

Aktualisierung der Aggregierten Methode Güterverkehr (AMG) auf den Basiszustand 2016

Schlussbericht



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Raumentwicklung ARE
Office fédéral du développement territorial ARE
Ufficio federale dello sviluppo territoriale ARE
Uffizi federal da svilup dal territori ARE

IMPRESSUM

Herausgeber

Bundesamt für Raumentwicklung (ARE)

Auftraggeber

Bundesamt für Raumentwicklung (ARE)

Bundesamt für Strassen (ASTRA)

Bundesamt für Verkehr (BAV)

Autoren

Stefan Schrempp / Wolfgang Röhling (SSP Consult, Waldkirch)

Lutz Ickert (INFRAS, Bern)

Projektbegleitung ARE

Helmut Honermann

Andreas Justen

Produktion

Rudolf Menzi, Leiter Kommunikation ARE

Zitierweise

ARE (2019), Aktualisierung der Aggregierten Methode Güterverkehr (AMG) auf den Basiszustand 2016, Bundesamt für Raumentwicklung, Bern

Bezugsquelle

www.are.admin.ch/ngvm

Inhaltsverzeichnis

1	<u>EINLEITUNG</u>	<u>11</u>
1.1	AUSGANGSLAGE UND ZIELSETZUNG.....	11
1.2	AGGREGIERTE METHODE GÜTERVERKEHR	11
1.3	MODELLEBENEN, VERSIONEN UND VORGEHEN	12
2	<u>AUFBEREITUNG VON EMPIRISCHEN GRUNDLAGEN.....</u>	<u>15</u>
2.1	ÜBERBLICK ÜBER DIE ERHEBUNGEN DES STRASSENVERKEHRS	15
2.2	AUFBEREITUNG DER GÜTERTRANSPORTERHEBUNG GTE	16
2.2.1	DEKODIERUNG DER GTE	17
2.2.2	ERWEITERUNG DER ATTRIBUIERUNG DES DATENSATZES DER GTE	18
2.3	UMLEGUNG DER EMPIRISCHEN MATRIZEN AUF DAS NETZ DES NPVM 2010	21
2.4	AUSWERTUNGEN DER EMPIRISCHEN MATRIX	25
2.4.1	ANALYSEN ZUR VERKEHRSLEISTUNG	25
2.4.2	AUSWERTUNG DER BELADUNGSGRAD	30
2.4.3	UMRECHNUNG VON JAHRESFAHRLEISTUNGEN IN DEN DWV	34
2.4.4	FAHRTLÄNGENVERTEILUNG FÜR LW UND LZ	35
2.4.5	REGRESSIONSRECHNUNG FÜR DIE FAHRZEUGAUFKOMMEN	36
3	<u>MODELL DES SCHWEREN GÜTERVERKEHRS</u>	<u>41</u>
3.1	BESCHREIBUNG DES FAHRZEUGMODELLS	42
3.2	AKTUALISIERUNG DES FAHRZEUGMODELLS	43
3.2.1	VERGLEICH MIT DEN EMPIRISCHEN DATEN.....	46
3.3	DISAGGREGATION DER MATRIZEN AUF DIE ZONEN- UND NETZSTRUKTUREN NPVM 2016	47
3.3.1	SYNTHETISCHER ANSATZ	48
3.3.2	DISAGGREGATION UNTER VERWENDUNG DER EMPIRISCHEN MATRIX.....	49
3.3.3	ANPASSUNG AUF DAS KORDONDESIGN DES NPVM 2016	52
4	<u>LIEFERWAGENVERKEHR.....</u>	<u>53</u>
5	<u>ANPASSUNG DER MATRIZEN AN DIE ZÄHLDATEN</u>	<u>55</u>
5.1	ARBEITEN AM NETZMODELL UND AUSWAHL ZÄHLWERTE	55

