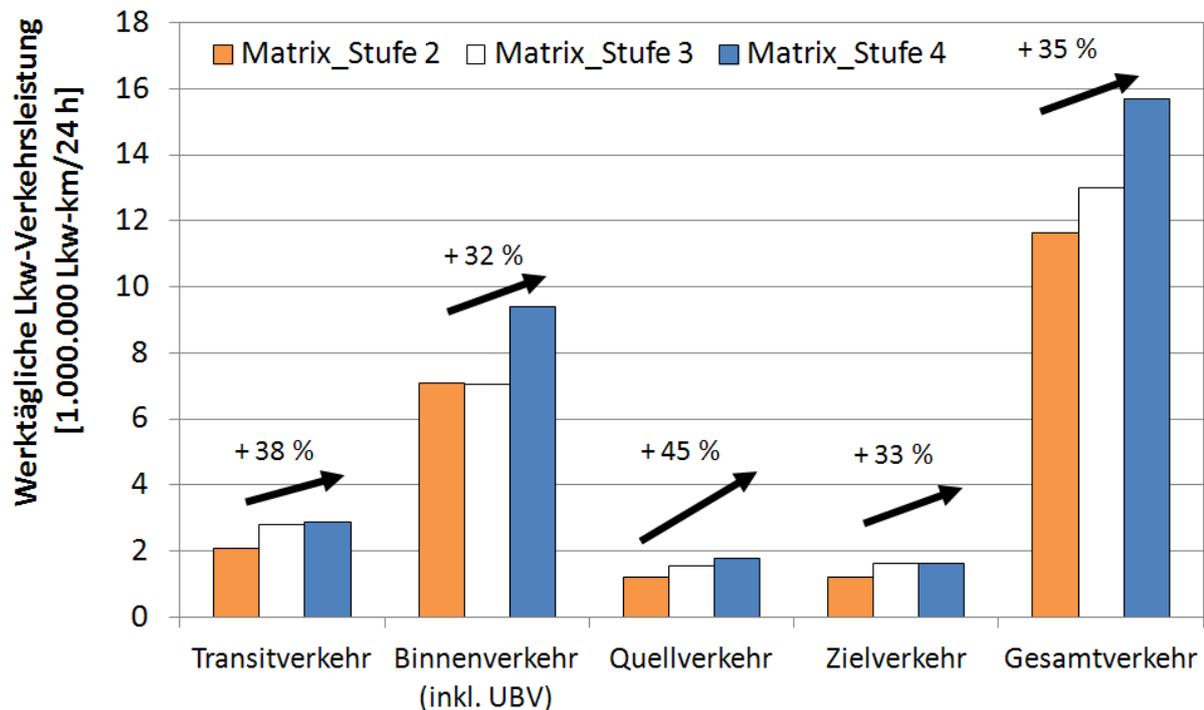


Abbildung 10-3: Werk tägliche Lkw-Verkehrsleistung der Matrizen 2009 der verschiedenen Stufen auf dem österreichischen Straßennetz, Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix

Vergleichsergebnisse zur Lkw-Verkehrsleistung auf dem österreichischen Straßennetz können der Verkehrsprognose Österreich 2025+ entnommen werden (Käfer et al., 2009); und zeigen das in Tabelle 10-7 dargestellte Bild. Die für 2009 im Projekt IMoVe-Güter ermittelte Lkw-Verkehrsleistung stimmt sowohl in der Summe als auch in der Verteilung auf die einzelnen Verkehrsarten mit Bezug auf Quelle und Ziel sehr gut mit den für 2005 in der Verkehrsprognose Österreich 2025+ ausgewiesenen Ergebnissen überein. Verkehr mit Zielen im Ausland – sowohl der Quellverkehr als auch der Transitverkehr – werden im Projekt IMoVe-Güter leicht höher abgeschätzt, alle anderen Verkehre niedriger. Aufgrund der gesamteuropäischen Wirtschaftsentwicklung und ihrer Auswirkungen auf den Straßengüterverkehr, die sich zunächst in einer Erhöhung der Lkw-Verkehrsleistung bis 2008 und danach in einem starken Einbruch niederschlug, ist das allgemeine Niveau für 2005 und 2009 direkt vergleichbar. Dies ist deshalb zu erwarten, da auch im VMÖ eine Kalibrierung mittels der CAFT-Zählstellen und sonstiger Querschnittszählstellen erfolgte. Der wesentliche Unterschied zwischen dem VMÖ und dem Projekt IMoVe-Güter liegt in der methodisch systematischen Nutzung aller verfügbaren zusätzlichen Informationen für den Straßengüterverkehr, der auch die Mautdaten der ASFINAG beinhaltet und deshalb eine weitaus größere Detailsicherheit gegenüber dem VMÖ bereitstellt. Wenn dies als Plausibilitätshinweis aufgefasst wird, ist dies ein weiterer Indikator, dass die ESGVS die Verkehrsleistung deutlich untererfasst.

Tabelle 10-7: Jährliche Lkw-Verkehrsleistung der Matrix 2009 der Stufe 4 verglichen mit den Angaben der Verkehrsprognose Österreich 2025+, Bezugsjahr 2005 (absolute Leistung und relativer Anteil), Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix

	Jährliche Lkw-Verkehrsleistung [Mrd. Lkw-km/Jahr]		Jährliche Lkw-Verkehrsleistung [% des Aufkommens]	
	IMoVe Stufe 4, 2009	VPÖ 2025+ Bezug 2005	IMoVe Stufe 4, 2009	VPÖ 2025+ Bezug 2005
Bezugsjahr	2009	2005	2009	2005
Transitverkehr	0,78	0,76	18 %	17 %
Binnenverkehr (inkl. UBV)	2,56	2,63	60 %	60 %
Quellverkehr	0,48	0,44	11 %	10 %
Zielverkehr	0,44	0,45	10 %	10 %
Gesamtverkehr*	4,27	4,38*	100 %	100 %*

* Der Verkehr auf Anbindungen der Verkehrsbezirke zum Straßennetz und der Zellbinnenverkehr ist keiner der Verkehrsarten (Quell-Ziel-Beziehungen) zugeordnet, aber in der Gesamtsumme enthalten. Er beläuft sich 0,10 Mrd. Lkw-km/Jahr. Dadurch ergeben sich die Differenzen auf 100 %.

10.3 Ergebnisse – Fahrtweitenverteilung 2009

Aus dem Lkw-Verkehrsaufkommen und der Lkw-Verkehrsleistung kann die durchschnittliche Fahrtweite sowie ihre Verteilung ermittelt werden. Grundlage ist die Bestwegumlegung der jeweils gewählten Matrix, berücksichtigt sind auch die im Ausland zurückgelegten Strecken. Sowohl im Gesamtverkehr als auch im Binnenverkehr (inkl. Umgebungsinnenverkehr und Zellbinnenverkehr) sind die meisten Lkw-Fahrten kürzer als 50 Kilometer. Dies gilt im Binnenverkehr für 73 % der Fahrten, im Gesamtverkehr für 60 % (Abbildung 10-4). Binnenverkehrsfahrten sind somit erwartungsgemäß kürzer, Transit-, Quell- und Zielverkehrsfahrten länger.

Der Einfluss der verschiedenen Stufen auf die durchschnittliche Fahrtweite ist für die einzelnen Versarten unterschiedlich. Da die CAFT-Zählstellen an den Alpenpässe tendenziell längere Fahrten erheben, wirkt sich die Stufe 3 vor allem auf den Quell-Ziel-Verkehr aus. Hier steigt die durchschnittliche Fahrtweite zwischen 8 und 10 Prozent im Vergleich mit Stufe 2. Die kürzeren Fahrten des Quell-Ziel-Verkehrs bleiben demnach unterrepräsentiert. Dies wird durch die Anpassung an die Zählstellenwerte in Stufe 4 ausgeglichen, da die Zählstellen über das gesamte Netz verteilt sind und eine Gleichgewichtung herstellt. Die durchschnittlichen Fahrtweiten des Transitverkehrs bleiben über alle Stufen nahezu unverändert. Dies ist dadurch begründet, dass diese Fahrten weitgehend an den CAFT-Zählstellen erfasst werden. Da der Anteil des Binnenverkehrs an den CAFT-Zählstellen gering ist, hat die Stufe 3 kaum Einfluss auf die durchschnittlichen Fahrtweiten dieser Verkehrsart. Die Matrixkorrektur mittels Zählstellen zeigt jedoch, dass kurze Fahrten unterrepräsentiert sind. Durch die Berücksichtigung dieser Fahrten sinkt die durchschnittliche Fahrtweite des Binnenverkehrs von 47 km (Stufe 2) auf 44 km (Stufe 4) auf dem Österreichischen Straßennetz. Durch die vermehrte Berücksichtigung der kurzen Fahrten sinkt die durchschnittliche Fahrtweite im Gesamtverkehr um 6 Prozent auf 60 km auf dem Österreichischen Straßennetz.

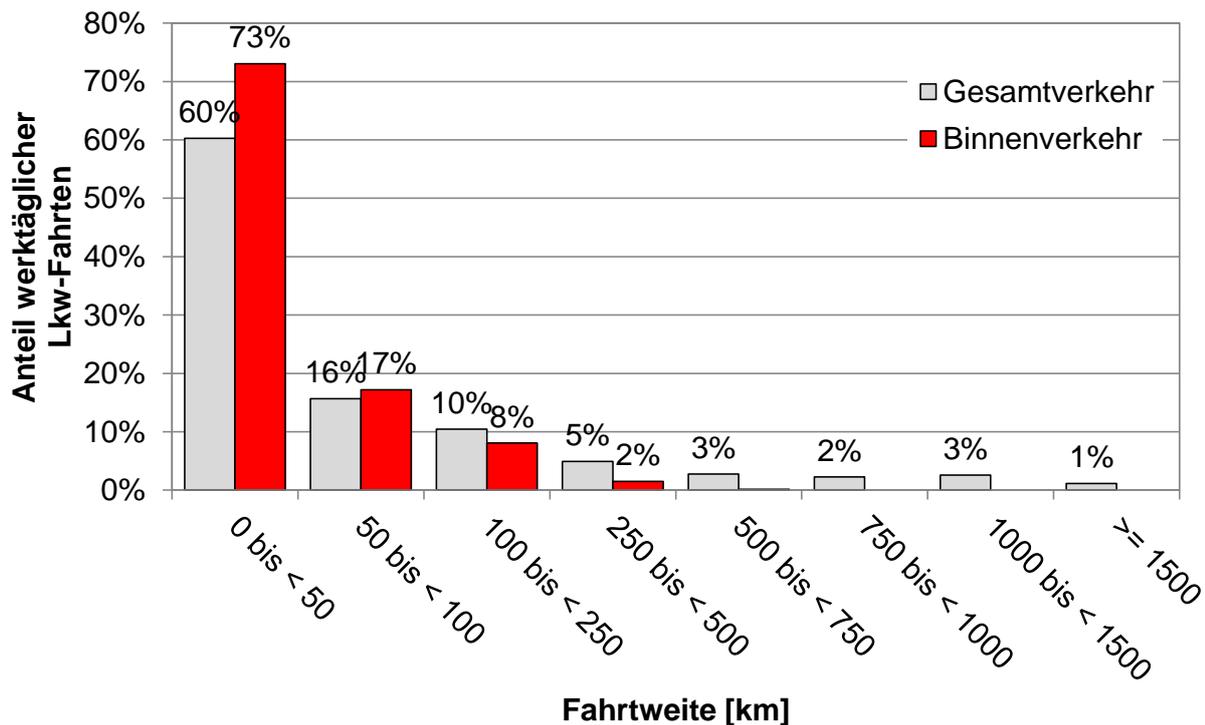


Abbildung 10-4: Fahrtweitenverteilung im Binnen- und im Gesamtverkehr von Österreich 2009 der Stufe 4; diese entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix

Tabelle 10-8: Durchschnittliche Fahrtweiten des werktäglichen Lkw-Verkehrs der Matrizen 2009 der verschiedenen Stufen auf dem österreichischen Straßennetz (Territorialprinzip)

	Durchschnittliche Fahrtweite [km]			Relative Abweichung[%]	
	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	Stufe 2-3	Stufe 2-4
Transitverkehr	226	220	223	-3%	-1%
Binnenverkehr (inkl. UBV)	47	47	44	-1%	-7%
Quellverkehr	113	124	105	10%	-6%
Zielverkehr	114	124	100	8%	-11%
Gesamtverkehr	64	69	60	7%	-6%

10.4 Ergebnisse – Lkw-Beladung

Die mittlere Lkw-Beladung unterscheidet sich stark von der Verkehrsart in Bezug auf die Quell-Ziel-Beziehungen. Im Transitverkehr ist sie höher, im Binnenverkehr niedriger. Entsprechende Ergebnisse für die Matrix der Stufe 4 und im Vergleich aus der Verkehrsprognose Österreich 2025+ (Käfer et al., 2009) sind in Tabelle 10-9 dargestellt. Es ergeben sich idente Ergebnisse. Dies ist auch zu erwarten, da die Basisdaten von derselben Erhebung, der ESGVS stammen.

Tabelle 10-9: Mittlere Lkw-Beladung des Lkw-Verkehrs von Österreich 2009 der Stufe 4; diese entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix

	Matrix Stufe 4 [t/Lkw-Fahrt]	VPÖ 2025+ [t/Lkw-Fahrt]
Bezugsjahr	2009	2005
Transitverkehr	14,1	14,1
Binnenverkehr (inkl. UBV)	7,4	7,4
Quellverkehr	10,7	10,7
Zielverkehr	11,5	11,5

10.5 Ergebnisse – Lkw-Transportaufkommen 2009

Das Transportaufkommen gibt die gesamte Menge der im Straßengüterverkehr transportierten Güter an und wird in Tonnen je Zeiteinheit gemessen. Es hängt von der Anzahl der Lkw-Fahrten und der Lkw-Beladung ab. Berücksichtigt werden muss, dass der Transitverkehr aus dieser Darstellung ausgenommen ist, da auf den beiden ersten Verfahrensstufen nicht zwischen Außen- und Transitverkehr unterschieden werden kann. Zwischen den Verfahrensstufen 2 und 3 ergibt sich ein geringer Zuwachs, der auf den Verkehr entfällt, von dem zumindest Quelle oder Ziel nicht in Österreich liegen. Dies gilt auch für den kombinierten Transit- und Außenverkehr. Dies ist naheliegend, da im Rahmen der CAFT zumindest an den Grenzerhebungsstellen, aber auch an den Alpenpässen Quell-, Ziel- und Transitverkehr mit einer höheren Wahrscheinlichkeit erfasst werden. Starke Veränderungen ergeben sich zwischen der Verfahrensstufe 3 und 4, wo eine österreichweite Kalibrierung erfolgt. Sie entfallen vor allem auf den Binnenverkehr (Tabelle 10-10, Tabelle 10-11).

Tabelle 10-10: Werktätiges Lkw-Transportaufkommen der Matrizen 2009 der verschiedenen Stufen (absolutes Aufkommen und relativer Anteil) in Bezug auf Österreich, Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix

	Werktätiges Lkw-Transportaufkommen [Mio. t/24 h (Mo-Fr)]			Werktägliche Lkw-Transportaufkommen [% des Gesamtaufkommens der jeweiligen Matrix]		
	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4
Binnenverkehr (inkl. UBV)	1,13	1,13	1,59	81%	80%	81%
Quellverkehr	0,13	0,14	0,18	9%	10%	9%
Zielverkehr	0,13	0,15	0,19	9%	11%	10%
Gesamtverkehr (ohne Transitverkehr)	1,39	1,42	1,96	100 %	100 %	100 %
Transit- und Außenverkehr	0,16	0,21				
Transitverkehr			0,18			
Gesamtverkehr	1,56	1,63	2,14			

Verglichen mit dem Lkw-Verkehrsaufkommen (Tabelle 10-1) ergeben sich für das Lkw-Transportaufkommen eine unterschiedliche relative Bedeutung der verschiedenen Verkehrsarten mit Bezug auf Quelle und Ziel im Transportaufkommen (Tabelle 10-11). Während in der Stufe 4 der Transitverkehr nur 5 % des Lkw-Verkehrsaufkommens ausmacht, beträgt sein Anteil in der Matrix der vierten Stufe des Lkw-Transportaufkommens 8,5 %. Dies gilt in der Tendenz mit geringeren Zuwächsen, ebenfalls für den Quellverkehr mit 8,4 % und für den Zielverkehr mit 8,7% jeweils gegenüber 6% beim Lkw-Verkehrsaufkommen. Der Anteil des Binnenverkehrs am Lkw-Transportaufkommen der vierten Stufe liegt mit 74 % dagegen acht Prozentpunkte unter dem Vergleichswert des Lkw-Verkehrsaufkommens. Dieses Ergebnis ist auf Grund der unterschiedlichen Beladung der Verkehrsarten plausibel.

Tabelle 10-11: Jährliches Lkw-Transportaufkommen der Matrizen 2009 der verschiedenen Stufen (absolutes Aufkommen und relative Veränderung) in Bezug auf Österreich, Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix

	Jährliches Lkw-Transportaufkommen [Mio. t/Jahr]			Anteil am Gesamtverkehr mit Transit [%]	Relative Abweichung[%]	
	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	Stufe 4	Stufe 2-3	Stufe 2-4
Transitverkehr			49,6	8,5%		
Binnenverkehr (inkl. UBV)	306,9	306,3	432,1	74,3%	0 %	41 %
Quellverkehr	34,2	37,7	49,2	8,5%	10 %	44 %
Zielverkehr	36,7	41,2	50,6	8,7%	12 %	38 %
Gesamtverkehr (ohne Transitverkehr)	377,8	385,2	531,9	-	2 %	41 %
Gesamtverkehr mit Transit	-	-	581,5	100,0%	-	-

Das Transportaufkommen im Außenverkehr der Matrix der vierten Stufe beträgt 12,29 Mio. Tonnen im Jahr. Dies entspricht einem Viertel des Transportaufkommens im Transitverkehr. Vergleichsergebnisse zum Lkw-Transportaufkommen auf dem österreichischen Straßennetz können der Verkehrsprognose Österreich 2025+ entnommen werden (Käfer et al., 2009). Das aus dem IMoVe-Güter-Verfahren resultierende Transportaufkommen ist um mehr als ein Viertel höher als der Vergleichswert der Verkehrsprognose Österreich. Dies gilt für alle Verkehrsarten mit Bezug auf Quelle und Ziel mit Ausnahme des Transitverkehrs. Dadurch ergibt sich eine Verschiebung im relativen Anteil: Das Transportaufkommen im Transitverkehr liegt mit 9 % des Gesamtaufkommens um vier Prozentpunkte niedriger als in der Verkehrsprognose Österreich 2025+. Die geringeren Anteile werden zur Gänze dem Binnenverkehr zugeschlagen. Da bei der Matrix der Stufe 4 zusätzliche Informationen, insbesondere der A&S-Maut zur Verfügung stehen, ist mit hoher Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass die Stufe 4 des IMoVe-Güter-Verfahrens validere Ergebnisse liefert. Insgesamt zeigt sich, dass der hausgemachte Binnenverkehr, sei es gemessen in Lkw-Fahrtenaufkommen oder in Lkw-Transportaufkommen einen signifikant größeren Anteil als der Ziel-, Quell und insbesondere der Transitverkehr gegenüber früher kolportierte Ergebnisse aufweist (Tabelle 10-12).

Tabelle 10-12: Lkw-Transportaufkommen der Matrix 2009 der Stufe 4 des Werktagverkehrs verglichen mit den Angaben der Verkehrsprognose Österreich 2025+ (absolute Leistung und relativer Anteil), Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix

	Werktägliches Lkw-Transportaufkommen [Mio. t/24 h (Mo-Fr)]			Werktägliches Lkw-Transportaufkommen [% des Aufkommens, gerundet]		
	IMoVe Stufe 4	VPÖ 2025+	Spiegel, 2007	IMoVe Stufe 4	VPÖ 2025+	Spiegel, 2007
Bezugsjahr	2009	2005	2005	2009	2005	2005
Transitverkehr	0,18	0,21	0,20	9 %	13 %	13 %
Binnenverkehr (inkl. UBV)	1,59	1,10	1,09	74 %	69 %	70 %
Quellverkehr	0,18	0,14	0,27	8 %	9 %	17 %
Zielverkehr	0,19	0,15		9 %	9 %	
Gesamtverkehr (inkl. Transitverkehr)	2,14	1,60	1,56	100 %	100 %	100 %

10.6 Ergebnisse – Lkw-Transportleistung 2009

Als Lkw-Transportleistung wird die mit dem transportierten Gewicht multiplizierte zurückgelegte Entfernung bezeichnet, die auf das österreichische Straßennetz bezogen ist. Die Entfernungen zwischen den Verkehrsbezirken im VMÖ werden mittels VISUM ermittelt. Da die Entfernung für den Zellbinnenverkehr nicht aus dem Verkehrsmodell abgreifbar sind wird folgende Näherung angewandt: Die Fläche der Verkehrsbezirke (zumeist Österreichische Gemeinden) wird als Kreis interpretiert und daraus der Radius ermittelt. Zur Berücksichtigung des vorhandenen Straßennetzes, das benutzt werden muss Verkehrsbezirkes wird dieser Wert mit dem Faktor 1,5 (entspricht $\sim\sqrt{2}$) multipliziert. Hier wird ein rechtwinkeliges Straßennetz unterstellt, bei dem der Radius die Diagonale bildet. Sie beträgt in der vierten Stufe 157,3 Mio. Tonnenkilometer je Werktag (Tabelle 10-13). Der größte Teil entfällt auf den Binnenverkehr. Erwartungsgemäß liegt der Anteil mit unter 50 % deutlich niedriger als für die anderen Kennziffern des Lkw-Transportaufkommens (74 %), der Lkw-Verkehrsleistung (60 %) und des Lkw-Verkehrsaufkommens (82 %). Dies entspricht der Erfahrung, dass im Binnenverkehr mehr Fahrten mit einer kürzerer Entfernung durchgeführt werden, bei welchen geringere Gütermengen, gemessen in Gewichtseinheiten, transportiert werden als im Durchschnitt aller Fahrten. Deutlich größere Anteile an der Transportleistung hat der Transitverkehr, der 25 % der werktäglichen Lkw-Transportleistung ausmacht.

Tabelle 10-13: Werktägliche Lkw-Transportleistung der Matrizen 2009 der Stufe 4 auf dem österreichischen Straßennetz (absolute Leistung und relativer Anteil) in Bezug auf Österreich, dies entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix

	Werktägliche Lkw-Transportleistung [Mio. tkm/24 h (Mo-Fr)]	Werktägliche Lkw-Transportleistung [% der Leistung der Matrix]
Transitverkehr	40,0	25 %
Binnenverkehr (inkl. UBV)	74,8	48 %
Quellverkehr	22,4	14 %
Zielverkehr	20,1	13 %
Gesamtverkehr	157,3	100 %

Verglichen mit den Angaben des Gesamtverkehrsplans Österreich (bmvit, 2012) und der Verkehrsprognose Österreich 2025+ (Käfer et al., 2009) liegt die im Projekt IMoVe-Güter berechnete Transportleistung am höchsten. Die Differenz beträgt 16,1 Mio. Tonnenkilometer je Werktag zwischen IMoVe-Güter-Stufe 4 und den Angaben des Gesamtverkehrsplans Österreich und 27,4 Mio. Tonnenkilometer je Werktag zur Verkehrsprognose Österreich 2025+ (Käfer et al., 2009). Die Differenz entfällt fast ausschließlich auf den Binnenverkehr. Während die prozentualen Anteile der Transportleistung im Quell- und Zielverkehr zwischen allen drei Angaben annähernd ident sind und die absolute Transportleistung im Transitverkehr laut IMoVe-Güter zwischen den Angaben der beiden anderen Veröffentlichung liegt, ist die Transportleistung laut IMoVe-Güter absolut und relativ deutlich höher als die Vergleichswerte. (Tabelle 10-14).

Tabelle 10-14: Lkw-Transportleistung der Matrix 2009 der Stufe 4 verglichen mit den Angaben der Verkehrsprognose Österreich 2025+ und dem Gesamtverkehrsplan Österreich (absolute Leistung und relativer Anteil), Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix

	Werktägliche Lkw-Transportleistung [Mio. tkm/24 h (Mo-Fr)]			Werktägliche Lkw-Transportleistung [% der Leistung der jeweiligen Matrix]		
	IMoVe Stufe 4	bmvit, 2012	VPÖ 2025+	IMoVe Stufe 4	bmvit, 2012	VPÖ 2025+
Bezugsjahr	2009	2010	2005	2009	2010	2005
Transitverkehr	40,0	47,5	36,2	25 %	32 %	28 %
Binnenverkehr (inkl. UBV)	74,8	55,9	55,6	48 %	38 %	43 %
Quellverkehr	22,4	43,0	18,8	14 %	29 %	14 %
Zielverkehr	20,1		19,4	13 %		15 %
Gesamtverkehr	157,3	146,4	130,0	100 %	100 %	100 %

10.7 Ergebnisse – Zählstellenvergleich 2009

Die Matrizen der Stufen 2, 3c und 4 wurden mit Hilfe des VMÖ umgelegt. Mit einem Zählstellenvergleich kann bewertet werden, wie gut die umgelegte Matrix die gezählte Verkehrsstärke an den jeweiligen

Zählstellen abbilden. Diese Abbildungsqualität ist einerseits ein Indikator für die Abbildungsqualität der betrachteten Matrix und andererseits spiegelt sie auch die Abbildungsqualität der Routensuche und Umlegung der Verkehrsnachfrage auf das Straßennetz wider. Eine genaue Unterscheidung dieser beiden Arten der Abbildungsqualität ist mit diesem Vergleich nicht möglich. Allerdings ist ein qualitativer Plausibilitätscheck näherungsweise möglich. Für diesen Zählstellenvergleich sind 1.201 Zählstellen verwendbar. 864 davon sind LS-Zählstellen, 559 AZS-Zählstellen. 222 AZS-Zählstellen sind im hochrangigen Straßennetz verortet und sind damit lageident mit LS-Zählstellen. Für den Gesamtvergleich mit allen 1.201 Zählstellen wird für diese 222 Zählstellen der LS-Zählstellenwert verwendet.

Zählstellenvergleich – AZS-Zählstellen (Automatische Zählstellen)

Die mittlere gezählte werktägliche Lkw-Verkehrsstärke (JDTVw) an den AZS-Zählstellen beträgt 1.403 Lkw/Werhtag. Die Bestwegumlegung der Matrix der Stufe 2 ergibt eine modellierte Lkw-Verkehrsstärke von 974 Lkw/Werhtag. Durch das IMoVe-Güter-Verfahren steigt die modellierte Lkw-Verkehrsstärke an diesen Zählstellen um mehr als 40 % auf 1.389 Lkw/Werhtag in Stufe 4. Im selben Ausmaß reduziert sich die Abweichung der Modellwerte von den Zählwerten signifikant (Tabelle 10-15). Von einem PRMSE-Wert von 47 % (Stufe 2) ausgehend (Percentage Root Mean Square Error; Maß zur Bewertung der Übereinstimmung zweier Verteilungen, siehe Kap. 8.3) sinkt die Abweichung auf einen Wert von 16 % (Stufe 4). Die Annäherung der Zählwerte an die Modellwerte wird in Abbildung 10-5 offensichtlich. Die vergleichsweise stark streuenden und insgesamt zu niedrigen Werte der Matrix der Stufe 2 nähern sich im Rahmen des Verfahrens der Stufe 3 der Diagonale an, die in der Stufe 4 annähernd erreicht wird. Die relative Abweichung der Modell- von den Zählwerten der Verkehrsstärke reduziert sich von einer Untererfassung von 29 % bei einer Umlegung der Matrix der Stufe 2 über 20 % der Stufe 3 auf lediglich 1 % der Stufe 4, die einer validen Lkw-Matrix entspricht.

Tabelle 10-15: Vergleich der Zähl- und Modellwerte (JDTVw) der Lkw-Matrizen 2009 der Stufen 2, 3 und 4 für AZS-Zählstellen (Automatische Zählstellen), Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix

	Zählwerte: Mittlere Lkw-Verkehrsstärke [Lkw/Werhtag]	Modellwerte: Mittlere Lkw-Verkehrsstärke [Lkw/Werhtag, % der Differenz zum Zählwert]	Standardabweichung der Differenzen der Modell- und Zählwerte [Lkw/Werhtag]	PRMSE [%]
Stufe 2	1.403	974 (-29%)	658	47 %
Stufe 3	1.403	1.120 (-20%)	571	48 %
Stufe 4	1.403	1.389 (-1%)	122	16 %

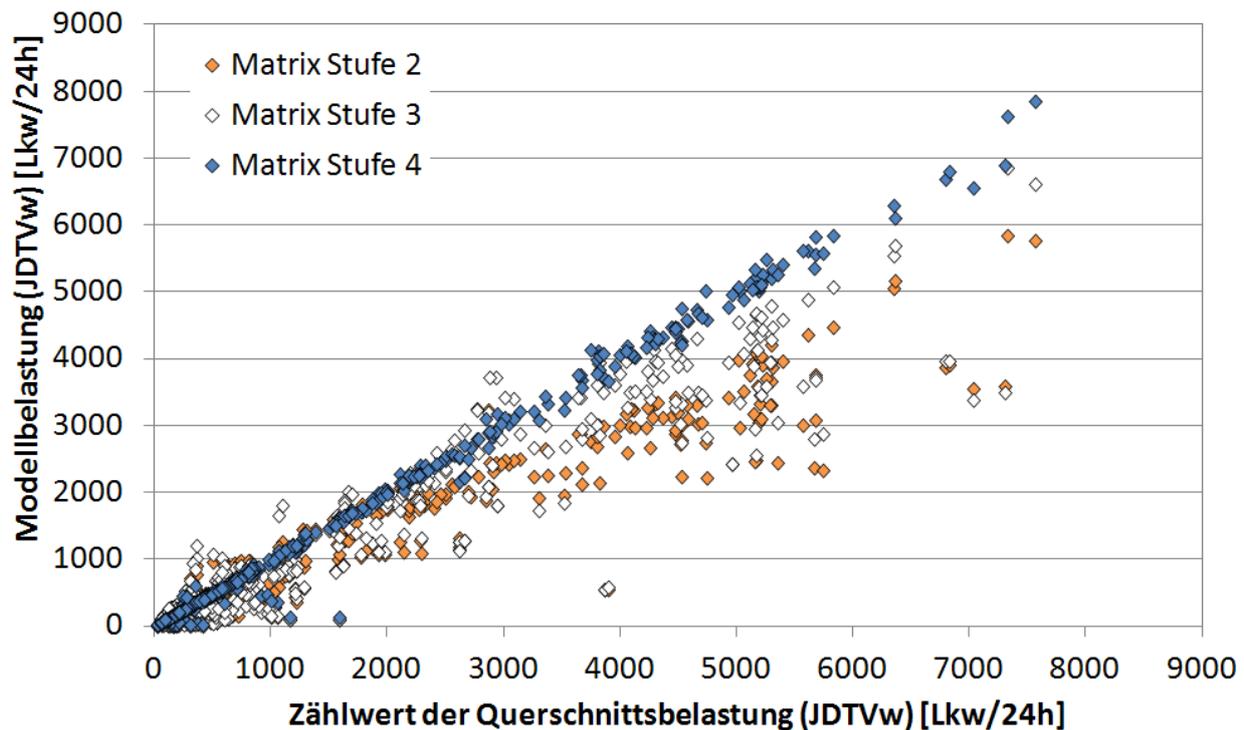


Abbildung 10-5: Vergleich der Zähl- und Modellwerte (JDTVw) der Lkw-Matrizen 2009 der Stufen 2, 3 und 4 für AZS-Zählstellen, Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix

Zählstellenvergleich – LS-Zählstellen (Mautbrücke; „Location Station“ der Mautdaten auf A+S-Straßen)

Verglichen mit den AZS-Zählstellen (JDTVw für Lkw) ist auf jeder Verfahrensstufe die Übereinstimmung der Zähl- und Modellwerte für die LS-Zählstellen höher (Tabelle 10-16). Von einem PRMSE-Wert von 35 % ausgehend sinkt die Abweichung auf einen Wert von 6 %. Durch das IMoVe-Güter-Verfahren steigen die modellierten Werte insgesamt auf den Sollwert (Abbildung 10-6). Die Zählstellenwerte auf dem hochrangigen Straßennetz werden somit besser abgebildet als die AZS-Zählstellen, die zu 60 Prozent im niederrangigen Straßennetz verortet sind. Die relative Abweichung der Modellwerte sinkt von -29 % der Stufe 2 auf -20 % der Stufe 3 und auf eine annähernd völlige Übereinstimmung der relativen Abweichungen von -0,3% der Stufe 4, die einer validen Lkw-Matrix entspricht.

Tabelle 10-16: Vergleich der Zähl- und Modellwerte (JDTVw) der Lkw-Matrizen der Stufen 2-4 für LS-Zählstellen (Mautbrücke; „Location Station“ der Mautdaten auf A+S-Straßen) in Bezug auf Österreich, Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix

	Zählwerte: Mittlere Lkw-Verkehrsstärke [Lkw/Werktag]	Modellwerte: Mittlere Lkw-Verkehrsstärke [Lkw/Werktag, % der Differenz zum Zählwert]	Standardabweichung der Differenzen der Modell- und Zählwerte [Lkw/Werktag]	PRMSE
Stufe 2	2.356	1.666 (-29%)	748	35%
Stufe 3	2.356	1.894 (-20%)	716	31%
Stufe 4	2.356	2.348 (-0,3)	129	6%

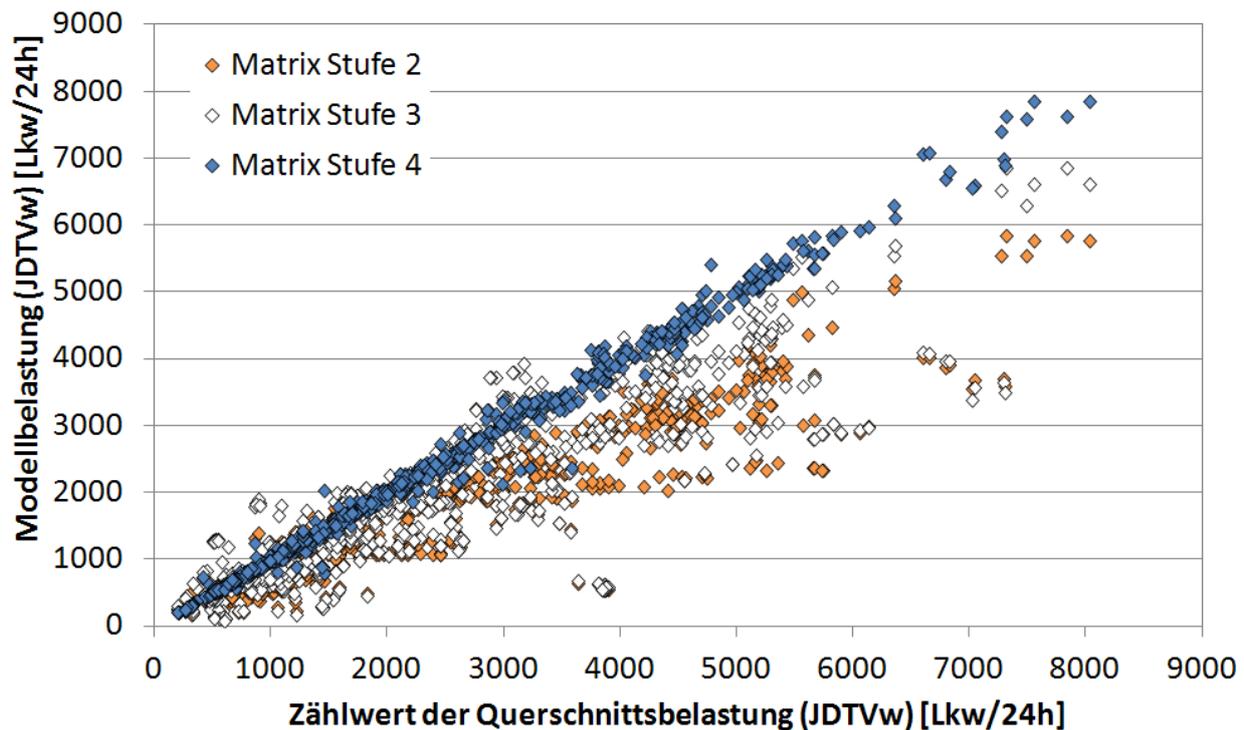


Abbildung 10-6: Vergleich der Zähl- und Modellwerte (JDTVw) der Lkw-Matrizen 2009 der Stufen 2, 3 und 4 für LS-Zählstellen, Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix

Zählstellenvergleich – Alle Zählstellen (AZS- und LS-Zählstellen)

Die Berücksichtigung aller Zählstellen (JDTVw für Lkw) ergibt ein Ergebnis, das zwischen denen der getrennten Betrachtungen von AZS- und LS-Zählstellen liegt (Tabelle 10-17). Im Ergebnis der Stufe 4 wird eine absolute Abweichung des mittleren modellierten vom gezählten Lkw-Verkehrsaufkommen von lediglich 17 Lkw/24h erreicht. Mit Ausnahme einzelner Ausreißer (Abbildung 10-7) entsprechen die modellierten Werte den gemessenen. Die mittlere modellierte Abweichung sinkt von -30 % im Durchschnitt der Stufe 2 auf -20 % bei Stufe 3. Nach dem Verfahren der vierten Stufe liegt sie bei unter einem Prozent (-0,6%). Das Ergebnis der Stufe 4 zeigt damit eine sehr gute Übereinstimmung der validierten Erhebungswerte, umgelegt auf das Straßennetz, mit den unabhängig gezählten Verkehrsstärken der betrachteten Zählstellen. Die Untererfassung der ESGVS-Erhebung, gemessen an Hand modellierter Verkehrsstärken der betrachteten Zählstellen ergibt im Mittel -30%.

Tabelle 10-17: Vergleich der Zähl- und Modellwerte (JDTVw) der Lkw-Matrizen 2009 der Stufen 2-4 für alle Zählstellen, Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix

	Zählwerte: Mittlere Lkw-Verkehrsstärke [Lkw/Werntag]	Modellwerte: Mittlere Lkw-Verkehrsstärke [Lkw/Werntag, % der Differenz zum Zählwert]	Standardabweichung der Differenzen der Modell- und Zählwerte [Lkw/Werntag]	PRMSE
Stufe 2	1.792	1.263 (-30%)	694	42 %
Stufe 3	1.792	1.432 (-20%)	640	41 %
Stufe 4	1.792	1.780 (-0,6%)	130	12 %

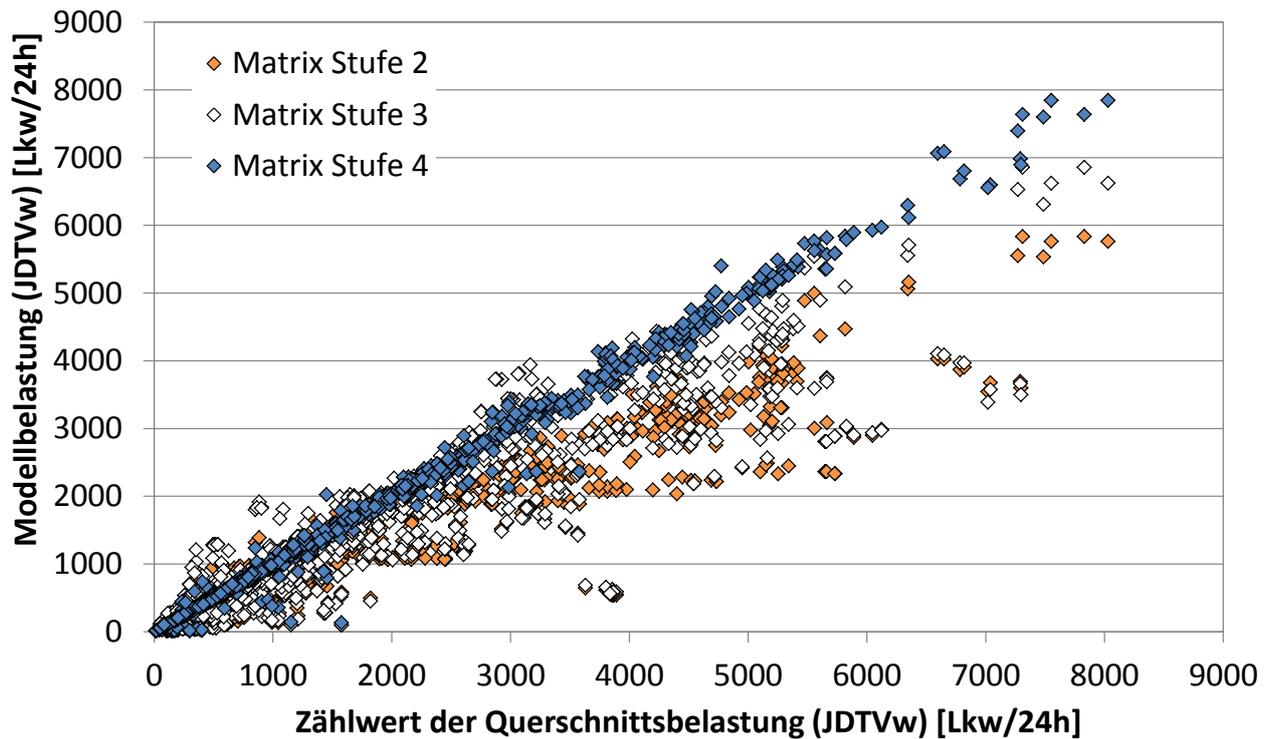


Abbildung 10-7: Vergleich der Zähl- und Modellwerte (JDTVw) der Lkw-Matrizen der Stufen 2-4 für alle Zählstellen, Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix

Exemplarischer Vergleich der Zähl- und Modellwerte (JDTVw) der Lkw-Matrizen der Stufen 2-4 an ausgewählten Zählstellen (Querschnitten), Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validen Lkw-Matrix
Zur Verdeutlichung des Einflusses der einzelnen Berechnungsstufen des IMoVe-Verfahren werden exemplarisch Zählstellen herausgegriffen und der Zählstellenwert mit den Modellwerte (JDTVw) der Matrizen der Stufe 2-4 verglichen. Bei der Auswahl werden die Lage und die Charakteristik der Zählstelle berücksichtigt (Tabelle 10-18).

Tabelle 10-18: Vergleich der Zähl- und Modellwerte (JDTVw) der Lkw-Matrizen 2009 der Stufen 2-4 an ausgewählten Zählstellen, Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix

	Zählwerte: Mittlere Lkw- Verkehrsstärke [Lkw/Werktag]	Modellwerte: Mittlere Lkw-Verkehrsstärke [Lkw/Werktag, % der Differenz zum Zählwert]			Charakteristik der Zählstelle
		Stufe 4	Stufe 3	Stufe 2	
A13, Brenner	6490	6048 (-7%)	7164 (+10%)	4945 (-24%)	Alpenpass, Grenze
S16, Arlberg	1218	1206 (-1%)	1124 (-8%)	685 (-44%)	Alpenpass
A12 Vomp	8396	8269 (-2%)	8013 (-5%)	6555 (-22%)	Binnenlage, (Alpenpass)
A10 Tauernpass	3176	3160 (-1%)	3523 (11%)	2506 (-21 %)	Alpenpass
A9 Schoberpass	4434	4511(+2%)	4028 (-9%)	3743 (+16%)	Alpenpass
A8 Suben	7539	8254 (+9%)	7057 (-6%)	5758 (-24%)	Grenze
B320 Schladming	1594	1568 (-2%)	1315 (-18%)	1136 (-29%)	Binnenlage
A2 Wechsel	3662	3685 (+1%)	3413 (-7%)	3730 (+2%)	Alpenpass
A4 Nickelsdorf	4373	4689 (+7%)	3567 (+18%)	2545 (+42%)	Grenze
A1 St. Pölten	10398	10453 (+1%)	8777 (-16%)	7627 (-27%)	Binnenlage

11 Sensitivitätsanalysen

In Bezug auf einzelne Verfahrensschritte wurden verschiedene Varianten von Lösungsansätzen zur Erstellung einer validen Lkw-Quell-Ziel-Matrix des Straßengüterverkehrs (Kapitel 9) im Sinne einer Sensitivitätsanalyse getestet. Diese alternativen Lösungen werden in diesem Kapitel beschrieben. Sie beziehen sich vor allem auf den Einbezug der CAFT-Daten im Rahmen der Erstellung der Matrix der Stufe 3.

11.1 Alternative Verfahren im Rahmen der Erstellung der Matrix der Stufe 1a: Sensitivität des Verfahrens gegenüber alternativen Startverteilungen

Zwei mögliche Startverteilungen für das Verfahren der Entropiemaximierung stehen zur Verfügung: die Annahme, dass die Fahrten aller Lkw ähnlich verteilt sind wie die Fahrten der in Österreich gemeldeten Fahrzeuge (SGVS) und die vorhandene Quell-Ziel-Matrix des Lkw-Verkehrs laut Verkehrsmodell Österreich (Hochrechnung für 2010). Um die Sensitivität des Verfahrens in Bezug auf die Startverteilung zu überprüfen und die bestmögliche Startverteilung zu identifizieren, wurden beide Varianten einer Startverteilung untersucht. Die Ergebnisse (Abbildung 11-1) lassen den Schluss zu, dass beide Ausgangsverteilungen annähernd dasselbe Ergebnis liefern. Dies zeigt, dass das verwendete Verfahren der Entropiemaximierung robust in Bezug auf die verwendete Startverteilung ist.