5.2	DURCHFÜHRUNG DER ANPASSUNG	58
5.3	MANUELLE ANPASSUNG	58
5.4	SINGULÄRE VERKEHRSERZEUGER	59
5.5	AUTOMATISCHE ANPASSUNG	60
5.5.1	VERGLEICH MODELL-/ZÄHLWERTE ANHAND VON SCATTERPLOTS	63
5.5.2	ECKWERTE	68
5.5.3	ENTFERNUNGSVERTEILUNGEN	71
5.5.4	VERÄNDERUNG AUF MS-RELATIONSEBENE	73
5.6	FAZIT ZUR ANPASSUNG	75
6	<u>ANHÄNGE.....</u>	<u>76</u>
6.1	VERARBEITUNG DER GTE.....	76
6.1.1	SCHLÜSSELUNG	76
6.1.2	TRANSPORTKETTEN	76
6.1.3	ZUSPIELEN DES ATTRIBUTS MIT BZW. OHNE ANHÄNGER	77
6.1.4	VERFAHRENS ZUR FESTLEGUNG DER MITTLEREN ENTFERNUNG DES DIAGONALELEMENTS	77
6.2	GRUNDLAGEN DES FAHRZEUGMODELLS.....	80
6.3	BELADUNGSPARAMETER AUS DER GTE	81
6.4	SENSITIVITÄT DER ENTFERNUNGSVERTEILUNGEN AUS DER GTE	82
6.4.1	ERHEBUNGSENTFERNUNG VS. MODELLENTFERNUNG	82
6.4.2	ENTFERNUNGSVERTEILUNGEN IM JAHRESVERGLEICH	83
6.4.3	ENTFERNUNGSVERTEILUNG MIT UND OHNE TRANSPORTKETTENDEKODIERUNG	85
6.4.4	ENTFERNUNGSVERTEILUNG NPVM 2016 VS. NPVM 2010.....	86
7	<u>EINFLUSS DER ENTFERNUNGSGEWICHTUNG AUF DAS UMLEGUNGSERGEBNIS.....</u>	<u>87</u>
	<u>ABKÜRZUNGEN</u>	<u>91</u>
	<u>LITERATUR</u>	<u>93</u>

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Anzahl der gelieferten Datensätze in den einzelnen Erhebungsjahren	16
Tabelle 2:	Fahrleistung der einzelnen Journeytypen	17
Tabelle 3:	Struktur des Gesamtdatensatzes „GTE transportkettendekodiert“	19
Tabelle 4:	Beispiele des Attributs OriRecords 20	
Tabelle 5:	Vergleich der Leistungen unter Verwendung der Modell- und Erhebungsdistanz	26
Tabelle 6:	Fahrleistungen/fehlende Fahrleistungen nach Journeytypen	28
Tabelle 7:	Fahrleistungen nach Journeytype und AMG-Gutarten	29
Tabelle 8:	Gutarten und Entfernungsklassen in der AMG 2010	31
Tabelle 9:	Mittlere Beladung nach Gutarten aus dem TM1, Entfernungsklasse und Fahrzeugtyp für Logistikklasse 1	33
Tabelle 10:	Zahlenwerk für die Abschätzung des DWV-Faktors	35
Tabelle 11:	Ergebnis der Regressionsrechnung	36
Tabelle 12:	Initiales Ergebnis „beladene Fahrten“ des Fahrzeugmodells	43
Tabelle 13:	Vergleich der Leistungen empirisch auf NPVM 2010 / Modell (auf MS-Regionen) / empirisch (auf MS-Regionen)	44
Tabelle 14:	Korrektur der Beladungsparameter	45
Tabelle 15:	Vergleich der disaggregierten und empirischen Matrix (Diagonalelement MS-Region Zürich)	50
Tabelle 16:	Eckwerte der Anpassung – in der „Bestweg“-Version	69
Tabelle 17:	Eckwerte für den Lieferwagenverkehr	70
Tabelle 18:	Leistungsunterschiede unterschiedlicher Methoden	71
Tabelle 19:	Aus der GTE ausgewertete Beladungsparameter nach Warengruppen, Entfernungsklassen und Fahrzeugarten.	81
Tabelle 20:	Korrelationen zwischen Erhebungs- und Modellentfernungsklassen	84

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schema zum Vorgehen	14
Abbildung 2:	Übersicht Vergleich Zähl- und Modellwert nach Umlegung der empirischen Matrix.	22
Abbildung 3:	Scatterplot Zählwert/Modellwert der empirischen Matrix; rot Linie ist die Diagonale – Angaben jeweils DWV	23
Abbildung 4:	Identifikation der grossen Ausreisser	24
Abbildung 5:	Scatterplot empirisches/berechnetes Aufkommen nach Regressionsrechnung für LZ (oben) – rote Linie ist die Diagonale	37

Abbildung 6:	Scatterplot empirisches/berechnetes Aufkommen nach Regressionsrechnung für LW – rote Linie ist die Diagonale	38
Abbildung 7:	Soll/Ist-Vergleich der Aufkommen im westlichen TI der Schweiz	39
Abbildung 8:	Gewerbegebiet – mit stark von Logistik geprägtem Charakter - bei Aclens	40
Abbildung 9:	Vergleich von Modellmatrix und empirischer Matrix LW in den Anteilen	46
Abbildung 10:	Vergleich von Modellmatrix und empirischer Matrix LZ in den Anteilen	47
Abbildung 11:	Verkehrszonen des NPVM 10 in der MS-Region Zürich	49
Abbildung 12:	Zuordnung (rote Striche) der Aussenzonen NPVM 10 zu den Kordonpunkten (violette Punkte) des NPVM 2016	52
Abbildung 13:	eingefügter LW/LW-Bypass bei Weil am Rhein (Balken zeigen umgelegte LW- bzw. LZ-Verkehre)	56
Abbildung 14:	Verfahrensparameter VSTROM	62
Abbildung 15:	Vergleich von Modell und Zählwert LZ – vor (oben) und nach (unten) Anpassung	63
Abbildung 16:	Vergleich von Modell und Zählwert LW – vor (oben) und nach (unten) Anpassung	64
Abbildung 17:	Vergleich von Modell und Zählwert LI – vor (oben) und nach (unten) Anpassung	65
Abbildung 18:	Vergleich von Modell und Zählwert LZ nach Anpassung – nur Zählwerte die eine Fahrzeugtrennung ermöglichen	66
Abbildung 19:	Vergleich von Modell und Zählwert LW nach Anpassung – nur Zählwerte die eine Fahrzeugtrennung ermöglichen	67
Abbildung 20:	Vergleich von Modell und Zählwert LI nach Anpassung – nur Zählwerte die eine Fahrzeugtrennung ermöglichen	68
Abbildung 21:	Veränderung der Entfernungsverteilungen durch die Matrixanpassung	72
Abbildung 22:	Veränderung der Werte in den MS-Relationen mit Identifizierung einiger Ausreisser	74
Abbildung 23:	Verkehrszonen NPVM 2016 und Strukturdatenzenetroide	78
Abbildung 24:	Beispielhaft sich ergebende Diagonalentfernungen	79
Abbildung 25:	Entfernungsverteilung der GTE gepoolt und transportkettendekodiert – für Erhebungsentfernung (Tacho) und Modellentfernung (Q/Z aus NPVM 2010)	82
Abbildung 26:	Fahrtlängenverteilung der LW für verschiedene Jahre	83
Abbildung 27:	Entfernungsverteilung in Abhängigkeit der Transportkettendekodierung aus Tonnagedaten stark näherungsweise in Fahrzeugfahrten umgerechnet	85
Abbildung 28:	Vergleich der Entfernungsverteilung aus den Netzmodellen NPVM 2016 und NPVM 2010	86
Abbildung 29:	Bezirke (dunkelrot), MS-Regionen (hellrot-dick) und SSP-Codes der Zonierung	88
Abbildung 30:	Funktionen für Verteilungsgewichtung	88