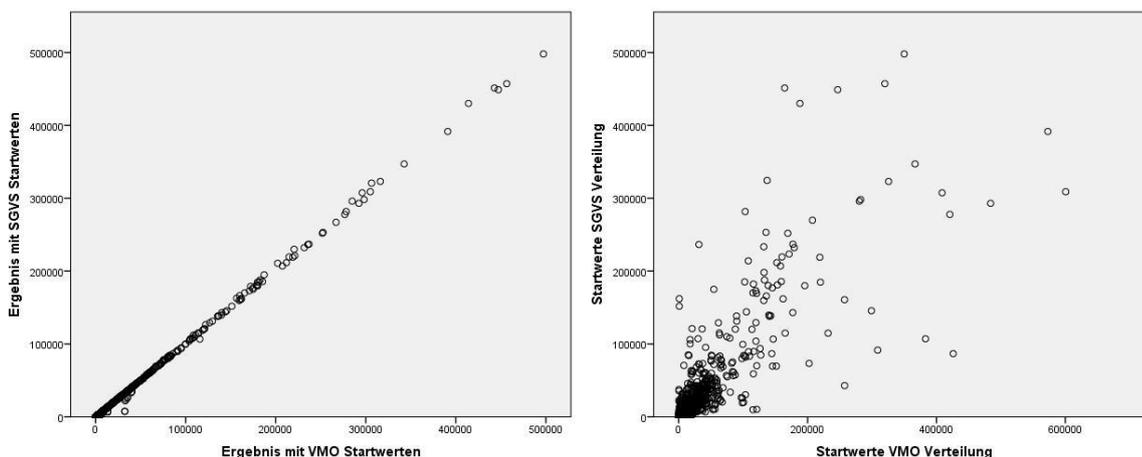


Abbildung 11-1: Ergebnisvergleich der Entropiemaximierung bei unterschiedlichen Startlösungen

Tabelle 11-1 zeigt die Abweichung zwischen den laut SGVS berichteten und den laut VMÖ 2010 verwendeten Fahrten zwischen den politischen Bezirken. So beträgt der PRMSE im Binnenverkehr zwischen der SGVS und dem VMÖ aus 2010 über 90%. Demgegenüber bewirkt das angewendete Imputationsverfahren nach dem Prinzip der Entropiemaximierung eine Reduktion des PRMSE, also der relativen Abweichung der laut SGVS berichteten Jahresfahrten (österreichische Lkw) und der laut Entropieverfahren imputierten Fahrten aller Lkw auf knapp 37%, was einer deutlichen Verbesserung entspricht. Hier wird allerdings von der begründeten Annahme ausgegangen, dass die VMÖ-Verkehrsbeziehungen auf Grund der Eichung durch Zählstellen die Verkehrsbeziehungen zwischen den politischen Bezirken besser abbilden.

Tabelle 11-1: Vergleich der ESGVS-Werte mit VMÖ-Startwerten und dem Ergebnis der Entropiemaximierung (Stufe 1a), Abweichung zwischen den laut SGVS berichteten und den laut VMÖ 2010 verwendeten Fahrten zwischen den politischen Bezirken

	SGVS & VMÖ (Startwerte)		SGVS & imputierte Werte	
	RMSE	PRMSE	RMSE	PRMSE
Binnenverkehr	12.697,13	90,03 %	619,38	36,77 %
Zielverkehr AUT	289,19	149,10 %	188,16	129,22 %
Quellverkehr AUT	343,97	100,13 %	160,89	111,22 %

11.2 Alternative Verfahren im Rahmen der Erstellung der Matrix der Stufe 3a: Distanzabhängige Faktoren bei der Matrixzusammenführung

Im Rahmen des Verfahrens der Stufe 3c wurde eine systematische Untererfassung der Europäischen Straßengüterverkehrsstatistik im Vergleich mit der CAFT-Erhebung belegt. Bedingt durch das Meldeverfahren der ESGVS ist die Annahme naheliegend, dass diese Untererfassung signifikant mit der Fahrtweite zusammenhängt. Je kürzer die Fahrtweite, desto größer dürfte die Untererfassung der ESGVS sein, weil Fahrten mit großer Fahrtweite eher berichtet werden als sehr viel häufiger vorkommende kurze Fahrten von allem im Binnenverkehr. Existiert dieser Zusammenhang, so kann er bei der Zusammenführung der Matrizen im Rahmen des Verfahrens der Stufe 3c berücksichtigt werden. Um diese Annahme bzw. Hypothese zu überprüfen, wurde die Entfernung zwischen den VMÖ-Verkehrsbezirken auf Basis der tatsächlich gewählten Route ermittelt. Die Untererfassung wird aus dem Quotienten der Jahresfahrten laut ESGVS (F_{ij}) (Stufe 1) und den adaptierten CAFT Werten (Stufe 3b) ermittelt. Der Quotient aus ESGVS und CAFT Werten wird bei Inlandstransporten auf Ebene der VMÖ Bezirke, bei Quell- und Zielverkehr auf Ebene VMÖ bzw. NUTS3 gebildet. Die durchschnittliche Entfernung zwischen zwei VMÖ Bezirken wird aus dem Straßenverkehrsgraphen des VMÖ Modells bezogen und wird als Proxy für die Fahrlängen herangezogen.

In Abbildung 11-2 ist die Fahrtweite den Quotienten aus den Fahrten der CAFT-Erhebung und den Fahrten laut ESGVS (Matrix Stufe 1) gegenübergestellt. Diese Vergleiche wurden nur für jene Quell-Ziel-Kombinationen vorgenommen, für die Beobachtungen sowohl aus der ESGVS als auch der CAFT Erhebung zur Verfügung standen. Der Quotient (in der Graphik auf der logarithmierten Ordinate mit UE bezeichnet) ist ein Maß für die Untererfassung der ESGVS. Es existiert ein schwach ausgeprägter Zusammenhang zwischen der Größe des Quotienten, der ein Maß für die Untererfassung der ESGVS ist, und der durchschnittlichen Fahrlänge, dargestellt durch die logarithmierte Distanz auf der Abszisse. Das Ergebnis widerspricht allerdings der Annahme, dass der Grad der Untererfassung bei kurzen Strecken höher ist.

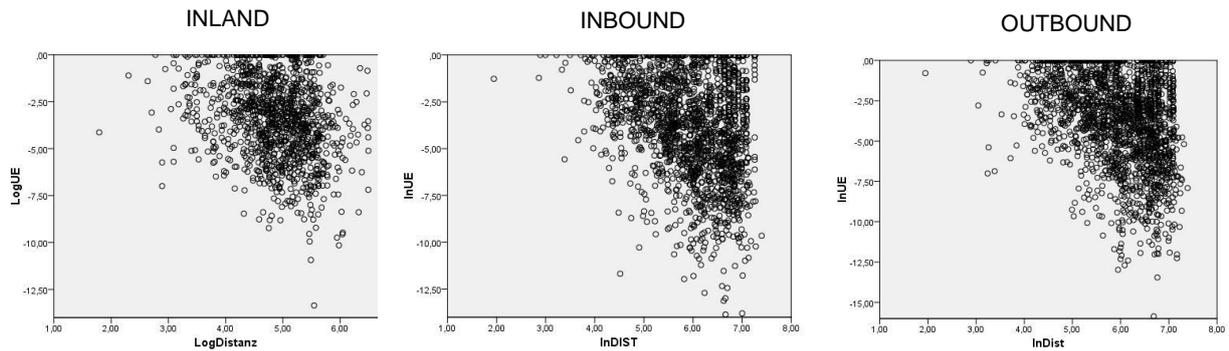


Abbildung 11-2: Analyse der Untererfassung der Straßengüterverkehrsstatistik gegenüber der CAFT-Erhebung 2009 in Abhängigkeit von der Fahrtweite

Dies kann auch durch die Berechnung von Korrelationskoeffizienten wie des Pearson Korrelationskoeffizienten, der die Stärke des linearen Zusammenhangs zwischen der Fahrtweite und der Untererfassung beschreibt, bestätigt werden (Tabelle 11-2). Sowohl für logarithmierte als auch für nicht logarithmierte Werte liegt ein negativer Zusammenhang vor. Die Untererfassung wird somit bei steigenden Fahrtweiten tendenziell größer und widerspricht damit der eingangs geäußerten Hypothese. Dies gilt auch, wenn statt des Pearson-Korrelationskoeffizienten nicht-parametrische Korrelationen anhand von Maßzahlen wie Spearmans-Rho oder Kendall-Tau berechnet werden.

Tabelle 11-2: Korrelationskoeffizienten zwischen der durchschnittlichen Fahrtweite und der Untererfassung der ESGVS im Vergleich zur CAFT 2009

	Pearson	Kendall	Spearman
Fahrtweite und Untererfassung	-0,007	-0,134**	-0,194**
Logarithmus der Fahrtweite und Logarithmus der Untererfassung	-0,262**	-0,164**	-0,231**

** 2-seitig signifikant auf dem Niveau von 1%

Um diesen Zusammenhang in der Folge für die Korrekturen der Quell-Ziel-Beziehungen verwenden zu können, die nicht in der CAFT-Erhebung enthalten sind, wurde versucht, die folgende Regression zu schätzen.

$$\ln \frac{\hat{Q}_{ij}}{f_{ij}} = a + b \times \ln d_{i,j}$$

Notation	Beschreibung
\hat{Q}_{ij}	Um Doppelzählungen und Alternativrouten adaptiertes Verkehrsaufkommen der CAFT-Erhebung
f_{ij}	Anzahl aller Quell-Ziel-Fahrten zwischen i und j laut ESGVS
d_{ij}	Durchschnittliche Distanz zwischen i und j
a, b	Regressionskoeffizienten

Die ermittelten Koeffizienten der Variablen sind statistisch signifikant. Allerdings ist das Bestimmtheitsmaß R^2 , das den Anteil der erklärten Varianz an der Gesamtvarianz beschreibt, mit 0,057 sehr gering. Zudem sind die Daten nicht homoskedastisch. Daher ist eine Bestätigung der Hypothese nicht zuzustimmen und

eine Umsetzung dieses Ansatzes zur Anpassung der Anzahl der Fahrten, die nur in der ESGVS berichtet werden, nicht sinnvoll.

11.3 Verfahren im Rahmen der Erstellung der Matrix der Stufe 3c: Alternative Möglichkeiten zum Einbezug der CAFT-Daten

Für die Zusammenführung der ESGVS in Form der Matrix der Stufe 2 mit der CAFT-Erhebung in Form der Matrix der Stufe 3b wurden verschiedene Varianten von Verfahren getestet. Die Varianten unterscheiden sich darin, (i) ob und wie der in der ESGVS berichtete Lkw-Verkehrsbeziehungswert berücksichtigt wird und (ii) ob nur tatsächliche in der CAFT-Erhebung erfasste Fahrten einer Lkw-Verkehrsbeziehung berücksichtigt werden oder auch potentielle Fahrten. Unter „potentiellen Verkehrsbeziehungen“ sind solche Quell-Ziel-Beziehungen zu verstehen, die entsprechend einer VMÖ-Bestwegumlegung über eine CAFT-Zählstelle führen, in der CAFT-Erhebung aber nicht erfasst wurden. Dies kann als Ergebnis des sehr kleinen Stichprobenumfangs der CAFT-erhebung erklärt werden. Unterschieden wird somit, ob diese Verkehrsbeziehungen als lediglich nicht erfasst (Lkw-Verkehrsbeziehung>0) oder als nicht erfassbar, da nicht vorhanden (Lkw-Verkehrsbeziehung=0), interpretiert werden:

- (1) Gewählte Variante 1: Für alle Quell-Ziel-Beziehungen, die potentiell über eine CAFT-Erhebungsstelle führen, ersetzt die in der CAFT-Erhebung erfasste Lkw-Verkehrsbeziehung, selbst wenn dieses null ist, den entsprechenden Wert der ESGVS.
- (2) Variante 2: Für alle Quell-Ziel-Beziehungen, die sowohl in der CAFT-Erhebung als auch in der Matrix der Stufe 2 enthalten sind, werden die Fahrten der CAFT-Erhebung bei der Zusammenführung übernommen. In allen anderen Fällen, wo nur Quell-Ziel-Beziehungen aus einer der beiden Quellen verfügbar sind, werden die Werte dieser Quelle übernommen. Die Information, ob der „beste Weg“ über eine CAFT-Zählstelle führt oder nicht, wird in dieser Variante nicht berücksichtigt.
- (3) Variante 3: Für alle Quell-Ziel-Beziehungen, die potentiell über eine CAFT-Erhebungsstelle führen, werden die Mittelwerte aus den in der CAFT-Erhebung erfassten Lkw-Verkehrsbeziehungen, selbst wenn diese null sind, und dem entsprechenden Wert der ESGVS berechnet. Diese Mittelwerte werden als Ergebnis der Stufe 3c verwendet.
- (4) Variante 4: Berücksichtigung eines Konfidenzintervalls zur Ermittlung der tatsächlichen Fahrten über CAFT-Erhebungsstellen. Nur wenn die in der ESGVS berichteten Werte kleiner als die untere Intervallgrenze sind, ersetzen die in der CAFT-Erhebung erfassten Lkw-Verkehrsbeziehungswerte jene der ESGVS.

Gewählte Variante 1

Die nicht in Österreich liegenden ausländischen Quellen und Ziele des Quell-, Ziel- und Transitverkehrs liegen nach den Korrekturen der Stufe 3a und 3b auf NUTS-3-Ebene vor, die Informationen aus dem Visum-Programm, ob der „beste Weg“ über eine CAFT-Zählstelle führt oder nicht, allerdings auf Ebene der VMÖ-Verkehrsbezirke. Da eine ausländische NUTS-3 aus mehreren VMÖ-Verkehrsbezirken bestehen kann, ist es möglich, dass sich Verkehrsbeziehungen des Quell-, Ziel- und Transitverkehrs aus mehreren räumlich disaggregierten Lkw-Verkehrsbeziehungen mit der Information des „besten Weges“ zusammensetzen, wobei bei einigen dieser Verkehrsbeziehungen der „beste Weg“ über eine CAFT-Zählstelle führen kann und bei einigen nicht. Zwei Regeln zur Lösung des Problems sind möglich:

„alles-oder-nichts“ Variante

Eine Beziehung mit einem NUTS-3-Gebiet wird dann als über eine CAFT-Erhebungsstelle führend eingestuft, wenn dies für die Mehrheit der untergeordneten VMÖ-Beziehungen der Fall ist. In diesen Fällen wird immer der CAFT-Wert in der Ausprägung der Stufe 3b für die Matrix Stufe 3 übernommen. Dies gilt auch, wenn der entsprechende Wert der Stufe 3b null ist. Liegt der Anteil jener Fahrten, die über CAFT-Erhebungsstellen führen (w_{ij}), bei maximal 50 %, wird der Wert der ESGVS übernommen.

„gewichtete Durchschnittsvariante“

Für alle Beziehungen mit einem NUTS-3-Gebiet wird der relative Anteil der Routen der untergeordneten VMÖ-Beziehungen an allen Routen, die das NUTS-3-Gebiet betreffen, ermittelt. Der für die Matrix Stufe 3 verwendete Wert ist der gewichtete Durchschnitt des ESGVS-Wertes und des Wertes der Matrix der Stufe 3b.

$$w_{ij} = \frac{\sum_k I_{k \in CAFT}}{\sum_k k}$$

Notation	Beschreibung
k	Sämtliche Quell-Ziel-Beziehungen auf VMÖ-Verkehrsbezirksebene innerhalb einer betrachteten NUTS-3-Beziehung
I	Indikatorfunktion, die angibt, ob die „beste“ Route über eine CAFT-Zählstelle führt oder nicht
w_{ij}	Relativer Anteil an VMÖ-Verkehrsbezirke-Beziehungen innerhalb einer betrachteten NUTS-3-Beziehung, deren „beste“ Route über eine CAFT-Erhebungsstelle führt

Mit k werden dabei alle Quell-Ziel-Beziehungen auf VMÖ-Verkehrsbezirksebene bezeichnet, die in der betrachteten NUTS-3-Beziehung vorkommen. $I_{k \in CAFT}$ ist die Indikatorfunktion, die nur dann zählt, wenn die betrachtete Route über eine CAFT-Erhebungsstelle führt. Der gewichtete Durchschnitt wird dabei wie folgt ermittelt, wobei CAFT“ für die Ergebnisse der Stufe 3b steht:

$$g_{ij} = w_{ij} \times \hat{Q}_{ij} + (1 - w_{ij}) \times f_{ij}$$

Notation	Beschreibung
f_{ij}	Werte der Matrix Stufe 2 (ESGVS)
\hat{Q}_{ij}	Um Doppelzählungen und Alternativrouten korrigiertes Verkehrsaufkommen der CAFT-Erhebung
g_{ij}	Werte der Matrix Stufe 3c
w_{ij}	Relativer Anteil an VMÖ-Verkehrsbezirke-Beziehungen innerhalb einer betrachteten NUTS-3-Beziehung, deren „beste“ Route über eine CAFT-Erhebungsstelle führt

Da Unterschiede im Verkehrsaufkommen bei Vergleich mit der „alles-oder-nichts“ Variante maximal im Promillebereich (Transit) zu finden sind, wurde ausschließlich die „alles-oder-nichts“-Variante weiterverfolgt.

Variante 3

Die Berechnung der Mittelwerte aus den Angaben der CAFT-Erhebung und der ESGVS für alle Quell-Ziel-Beziehungen, die potentiell über eine CAFT-Erhebungsstelle führen, wobei auch Nullwerte der CAFT-Erhebung verwendet werden, erscheint vorerst als sinnvoll. Bei der Umsetzung des IMoVe-Güter-Verfahrens für diese Verfahrensvariante entstehen aber für das Lkw-Verkehrsaufkommen und die Lkw-

Verkehrsleistung aber unplausible Ergebnisse, insbesondere bei der Betrachtung des Verlaufes der einzelnen Stufen (Abbildung 11-3).

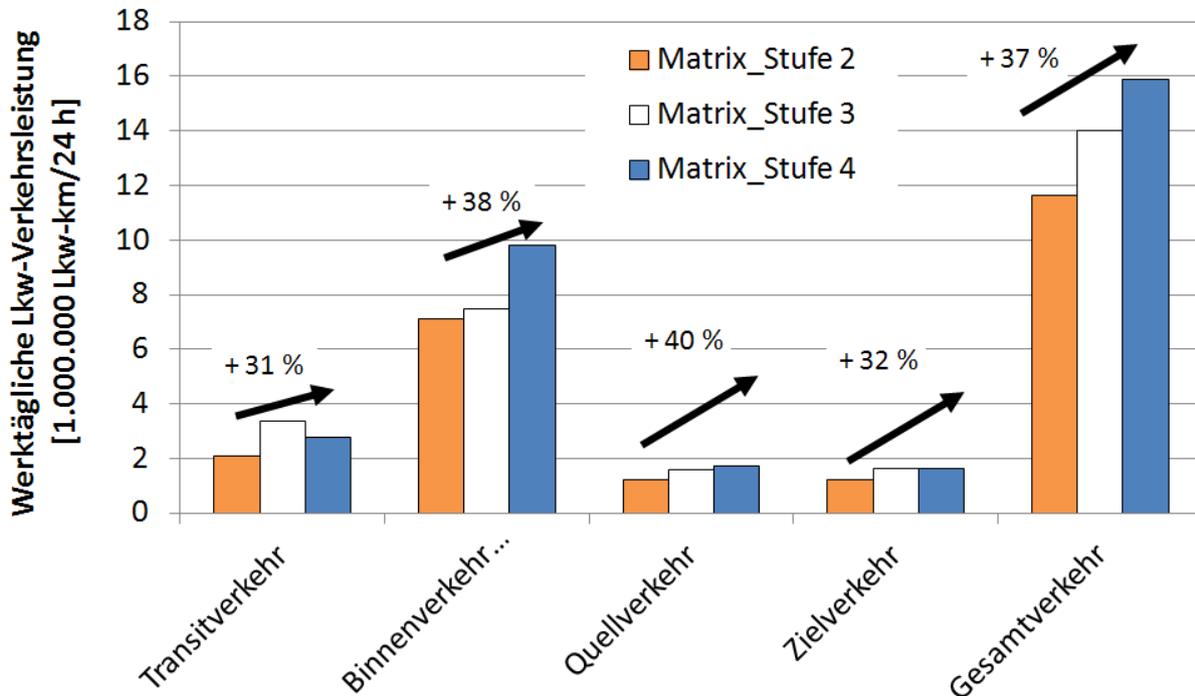


Abbildung 11-3: Werk tägliche Lkw-Verkehrsleistung 2009 auf dem österreichischen Straßennetz der Matrizen der verschiedenen Stufen bei einer Mittelwertbildung der CAFT- und ESGVS-Werte im Rahmen der Stufe 3c

Der Anstieg der Lkw-Verkehrsleistung zwischen dem Verfahren der zweiten und der vierten Stufe fällt mit 0,6 Prozentpunkten geringfügig niedriger aus als für die gewählte Variante (Kap. 9.2.7). Dies liegt vor allem an geringeren Zuwachsraten im Quell- und Zielverkehr, während der Transitverkehr im hier dargestellten Verfahren stärker steigt. Dies gilt insbesondere auch für das Verfahren der Stufe 3. Während es hier im Durchschnitt lediglich eine Erhöhung der Lkw-Verkehrsleistung um 21 % gibt, steigt der Transitverkehr um 60 %. Durch das Matrixkalibrierungsverfahren sinkt die Lkw-Verkehrsleistung wieder. Dieser Verlauf muss als prinzipiell nicht plausibel interpretiert werden und lässt sich folgendermaßen erklären: Da die CAFT-Erhebung insbesondere für den Transitverkehr eine deutlich bessere Abbildung an den CAFT-Zählstellen sicherstellt, sind auch die Null-Werte der Verkehrsbeziehungen der CAFT-Erhebung aus der Sicht der Stichprobe als verlässlicher einzustufen. Letztendlich sind sie ja genau auf den CAFT-Zählstellenwert hochgerechnet. Eine Mittelwertbildung zwischen beiden Erhebungen würde zu einer einseitigen Verzerrung im Sinne einer statistische Doppelerfassung führen, was sich in einer Übererfassung der Verkehrsstärke an den CAFT-Zählstellen niederschlägt, die im Schritt zur Stufe 4 logischer Weise wieder reduziert wird.

Variante 4

In Variante 4 wird dem Umstand Rechnung getragen, dass für viele Quell-Ziel-Beziehungen in der CAFT-Erhebung und der ESGVS eine unterschiedliche Anzahl von Jahresfahrten ein Konfidenzintervall berechnet, in dem die tatsächlichen Lkw-Fahrten mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 % liegen. In jenen Fällen, in denen die Anzahl der Jahresfahrten laut ESGVS unter der unteren Schranke des CAFT-Konfidenzintervalls liegt, ersetzen die CAFT-Werte die Werte der Matrix der Stufe 2 (ESGVS); dabei werden nur solche Quell-Ziel-Beziehungen betrachtet, bei denen die untere Schranke grösser als Null ist. Dies gilt insbesondere,

wenn Quell-Ziel-Beziehungen in der ESGVS nicht existieren. Zur Berechnung der Konfidenzintervalle werden die Jahresfahrten je Quell-Ziel-Beziehung über alle Zählstellen summiert. Diese Summe der berichteten Jahresfahrten im Verhältnis zu allen an diesen Zählstellen erhobenen Fahrten ausgedrückt (p_{ij}) Für diese Anteile wird unter der Annahme einer Binomialverteilung ein 90% - Konfidenzintervall berechnet. N_{ij} ist dabei die Summe der Stichproben aller Erhebungsstellen Z . Die Stichproben der Zählstellen wurden der Dokumentation der CAFT entnommen.

$$p_{ij} = \frac{\sum_z Q_{ijz}}{\sum_z Q_z}$$

$$SE_{ij} = \frac{\sqrt{p_{ij} \times (1 - p_{ij})}}{N_{ij}}$$

$$N_{ij} = \sum_{z \in Z} S_z$$

$$LB_{ij} = p_{ij} - 1,645 \times SE_{ij}$$

$$UB_{ij} = p_{ij} + 1,645 \times SE_{ij}$$

Notation	Beschreibung
Q_{ijz}	Summe der berichteten Jahresfahrten
Q_z	Sämtliche an den Zählstellen erhobenen Fahrten
p_{ij}	Relativer Anteil der berichteten Jahresfahrten
S_z	Stichproben der Erhebungsstelle Z
N_{ij}	Summe der Stichproben aller Erhebungsstellen Z
SE_{ij}	Standard Error
LB_{ij}	Untere Grenze des Konfidenzintervalls (Lower Bound)
UB_{ij}	Obere Grenze des Konfidenzintervalls (Upper Bound)

Diese Variante kommt allerdings nicht zur Anwendung, da die Anzahl der Beobachtungen je Quell-Ziel Kombination auf NUTS3 Ebene sowohl für die ESGVS als auch die CAFT Erhebung nicht hinreichend ist. So wiesen die Rohdaten bei der ESGVS von insgesamt 19.380 Quell-Ziel-Beziehungen nur 5.3% davon, also 1.026 mehr als 10 Beobachtungen auf. Bei der CAFT Erhebung wurden insgesamt nur 174 Quell-Ziel-Beziehungen auf NUTS3 Ebene mit mehr als 10 Beobachtungen identifiziert.