Abbildung 31: blau Umlegung LW Originalmatrix, rot Differenz LW Ori-LW Neu mit positivem Vorzeichen, türkis entsprechend mit negativem Vorzeichen – identische Skalen der Balkenbreiten! 89

Abbildung 32: Veränderung der Belastungen an Zählstellen gegenüber Differenz vor Neuverteilung. 90

Zusammenfassung

Die bestehende Aggregierte Methode Güterverkehr (AMG), die den schweren Güterverkehr modellmässig abbildet, wurde für die Erstellung des Basiszustandes 2010 und die Erarbeitung der Schweizerischen Verkehrsperspektiven 2040 erstmals entwickelt und angewendet. Aufgrund der Neuerstellung des Nationalen Personenverkehrsmodells (NPVM) bedarf es aktueller Matrizen des Strassengüterverkehrs. Mit dem vorliegenden Bericht werden die dazu durchgeführten methodischen Weiterentwicklungen der AMG mit Fokus auf das Teilmodell (TM) 2 sowie notwendige Datenaktualisierungen beschrieben. Dies betrifft folgende Punkte:

- die Berücksichtigung der aktuellsten Daten der Verkehrsstatistik,
- die Anpassung der AMG auf die feinere Zonierung des neuen NPVM,
- die Ausweitung der empirischen Datenbasis durch Anwendung neuer, differenzierter Auswertemethoden auf dem vorhandenen statistischen Datenmaterial,
- die Kalibration der Fahrzeugmatrizen der Lastwagen, Lastzüge und Lieferwagen an die Zählwerte im Strassennetzmodell mit Stand 2016. Dabei wurden auch die vom BFS ausgewiesenen Verkehrsleistungen berücksichtigt.

Das TM2 der AMG überführt nationale Eckwerte des Güterverkehrs in Güterstrommatrizen für Bahn und Strasse auf Ebene der MS-Regionen. In sich anschliessenden Arbeitsschritten erfolgt die Berechnung von Fahrzeugmatrizen auf der Strasse für schwere und leichte Lastkraftwagen sowie deren räumliche Disaggregation auf die Zonen- und Netzstrukturen des NPVM.

Im Projekt wurden die Daten der Gütertransporterhebung (GTE) für die Jahre 2009 bis 2016 gepoolt und über eine Umlegung im Strassennetz den Zählwerten gegenübergestellt. Die Ergebnisse zeigten eine gute Übereinstimmung und eröffneten die Möglichkeit, diese empirische Fahrzeugmatrix zur räumlichen Aufteilung der Güterstrommatrizen auf Stufe MS-Regionen zu nutzen. Das Fahrzeugmodell wurde erweitert und nach Gutarten differenzierte Beladungsparameter aus den Erhebungen abgeleitet. Zudem wurde das Verfahren zur räumlichen Aufteilung unter Nutzung der empirischen Daten der GTE und von Strukturdaten bis auf die neuen Zonenstrukturen des NPVM aktualisiert. Mittels dieser Neuerungen konnten die für die Verwendung innerhalb des NPVM benötigten Fahrzeugmatrizen bereitgestellt werden. Die derart erstellten Matrizen für die Liefer- und Lastwagen sowie Sattelzüge wurden anschliessend über manuelle und automatische Anpassungsverfahren auf Zählwerte des Strassennetzes angepasst. Neben den Zählwerten wurde dabei darauf geachtet, dass die Statistiken des BFS zu den Verkehrsleistungen des Strassengüterverkehrs bestmöglich reproduziert werden.

Die Struktur der AMG blieb insgesamt erhalten, die erarbeiteten Veränderungen wurden in das Excel-basierte Anwendungstool übernommen und dokumentiert (siehe Ergänzungen in der Benutzeranleitung).