Vergleich der realisierten Varianten

Für die realisierten verschiedenen Varianten wurde das Lkw-Aufkommen berechnet und ist in Tabelle 11-3 dokumentiert.

Tabelle 11-3: Vergleich des jährlichen Lkw-Aufkommens 2009 der Stufe 2 mit verschiedenen Varianten der Stufe 3

Lkw-Aufkommen [Lkw/Jahr]	Stufe 2	Stufe 3, Variante 2	Stufe 3, Variante 3	Stufe 3, Gewählte Variante 1
Binnenverkehr	40.881.240	42.697.728	41.335.009	40.879.998
Zielverkehr	2.922.278	5.348.241	3.665.562	3.560.818
Quellverkehr	2.939.992	5.188.980	3.546.641	3.397.584
Transit- und Außenverkehr	2.974.588	6.064.960	4.905.745	4.137.046
Gesamtverkehr	49.718.098	59.299.909	53.452.957	51.975.446

Die Auswirkung der verschiedenen Varianten bei der Zusammenführung der ESGVS mit der CAFT-Erhebung zeigen insbesondere beim Transit- und Außenverkehr in Bezug auf Österreich starke Unterschiede. Variante 2, in der CAFT-Wert in der Schnittmenge von ESGVS und CAFT übernommen wird, lässt das Verkehrsaufkommen im Transit und Außenverkehr auf 6,1 Mio. Lkw Fahrten/Jahr steigen. Hingegen steigt das Verkehrsaufkommen in Variante 3 (Mittelwertvariante) weniger stark, auf 4,9 Mio. Lkw-Fahrten. Bei der gewählten Variante /Jahr („Bestweg“- in Kombination mit „Alles-oder-Nichts“) fällt der Anstieg mit 4,1 Mio. Lkw Fahrten/Jahr geringer aus. Die Varianten 2 und 3 sind aus den schon vorhin angeführten Gründen als unplausibler einzustufen. Insbesondere ist der starke Unterschied der Ergebnisse der Variante 2 und 3 auf den Ziel-, Quell, Transit- und Außenverkehr anzuführen, der durch die Doppelerfassung der Lkw-Verkehrsbeziehungen über die CAFT-Zählstellen zurückzuführen ist. Deshalb wurden diese Varianten verworfen.

11.4 Alternative Verfahren im Rahmen der Erstellung der Matrix der Stufen 4 und ihrer Umlegung: Reduzierung des Außenverkehrs

Lkw-Verkehre, deren Quellen und Ziele im Ausland liegen, wird zum Transitverkehr gezählt, wenn er das österreichische Staatsgebiet berührt, andernfalls zählt er zum Außenverkehr. In den Ausgangsdaten der ESGVS und der CAFT-Erhebung dürfte per Definition kein Außenverkehr enthalten sein. Die Umlegung der Matrizen der verschiedenen Stufen ergibt aber in Abhängigkeit der gewählten Variante zur Implementierung der CAFT-Erhebung, des VStromFuzzy-Verfahrens und des Umlegungsverfahrens ein nicht unerhebliches Außenverkehrsaufkommen (Tabelle 11-4). Im Vergleich der Umlegung der Matrix der Stufe 2 und dem gewählten Verfahren der Stufe 4 ergibt sich eine Verdoppelung des Lkw-Verkehrsaufkommens im Außenverkehr, während das Lkw-Verkehrsaufkommen in der Gesamtmatrix um weniger als 50 % steigt. Wird eine geringere Anzahl Zählstellen im VStromFuzzy-Verfahren berücksichtigt (Stufe 4, alternatives Verfahren in Tabelle 11-4), sinkt das absolute Lkw-Verkehrsaufkommen im Außenverkehr leicht.

Tabelle 11-4: Vergleich des Lkw-Verkehrsaufkommens (JDTVw) des Transit-, Außen- und Gesamtverkehrsaufkommens der Varianten der Stufen 3 und 4 mit Bestwegumlegung (VISUM)

	Stufe 2		Stufe 4 gewähltes Verfahren		Stufe 4 alternatives Verfahren	
	Absolut [Tsd.Lkw/24h]	Relativ [%]	Absolut [Tsd.Lkw/24h]	Relativ [%]	Absolut [Tsd.Lkw/24h]	Relativ [%]
Anzahl der im Rahmen des VStromFuzzy verwendeten Zählstellen	-		1.067		968	
Transitverkehr	9,23	5 %	12,90	5%	12,92	5 %
Gesamtverkehr - österreichrelevant	181,15	100%	260,63	100%	256,90	100%
Außenverkehr	1,71		3,54		3,49	
Gesamtmatrix	182,86		264,17		260,39	

Das Auftreten von Außenverkehr kann erhebungs- und/oder durch die Routensuche und Verkehrsumlegung des VMÖ verursacht sein. Erhebungsbedingte Fehler sind

- fehlerhafte Erfassungen des Ausgangs- oder Endpunktes der Fahrt,

- die fehlende Erfassung von Ladetätigkeiten, die eigene Fahrten definieren müssten oder
- die fehlerhafte Angabe von Österreich als Transitland in der ESGVS.

Verkehrsmodellbedingte Ungenauigkeiten oder Fehler durch die Routensuche und Umlegung können ihre Ursache im ungenauen Straßennetz, in nicht realistischen Streckenwiderständen im In- und Ausland oder in einer nicht ausreichend kalibrierten Routensuche und Umlegung im Verkehrsmodell haben. Beispielsweise wurden in der Schweiz in den vergangenen Jahren verschiedene Maßnahmen zur Reduzierung des Straßengüterverkehrsaufkommens im Transitverkehr durchgeführt, die in der Widerstandsfunktion des VMÖ bzw. den einzelnen Streckenwiderständen nicht berücksichtigt sind. Generell ist festzuhalten, dass das VMÖ nicht für den Außenverkehr netzkalibriert ist und die wirklichkeitsgetreue Abbildung der Routenwahl für die endgültige Anwendung der IMoVe Methode noch gesondert zu behandeln ist.

Mit dem alternativen Verfahren 2 wurde versucht, durch Anpassung der Streckenwiderstände im Ausland für Teile des Außenverkehrs eine Nutzung des österreichischen Straßennetzes zu erzwingen. Dazu wurde die Straßengüterverkehrsmatrix der Stufe 3 in zwei Matrizen geteilt, wobei die im Folgenden als Transitmatrix bezeichnete Matrix alle Quell-Ziel-Beziehungen mit sowohl Quelle als auch Ziel im Ausland umfasst. Nicht unterschieden wird, ob diese in einer Routensuche und Umlegung Außen- oder Transitverkehre sind. Die zweite Matrix enthält das restliche Lkw-Verkehrsaufkommen. Um den Außenverkehr auf das österreichische Straßennetz umzulegen, wird zunächst die Transitverkehrsmatrix umgelegt. Dazu werden die Widerstände der Strecken im Ausland so angepasst, dass der resultierende Widerstand dem Zehnfachen des ursprünglichen Widerstandes entspricht. Da eine Bestwegumlegung angewendet wird, kann die Streckenbelastung und der daraus resultierende Einfluss auf die Reisezeit vernachlässigt werden. Die resultierende Streckenbelastung wird als Streckengrundbelastung im VStromFuzzy-Verfahren berücksichtigt, in das nur die zweite Matrix einbezogen wird. Die Transitmatrix wird im Rahmen des Verfahrens der Stufe 4 nicht weiterverwendet, das Quell-Ziel-Verkehrsaufkommen im Außen- und Transitverkehr wird somit in der Stufe 4 gegenüber der Stufe 3 nicht angepasst. Für die Umlegung der zweiten Matrix, sowohl vor als auch nach der Matrixkalibrierung mit dem VStromFuzzy-Verfahren, werden die Widerstände des VMÖ sowohl im In- als auch im Ausland unverändert verwendet. Alle Umlegungen sind Bestwegumlegungen.

Das VStromFuzzy-Verfahren fand allerdings bei der Verwendung der 1.067 Zählstellen des gewählten Verfahrens der Stufe 4 keine Lösung. Stattdessen wurden 968 Zählstellen herangezogen. In Tabelle 11-5 ist aus Vergleichsgründen das Ergebnis der Umlegung der Matrix abgebildet, die bei unveränderten VMÖ-Widerständen mit diesen 968 Zählstellen aus dem VStromFuzzy-Verfahren resultiert (Alternatives Verfahren 1).

Tabelle 11-5: Vergleich des Lkw-Verkehrsaufkommens (JDTVw, Bezug 2009) des Transit-, Außen- und Gesamtverkehrsaufkommens der Stufe 4 bei verschiedenen Widerstände und Zählstellen im VStromFuzzy-Verfahren

	Werktägliche Lkw-Fahrten [1.000 Lkw/24 h (Mo-Fr)]; [%]		
	Stufe 4 gewähltes Verfahren	Stufe 4 alternatives Verfahren 1	Stufe 4 alternatives Verfahren 2
Streckenwiderstände im Ausland	Laut VMÖ	Laut VMÖ	Verzehnfachung des VMÖ-Widerstandes im Ausland
Anzahl berücksichtigter Zählstellen	1.067	968	968
Transitverkehr	12,90	12,92	14,54
Binnenverkehr (inkl. UBV)	214,61	211,01	243,02
Quellverkehr	16,90	16,79	22,53
Zielverkehr	16,22	16,19	22,18
Gesamtverkehr (ohne Außenverkehr)	260,63	256,90	302,28
Außenverkehr	3,54	3,49	0,68
Gesamtverkehr (inkl. Außenverkehr)	264,17	260,39	302,95

Leichte Abweichungen gegenüber dem IMoVe-Verfahren der Stufe 4 (gewähltes Verfahren) ergeben sich beim alternativen Verfahren 1. Andernfalls findet das Matrixkorrekturverfahren bei einem Toleranzwert der Zählwerte von 10 % keine Lösung (linke und mittlere Spalte in Tabelle 11-5). Die Verzehnfachung der Widerstände bei der alternativen Variante 2 bedingt, verglichen mit der Umlegung der Matrix auf Basis des VStromFuzzy-Verfahrens mit den identischen Zählstellen (mittlere und rechte Spalte in Tabelle 11-5) dagegen deutliche Unterschiede. Das Lkw-Verkehrsaufkommen steigt im Binnenverkehr und im Quell-Zielverkehr deutlich, zwischen der zweiten und der vierten Verfahrensstufe im Schnitt um 67 %. Dies gilt auch für den Transitverkehr: Ein wesentlicher Teil des bisher als Außenverkehr erfassten Verkehrs wird zum Transitverkehr. Allerdings fällt der Anstieg mit 57 % im Vergleich zur Veränderung der Gesamtmatrix gering aus. Der relative Anteil des Transitverkehrs am gesamten Lkw-Verkehrsaufkommen sinkt dadurch von fünf auf vier Prozent.

Stärkere Auswirkungen hat das Verfahren auf die werktägliche Verkehrsleistung (Tabelle 11-6). Die gesamte Lkw-Verkehrsleistung auf dem österreichischen Straßennetz liegt bei der Umlegung der vierten Matrixstufe um 76 % über dem Wert der zweiten Matrix. Verglichen mit dem gewählten Verfahren mit VMÖ-Widerständen ist die Lkw-Verkehrsleistung um 30 Prozent erhöht. Dies hat mehrere Gründe. In Bezug auf den Außen- und Transitverkehr wird Außenverkehr auf das österreichische Straßennetz „gezwungen“, zudem sind die Fahrtlängen im Transitverkehr auf dem österreichischen Straßennetz aufgrund der geänderten Routenwahl länger. In der Summe verdoppelt sich die von Lkw auf dem österreichischen Straßennetz zurückgelegte Entfernung im Transitverkehr. Die geänderte Routenwahl bedingt zudem Änderungen im VStromFuzzy-Verfahren mit großen Auswirkungen auf die durchschnittliche zurückgelegte Entfernung je Quell-Ziel-Beziehung im Binnenverkehr. Während das Lkw-Verkehrsaufkommen im Binnenverkehr bei Verwendung der erhöhten Streckenwiderständen und der 968 VStromFuzzy-Zählstellen

um 15 % über dem des gewählten Verfahren liegt, ist die Verkehrsleistung lediglich um fünf Prozent erhöht. Daraus resultiert eine deutliche Verkürzung der durchschnittlichen Fahrtlänge.

Tabelle 11-6: Werttägliche Lkw-Verkehrsleistung der Matrizen (Bezug 2009) verschiedener Stufen auf dem österreichischen Straßennetz in Abhängigkeit von den Streckenwiderständen im Ausland (absolute Leistung und relativer Anteil)

	Werttägliche Lkw-Verkehrsleistung [Mio. Lkw-km/24 h (Mo-Fr)]		Werttägliche Lkw-Verkehrsleistung [% des Aufkommens der jeweiligen Matrix]	
	Stufe 4 gewähltes Verfahren 1	Stufe 4 Alternatives Verfahren 2	Stufe 4 gewähltes Verfahren 1	Stufe 4 alternatives Verfahren 2
Streckenwiderstände im Ausland	VMÖ	Verzehnfachung	VMÖ	Verzehnfachung
Transitverkehr	2,88	5,90	18%	29%
Binnenverkehr (inkl. UBV)	9,41	9,85	60%	48%
Quellverkehr	1,78	2,46	11%	12%
Zielverkehr	1,63	2,25	10%	11%
Gesamtverkehr	15,69	20,46	100%	100%

Durch die Verzehnfachung der Streckenwiderstände im Ausland wird der Transitverkehr vermehrt auf das Österreichische Straßennetz „gezwungen“ und der Anteil des Außenverkehrs sinkt. Dies bedingt bei vielen Fahrten eine Zunahme der Fahrtweite, da der Vorteil einer möglichen kürzeren Route im Ausland reduziert wieder und der Gesamtwiderstand einer Quell-Ziel-Beziehung durch die vermehrte Nutzung des Österreichischen Straßennetzes verringert wird. Dies zeigt sich in der Zunahme der durchschnittlichen Fahrtweite von 1029 km auf 1105 km (+7,4 Prozent).

Entsprechendes gilt für die Transportleistung. Sie steigt vor allem für den Quell- und Zielverkehr stark an (Tabelle 11-7). Durch diese Verfahrensalternative der Variante 3 werden die Vergleichswerte anderer Veröffentlichungen weit überschritten. Dies ist ein Grund, warum diese alternative Variante 3 nicht weiter verfolgt wurde. Ein wesentlicher zweiter Grund liegt darin, dass eine quasi zwangsweise Verlagerung des Außenverkehrs über Österreich erfolgt, ohne die originale Information der nationalen Erhebung verifizieren zu können, was Transitverkehr und was Außenverkehr in Bezug auf Österreich ist, und daher eine reine Spekulation darstellen würde. Durch die methodische Berücksichtigung der CAFT-Erhebung im Rahmen des IMoVe-Güter-Projektes, die bezüglich des Transit-, Ziel- und Quellverkehrs in Bezug auf Österreich ein sehr valides Ergebnis liefert, ist vor allem der Transitverkehr sehr gut abgebildet. Eine andere Vorgangsweise bedarf einer genauen Analyse der Erhebungsverfahren und der Rohdaten der ESGVS-Erhebungen, die nicht zur Verfügung steht.

Tabelle 11-7: Lkw-Transportleistung der Matrix der Stufe 4 (Bezug 2009) verglichen mit den Angaben der Verkehrsprognose Österreich 2025+ und dem Gesamtverkehrsplan Österreich (absolute Leistung und relativer Anteil)

	Werktägliche Lkw-Transportleistung [Mio. tkm/24 h (Mo-Fr)]			
	IMoVe Stufe 4 gewähltes Verfahren 1	IMoVe Stufe 4 Alternatives Verfahren 2	bmvit, 2012	VPÖ 2025+
Bezugsjahr	2009	2009	2010	2005
Transitverkehr	40,0	82,5	47,5	36,2
Binnenverkehr (inkl. UBV)	74,8	77,4	55,9	55,6
Quellverkehr	22,4	31,4	43,0	18,8
Zielverkehr	20,1	28,1		19,4
Gesamtverkehr	157,3	219,4	146,4	130,0

11.5 Alternative Verfahren im Rahmen der Erstellung der Matrix der Stufe 4: Nicht-Anpassung von Quell-Ziel-Beziehungen, die nicht über Zählstellen führen

Das in der vierten Stufe verwendete Matrixkalibrierungsverfahren basiert auf einem Abgleich der Ergebnisse der Routenverfahrens und Umlegung der Lkw-Matrix der Stufe 3 mit Zählstellenwerten. Entsprechend der identifizierten Abweichung werden alle Quell-Ziel-Beziehungen, deren Verkehrsbeziehungen über eine Zählstelle routet, angepasst. Quell-Ziel-Beziehungen, deren Verkehr über keine Zählstelle führen, können entweder unverändert übernommen oder mit der mittleren Abweichung, ermittelt von den Abweichungen an den vorhandenen Zählstellen, angepasst werden. Im Verfahren der vierten Stufe wird die zweite Option angewendet. Dies liegt an der Anzahl und Verteilung der Zählstellen im Straßennetz: Sie sind so festgelegt, dass im Großen und Ganzen ein repräsentatives Bild des Lkw-Straßenverkehrs abgebildet werden kann. Dabei liegt allerdings der Fokus auf dem höherrangigen Straßennetz. Quell-Ziel-Relationen im ländlichen Raum werden mit einer geringeren Wahrscheinlichkeit erfasst, genauso Quell-Ziel-Relationen mit einer geringen Fahrtlänge. Um diese einseitige Verzerrung zu vermeiden, wurden die nicht über Zählstellen routenden Quell-Ziel-Beziehungen mit dem Mittelwert der über Zählstellen führenden Verkehrsbeziehungen angepasst. Mit den derzeit vorhandenen Daten und der vorhandenen Software scheint die gewählte Lösung am plausibelsten. Eine weitere Differenzierung nach Typen von Routen wäre wünschenswert, würde aber eine genauere Analyse der Zählstellen mittels stichprobenartiger Quell- Zielerhebung bedingen. Die Wirkungen dieser Festlegung sind für eine Bestwegumlegung der Matrix der Stufe 4 in Tabelle 11-8 dargestellt. Im zugrundeliegenden VStromFuzzy-Verfahren sind 968 Zählstellen berücksichtigt.

Tabelle 11-8: Werk tägliche Lkw-Fahrtenaufkommen (JDTVw) der Matrizen der vierten Stufe (Bezug 2009) in Abhängigkeit der Anpassung der Quell-Ziel-Beziehungen, die nicht über eine VStromFuzzy-Zählstelle routen

	Werk tägliche Lkw-Fahrten [1.000 Lkw/24 h (Mo-Fr)]	
	Stufe 4 (Gewähltes Verfahren 1)	Stufe 4 (Alternatives Verfahren 3)
Anpassung der Quell-Ziel-Beziehungen, die nicht über VStromFuzzy-Zählstellen routen	Anpassung mit Mittelwert	Unverändertes Quell-Ziel-Verkehrsaufkommen
Transitverkehr	12,92	12,92
Binnenverkehr (inkl. UBV)	211,01	189,13
Quellverkehr	16,79	16,38
Zielverkehr	16,19	15,73
Gesamtverkehr	256,90	234,16

Die gewählte Art der Anpassung der Quell-Ziel-Beziehungen, die nicht über VStromFuzzy-Zählstellen routen, hat deutliche Auswirkungen auf die gesamte Matrixsumme des Lkw-Verkehrsaufkommens. Es liegt bei einer Anpassung der Quell-Ziel-Beziehungen, die nicht über VStromFuzzy-Zählstellen routen, um den Mittelwert um fast zehn Prozent höher als bei einer unveränderten Übernahme des Lkw-Verkehrsaufkommens aus der Ausgangsmatrix des VStromFuzzy-Verfahrens. Die Änderungen entfallen dabei fast ausschließlich auf den Binnenverkehr. Im Transitverkehr gibt es überhaupt keine Änderungen, da alle Quell-Ziel-Beziehungen über mindestens eine VStromFuzzy-Zählstelle routen. Da es keine sachlichen Argumente gibt, dass die nicht über eine Zählstelle führenden Lkw-Verkehrsbeziehungen keine Untererfassung durch die ESGVS-Erhebung aufweisen, wird diese Alternative Variante 2 verworfen. Zu untersuchen wäre die Frage, inwieweit für diese Verkehrsbeziehungen ein speziell zu ermittelnder Durchschnittsfaktor zur Kompensation der Untererfassung zu verwenden wäre.

11.6 Alternative Verfahren im Rahmen der Routensuche und Umlegung der Matrix der Stufe 4: Gleichgewichtsumlegung

Das Programm VISUM bietet verschiedene Routensuch- und Umlegungsverfahren an. Dazu zählen das Bestweg- und das Gleichgewichtsverfahren der Routensuche und Umlegung. Während im Bestwegverfahren das gesamte Lkw-Verkehrsaufkommen in einem Schritt auf die Route mit dem geringsten Widerstand gelegt wird, sucht das Gleichgewichtsverfahren in einem iterativen Prozess nach einem Pareto-Optimum (Ptv 2012). Das gewählte Verfahren wirkt sich nicht nur auf die Routensuch- und Umlegungsergebnisse aus. Aufgrund der unterschiedlichen Streckenbelastung werden dadurch auch Änderungen der erzeugten Matrix im Rahmen des Matrixkorrekturverfahrens bewirkt. Um diese Effekte offen zu legen, wurden beide Verfahren im Rahmen des Matrixkalibrierungsverfahrens und der darauf folgenden Routensuche- und Umlegung der Matrix angewendet. Das Bestwegverfahren geht von der These aus, dass der Straßengüterverkehr wenig sensibel auf die Verkehrsbelastung reagiert und die Straßen des hochrangigen Straßennetzes bevorzugt. Dagegen werden beim Gleichgewichtsverfahren eine höhere Sensibilität der VerkehrsteilnehmerInnen gegenüber der Verkehrsbelastung und Stau sowie eine höhere Bereitschaft, Ausweichrouten zu nutzen, angenommen. Letzteres macht nur Sinn, wenn auch der Pkw-Verkehr berücksichtigt wird. Daher wird beim Gleichgewichtsverfahren im Gegensatz zum Bestwegverfahren, auch der Pkw-Verkehr berücksichtigt. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist die unterschiedliche Anzahl der berücksichtigten Zählstellen im Rahmen des vierten Verfahrensschritts (Matrixkalibrierungsverfahren) zu berücksichtigen (Tabelle 11-9). Es ist festzuhalten, dass die bisherige

Erfahrung das Bestwegverfahren für den Lkw-Verkehr als plausibler einschätzt, da das Gleichgewichtsverfahren in dem VISUM-Programm auf den Pkw-Verkehr abgestimmt ist. Deshalb wurde das Bestwegverfahren als das geeignetere eingestuft. Hier zeigt sich allerdings ein Forschungs- und Literaturdefizit der Routensuche und Umlegung des Straßengüterverkehrs für die Lkw-Verkehrsmodellierung, das insbesondere dann wesentlich ist, wenn ein Matrixkalibrierungsverfahren angewendet wird. Hierzu sind aber weitere Analysen des Routensuchverhaltens des Lkw-Verkehrs notwendig.

Tabelle 11-9: Werktägliche Lkw-Fahrten der Matrizen (JDTVw) der vierten Stufe in Abhängigkeit vom Routensuch- und Umlegungsverfahren, Bezug 2009

	Werktägliche Lkw-Fahrten [1.000 Lkw/24 h (Mo-Fr)]			
	Stufe 4 Gewähltes Verfahren 1		Stufe 4 Alternatives Verfahren 4	
	Absolut [Tsd.Lkw/24h]	Relativ [%]	Absolut [Tsd.Lkw/24h]	Relativ [%]
Verfahren	Bestweg		Gleichgewicht	
Zählstellen	1.067		1.210	
Binnenverkehr (inkl. UBV)	214,61	82%	225,69	83 %
Quellverkehr	16,90	6%	16,92	6 %
Zielverkehr	16,22	6%	16,51	6 %
Transitverkehr	12,90	5%	12,56	5 %
Gesamtverkehr - Österreichrelevant	260,63	100 %	271,68	100 %
Außenverkehr	3,54		4,15	
Gesamtmatrix	264,17		275,83	

12 Anforderungen an die Güterverkehrsstatistik in Österreich aus Sicht von Expertinnen und Experten

12.1 Methodische Vorgehensweise

Die Ergebnisse des vorliegenden Anforderungskatalogs basieren auf empirischen Erhebungen im Rahmen eines Anforderungsworkshops, der zu Beginn des Projektes IMoVe-Güter durchgeführt wurde, sowie von ExpertenInneninterviews, deren Ergebnisse diskutiert und systematisch rückgekoppelt wurden. Die folgenden Expertinnen und Experten wurden in die empirischen Erhebungen (Workshop & ExpertenInneninterviews) eingebunden (ohne Personen des IMoVe-Güter-Projektteam):

	Name	Unternehmen	
1	Fischer, Reinhard	Wirtschaftskammer Österreich	Projektbeirat & Interview
2	Frithum, Marion	ASFINAG	Projektbeirat & Workshop
3	Fröschl, Karl Anton	Universität Wien	Projektbeirat & Workshop
4	Fritthum, Werner	Bmvit	Projektbeirat & Workshop
5	Greil, Franz	Arbeiterkammer Wien	Projektbeirat & Workshop
6	Gronalt, Manfred	BOKU Wien	Projektbeirat
7	Hartl, Thomas	Via Donau	Projektbeirat
8	Hausberger, Stefan	TU Graz	Projektbeirat
9	Häusler, Dieter	Stadt Wien, MA18	Projektbeirat & Workshop
10	Herry, Max	Büro Herry	Projektbeirat
11	Karner, Thomas	Statistik Austria	Projektbeirat & Workshop
12	Köll, Helmut	ZT Köll	Projektbeirat & Workshop
13	Kovacic, Werner	bmvit	Projektbeirat
14	Krautsack, Sarah	bmvit	Projektbeirat
15	Kressler, Florian	Austria Tech	Projektbeirat & Workshop
16	Polasek, Wolfgang	IHS	Projektbeirat & Workshop
17	Pompl, Roland	ASFINAG	Projektbeirat
18	Popp, Christian	Land Niederösterreich	Projektbeirat & Workshop
19	Posset, Martin	MCHP	Projektbeirat & Workshop
20	Prikoszovits, Nicole	FFG	Projektbeirat & Workshop
21	Rankl, Christian	Land Vorarlberg	Projektbeirat & Workshop
22	Rauh, Wolfgang	ÖBB-Holding AG	Projektbeirat & Workshop
23	Rudlof, Manfred	Statistik Austria	Projektbeirat & Workshop
24	Schmutzhard, Ludwig	Land Tirol	Projektbeirat & Workshop
25	Schwammenhöfer, Franz	bmvit	Projektbeirat & Workshop
26	Simoner, Markus	Via Donau	Projektbeirat
27	Snizek, Sepp	Büro Snizek	Projektbeirat
28	Sperker, Sebastian	Rail Cargo	Experteninterview
29	Spiegel, Thomas	bmvit	Projektbeirat & Workshop
30	Streicher, Gerhard	Joanneum Research	Projektbeirat
31	Wampera, Christian	bmvit	Projektbeirat & Workshop
32	Zakarias, Gerold	Joanneum Research	Projektbeirat
33	Zwick, Katharina	Austria Tech	Projektbeirat & Workshop

12.2 Positive Aspekte der derzeitigen Güterverkehrsstatistik (GVS) in Österreich

Als positiv wird die sehr hohe Dichte an Zählquerschnitten auf dem übergeordneten und regionalen Straßenquerschnitten, an welchen der Lkw-Verkehr getrennt erhoben wird, festgehalten. Dies stellt eine qualitativ gute Grundlage der GVS dar. Bezogen auf die CAFT-Datenerhebung wird generell festgehalten, dass diese als eine sehr wichtige Datengrundlage angesehen wird. Deren Systematik wird als sinnvoll eingestuft, da damit unabhängige Datengrundlagen zur Verfügung stehen und unterschiedlichste Auswertungsmöglichkeiten gegeben sind. Ebenfalls positiv wird der größten Teils kostenfreie Zugang zu den gängigsten GVS gesehen und dass die Daten in unterschiedlichen Formaten zur Verfügung stehen. Die Verstärkung von elektronischen Meldungen in den letzten Jahren wird ebenso wie die transnationale Betrachtung der GVS als hilfreich gesehen.

12.3 Negative Aspekte der derzeitigen Güterverkehrsstatistik (GVS) in Österreich

Mangelnder Detaillierungsgrad, insbesondere was die räumliche Situation betrifft, und vorhandenen Inhomogenität der Güterverkehrsdaten sind die am meist genannten negativen Aspekte der derzeitigen Güterverkehrsstatistik in Österreich. In diesem Zusammenhang werden vor allem folgende Punkte genannt:

- Keine ausreichende Erfassung relevanter Zwischenstopps der Güter (Be- und Entladevorgänge);
- Ungenauigkeiten und tendenzielle Untererfassung bei der Erhebung des regionalen Güterverkehrs;
- Uneinheitliche Aggregationsebenen bei der Definition von Quell-Ziel-Fahrt-Matrizen in den Bundesländern;
- Uneinheitliche Erhebungsmethoden auf europäischer Ebene;
- Keine verkehrsträgerübergreifende Erhebung von Etappen;
- Mangelnde Erhebung des intermodalen Güterverkehrs.

12.4 Vorschläge zur Verbesserung der Güterverkehrsstatistik in Österreich

Einen generellen Qualitätssprung erhofft man sich von einer stärkeren Integration von verschiedenen Formen der automatischen Datenerhebung und eine Zusammenführung in eine umfassende GVS. Dies umfasst im Speziellen die Nutzung der detailliert vorhandenen Mautdaten der ASFINAG, aber auch die automatische Einbeziehung von Daten der Spediteure (Frachtbriefe). Eine Verknüpfung der amtlichen Statistik mit den Daten der Wirtschaftskammer sowie Daten der Verladeterminale und der Eisenbahn-Verkehrsunternehmen sollte ebenfalls eine Qualitätsverbesserung bedeuten. Eine Vereinheitlichung der Stichprobenverfahren auf europäischer Ebene könnte die sehr wichtige Vergleichbarkeit der Daten, vor allem auf internationaler Ebene, erhöhen. Als zuverlässige Kontroll- und Plausibilisierungsgröße sollten verstärkt Ergebnisse der automatischen Verkehrszählungen integrieren werden, die österreichweit einheitliche Erhebungsmethoden und Klassifikationen aufweisen sollten.

13 Anforderungen an neue Technologien zur Erhebung und Verarbeitung von Güterverkehrsdaten

Das Projekt IMoVe-Güter zielt nicht nur auf die Erstellung einer Quell-Ziel-Matrix des Straßengüterverkehrsaufkommens in Österreich ab, sondern entwickelt auch neue Vorschläge zur Verbesserung der Datenerhebung des Lkw-Verkehrs in Österreich. Erkenntnisse konnten durch eine Literaturrecherche, die Analyse von innovativen Erhebungs- und Datentransfertechnologien sowie durch eine Befragung relevanter Stakeholder gewonnen werden. Ein Fokus liegt auf der Analyse alternativer Datenerhebungs- und Datenverarbeitungsverfahren in anderen Ländern.

13.1 Datenerhebungs- und Datenverarbeitungsverfahren

Einführend werden innovative Erhebungs- und Datentransfertechnologien analysiert, die zur Erstellung der Güterverkehrsstatistik eingesetzt werden können. Dazu wurden vorhandene Technologien anhand von verschiedenen aus einer Literaturrecherche abgeleiteten Kriterien und Indikatoren bewertet. Der Fokus liegt auf den Technologie, ihren Möglichkeiten und Restriktionen, weniger auf der gegenwärtigen gerätetechnischen Umsetzung. Beispielsweise wurden nicht verfügbare GPS-Navigationsgeräte einzelner Anbieter untersucht, sondern Möglichkeiten und Grenzen der Technologie bewertet. Im Rahmen dieses Arbeitspaketes wurden die identifizierten Technologien in drei Kategorien („On-board“, „Brückengestützt“ sowie „Sekundärdatenbasiert“), basierend auf der grundsätzlichen Funktionsweise, eingeteilt. Es wurde dabei acht grundlegende Arten der Technologie identifiziert und in der Folge bewertet:

- On-board Technologie
 - GPS-Tracking
 - GSM-Tracking
 - (eXtended) Floating Car Data ((X)FCD)
- Brückengestützte Technologie
 - Induktionsschleifen
 - RFID-Reader („Radio-Frequency IDentification“)
 - Videogestützte Fahrzeugerkennung
 - Triple Technologie Sensoren
- Sekundärdatenbasierte Technologie
 - Webbasierte Fragebögen

13.2 Bewertung der Technologien

Die Bewertung der Technologien erfolgte anhand der in Abbildung 13-1 dargestellten Qualitätskriterien.



Abbildung 13-1: Qualitätskriterien zur Bewertung von Datenerfassungstechnologien für den Straßengüterverkehr

Aufwand

Bezeichnet grundsätzlich den Aufwand, der notwendig ist, um die Technologie zum Einsatz bringen zu können. Hierbei kann es sich sowohl um zeitlichen als auch monetären Aufwand handeln. Für die Bewertung der Bedeutung wird eine Summe aus diesen beiden Subdimensionen herangezogen. Als aufwändig kann eine Technologie angesehen werden, wenn sowohl die zugrundeliegenden technologischen Geräte (z.B. GPS-Empfänger, GSM-Funkmodule) speziell für diese Technologie angeschafft werden müssen, als auch wenn die Zeit eine erhebliche Belastung darstellt, die der jeweilige Anwender benötigt, um die gegebene Aufgabenstellung auszuführen. Wenig aufwändig sind Technologien, die auf vorhandenen technologischen Geräten beruhen und bei denen die Durchführung der Aufgabenstellung im alltäglichen Aktivitätsrahmen erfolgt.

Aktualität

Diese beurteilt, ob die eingesetzte Technologie dem State-of-the-art entspricht. Die Aktualität selbst stellt kein direktes Qualitätskriterium dar, bedingt aber mittelbar (vermutlich) positive Effekte auf andere Qualitätskriterien, wie die Einsetzbarkeit oder die Zugänglichkeit. Im Bereich des Aufwands zum Technologieeinsatz kann sich eine hohe Aktualität durchaus auch negativ auswirken, da in diesem Falle die entsprechenden Geräte noch nicht einsatzfertig, ausgereift und/oder meist nur kostenintensiv einsetzbar sind. Vor Allem bei neuen Technologien stellt sich die Frage der Kompatibilität zu bisherigen Systemen. Durch ihren nur mittelbaren Einfluss auf die Qualität einer Technologie wird die Aktualität als Kriterium zwar erwähnt, sie findet sich aber in der konkreten Bewertung nicht wieder.

Einsetzbarkeit

Unter Einsetzbarkeit soll im Sinne des Projekts IMoVe-Güter die Möglichkeit einer Technologie verstanden werden, dass diese auch in anderem Kontext eingesetzt werden kann. Dies ist vor allem relevant, wenn Investitionen in bestimmte Technologien gleichzeitig auch eine Fixierung für eine bestimmte Zeit bedeuten

und damit die Möglichkeit zur einfachen Adaption nicht immer gewährleistet werden kann. Die Breite des Einsatzgebietes ist auch ein gewisses Maß für die Flexibilität, die eine Technologie bietet und damit für die potentiellen Möglichkeiten, die diese eröffnet.

Genauigkeit

Technologien, deren gelieferte Daten möglichst nahe an den Werten der Wirklichkeit liegen, weisen eine hohe Genauigkeit auf. In diesem Sinne ist die Genauigkeit ein Maß dafür, wie valide die gewonnenen Daten sind. Eine hohe Genauigkeit bei der Erfassung der Daten ist ein zentrales Qualitätsmerkmal einer Technologie. Eine ungenaue Technologie kann dazu führen, dass Daten falsch klassifiziert oder im Verarbeitungsprozess falsch interpretiert werden und damit die Qualität der Ergebnisse verschlechtern. Eine ungenaue Technologie ermöglicht keine exakte Erhebung, worunter die Zielsetzung einer genauen statistischen Bearbeitung einer Fragestellung leidet.

Glaubwürdigkeit

Ähnlich der Aktualität ist die Glaubwürdigkeit keine unmittelbare qualitative Dimension einer Technologie zur Erfassung von Verkehrsdaten, sondern ein qualitatives und mittelbares Kriterium. Im Gegensatz zur Aktualität ist die Glaubwürdigkeit eher ein Ergebnis der Summe einiger Qualitätskriterien einer Technologie. Die Glaubwürdigkeit einer Technologie ist ein zentrales Element, wenn die Ergebnisse der Erhebung als Entscheidungsgrundlage dienen und gegenüber Dritten dargestellt werden sollen. Dementsprechend sind die zentralen Einflussgrößen auf die Glaubwürdigkeit auch die Manipulierbarkeit der Technologie, die Transparenz sowie die Genauigkeit und Validität. Sind alle diese Kriterien in ausreichendem Maße bedient, so drückt sich dies in einer hohen Glaubwürdigkeit der Ergebnisse der Technologie gegenüber Dritten, aber auch für die Personen und Institutionen, die die Technologie einsetzen aus.

Manipulierbarkeit

Unter der Manipulierbarkeit im Rahmen einer Erhebungstechnologie verstehen wir die Möglichkeit, dass die zu erhebenden Daten durch den Respondenten oder den Bearbeiter entweder irrtümlich oder absichtlich verfälscht werden können. Die Manipulierbarkeit ersetzt im Projekt IMoVe-Güter den eigentlichen statistischen Qualitätsindikator der Objektivität, da dieser Begriff für eine Technologie eher unpassend ist, beziehungsweise die Manipulation der Technologie selbst die einzige Möglichkeit zur Durchbrechung der technologischen Objektivität darstellt.

Pünktlichkeit

Die Pünktlichkeit einer Technologie bezieht sich primär auf die Verfügbarkeit der von ihr generierten Daten. Sie gibt also an, wie zuverlässig der Zeitraum zwischen der Erfassung und der Zurverfügungstellung der Messungen vorhersagbar ist. Gleichzeitig wird auch die Verfügbarkeit der verarbeiteten Daten sowie die Schnelligkeit des Einsatzes nach fertiger Entwicklung durch den Ersteller betrachtet. Moderne Technologien können Daten zumeist fast augenblicklich nach deren Erhebung zur Verfügung stellen. Damit stellt sich auch die Problematik des Datenschutzes sowie der Kapazitäten von Seiten des Verarbeiters als Thema ein.

Relevanz

Ist eine Technologie relevant für eine gegebene Fragestellung, bedeutet dies, dass es mit ihrem Einsatz auch tatsächlich möglich ist, diese zu beantworten und die entsprechenden Daten zur Verfügung zu stellen. Es geht jedoch nicht darum, ob die „richtigen“ Daten erhoben beziehungsweise gemessen werden, sondern um die Möglichkeit der Technologie, diese zu ermitteln. Technologien können auch für mehrere Fragestellungen relevant sein, es liegt aber in der Umsetzung, ob eine relevante Technologie auf alle, einige oder keine der Fragestellungen Antworten liefern kann (siehe auch Validität).

Reliabilität / Konsistenz

Liefert eine Technologie bei mehrmaligem Einsatz unter gleichen Bedingungen die gleichen Ergebnisse oder weichen diese zumindest nicht weit voneinander ab, so spricht man von einer konsistenten Technologie. Dasselbe gilt, wenn die Ergebnisse bei mehreren Messungen trotz veränderter Bedingungen den gleichen Gesetzmäßigkeiten folgen, sodass damit Prognosen oder Verläufe abgeleitet werden können. Inkonsistent oder „unreliabel“ wird eine Technologie, wenn die Ergebnisse über ein definiertes Maß erratisch streuen und in einer simulierten Testsituation mit klarem Muster und erwartbarem Ergebnis keinem erkennbaren Muster folgen.

Transparenz

Eng verknüpft mit der Zugänglichkeit einer Technologie ist ihre Transparenz. Hierbei handelt es sich um das Thema, ob die Anwender der Technologie sowie die Verarbeiter der Daten die der Technologie zugrundeliegenden Prinzipien und Prozesse verstehen und nachvollziehen können. Transparenz ist klar von der Verständlichkeit einer Technologie abzugrenzen, die sich eher mit dem Zugang zu Informationen zur Anwendung beschäftigt. Für die Datennutzer besteht die Transparenz darin, jederzeit überprüfen zu können, auf welcher Basis die vorliegenden Daten entstanden sind. Die Transparenz einer Technologie trägt maßgeblich zur Glaubwürdigkeit der Ergebnisse, aber auch der Technologie selbst bei.

Validität

Wenn eine Technologie die Messung von „richtigen“ Daten für eine definierte Fragestellung ermöglicht, so kann diese Technologie als valide angesehen werden. Dementsprechend ist die Relevanz einer Technologie eine wesentliche, aber nicht hinreichende Voraussetzung zur Erreichung der Validität. Die Validität einer Technologie wird auch durch eine zu definierende Genauigkeit der erhobenen Daten beeinflusst, damit sie eine zielgerichtete Messung erlaubt.

Vergleichbarkeit

Können Daten durch mehr als nur einer Technologie in derselben Qualität erhoben werden, so ist die Vergleichbarkeit ein anzustrebender Qualitätsindikator. Die Vergleichbarkeit bietet die Möglichkeit, die Technologie mit anderen so zu kombinieren, so dass die Ergebnisse gegenseitig als Kontrolle dienen können. Moderne Technologien weisen in diesem Zusammenhang häufig vordefinierte Schnittstellen und standardisierte Ausgaben auf, die einen Vergleich der Ergebnisse mit anderer Technologien ermöglichen sollten. Wichtig für die Vergleichbarkeit ist eine gute Verständlichkeit der Technologie, damit klar ist, wie die entsprechende Technologie funktioniert.

Verständlichkeit

Die Verständlichkeit einer Technologie leitet sich grundsätzlich aus der Dokumentation beziehungsweise der Beschreibung der Technologie durch ihre Entwickler ab. Eine gute Verständlichkeit einer Technologie ist eine Grundvoraussetzung für ihren erfolgreichen und korrekten Einsatz. Hohe Verständlichkeit ist dann gegeben, wenn ein ungeübter Benutzer mit sehr geringem Aufwand in der Lage ist, nicht nur die Technologie einzusetzen, sondern auch versteht, wie diese funktioniert und auf welcher Basis sie arbeitet.

Vertraulichkeit

Eines der zentralen Elemente einer Technologie im Hinblick auf den Datenschutz stellt die Vertraulichkeit dar. Hierbei handelt es sich um den sorgfältigen Umgang mit sensiblen nutzerspezifischen Daten durch die Technologie selbst. Ein nachvollziehbares Identifikationsmerkmal für zu schützende Daten, die einen unerlaubten Rückschluss auf den Datenersteller in geschützter Weise erlauben, hat keinen ausreichenden Vertraulichkeitsschutz. Moderne Technologien ermöglichen häufig eine direkte Anonymisierung der Befragten bereits bei der Erfassung der Daten und schließen dadurch Rückschlüsse auf die Untersuchungsobjekte aus.

Zugänglichkeit

Ein zentrales Kriterium zur Auswahl einer Technologie stellt deren Zugänglichkeit dar. Hierbei handelt es sich nicht nur um die Möglichkeit des Erhebers der Daten, an die benötigten Lizenzen oder das benötigte Know-how zu kommen, sondern auch, wie leicht es möglich ist, die Technologie für den Einsatz zu erwerben. Im Gegensatz zum Aufwand für eine Technologie beschreibt die Zugänglichkeit eher die prinzipielle Möglichkeit, die Technologie überhaupt zur Verfügung zu bekommen, unabhängig von den damit verbundenen Kosten.

Zusammenhang / Kohärenz

Zumeist wird eine technologische Lösung nicht als monolithische Erhebungsmethode eingesetzt, sondern es wird eine Kombination aus verschiedenen Erhebungstechnologien verwendet, um an ein möglichst breites Spektrum verfügbarer Daten zu kommen. Der Zusammenhang beziehungsweise die Kohärenz beschreibt, inwiefern die einzelnen Technologien mit anderen kombinierbar sind oder ob sie sich gegenseitig ausschließen. Technologien, die eine gute Kohärenz aufweisen, müssen nicht mit anderen kombinierbaren Technologien parallel einsetzbar sein, sondern vielmehr die von einer Technologie generierten Daten auf eine sinnvolle Weise ergänzen.

13.3 Berücksichtigte Stakeholder

Zur Erhöhung der Aussagekraft erfolgte eine Fokussierung auf die einzelnen Stakeholder im Prozess der Erstellung von verkehrsrelevanten Datensätzen und Befragungen. Die Stakeholder sind nach unterschiedlichen Rollen in Ersteller, Respondenten, Verarbeiter und Ergebnisnutzer kategorisiert.