Résumé

La Méthode agrégée pour le trafic marchandises (MAM) existante, qui permet d'illustrer le trafic lourd de marchandises selon des modèles, a été développée et utilisée initialement pour établir l'état de base de l'année 2010 et élaborer les Perspectives d'évolution du transport 2040 pour la Suisse. En raison de la refonte du Modèle national du transport voyageurs (MNTP), des matrices actuelles du transport routier de marchandises sont nécessaires. Le présent rapport décrit les développements méthodologiques apportés en ce sens à la MAM en mettant l'accent sur le modèle partiel 2 et les mises à jour nécessaires de données. Les points suivants sont concernés :

- la prise en compte des données de la statistique des transports les plus récentes,
- l'adaptation de la MAM à la structure de zones beaucoup plus fine du nouveau MNTP,
- l'extension de la base de données empirique par le traitement des données statistiques disponibles avec des méthodes d'analyse nouvelles et plus différenciées ;
- le calibrage des matrices des véhicules pour les camions, trains routiers, semi-remorques et camionnettes selon les valeurs de comptage dans le modèle de réseau routier du MNTP 2016. Sur ce point ont également été prises en compte les prestations de transport attestées par l'OFS.

Le modèle partiel 2 de la MAM transpose des valeurs nationales clés relatives au transport marchandises dans des matrices de flux de marchandises pour le rail et la route au niveau des régions MS. Les étapes de travail à venir porteront sur le calcul de matrices de véhicules routiers pour les poids lourds et les camionnettes ainsi que leur désagrégation territoriale selon les structures par zones et par réseaux du MNTP.

Dans le cadre du projet, les données de l'enquête sur le transport de marchandises (ETM) des années 2009 à 2016 ont été groupées et comparées aux valeurs de comptage par une transposition au réseau routier. Les résultats ont montré que les données concordent bien, ce qui ouvre une possibilité d'utiliser cette matrice des véhicules empirique pour la répartition territoriale des matrices de flux de marchandises au niveau des régions MS. Le modèle des véhicules a été étendu et des paramètres de charge différenciés selon le type de marchandises ont été tirés des enquêtes. En outre, la procédure de répartition territoriale a été actualisée en utilisant les données empiriques de l'ETM et des données structurelles, pour arriver aux nouvelles structures de zones du MNTP. Les nouveautés apportées ont permis de mettre à disposition les matrices de véhicules nécessaires pour l'utilisation dans le MNTP 2016. Les matrices élaborées ainsi pour les camions, trains routiers, semi-remorques et camionnettes ont ensuite été adaptées aux valeurs des comptages du réseau routier, au moyen de procédures d'adaptation manuelles et automatiques. Outre les valeurs de comptage, l'opération a également veillé à ce que les statistiques de l'OFS sur les prestations de transport routier de marchandises soient reproduites le plus fidèlement possible.

La structure de la MAM a été conservée, les modifications élaborées ont été reprises dans l'outil basé sur Excel et assorties d'une documentation (voir le rapport de méthodologie et les consignes d'utilisation).

Sintesi

L'attuale «metodo aggregato traffico merci (MATM)», che rappresenta la modellizzazione del traffico merci pesante, è stato concepito e applicato per la prima volta ai fini dell'allestimento dello stato di base 2010 e dell'elaborazione delle «Prospettive di traffico 2040». Dato che il modello del traffico viaggiatori a livello nazionale (MTVN) è stato rielaborato, è ora necessario aggiornare le matrici del trasporto merci su strada. Il presente rapporto descrive gli ulteriori sviluppi metodologici del MATM realizzati a tale scopo, focalizzandosi sul modello parziale 2 e sui necessari aggiornamenti dei dati. In particolare affronta i seguenti punti:

- la considerazione dei dati più recenti della statistica dei trasporti;
- l'adeguamento del MATM alle zone molto più precise del nuovo MTVN;
- l'ampliamento della base di dati empirici attraverso il trattamento dei dati statistici disponibili con i nuovi e più differenziati metodi di analisi;
- la calibrazione delle matrici dei veicoli per autocarri, autotreni e autofurgoni sulla base dei dati numerici derivanti dal rilevamento del traffico nel modello della rete stradale del MTVN 2016, tenendo conto anche delle prestazioni di trasporto rilevate dall'Ufficio federale di statistica (UST).