Ersteller

Dem Ersteller kommt im Prozess des Technologieeinsatzes während einer Erhebung die zentrale Rolle zu. Er ist in der Regel für die Auswahl und die Adaption der vorhandenen Technologie für eine gegebene Fragestellung verantwortlich. Das zentrale Ziel besteht darin, mit möglichst wenig Aufwand (wobei hier zwischen kommerziellen und nicht-kommerziellen Erstellern unterschieden werden muss) die gegebene Fragestellung möglichst exakt, preiswert und schnell zu beantworten. Es ist festzuhalten, dass der Ersteller nicht der Entwickler der Technologie sein muss, es aber sein kann. Oft ist der Ersteller selbst nur Anwender einer vorhandenen Technologie und wendet diese für seine spezifische Fragestellung an. Klassische Ersteller sind in dieser Definition Verkehrsforscher, die eine Erhebung auf Basis von GPS-Erfassungsgeräten entwickeln. Hieraus erklärt sich auch, warum für den Ersteller die Notwendigkeit zur Einarbeitung in die Technologie besteht. Für die Gruppe der Ersteller ist die Vergleichbarkeit der Technologie mit anderen eine zu vernachlässigende Größe. Dieser interessiert aus ihrem Blickwinkel primär die vorhandene Fragestellung und deren Beantwortung.

Respondenten

Die Respondenten bzw. die Befragten sind Personen oder Objekte über die Informationen gesammelt werden. Zentrales Ziel des Respondenten ist es in der Regel, mit der eigentlichen Datenerhebung möglichst wenig Aufwand zu haben und möglichst wenig Information preiszugeben. Da die Respondenten die „richtigen“ Daten mit der eingesetzten Technologie erfassen müssen, ist es für diese wichtig, die Technologie zumindest in ihren Grundzügen zu verstehen und bedienen zu können. Aus Sicht des Respondenten eher uninteressant sind die nicht monetären Qualitätskriterien (Relevanz, Vergleichbarkeit, Konsistenz, Validität, etc.) einer Technologie, die zumeist für den Ersteller eine wichtige Rolle spielen. Hier zeigt sich auch einer der zentralen Interessenkonflikte zwischen dem Ersteller und Respondenten.

Verarbeiter

Die Gruppe der Verarbeiter sind jene Personen, deren Aufgabe es ist, die Daten, welche von den Respondenten geliefert werden, zu sammeln und zu einer einheitlichen Gesamtstruktur zusammenzuführen. Für die Verarbeiter sind vor allem eine Einheitlichkeit der Technologie sowie eine hohe Konsistenz interessant, da dadurch der Aufwand erheblich reduziert werden kann. Die Verarbeiter sind in der Regel bemüht oder verpflichtet, den Datenschutz für die übermittelten Daten zu gewährleisten und haben damit ein Interesse an Technologien, die diesen implizit berücksichtigen. Ähnlich wie die Ersteller sind die Verarbeiter an einer möglichst genauen und validen Technologie interessiert, da dies die Notwendigkeit z.B. zur Anwendung von Datenimputation, komplizierten und Aufwendigen Gewichtung- und Hochrechnungsverfahren für valide Ergebnisse reduziert. Eher unwichtige Qualitätskriterien für die Gruppe der Verarbeiter sind die Vergleichbarkeit beziehungsweise der Zusammenhang der Technologie mit anderen Technologien. Aber auch die Relevanz der Technologie zur Beantwortung der Fragestellung betrifft die Arbeit der Verarbeiter wenig.

Ergebnisnutzer

Die Ergebnisnutzer stellen die heterogenste und vermutlich auch größte Gruppe an Stakeholdern im Bereich der Statistik dar. Ihre zentralen Interessen liegen in einem möglichst einfachen Zugang zu den erhobenen und verarbeiteten Daten, der Möglichkeit, die Ergebnisse mit anderen Erhebungsergebnissen abgleichen und verschränkt auswerten zu können sowie einer leider nicht immer definierten Datenqualität. Vor allem mit der Gruppe der Respondenten ergeben sich teilweise diametral entgegengesetzte Interessen. Das lässt den Schluss zu, dass eine Verschränkung der beiden Gruppen bei einem Erhebungsprojekt entweder zu sehr guten (Anforderungen beider Sichtweisen werden übernommen) oder sehr schlechten (Restriktionen beider Sichtweisen werden übernommen) Ergebnissen führen kann. Als Nutzer des Outputs der Erhebungstechnologie ist es für diese Gruppe irrelevant, welcher Aufwand betrieben werden muss, um die Daten zu generieren oder welche Probleme mit der Erstellung der fertigen Statistik verbunden waren.

13.4 Zusammenfassende Bewertung der Technologien

Da die angeführten Gruppen unterschiedliche Ansprüche stellen, müssen die einzelnen Qualitätskriterien nach ihrer jeweiligen Bedeutung für den konkreten Stakeholder bewertet werden. Auf Basis von Expertendiskussionen wurde die Bedeutung der Qualitätskriterien für die Stakeholdergruppen (Tabelle 13-1) sowie die Qualitätsausprägungen der entsprechenden aktuellen Technologien abgeschätzt (Tabelle 13-2, Tabelle 13-3, Tabelle 13-4).

Tabelle 13-1: Bedeutung der Qualitätskriterien für die verschiedenen Stakeholder

Kriterium	Bedeutung des Kriteriums für den Stakeholder			
	Ersteller	Respondenten	Verarbeiter	Ergebnisnutzer
Zugänglichkeit	++	+	--	+
Aufwand	-	++	+	-
Verständlichkeit/Klarheit	~	+	-	+
Genauigkeit	+	-	+	++
Validität	+	-	+	+
Zusammenhang/Kohärenz	+	-	-	++
Vergleichbarkeit	--	-	-	++
Konsistenz/Reliabilität	++	-	~	++
Pünktlichkeit	-	-	+	++
Relevanz	+	-	-	++
Breite der Einsetzbarkeit	+	~	+	-
Vertraulichkeit	-	++	+	--
Transparenz	+	~	+	+
Manipulierbarkeit	+	~	-	++

Es bedeutet

++ hohen Bedeutung,

+ einiger Bedeutung,

~ neutral,

- wenig Bedeutung und

-- keiner Bedeutung

des entsprechenden Qualitätskriteriums für den jeweiligen Stakeholder entspricht.

Tabelle 13-2: Erfüllung der Qualitätskriterien durch „On-board“ Erhebungstechnologien

Kriterium	GPS-Tracking mit GSM/GPRS Netz	GPS-Tracking ohne online Komponente	GSM/GPRS-Tracking	(X)FCD mit GSM/GPRS
Zugänglichkeit	+	+	+	-
Aufwand	~	+	++	+
Verständlichkeit/Klarheit	+	+	+	~
Genauigkeit	++	++	+	+
Validität	+	+	+	++
Zusammenhang/Kohärenz	+	+	+	++
Vergleichbarkeit	+	+	+	-
Konsistenz/Reliabilität	~	~	~	++
Pünktlichkeit	++	~	++	++
Relevanz	~	~	~	~
Breite der Einsetzbarkeit	-	-	-	++
Vertraulichkeit	-	-	-	-
Transparenz	-	+	-	-
Manipulierbarkeit	~	-	~	+

Es bedeutet

- ++ hoher Erfüllungsgrad,
- + hinreichender Erfüllungsgrad,
- ~ neutral,
- geringer Erfüllungsgrad und
- kein Erfüllungsgrad

der Qualitätskriterien der entsprechenden Technologie.

Tabelle 13-3: Erfüllung der Qualitätskriterien durch brückengestützte Technologien

Kriterium	Induktionsschleifen	Aktive RFID-Tags mit Brücken	Passive RFID-Tags mit Brücken	Video gestützte Verkehrszählungen mit GSM/GPRS	Video gestützte Verkehrszählungen ohne GSM/GPRS	Triple Technology Sensors (IR, Radar, US)
Zugänglichkeit	+	~	~	+	+	-
Aufwand	~	--	-	-	~	--
Verständlichkeit/Klarheit	-	~	+	+	+	-
Genauigkeit	~	~	~	~	~	~
Validität	~	+	~	+	+	+
Zusammenhang/Kohärenz	--	~	-	-	-	-
Vergleichbarkeit	+	~	+	+	+	+
Konsistenz/Reliabilität	-	+	++	+	+	+
Pünktlichkeit	++	++	++	++	~	++
Relevanz	~	~	~	~	~	~
Breite der Einsetzbarkeit	--	+	~	-	-	-
Vertraulichkeit	++	~	+	--	--	+
Transparenz	-	~	-	-	-	-
Manipulierbarkeit	+	-	~	+	+	++

Es bedeutet

- ++ hoher Erfüllungsgrad,
- + hinreichender Erfüllungsgrad,
- ~ neutral,
- geringer Erfüllungsgrad und
- kein Erfüllungsgrad

der Qualitätskriterien der entsprechenden Technologie.

Tabelle 13-4: Erfüllung der Qualitätskriterien durch „Sekundärdatenbasiert“-Technologien

Kriterium	Web-gestützter Fragebogen mit Uplink zu Transportunternehmen	Web-gestützter Fragebogen ohne Uplink zu Transunternehmen
Zugänglichkeit	++	++
Aufwand	+	++
Verständlichkeit/Klarheit	+	+
Genauigkeit	-	--
Validität	~	-
Zusammenhang/Kohärenz	++	++
Vergleichbarkeit	-	-
Konsistenz/Reliabilität	-	-
Pünktlichkeit	~	-
Relevanz	~	~
Breite der Einsetzbarkeit	++	+
Vertraulichkeit	+	++
Transparenz	++	++
Manipulierbarkeit	-	--

Es bedeutet

- ++ hoher Erfüllungsgrad,
- + hinreichender Erfüllungsgrad,
- ~ neutral,
- geringer Erfüllungsgrad und
- kein Erfüllungsgrad

der Qualitätskriterien der entsprechenden Technologie.

Die Bedeutung der Qualitätskriterien für die Stakeholder (Tabelle 13-1) wurde mit der Bewertung der Ausprägung des entsprechenden Qualitätskriteriums der Erhebungstechnologien zusammengeführt. Zu diesem Zweck wurden die Bedeutungen und die Ausprägungen mit Werten von 2 (--) bis 6 (++) belegt und miteinander multipliziert. Das entspricht einer Gleichgewichtung aller Qualitätskriterien. Dies ergibt für ein Qualitätskriterium einen minimalen Wert von 4 sowie einen maximalen Wert von 36. Für die Berechnung der Gesamtbewertung der Technologie wurde aus allen einzelnen Ausprägungen der Kriterien das arithmetische Mittel genommen.

Tabelle 13-5: Gesamtbewertung für Dimensionen Technologien/Stakeholder auf Basis von gleichgewichteten Durchschnittswerten

Technologie	Stakeholder				Gesamtbewertung
	Ersteller	Respondenten	Verarbeiter	Ergebnisnutzer	
GPS-Tracking mit GSM/GPRS Netz	~	~	~	+	+
GPS-Tracking ohne online Komponente	+	~	~	+	+
Aktive RFID-Tags mit Brücken	-	-	~	-	-
Passive RFID-Tags mit Brücken	~	~	~	~	~
Induktionsschleifen	--	-	-	--	-
GSM/GPRS-Tracking	+	+	+	+	+
(X)FCD mit GSM/GPRS	++	+	++	++	++
(X)FCD ohne Funkkomponente	+	+	+	+	+
Web-gestützter Fragebogen mit Uplink von Transportunternehmen	+	++	+	~	+
Web-gestützter Fragebogen ohne Uplink von Transportunternehmen	~	+	~	-	~
Videogestützte Verkehrszählungen mit GSM/GPRS	-	-	-	~	-
Videogestützte Verkehrszählungen ohne GSM/GPRS	-	-	-	-	-
Triple Technology Sensors (IR, Radar, US)	-	-	-	-	-

Es bedeutet

++ hohe Bedeutung,

+ einige Bedeutung,

~ neutral,

- wenig Bedeutung und

-- keine Bedeutung

des entsprechenden Qualitätskriteriums.

Wie Tabelle 13-5 zeigt, ist die Technologie mit dem besten kombinierten Gesamtwert eine Kombination aus „Floating Car Data“ mit einer direkten Übertragungsmöglichkeit der erhobenen Daten via GSM/GPRS-Netz. Brückenbasierte Systeme haben generell Schwächen für alle Stakeholdergruppen, während die auf der etablierten Methode des Fragebogens aufsetzenden innovativen web-gestützten Befragungen vor allem für die Respondenten interessant sind.

14 Intermodaler Verkehr und Logistik

Intermodaler bzw. kombinierter Verkehr bezeichnet im Güterverkehr den Transport eines Ladungsträgers (Container, Wechselbehälter) mit verschiedenen Verkehrsmitteln, wobei in der Regel eine Hauptstrecke mit der Eisenbahn oder mit Schiffen und der Vor- und Nachlauf mit Lkw erfolgt. Im Rahmen von IMoVe-Güter wurde untersucht, wie andere Länder intermodale Transporte im Güterverkehr bei der Erhebung, der Erstellung der Verkehrsmatrizen bzw. bei der Verkehrsmodellierung berücksichtigen. Für die Länder Frankreich und USA (vgl. Kap. 4) wurde dies im Rahmen von persönlichen Vor-Ort-Interviews mit Vertretern der maßgeblichen Behörden thematisiert. Der Umgang mit kombiniertem Verkehr in der deutschen Güterverkehrsstatistik wurde in einer eigenen Untersuchung thematisiert.

USA

In den USA wird der intermodale Verkehr als Teil des "Commodity Freight Survey" erfasst (Southworth 2010). Diese Erhebung wird alle vier Jahre bei den Verladern durchgeführt und liefert als wesentliches Ergebnis neben dem Be- und Entladeort und der Art der transportierten Güter auch die dabei verwendeten Verkehrsträger. Da die Erhebung selbst nur etwa zwei Drittel aller Güterbewegungen erfasst, muss der restliche Verkehr unter Verwendung regionaler bzw. Wirtschaftszweig spezifischer Datenbestände geschätzt bzw. modelliert werden. So werden zum Beispiel in der Landwirtschaft, Daten der Agrarstrukturerhebung auf Bezirksebene mit LKW Streckendaten aus dem 2002 Vehicle Inventory and Use Survey (VIUS) verschnitten (Alam 2010). Verkehr aus Transporten von Rohöl und Rohölprodukten wird aus den Daten der EIA geschätzt. Verkehrsströme im Bausektor werden vor allem aus der Beseitigung von Schutt und Baumüll erfasst. Um diese Volumina zu schätzen, wird auf Daten der US Umweltbehörde (EPA) zurückgegriffen. Da allerdings bei der Erhebung als Ausprägung des Attributs Modalität für den kombinierten Verkehr nur der Wert „multimodal“ erfasst wird, ist die partikuläre Abfolge der dabei verwendeten Verkehrsträger nicht erkennbar.

Frankreich

Das in Frankreich aktuelle Verkehrsmodell simuliert die Verkehrsmittelwahl im Güterverkehr. Die betrachteten Verkehrsmittel sind die Binnenschifffahrt, Eisenbahn- und Straßenverkehr, aber auch der kombinierte Verkehr: Straße - Eisenbahn, Straße – Schifffahrt, Straße - Luftfracht. Dafür stehen neben dem Straßenverkehrsgraphen auch das Binnenschifffahrts- und das Eisenbahnnetz in digitaler Form zur Verfügung. Quell-Ziel-Matrizen mit Gütervolumen in Tonnen (zehn Gruppen) sind der wesentliche Input für das Verkehrsmodell (MODEV 2012). Zur Erstellung dieser Matrix werden güterklassenspezifische Gravitationsmodellverfahren verwendet. Das Verkehrsmodell selbst alloziert diese Volumen unter Berücksichtigung der Güterklassifikation und unter Anwendung einer Logit-Funktion auf unterschiedliche Verkehrsträger. Die Logit-Funktion selbst berücksichtigt verkehrsträgerspezifische Kosten und den Zeitfaktor eines Transports. Kalibriert wird das iterative Allokationsmodell an den verfügbaren Transportstatistiken für den Straßengüterverkehr, Eisenbahnverkehr und Schienenverkehr.

Deutschland

In Deutschland wurde dazu 2003 vom Statistischen Bundesamt im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen eine Studie erstellt, in der untersucht werden sollte, inwieweit die vorhandenen Daten hinreichen, um intermodalen bzw. kombinierten Verkehr abzubilden (Statistisches Bundesamt, 2005). Darunter versteht man vor allem solche, meist über längere Strecken geführte Transporte eines Ladungsträgers (Container, Wechselbehälter), welche mit der Eisenbahn oder mit Schiffen erfolgen, während der Vor- und Nachlauf in der Regel über die Straße erfolgt. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse legen nach Meinung der Autoren nahe, dass dies machbar sei, obwohl der vollständige Überblick über die gesamte Transportkette eines Gutes von der ersten Einladung über diverse Umladungen

auf andere Verkehrsträger bis zu seinem Bestimmungsort fehlt. Die vorgeschlagene Methode unterstellt (Walther, 2005, Reim, 2003),

- dass Ladungsträger (Container, Wechselbehälter), die an einem Umschlagort (Hafen, Bahnhof, Multimodales Terminal) eingehen, von dort mit einem anderen Verkehrsträger abtransportiert werden;
- Informationen über Ladungsträger, bei allen Verkehrsträger spezifischen Erhebungen erfasst werden;
- dass das Erhebungsmerkmal Be- und Entladeort in den Teilstatistiken entweder dieselbe Aggregationsstufe aufweist oder zwischen je zwei Statistiken abbildbar ist.

Diese Voraussetzungen sind in Deutschland vor allem im Schienenverkehr nicht gegeben, da bei den Quell- und Zielorten eine hinreichende regionale Gliederung nicht vorliegt, bzw. eine Trennung zwischen begleitetem und unbegleitetem kombinierten Verkehr nicht möglich ist. Letztere Unterscheidung ist allerdings vor allem hinsichtlich der Verknüpfbarkeit mit dem Straßengüterverkehr von großem Interesse. In der Binnenschifffahrt erfolgt die Erhebung der Ströme zwischen je zwei Häfen. Es wird dabei je beförderte Gütermenge das Gewicht erhoben, bzw. davon getrennt, die Anzahl der beförderten beladenen und leeren Container. Im Bereich der Straßengüterverkehrsstatistik wird vor allem das Nationalitätenprinzip als auch der geringe Stichprobenumfang moniert. Ersteres liefert nur einen Überblick der in Deutschland gemeldeten Fahrzeuge, letzteres lässt nur bedingte statistische Validität der Merkmale zu. Als Fazit kann festgestellt werden, dass in Deutschland die Datenlage zwar grundsätzlich eine Darstellung des intermodalen Verkehrs ermöglicht, allerdings mit Einschränkungen hinsichtlich der räumlichen Aggregation.

Österreich

Die Datenlage in Österreich ist vergleichbar mit jener in Deutschland. Unterschiede gibt es in der Binnenschifffahrt, wo keine separate Erfassung von Containern erfolgt und somit eine Verknüpfung mit der Straßengüterverkehrsstatistik nur über die Güterklassifikation möglich wäre. Im kombinierten Verkehr sind aufgrund der Nicht-Erfassung von Verkehr der Eisenbahnverkehrsunternehmen auf anderen Verkehrsträger als der Bahn keine Informationen über finale Quell- oder Zielorte verfügbar, sondern lediglich Be- und Entladebezirke der Transporte im Schienennetz. Auch die anderen Verkehrsträgerstatistiken umfassen keine Informationen über gebrochenen Verkehr (Umladung von einem Verkehrsträger auf einen anderen), die eine Verknüpfung zu Wegekettens zulassen. Zu- und Abfahrten auf der Aggregationsebene des politischen Bezirks (im Rahmen der Datenmeldung der österreichischen Erhebung, vgl. §4(2) Schienen- und Straßenverkehrsstatistikgesetz) sind in der Straßengüterverkehrsstatistik enthalten.

Die für Deutschland geltenden Einschränkungen bei der Straßengüterverkehrsstatistik gelten auch für Österreich. Vor allem das für die Identifikation des intermodalen Verkehrs notwendige Attribut Transporteinheit ist laut Statistik Austria aus Gründen des geringen Stichprobenumfangs nicht ausreichend aussagefähig. Wenngleich unter Einbeziehung proprietärer Daten von Donauhäfen und intermodalen Terminals eine Darstellung des Anteils der kombinierten Verkehre auf der Straße prinzipiell denkbar ist, konnte von dieser Möglichkeit im Rahmen des Projekts IMoVe-Güter aus Gründen der Replizierbarkeit des Prozesses und in Anbetracht der ausschließlichen erlaubten Nutzung veröffentlichter Daten nicht Gebrauch gemacht werden.

15 Weiterer Forschungsbedarf, Schlussfolgerungen

15.1 Problemlage

Datengrundlage

Probleme bei der Abbildung des Straßengüterverkehrs ergeben sich in verschiedener Hinsicht, die nur durch spezielle Analysen gelöst werden können, weil derzeit dafür geeignete Informationen und Erhebungen fehlen:

- Bestimmte Fahrten, bei denen zwar Güter transportiert werden, eine Lieferung im eigentlichen Sinne aber nicht stattfindet, wie z.B. die Beförderungen innerhalb von Baustellen (Baustellenverkehr), werden nicht oder nur selten erfasst bzw. berichtet. Das Fehlen dieser Fahrten bewirkt eine Untererfassung.
- In den ESGVS-Datenbeständen sind viele Fahrten als Transitverkehr enthalten, auf denen das österreichische Straßennetz genutzt worden sein soll. Entsprechend den Routenanalysen zwischen angegebener Quelle und Ziel und den Umlegungsergebnissen mit Hilfe des VMÖ und auch unter Gesichtspunkten der Plausibilität dürften sie aber nicht zum Transitverkehr zählen. Das Datenerfassungsverfahren sollte soweit verbessert werden, dass solche unplausiblen Fahrten schon während der Erhebung, spätestens bei der Verschlüsselung identifiziert und bereinigt werden können, sodass entweder zusätzliche, nicht berichtete Ladetätigkeiten oder fehlerhafte Angaben zum Transitverkehr korrigiert werden.
- CAFT-Erhebung: Prinzipiell ist zur Verbesserung dieser Datengrundlage eine über das Jahr häufigere Durchführung der CAFT-Erhebung wünschenswert, damit die saisonalen Schwankungen durch eine größere Stichprobe besser repräsentiert werden. Vor allem ist aber eine deutlich erhöhte Stichprobengröße zweckmäßig. Für viele Quell-Ziel-Beziehungen wird aufgrund der räumlichen und zeitlichen Begrenzung der Befragung kein Straßengüterverkehrsaufkommen erfasst, obwohl diese Lkw-Verkehrsbeziehungen über den Betrachtungszeitraum eines Jahres existieren. Dies scheint allerdings angesichts der Kostenrestriktionen und der organisatorischen Grenzen der Verkehrsanhaltungen derzeit schwer umsetzbar und würde eine Neudefinition der Zielsetzung (Querschnitterhebung) bedingen.
- Eine Zusammenführung der ESGVS mit der CAFT ist grundsätzlich nicht jährlich möglich, da die CAFT nur im Abstand von 5 Jahren erhoben wird. Hier ist festzuhalten, dass die CAFT eine starke Qualitätssteigerung der Straßengüterverkehrserhebung bringt. Auf Basis der letzten CAFT-Erhebungen 1999, 2004 und 2009 könnte das Verkehrsaufkommen für 2014 extrapoliert werden, wobei auf Strukturbrüche der Wirtschafts- und Finanzkrise Rücksicht genommen werden muss (z.B. durch Einsatz mathematischer Glättungsmethoden). Nach der Publikation der Ergebnisse der CAFT-Erhebung 2014 wäre es möglich, so ein Extrapolationsverfahren für 2014 zu evaluieren. Weichen die Ergebnisse nicht signifikant von der tatsächlichen Erhebung ab, kann das Extrapolationsverfahren zur Prognose der Jahre 2015-2018 verwendet werden, wobei natürlich die Daten der CAFT-Erhebung 2014 in das Verfahren einfließen sollten, um die tatsächliche Entwicklung von 2009-2014 zu berücksichtigen. Gibt es signifikante Unterschiede beim Vergleich der Ergebnisse der Extrapolation mit den Ergebnissen der CAFT 2014, werden alternative Ansätze notwendig, um einer Untererfassung der ESGVS nachhaltig entgegenzuwirken.
- Ein zentrales Problem stellt die mangelhafte Erfassung der auf einer Lkw-Tour stattfindenden Zwischenaufenthalte mit Be- und Entladevorgängen sowohl durch die ESGVS und die SGVS dar.
- Der kombinierte Verkehr wird durch das auf die einzelnen Verkehrsträger bezogene Verfahren der ESGVS und der SGVS nicht berücksichtigt.
- Das derzeitige Erhebungsverfahren für Österreich liefert eine starke Untererfassung; die Ursachen hierfür dürften primär im Nichtantworter-Verhalten („item non-response“) liegen, bedürfen aber, wenn die Untererfassung beseitigt werden soll, vorher einer eingehenden Analyse.

Mangelnde Datenverfügbarkeit auf Grund der heutigen gesetzlichen Rahmenbedingungen

Ein zentrales Problem stellt die mangelnde Datenverfügbarkeit der ESGVS und der österreichischen SGVS dar. Wenn die Qualität der Güterverkehrserhebung für Planungszwecke verbessert werden soll, so kommt einer gesetzlichen Änderung des österreichischen SGVS aus dem Jahre 1983 eine zentrale Rolle zu. Die Verfügbarkeit der originalen Erhebungsdaten auf der Aggregationsstufe der einzelnen Lkw-Fahrten haben nur die nationalen Statistikorganisationen und Eurostat. Diese Daten stehen mit einzelnen Ausnahmen auch nicht den nationalen Verkehrsministerien zur Verfügung, obwohl die Verfügbarkeit dieser Daten die nationale Infrastrukturplanung und verkehrspolitische Entscheidungen für den Straßengüterverkehrs auf ein signifikant besseres Qualitätsniveau für Verkehrsmodellierung und Verkehrsprognosen stellen könnte. Derzeit stehen in Österreich nur Datenaggregate auf dem Niveau politischer Bezirke zur Verfügung. Die Zukunft der Lkw-Datenerhebung mit hoher Qualität liegt in der Kombination der derzeit erhobenen Daten in Verbindung mit einer individuellen agentenbasierten Lkw-Modellierung. Dazu ist aber die Verfügbarkeit der Rohdaten der einzelnen Lkw-Fahrten für das bmvit notwendig. Das bedingt eine entsprechende Änderung der österreichischen SGVS (Bundesgesetz 1983), die unter Einhaltung der aktuellen Datenschutzbestimmungen die Verfügbarkeit für das bmvit sowie vom bmvit beauftragte Institutionen ermöglicht. Das Ziel sollte aus Gründen der Qualitätssicherung und Behebung der derzeitigen Untererfassung sein, eine qualitativ hochwertige Stichprobe von Lkw zu erheben, unter Beachtung aller notwendigen Qualitätsgrundsätze, insbesondere der Lösung des Nichtantworter-Problems einzelner Fahrten („item-nonresponse“).

Entwicklung und Implementierung einer Quell-Ziel-Verteilung von Auffahrt zu Abfahrt auf dem A&S-Netz mit Hilfe der Mautdaten

Wie vorhin schon festgestellt, ist eine valide Zusammensetzung zu einzelnen Lkw-Fahrten auf dem A&S-Netz mit den derzeitig benutzten Verfahren der ASFINAG nicht möglich. Deshalb stehen die Mautdaten nicht im gewünschten Umfang als räumliche Quell-Zielmatrizen zwischen Auf- und Abfahrten zur Verfügung. Diese Quell-Ziel-Matrizen sind für die Fahrtweite und räumliche Verteilung der Lkw-Fahrten eine wichtige Information, die zu einer signifikanten Verbesserung des IMoVe-Güter-Verfahrens im Rahmen der vierten Verfahrensstufe führen würde. Hierfür ist ein eigenes Verfahren zu entwickeln, wozu Verhaltensinformationen der Lkw-Fahrten auf dem A&S-Netz zu erheben und analysieren sind. Mit Hilfe eines zu entwickelnden Imputationsverfahrens kann damit eine valide Quell-Ziel-Matrix des Straßengüterverkehrs zwischen Auf- und Abfahrten des österreichischen A&S-Netzes entwickelt werden.

Transformation der Lkw-Jahresmatrix in Lkw-durchschnittliche Werktagfahrten

Zur Transformation der Lkw-Jahresmatrix in das durchschnittliche werktägliche Verkehrsaufkommen wurde im Projekt IMoVe-Güter ein einheitlicher Faktor verwendet. Es wäre wünschenswert, diesen Faktor durch spezifische Faktoren für den Quell-, Ziel-, Transit- und Binnenverkehr zu ersetzen. Dies setzt aber voraus, dass entsprechend unterteilte Teilmatrizen für den Quell-, Ziel-, Transit- und Binnenverkehr z.B. aus der A&S-Mauterhebung vorliegen. Basis dafür könnte eine valide Quell-Zielverteilung der Auf- und Abfahrten auf das hochrangige Straßennetz sein, die aus den Mautdaten zu ermittelt wären.

Matrix-Kalibrierung

Im Verfahren der Stufe 4 – der Matrix-Kalibrierung mit Zählstellendaten – wird auf die Mauterhebungsstellen und die automatischen Dauerzählstellen zurückgegriffen. Beide Arten von Erhebungsstellen sind nicht entsprechend den Anforderungen des Matrixkalibrierungsverfahrens flächig im Straßennetz verteilt, sondern befinden sich überwiegend auf dem höherrangigen Straßennetz oder an neuralgischen Punkten wie Grenzübergängen. Das Matrixkorrekturverfahren der Stufe 4 basiert auf den vorhergehenden Matrixstufen und Zählstellenergebnissen. Durch das Verfahren wird eine Übereinstimmung zwischen der erzeugten Matrix und den Zählstellenergebnissen im Rahmen der

vorgegebenen Toleranzgrenzen sichergestellt. Dabei muss allerdings festgehalten werden, dass die resultierende Matrix stark von den Routensuch- und Umlegungsergebnissen und damit der verwendeten Widerstandsfunktion der generalisierten Kosten abhängt. Für den Personenverkehr ist bekannt, dass die im VMÖ verwendete Widerstandsfunktion das Kalkül bei der Routenwahl nur unzureichend beschreibt (Roeder et al., 2011). Wenn dies auch für den Straßengüterverkehr gilt, sind Abweichungen der im Verfahren erzeugten Matrix von der tatsächlichen Straßengüterverkehrsmatrix wahrscheinlich. Prinzipiell gilt, dass die für die Matrix-Kalibrierung verfügbaren Zählstellen für andere Zwecke betrieben werden. Dies bedeutet, dass insbesondere in der Fläche das angewendete Verfahren der Matrix-Kalibrierung an seine Grenzen stößt. Deshalb ist einerseits anzustreben, dass die örtliche Festlegung der Lkw-Dauerzählstellen auf die Anforderungen des Matrixkalibrierungsverfahrens abgestimmt wird und andererseits das Verkehrsmodell Österreichs die Routensuche für den Güterverkehr validiert und verbessert. Die Abstimmung der Zählstellen soll so erfolgen, dass sie möglichst an Grenzen der Verkehrsbezirke des Verkehrsmodells situiert werden und dass durch die Vernetzung der Zählstellen wichtige Schnitte des Straßennetzes abgebildet werden, die den österreichischen Lkw-Verkehr möglichst repräsentativ abbilden.

Ansätze zur langfristigen Weiterentwicklung der österreichischen Güterverkehrsstatistik

Eine vollständige Übernahme des "Commodity Flow Survey" der USA für Österreich muss nicht zuletzt aus Kostengründen in Frage gestellt werden, da es wesentliche Überschneidungen mit der ESGVS gibt und die dadurch verursachten Kosten schwer zu argumentieren sind. Zu den die Qualität signifikant verbessernden Aspekten gehört allerdings die Befragung der Verloader, da damit Zweifel betreffend der Untererfassung der SGVS, bedingt durch Leermeldungen der Frächter bzw. Fahrzeuge aus dem Nicht-EU-Raum, eher ausgeschlossen werden könnten. Deren bestimmende Rolle in der Konzeption und Umsetzung der Lieferketten kann darüber hinaus authentische Informationen über bevorzugte Transportwege und Transportmodalitäten sowie Intermodalität beitragen. Zur Ermittlung des Anteils der Leerfahrten werden in den USA flächendeckende Weight-in-Motion-Systeme verwendet. In einem europäischen Projekt (ALPCHECK) wurde diese Technologie auch im Rahmen eines Pilotversuchs in der Region Veneto erfolgreich getestet. Der Einsatz von Weight-in-Motion Systemen auf dem hochrangigen Österreichischen Straßennetz zur Messung des Anteils der Leerfahrten bzw. der Auslastung der Lkw wäre sinnvoll. Im FFG-Projekt InnoRFDatX wurden vorhandene IT-Systeme (Transport Management Systeme, On-Board-Units) zur Datenerhebung verwendet (Krieger 2011). Vor allem die Auswertung von GPS-Daten, die an Anbieter kommerzieller Dienste übermittelt werden, ist aufgrund der Datenqualität sinnvoll. Die Einrichtung einer unabhängigen Institution zur Datensammlung und -verarbeitung wäre auch in Österreich sinnvoll, um die Fahrten auf dem österreichischen Straßennetz valide abzubilden.

Bindung des IMOVE-Güter-Verfahrens an die Verkehrsmodellsoftware

Das IMoVe-Güter-Verfahren baut ausschreibungsgemäß auf dem Verkehrsmodell Österreich auf und basiert somit auf der Verkehrsmodellierungssoftware VISUM. Eine in Diskussion stehende Umstellung des Verkehrsmodells Österreich auf eine andere Software würde Adaptionen des IMoVe-Güter-Verfahrens erforderlich machen: In diesem Fall wäre zu prüfen, ob und wie die einzelnen Verfahrensschritte umgesetzt werden können und wie sie gegebenenfalls zu adaptieren wären.

15.2 Forschungsbedarf zur Hebung des Entwicklungspotentials des IMoVe-Güter-Verfahren

Die mit Abschluss des Projektes IMoVe-Güter zu Verfügung stehenden Ergebnisse einer österreichweiten Straßengüterverkehrsmatrix für den Jahresverkehr und den JDTVw repräsentieren in valider Form die für Österreich relevante Straßengüterverkehrsnachfrage 2009. Dieses Ergebnis ist auf internationaler Ebene als „State-of-the-knowledge“ einzustufen. Es stellt ein Schätzverfahren auf Basis der zur Verfügung stehenden Daten und Informationen dar, das mit den im Folgenden angeführten Maßnahmen in seiner Qualität noch signifikant gesteigert werden kann. Es ist festzuhalten, dass diese Verbesserungen sinnvoll und anzustreben sind, um die datenmäßigen Entscheidungsgrundlagen der österreichischen Verkehrspolitik und

Verkehrsinfrastrukturplanung auf eine noch solidere Basis mit geringerem Datenrisiko zu stellen. Dazu zählen folgende Verbesserungsschritte, die lose aufgezählt und nicht nach Machbarkeit und Dringlichkeit gereiht sind:

- (1) Novellierung des Gesetzes der SGVS, um Vertretern des bmvit den Zugang zu den Rohdaten auf der Stufe der einzelnen Lkw-Daten zu ermöglichen; im Sinne der Effizienz und Qualität sollte auch die elektronische Datenübermittlung (standardisierte Datenschnittstellen) und die Bereitstellung von GPS-Erhebungsgeräten für die Respondenten möglich werden;
- (2) Initiative durch österreichische politische Vertreter auf europäischer Ebene, um die vorhin angeführten Punkte auch für die ESGVS möglich zu machen
- (3) Überarbeitung des Erhebungsdesign der SGVS, um die Nichtantworterrate der durchgeführten Fahrten zu verringern und das Problem der fehlenden Zwischenaufenthalte von Ladevorgängen zu verringern; dazu ist eine Ursachenanalyse durch ein wissenschaftlich besetztes Gremium zweckmäßig;
- (4) Entwicklung eines geeigneten statistischen Verfahrens, das aus den vorhandenen Lkw-Mautdaten der A&S von der ASFINAG valide Auffahrts-Abfahrts-Quell-Zielmatrizen herstellt; derzeit sind die Mautdaten eine nutzbare Datenquelle zur Verbesserung der SGVS, deren Potential aber nicht komplett ausgeschöpft wird;
- (5) Aktualisierung und Validierung des derzeitige Graphen-Netzes des österreichischen Straßennetzes; die Bearbeitung im Rahmen des IMoVe-Güter-Projektes hat gezeigt, dass eine Überarbeitung und Aktualisierung dringend notwendig ist;
- (6) Analyse und Verbesserung des Lkw-Routensuch- und Umlegungsverfahrens des VMÖ; derzeit ist dieses Teilmodell auf den Pkw-Verkehr optimiert und berücksichtigt den Lkw-Verkehr samt der Lkw-Maut nicht in der möglichen Qualität; Ein wichtiger Teilbereich ist die Kalibrierung einer für Österreich abgestimmten Widerstands- bzw. generalisierten Kostenfunktion unter spezieller Berücksichtigung der Lkw-Maut;
- (7) Ergänzung von Zählstellen mit Lkw-Unterscheidung, vor allem in Ballungsräumen und ländlichen Bereichen, um für die Kalibrierung der Lkw-Matrix Gebiete mit zu geringer Lkw-Zählstellendichte zu vermeiden; dies würde die derzeit existierende Unsicherheit in einzelnen Gebieten stark reduzieren;
- (8) Einführung einer zusätzlichen Befragung bei Verladern; damit kann insbesondere die Lücke der Erfassung des kombinierten Verkehrs auf eine solide Basis gestellt werden, die Eingang in das IMoVe-Güter-Verfahren finden könnte; diese Daten sind als Rohdaten dem bmvit zur Verfügung zu stellen, um sie in qualitativ hochstehender Weise verarbeiten zu können; Diese Fragestellung könnte im Rahmen der geplanten Neufassung des SGVS-Gesetzes erfolgen.
- (9) Entwicklung eines Verfahrens zur Interpolation und Extrapolation der CAFT, um das entwickelte Verfahren auch in den Jahren zwischen je zwei Erhebungen des alpenquerenden Güterverkehrs einsetzen zu können. Im Prinzip ist das IMoVe-Verfahren für jene Jahre mit den jeweils letzten Daten der CAFT-Erhebung als Näherung anzuwenden, wobei die Matrix-Kalibrierung jeweils mit aktuellen (Zähl-)Daten erfolgen muss. Wenn unerwartete Brüche der wirtschaftlichen oder internationale politischen Entwicklung (z.B. Konflikte wie der Balkankrieg), so ist eine individuelle Spezifikation der Matrix je nach Situation notwendig. In diesem Sinne ist auch eine Sensitivitätsanalyse notwendig, um Auswirkungen von im Zuge von Sparmaßnahmen weniger CAFT Querschnitten auf die Güte der Straßengüterverkehrsmatrix abschätzen zu können.
- (10) Entwicklung eines Verfahrens zur Berücksichtigung von Quell-Ziel-Beziehungen der europäischen Straßengüterverkehrsstatistik, welche aufgrund geringer Fallzahlen unter Berücksichtigung der einschlägigen datenschutzrechtlichen Bestimmungen nicht berichtet werden, obwohl diese in den Rohdatensätzen enthalten sind.

16 Tabellenverzeichnis

Tabelle 5-1:	Konsistenz von SGVS und ESGVS: die 20 Quell-Ziel-Beziehungen mit den größten prozentualen Abweichungen der Lkw-Verkehrsaufkommen von in Österreich gemeldeten Fahrzeugen, absteigend nach dem Betrag der relativen Abweichung, sortiert (Fallzahl ≥ 10 Beobachtungen).....	29
Tabelle 5-2:	Konsistenz zwischen SGVS und ESGVS: die 20 Quell-Ziel-Beziehungen mit den größten prozentualen Abweichungen im Lkw-Transportaufkommen des Binnenverkehrs von in Österreich gemeldeten Fahrzeugen, absteigend nach dem Betrag der relativen Abweichung, sortiert (Fallzahl ≥ 10 Beobachtungen) 30	
Tabelle 5-3:	Verwende Auswahlkriterien für Datensätze aus der CAFT Erhebung, um die Vergleichbarkeit mit den Daten der Europäischen Strassengüterverkehrsstatistik herzustellen. Quelle: Eurostat – European Commission (2008).....	33
Tabelle 5-4:	Vergleich der alpenquerende Fahrten aus CAFT nach Meldeland und unterschiedlicher Gewichtabgrenzung.....	35
Tabelle 5-5:	Mauttransaktionen 2009 auf den Autobahn und Schnellstraßennetz in Österreich (Quelle: Asfinag Mautdaten, eigene Auswertungen).....	36
Tabelle 5-6:	Auswirkung der Zusammenfassung von Fahrten laut ASFINAG	42
Tabelle 7-1:	Vergleich Jahresfahrten 2009 laut CAFT und ESGVS nach Quell- Ziel-Regionen mit mehr als 10 Beobachtungen (grün: ESGV Jahresfahrten erwartungsgemäß; gelb: signifikante Untererfassung der ESGV; weiß: keine signifikanten Jahreswerte laut ESGV auf NUTS3 Ebene verfügbar.	54
Tabelle 7-2:	Vergleich des Lkw-Binnenverkehrsaufkommen in Bezug auf Österreich gemäß der Verkehrsprognose 2025+ für das Jahr 2010 und ESGVS	55
Tabelle 7-3:	Quell- und Zielfahrten der Matrix des Lkw-Jahresverkehrs 2009 je NUTS-3 Region in Österreich in der ESGVS 2009.....	56
Tabelle 9-1:	Zusammenfassung nicht eindeutig einer NUTS-3 zuordenbare österreichische Bezirke (färbig gekennzeichnet sind Bezirke die sich in mehrere Nuts-Zonen befinden)	65
Tabelle 9-2:	Schlüsselergebnisse der Korrektur der Mehrfacherfassungen der CAFT-Erhebung.....	75
Tabelle 9-3:	Beispiel für Doppelzählung an CAFT-Erhebungsstellen	75
Tabelle 9-4:	Zusammenführung der Zwischenergebnisse: Kalkulation der Anpassungsfaktoren	76
Tabelle 9-5:	Alternativrouten zur CAFT-Erhebungsstelle Brenner.....	78
Tabelle 9-6:	Vergleich der Summe der Lkw-Fahrten der Matrizen der Stufen 3a und 3b (basierend auf den aus den CAFT-Daten ermittelten Quell- Ziel-Beziehungen)	79
Tabelle 9-7:	Vergleich der Summe der Lkw-Fahrten der Matrizen der Stufen 2 und 3b (basierend auf Quell-Ziel-Beziehungen, die in beiden Datensätzen enthalten sind)	82
Tabelle 10-1:	Werktägliches Lkw-Verkehrsaufkommen der Matrizen 2009 der verschiedenen Stufen (absolute Anzahl und relativer Anteil) in Bezug auf Österreich; Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix	88
Tabelle 10-2:	Jährliches Lkw-Verkehrsaufkommen der Matrizen 2009 der verschiedenen Stufen (absolute Anzahl und relative Veränderung) in Bezug auf Österreich, Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix	88
Tabelle 10-3:	Außenverkehr und Gesamtverkehr des Lkw-Verkehrsaufkommens der Matrizen 2009 der verschiedenen Stufen (absolute Anzahl und relativer Anteil) in Bezug auf Österreich.....	90
Tabelle 10-4:	Werktägliches Lkw-Verkehrsleistung der Matrizen 2009 nach dem Territorial- und Fahrtenprinzip (absolute Leistung und relativer Anteil des Territorial- zum Fahrtenprinzip) der Stufe 4.....	91
Tabelle 10-5:	Werktägliches Lkw-Verkehrsleistung der Matrizen 2009 der verschiedenen Stufen auf dem österreichischen Straßennetz (absolute Leistung und relativer Anteil), Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix	92

Tabelle 10-6: Jährliche Lkw-Verkehrsleistung der Matrizen 2009 der verschiedenen Stufen auf dem österreichischen Straßennetz (absolute Leistung und relative Veränderung), Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix	92
Tabelle 10-7: Jährliche Lkw-Verkehrsleistung der Matrix 2009 der Stufe 4 verglichen mit den Angaben der Verkehrsprognose Österreich 2025+, Bezugsjahr 2005 (absolute Leistung und relativer Anteil), Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix	94
Tabelle 10-8: Durchschnittliche Fahrtweiten des werktäglichen Lkw-Verkehrs der Matrizen 2009 der verschiedenen Stufen auf dem österreichischen Straßennetz (Territorialprinzip)	95
Tabelle 10-9: Mittlere Lkw-Beladung des Lkw-Verkehrs von Österreich 2009 der Stufe 4; diese entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix	96
Tabelle 10-10: Werktägliches Lkw-Transportaufkommen der Matrizen 2009 der verschiedenen Stufen (absolutes Aufkommen und relativer Anteil) in Bezug auf Österreich, Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix	96
Tabelle 10-11: Jährliches Lkw-Transportaufkommen der Matrizen 2009 der verschiedenen Stufen (absolutes Aufkommen und relative Veränderung) in Bezug auf Österreich, Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix	97
Tabelle 10-12: Lkw-Transportaufkommen der Matrix 2009 der Stufe 4 des Werktagverkehrs verglichen mit den Angaben der Verkehrsprognose Österreich 2025+ (absolute Leistung und relativer Anteil), Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix	98
Tabelle 10-13: Werktägliche Lkw-Transportleistung der Matrizen 2009 der Stufe 4 auf dem österreichischen Straßennetz (absolute Leistung und relativer Anteil) in Bezug auf Österreich, dies entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix	99
Tabelle 10-14: Lkw-Transportleistung der Matrix 2009 der Stufe 4 verglichen mit den Angaben der Verkehrsprognose Österreich 2025+ und dem Gesamtverkehrsplan Österreich (absolute Leistung und relativer Anteil), Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix	99
Tabelle 10-15: Vergleich der Zähl- und Modellwerte (JDTVw) der Lkw-Matrizen 2009 der Stufen 2, 3 und 4 für AZS-Zählstellen (Automatische Zählstellen), Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix	100
Tabelle 10-16: Vergleich der Zähl- und Modellwerte (JDTVw) der Lkw-Matrizen der Stufen 2-4 für LS-Zählstellen (Mautbrücke; „Location Station“ der Mautdaten auf A+S-Straßen) in Bezug auf Österreich, Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix	101
Tabelle 10-17: Vergleich der Zähl- und Modellwerte (JDTVw) der Lkw-Matrizen 2009 der Stufen 2-4 für alle Zählstellen, Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix	102
Tabelle 10-18: Vergleich der Zähl- und Modellwerte (JDTVw) der Lkw-Matrizen 2009 der Stufen 2-4 an ausgewählten Zählstellen, Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix	104
Tabelle 11-1: Vergleich der ESGVS-Werte mit VMÖ-Startwerten und dem Ergebnis der Entropiemaximierung (Stufe 1a), Abweichung zwischen den laut SGVS berichteten und den laut VMÖ 2010 verwendeten Fahrten zwischen den politischen Bezirken	106
Tabelle 11-2: Korrelationskoeffizienten zwischen der durchschnittlichen Fahrtweite und der Untererfassung der ESGVS im Vergleich zur CAFT 2009	107
Tabelle 11-3: Vergleich des jährlichen Lkw-Aufkommens 2009 der Stufe 2 mit verschiedenen Varianten der Stufe 3	111
Tabelle 11-4: Vergleich des Lkw-Verkehrsaufkommens (JDTVw) des Transit-, Außen- und Gesamtverkehrsaufkommens der Varianten der Stufen 3 und 4 mit Bestwegumlegung (VISUM)	112
Tabelle 11-5: Vergleich des Lkw-Verkehrsaufkommens (JDTVw, Bezug 2009) des Transit-, Außen- und Gesamtverkehrsaufkommens der Stufe 4 bei verschiedenen Widerstände und Zählstellen im VStromFuzzy-Verfahren	114