Il modello parziale 2 del MATM traspone i dati quantitativi relativi al traffico merci a livello nazionale in matrici di flusso per il traffico merci su ferrovia e su strada sul piano delle regioni MS. Nelle fasi di lavoro successive, verranno calcolate le matrici dei veicoli stradali per autocarri pesanti e leggeri, nonché la loro disaggregazione territoriale a seconda delle zone di traffico e delle reti di trasporto dell'MTVN.

Nel progetto sono raccolti i dati provenienti dalla rilevazione del trasporto merci (RTM) per il periodo 2009-2016, poi confrontati con i dati numerici derivanti dalla rilevazione del traffico mediante una trasposizione alla rete stradale. I risultati mostrano una buona corrispondenza e offrono la possibilità di utilizzare questa matrice dei veicoli empirica per la ripartizione territoriale delle matrici di flusso del traffico merci al livello delle regioni MS. I modelli dei veicoli sono stati estesi e i parametri di carico differenziati a seconda del tipo di merce sono stati ricavati dai rilevamenti. Inoltre, mediante l'impiego dei dati empirici della RTM e dei dati strutturali, la procedura di ripartizione territoriale è stata aggiornata fino ad arrivare alle nuove zone di traffico del MTVN. Grazie a queste novità, si dispone delle matrici dei veicoli necessarie per l'MTVN 2016. Le matrici così elaborate per autofurgoni, autocarri e autotreni sono state in seguito adeguate, mediante procedure manuali e automatiche, ai dati numerici derivanti dal rilevamento del traffico nella rete stradale. Oltre a tali dati, sono state anche riprodotte il più fedelmente possibile le statistiche dell'UST sulle prestazioni di trasporto merci su strada.

La struttura del MATM è stata complessivamente mantenuta e le modifiche apportate sono state riportate nel tool basato su Excel e documentate (cfr. rapporto sulla metodologia e guida per gli utenti).

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Für die Erarbeitung der Schweizerischen Verkehrsperspektiven des Güterverkehrs wurde die „Aggregierte Methode Güterverkehr“ (AMG) entwickelt. Sie setzt sich aus zwei Teilmodellen (TM1 und TM2) zusammen: Mit TM1 wird eine Makroprognose von gutartsspezifischen nationalen Eckwerten erstellt und TM2 überführt diese Eckwerte in Güterstrommatrizen für Bahn und Strasse auf Ebene der MS-Regionen. In einem abschliessenden Arbeitsschritt erfolgt die Berechnung der Fahrzeugmatrizen auf der Strasse für schwere und leichte Lastkraftwagen bezogen auf die Zonen- und Netzstrukturen des Nationalen Personenverkehrsmodells (NPVM). Die Etablierung der AMG sowie deren Erstanwendung im Kontext der Verkehrsperspektiven 2040 können in den publizierten Berichten nachvollzogen werden¹.

Zwischen 2017 und 2019 erneuert die Verkehrsmodellierung im UVEK (VM-UVEK) das NPVM und etabliert einen Basiszustand. Dabei sind aktuelle Matrizen des Strassengüterverkehrs zu berücksichtigen; entsprechend besteht der Bedarf TM1 und TM2 der AMG zu aktualisieren und weiterzuentwickeln. Insbesondere bei der Modellierung der Fahrzeugmatrizen sind verschiedene methodische Weiterentwicklungen zu prüfen und zu implementieren. Eine Herausforderung besteht zudem darin, mit der AMG neu deutlich feinere Fahrtenmatrizen des Strassengüterverkehrs bereitzustellen, aufgrund der mit dem neuen NPVM einhergehenden räumlich wesentlich feineren Zonierung.

Die Ausführungen in diesem Dokument beziehen sich auf TM 2 und die durchgeführten Arbeiten zur Weiterentwicklung und Aktualisierung des Modells auf einen Basiszustand 2016. Prognoserechnungen sind nicht Bestandteil des Projekts und werden im Rahmen der nächsten Schweizerischen Verkehrsperspektiven erstellt.