Tabelle 11-6: Werttägliche Lkw-Verkehrsleistung der Matrizen (Bezug 2009) verschiedener Stufen auf dem österreichischen Straßennetz in Abhängigkeit von den Streckenwiderständen im Ausland (absolute Leistung und relativer Anteil)	115
Tabelle 11-7: Lkw-Transportleistung der Matrix der Stufe 4 (Bezug 2009) verglichen mit den Angaben der Verkehrsprognose Österreich 2025+ und dem Gesamtverkehrsplan Österreich (absolute Leistung und relativer Anteil)	116
Tabelle 11-8: Werttägliche Lkw-Fahrtenaufkommen (JDTVw) der Matrizen der vierten Stufe (Bezug 2009) in Abhängigkeit der Anpassung der Quell-Ziel-Beziehungen, die nicht über eine VStromFuzzy-Zählstelle routen 117	
Tabelle 11-9: Werttägliche Lkw-Fahrten der Matrizen (JDTVw) der vierten Stufe in Abhängigkeit vom Routensuch- und Umlegungsverfahren, Bezug 2009	118
Tabelle 13-1: Bedeutung der Qualitätskriterien für die verschiedenen Stakeholder	127
Tabelle 13-2: Erfüllung der Qualitätskriterien durch „On-board“ Erhebungstechnologien	128
Tabelle 13-3: Erfüllung der Qualitätskriterien durch brückengestützte Technologien	129
Tabelle 13-4: Erfüllung der Qualitätskriterien durch „Sekundärdatenbasiert“-Technologien	130
Tabelle 13-5: Gesamtbewertung für Dimensionen Technologien/Stakeholder auf Basis von gleichgewichteten Durchschnittswerten.....	131

17 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 4-1: Regionen für das Freight Analysis Framework (U.S. Census Bureau 2011)	18
Abbildung 4-2: Imputation fehlender Werte im amerikanischen Freight Analysis Framework FAF3 (Southworth 2010)	20
Abbildung 4-3: Abschätzung des Lkw-Verkehrs zwischen zwei FAF-Regionen (Alam 2010)	21
Abbildung 4-4: Die geographischen Zonen im französischen Verkehrsmodell (MODEV 2012)	24
Abbildung 4-5: Iterative Vorgehensweise im MODEV Modell (MODEV 2012)	25
Abbildung 5-1: Lkw-Verkehrsaufkommen von Fahrten (Anzahl der Fahrten), die das österreichische Straßennetz benützt haben in Abhängigkeit vom Meldeland des Fahrzeugs und der zurückgelegten Lkw-Fahrtlänge der gesamten Fahrt von Quelle bis Ziel in km	31
Abbildung 5-2: Erhebungsquerschnitte der CAFT-Daten 2009 in Österreich (bmvit 2011/1).....	32
Abbildung 5-3: Verteilung der gezählten und bereinigten Lkw-Verkehrsbelastungen der LS-Zählstellen des A+S-Netzes	38
Abbildung 5-4: Autobahnabschnitt der A1 zwischen Anschlussstelle Wien Auhof und Pressbaum, Darstellung der Mehrfachnennung von LS-IDs auf Links des Verkehrsmodells zwischen zwei Anschlussstellen (LS-ID 1 und LS-ID 395).....	38
Abbildung 5-5: Autobahnabschnitt der A1 zwischen Anschlussstelle Salzburg Nord und Wals/Salzburg West, Darstellung von Anschlussstellen ohne Anbindung an das untergeordnete Straßennetz	39
Abbildung 5-6: Verteilung der gezählten und bereinigten Lkw-Verkehrsbelastungen der AZS-Zählstellen des untergeordneten Straßen-Netzes	40
Abbildung 5-7: Vergleich der bereinigten Zählzahlen an AZS- und LS-Zählstellen der Lkw-Verkehrsstärke des gesamten Lkw-Verkehrs.....	43
Abbildung 5-8: Vergleich der bereinigten Zählzahlen an AZS- und LS-Zählstellen der Lkw-Verkehrsstärke von Lkw mit zwei oder drei Achsen (LoA)	44
Abbildung 5-9: Vergleich der bereinigten Zählzahlen an AZS- und LS-Zählstellen der Lkw-Verkehrsstärke von Lkw mit mehr als drei Achsen (Slz).....	44
Abbildung 6-1: Datenarchitektur von IMoVe-Güter	47
Abbildung 6-2: Übersicht über Tabellen in der Common Datenbank	50
Abbildung 8-1: VStromFuzzy-Verfahren (Quelle: Eigene Darstellung nach PTV 2013)	60
Abbildung 9-1: Modellstufen 1 bis 4 zur Erstellung der Straßengüterverkehrsmatrix.....	61
Abbildung 9-2: Beispiel für in der ESGVS ausgewiesene unplausible Lkw-Transitfahrten durch Österreich	62
Abbildung 9-3: Arbeitsschritte zur Erstellung der Matrix Stufe 1.....	63
Abbildung 9-4: Arbeitsschritte der Modellstufe 1a	64
Abbildung 9-5: Quell-Ziel-Matrix der Fahrten laut SGVS bzw. ESGVS	66
Abbildung 9-6: Arbeitsschritte der Modellstufe 1b	69
Abbildung 9-7: Arbeitsschritte der Modellstufe 2	70
Abbildung 9-8: Arbeitsschritte der Modellstufe 3a	72
Abbildung 9-9: Schematische Darstellung der Mehrfacherfassung der CAFT-Erhebung bei Betrachtung der Gesamtmatrix für Österreich	73
Abbildung 9-10: Arbeitsschritte der Modellstufe 3b.....	76
Abbildung 9-11: Lkw-Routen auf Alternativrouten zur CAFT-Erhebungsstelle Brenner (Matrix Stufe 2)	77
Abbildung 9-12: Veränderung des Lkw-Jahresverkehrsaufkommens nach Lkw-Fahrten/Jahr; Vergleich der CAFT-Erhebung 2009 und der Matrizen der Stufen 3a und 3b (berücksichtigt sind nur Quell-Ziel-Beziehungen, die über mindestens eine CAFT-Zählstelle routen)	80
Abbildung 9-13: Arbeitsschritte der Modellstufe 3c	81
Abbildung 9-14: Arbeitsschritte der Modellstufe 4	83

Abbildung 9-15: Strecken des Straßengraphen des VMÖ mit Zählstellen, die zur Matrixkorrektur verwendet wurden	85
Abbildung 9-16: Verfahrensübersicht zur Erstellung einer validen und konsistenten Lkw-Güterverkehrsmatrix für Österreich.....	86
Abbildung 10-1: Werktägliches Lkw-Verkehrsaufkommen der Matrizen 2009 der verschiedenen Stufen in Bezug auf Österreich, Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix.....	89
Abbildung 10-2: Differenz des Verkehrsaufkommens bei einer Umlegung der Matrizen 2009 der Stufen 2 und 4; rote Farbe bedeutet eine Zunahme, grüne Farbe eine Abnahme zwischen der Verkehrsstärke je Streckenabschnitt zwischen Stufe 2 und 4.....	90
Abbildung 10-3: Werktägliches Lkw-Verkehrsleistung der Matrizen 2009 der verschiedenen Stufen auf dem österreichischen Straßennetz, Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix	93
Abbildung 10-4: Fahrtweitenverteilung im Binnen- und im Gesamtverkehr von Österreich 2009 der Stufe 4; diese entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix.....	95
Abbildung 10-5: Vergleich der Zähl- und Modellwerte (JDTVw) der Lkw-Matrizen 2009 der Stufen 2, 3 und 4 für AZS-Zählstellen, Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix	101
Abbildung 10-6: Vergleich der Zähl- und Modellwerte (JDTVw) der Lkw-Matrizen 2009 der Stufen 2, 3 und 4 für LS-Zählstellen, Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix.....	102
Abbildung 10-7: Vergleich der Zähl- und Modellwerte (JDTVw) der Lkw-Matrizen der Stufen 2-4 für alle Zählstellen, Stufe 4 entspricht dem Endergebnis einer validierten Lkw-Matrix	103
Abbildung 11-1: Ergebnisvergleich der Entropiemaximierung bei unterschiedlichen Startlösungen.....	105
Abbildung 11-2: Analyse der Untererfassung der Straßengüterverkehrsstatistik gegenüber der CAFT-Erhebung 2009 in Abhängigkeit von der Fahrtweite.....	107
Abbildung 11-3: Werktägliches Lkw-Verkehrsleistung 2009 auf dem österreichischen Straßennetz der Matrizen der verschiedenen Stufen bei einer Mittelwertbildung der CAFT- und ESGVS-Werte im Rahmen der Stufe 3c	110
Abbildung 13-1: Qualitätskriterien zur Bewertung von Datenerfassungstechnologien für den Straßengüterverkehr	122

18 Literatur

Alam, M. (2010). Network Assignment of Highway Truck Traffic in FAF3, Summary Report: Approach and Methodology, Oak Ridge National Laboratory.

Bundesgesetz vom 21. Feber 1983 über statistische Erhebungen im Bereich des Straßen- und Schienenverkehrs (Straßen- und Schienenverkehrsgesetz), letzte Novelle 2013. StF: BGBl. Nr. 142/1983 (NR: GP XV RV 1268 AB 1409 S. 146. BR: AB 2681 S. 432.).

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit), HERRY Consult (2011/1). Alpenquerender Güterverkehr in Österreich, Wien.

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit), HERRY Consult, SNIZEK + Partner, INTRA PERFORMANCE (2011/2): Erhebung Grenzüberschreitender Güterverkehr 2009 Österreich, Ergebnisbericht, in: Schriftenreihe Forschungsarbeiten aus dem Verkehrswesen, Band 216, Wien.

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit) (2012). Gesamtverkehrsplan Österreich, Wien.

Commodity Flow Survey, U.S. Census Bureau, http://www.census.gov/econ/cfs/how_data_collected.html, accessed on July 27, 2011.

Eurostat – European Commission (2008). Methodologies used in surveys of road freight transport in member states and candidate countries, Eurostat Methodologies and Working papers, 2008 edition, (http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-RA-08-009/EN/KS-RA-08-009-EN.PDF)Luxembourg

ESGVS (Europäische Straßengüterverkehrsstatistik) 2009, Matrix zur Verfügung gestellt durch das bmvit, Wien

Federal Highway Administration (2011). Generation of a U.S. Commodity Flows Matrix Using Log-Linear Modeling and Iterative Proportional Fitting (Freight Analysis Framework); http://ops.fhwa.dot.gov/freight/freight_analysis/faf/faf2_reports/report3/index.htm, accessed December 7, 2011.

Graf W., Neumann A., Sammer G.; Bittner L.; Fürst E., Rudlof M. (2007). Inter-Dat – Verfügbarkeit von Verkehrsdaten von öffentlichen und gewerblichen Interesse, Forschungsprojekt im Rahmen des I2-Programms der FFG, Intelligente Infrastruktur, Koordination Institut für Verkehrswesen der Universität für Bodenkultur Wien, Wien.

Hlava F (2010). Analyse von Lkw-Routen aus Daten der Lkw-Maut auf Autobahnen und Schnellstraßen in Österreich- Ermittlung einer Lkw-Matrix; Diplomarbeit am Institut für Verkehrswesen der Universität für Bodenkultur Wien, Betreuung: Gerd Sammer und Wolfgang Berger, Wien.

iPIERS, UBM Global Trade, <http://www.piers.com/index.cfm?page=solutions&subpage=data>, accessed July 27, 2011.

Käfer, A.; Steininger, K.; Axhausen, K.; Burian, E.; Clees, L.; Fritz, O.; Fürst, B.; Gebetsroither, B.; Grubits, C.; Huber, P.; Kurzmann, R.; Molitor, R.; Ortis, G.; Palme, G.; Peherstorfer, H.; Pfeiler, D.; Schönfelder, S.; Siller, K.; Streicher, G.; Thaller, O.; Wiederin, S.; Zakarias, G. (2009). Verkehrsprognose Österreich 2025+. Wien.

King, G.; Rosen O.; Tanner M. A. (2004): Ecological Inference, Cambridge University Press

Krieger, D. (2011). A Synthesis of Highway Practice, Freight Transportation Surveys, NCHRP.

MODEV (2012). Modèle géographique multimodal de transport de marchandises“, Ministère de l'Écologie, du Développement durable des Transports et du Logement.

Pischinger R., Hausberger St., Sudy Ch.; Sammer G., Thaller O.; Schneider F., Stiglbauer A. (1997). Volkswirtschaftliche Kosten-Wirksamkeitsanalyse von Maßnahmen zur Reduktion der CO₂-Emissionen des Verkehrs in Österreich; i. A. des Ministeriums für Umwelt, Jugend und Familie sowie der Akademie für Umwelt und Energie, Schriftenreihe des Institutes für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der technischen Universität Graz, Wien.

Ptv AG (2011). Benutzerhandbuch Visum 12. Karlsruhe.

Ravi Varhadan, Package Alabama, <http://cran.r-project.org/web/packages/alabama/alabama.pdf>

Reim, U. (2003). Transportketten im intermodalen Güterverkehr“; In: Wirtschaft und Statistik, 04/2003; S. 327 ff.

Roider, O.; Link, C.; Raser, E.; Sammer, G.; Sedlaczek, N.; Herry, M.; Pompl, R. (2011). RoSana - Beeinflussung des Verkehrsverhaltens bei der Routenwahl durch flexible Straßenbenutzungsgebühren zur Erreichung einer nachhaltigen Mobilitätsentwicklung, Forschungsbericht 03/2011 des Instituts für Verkehrswesen der Universität für Bodenkultur Wien.

Sammer, G. (2006). Processing, Analysis and Archiving of Travel Survey Data. In: Travel Survey Methods, Quality and Future Directions; Editors P. Stopher and Ch. Stecher, Pergamon, Elsevier, Oxford.

Sammer G., Raser E., Roider O. (2008). Aktuelle Fragen zum Fahrverhalten auf dem Hochrangigen Straßennetz, Forschungsbericht 08/2007 des Instituts für Verkehrswesen der Universität für Bodenkultur Wien, Wien.

Sammer G., Klementsitz R.; Steininger K., Schmid C.; Hausberger S., Rexeis M. (2009). Oe Güter Problemanalyse und Lösungskonzepte für den Güterverkehr in Österreich aus der Sicht der Bundesländer – Stufe 1; i. A. des A. der Oberösterreichischen Landesregierung, Abt. Gesamtverkehrsplanung und Öffentlicher Verkehrs, vertreten durch L. Höfler in Kooperation mit den Ämtern der österreichischen Bundesländer, Koordination Institut für Verkehrswesen der Universität für Bodenkultur Wien, Wien, Graz.

Sammer, G. (2011). Studienunterlagen zur Vorlesung Verkehrsprognosen und Verkehrsmodelle an der Universität für Bodenkultur Wien, Wien.

Southworth, F. et al. (2010). The Freight Analysis Framework, Version 3: Overview of the FAF3 National Freight Flow Tables, Federal Highway Administration Office of Freight Management & Operations.

Spiegel, T. (2003). Die europäische Straßengüterverkehrsstatistik nach der Verordnung (EU) 1172/98 im Vergleich mit den Erhebungen zum alpenquerenden Güterverkehr 1999; Dokument Road/2003/12/DE zur Eurostat Arbeitsgruppe Straßenverkehrsstatistik vom 10-11-2003.

Spiegel, T. (2007). Gesamtaufkommen des Straßengüterverkehrs in Österreich; in: Österreichische Verkehrsstatistik 2005; Herausgeber Statistik Austria, Wien.

Sprung, M. (2010). DIGITAL METADATA FOR FAF-3.1 RELEASE, Federal Highway Administration Office of Freight Management & Operations.

Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2005). Kombiniertes Verkehr – Bereitstellung von Angaben zum kombinierten Verkehr in Deutschland unter Berücksichtigung der Abbildung von Transportketten; Wiesbaden.

Statistik Austria (2010/1). Standard-Dokumentation Metainformationen (Definitionen, Erläuterungen, Methoden, Qualität) zur Statistik des Straßengüterverkehrs; Herausgeber Statistik Austria, Wien.

Statistik Austria (2010/2). Verkehrsstatistik 2009, Güterverkehr – Verkehrsleistungen, Schnellbericht 3.6 2; Herausgeber Statistik Austria, Wien.

TRANSEARCH Insight Database, IHS Inc, <http://www.ihs.com/products/global-insight/industry-analysis/commerce-transport/world-trade.aspx>, accessed July 27, 2011.

U.S. Census Bureau (2011). Commodity Flow Survey, www.census.gov/econ/cfs/how_data_collected.html, accessed on July 27, 2011.

Walther, K. (2005): Transportketten im intermodalen Güterverkehr. In: Wirtschaft und Statistik, 09/2005; S. 957 ff.

Wirtschaftskammer Österreich WKO (2012). Umrechnungsliste höchstzulässiges Gesamtgewicht – Nutzlast. Aufgerufen unter: www.wkw.at/docextern/abtvepol/13_vr/LKW-Vergleich/index_LKW_Vergleich.htm; aufgerufen am 08.11.2012.

19 Anhang

Leitfaden für Interviews (Frankreich, USA)

Guideline for IMoVe expert interviews (WP2)

Question Block A

Questions to NSOs or agencies which prepare O/D freight flow matrices (ODFFM) to feed into traffic planning models.

Traffic models, using O/D freight flow matrices

- What kind of traffic model are you using and which kind of results is it delivering?
- Who are the main users of the model and do you have any feedback regarding its applicability?
- Which organization is responsible to maintain and operate the traffic model?

Structure and scope of the O/D freight flow matrices (ODFFM)

- How are you measuring the freight flow (of trucks, routes, of trips, tons of cargo,)?
- At which time intervals are you aggregating the data (hourly, daily, monthly, yearly, ...)?
- Which dimensions, in addition to time, are you using to structure the data (geography, mode, commodity,...)?

Nature and origin of the source data to build the ODFFM

- What kind of O/D information is available to you for building the ODFFM?
- Are you using traffic count data, complementing the O/D information?
- How have you defined a "trip" and how are you deriving a "trip" from the data?
- What kind of methods are you using to infer missing data items?

Data collection and provisioning process

- Which organization is responsible to collect and compile the ODFFM?
- At which intervals are new ODFFM data made available?
- What is the average cost of building a new version of the matrices?
- What kind of DBMS or software are you using to collect, produce and disseminate the data?

Quality aspects of the raw data; quality aspects of the consolidated matrices

- What kind of quality indicators are you using to assess the viability of the raw data?
- How are you measuring the statistical quality of entries in the ODFFM?
- How are you measuring the error introduced by the imputation process?

Question Block B

Questions to agencies which design or apply transport models for estimating and forecasting infrastructure utilization and demand.

Input data for modeling purposes

- What kind of behavioral data sources do you employ, i.e. census or survey data describing infrastructure users' behavior and suitable to feed behavioral models (*trip generation* and *mode choice*)?
- What kind of auxiliary data do you use to support inference of origin-destination relations (*trip distribution*)?
- Do you use structural data, i.e. information on spatial units like counties, regions, provinces, states, etc. and their socio-economic characteristics? If so, which?
- Are specific geographical data on singular traffic generators like airports, industry or commercial clusters, sea ports or general land use data taken into account? If so, which?
- Which data and information on transport networks for each mode of transport are available to you? Which characteristics of network links are taken into account (distances, permissible speed, type of road, etc.)? Do data on network links include traffic intensity?

Modeling process and components

- Which of the conventional four transport forecasting stages (*trip generation, distribution, mode choice* and *route assignment*) are endogenously covered by your process?
- For each stage which input data (see previous section) do you employ?
- Do you design scenarios (when evaluating infrastructure investment projects, e.g., do you compare cases with or without the project)? What are the determinants defining these scenarios? At which of the forecasting stages above are scenarios relevant?
- Based on the forecasting process results (and its scenarios), what criteria are used to assess alternatives? In which areas (e.g. environmental impact, cost benefit analysis, effect on land use, etc.) are criteria measured?
- Given your current forecasting process and available input data, do you see any room for improvement? What parts of the process would be affected by improvement? Which additional data sources are available and/or desirable? What are the reasons for not changing the process/not using those data?

Impressum

Herausgeber und Programmverantwortung IV2Splus

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Abteilung Mobilitäts- und Verkehrstechnologien
1030 Wien, Radetzkystraße 2
Ansprechpartnerin I2V: DI (FH) Sarah Krautsack
Tel.: +43 (0)1 7116265 - 3211
Sarah.Krautsack@bmvit.gv.at, www.bmvit.gv.at

Inhaltliche Betreuung

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Abteilung Internationale Netze und Generalverkehrsplan
1030 Wien, Radetzkystraße 2
Ansprechpartner: DI Dr. Thomas Spiegel, DI Christian Wampera
Tel.: +43 (0)1 7116265 - 1104
infra5@bmvit.gv.at, www.bmvit.gv.at

Für den Inhalt verantwortlich

Institut für Verkehrswesen
Department für Raum, Landschaft und Infrastruktur
Universität für Bodenkultur Wien
1190 Wien, Peter Jordan Str. 82
Ansprechpartner: Gerd Sammer, Christoph Link, Oliver Roider
Tel.: +43(0)1 47654 - 5300
imove@boku.ac.at, <http://www.rali.boku.ac.at/verkehr/>

Paradigma Unternehmensberatung GmbH Wien
Ansprechpartner: Rudolf Bauer, Werner Schachinger
1060 Wien, Mariahilfer Str 47 1 3
Tel.: +43 (0)1 585 49 72
imove@paradigma.net, www.paradigma.net

unter Mitarbeit von:

Institut für Transportwirtschaft und Logistik
Wirtschaftsuniversität Wien
Ansprechpartner: Christian Vogelauer, Elmar Fürst
1020 Vienna, Welthandelsplatz 1
Tel.: +43 (0)1 313 36 - 4181
imove@wu.ac.at, www.wu.ac.at/itl

Netwiss gmbh
190 Wien, Hohe Warte 46
Ansprechpartner: Alexander Neumann, Alexander Schubert
Tel.: +43 (0)1 96 8 93 - 00
imove@netwiss.at, www.netwiss.at



Programmmanagement IV2Splus

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH

1090 Wien, Sensengasse 1

Ansprechpartnerin I2V: Mag.(FH) Nicole Prikoszovits

Tel.: +43 (0) 57755 5063

nicole.prikoszovits@ffg.at, www.ffg.at