1.2 Aggregierte Methode Güterverkehr

Im TM1 werden für 10 Warengruppen nationale Eckwerte (Güterverkehrsaufkommen in Tonnen) für den Binnenverkehr, den Import, den Export und den Transit für die Verkehrsträger

¹ Die Dokumentation der Verkehrsperspektiven 2040, insbesondere der Hauptbericht und Technische Bericht, findet sich hier: www.are.admin.ch/verkehrsperspektiven; der Methodenbericht sowie die Benutzeranleitung der AMG finden sich auf folgender Seite: www.are.admin.ch/ngvm.

Schiene und Strasse errechnet. Bei der Strasse wird dabei auch für die mit Lieferwagen durchgeführten Transporte eine Eckwertvorgabe erstellt, die in Prognoserechnungen eingeht. Die jeweiligen Eckwerte werden an TM2 übergeben.

Im TM2 werden diese nationalen Eckwerte für aus anderen Quellen erstellte Güterstrommatrizen auf MS-Regionsebene übernommen. Die Grundlagen der Matrizen werden für die Strasse aus der „Gütertransporterhebung (GTE)“ und der „Grenzquerenden Gütertransporterhebung (GQGV)“ abgeleitet, für den Schienenverkehr wird die sogenannte Wagenverlaufsdatei verwendet. Auf dieser Stufe (Matrizen auf MS-Regionsebene) findet in der Prognoseberechnung eine strukturdatensensitive – insbesondere bezüglich der Bruttowertschöpfung nach Branchen – Fortschreibung der Güterstrommatrizen statt. Des Weiteren erfolgt aufgrund von verkehrsmittelspezifischen, relationalen Eigenschaftenveränderungen (v.a. Transportkosten) die Fortschreibung des Modal-Splits zwischen Strasse und Schiene.

Für die Verwendung im NPVM bedarf es einer Umrechnung der Güterströme in Fahrzeugströme sowie der Disaggregation der Fahrzeugströme von MS-Regionen auf die Verkehrszonestruktur des NPVM. Insbesondere für das Fahrzeugmodell und die Disaggregation werden im hier durchgeführten Projekt Modellparameter und methodische Änderungen geprüft und implementiert. Eine wesentliche Grundlage hierfür ist die Erstellung einer empirischen Fahrzeugmatrix aus der GTE, die bisher in dieser Form nicht zur Verfügung stand.

1.3 Modellebenen, Versionen und Vorgehen

Beim Vorgehen wird gemäss Abbildung 1 zwischen drei Modellebenen unterschieden, die jeweils eine unterschiedliche räumliche Auflösung aufweisen. Zudem wird im Bericht verschiedentlich auf unterschiedliche Modellversionen von NPVM und AMG referenziert:

- MS-Regionen des TM2: Zentrale Elemente sind das Modal-Split-Modell für die Fortschreibung in der Prognose, das Fahrzeugmodell sowie der Disaggregationsansatz.
- NPVM 2010: Die Zonenstruktur des NPVM 2010 ist gemeindefein (Gemeindestand 2000) und entspricht näherungsweise der GTE-Erhebung auf der Ebene der Postleitzahlen (PLZ). Eine strukturdatengewichtete Umrechnung von Daten auf PLZ-Ebene zum NPVM 2010 wurde im Projekt realisiert. Die Daten der GTE und der GQGV werden gepoolt auf die Netze des NPVM 2010 umgelegt und auf Gültigkeit überprüft. Es werden Inputdaten für das TM2 und Grundlagen für die Validierung von TM2 auch durch Umlegung auf das NPVM 2010 ermittelt.

- NPVM 2016: Für die Strasse werden die Fahrzeugströme auf Ebene der MS-Regionen ermittelt und unter Verwendung der gepoolten GTE-Matrix auf Stufe NPVM 2010 auf die Zonen- und Netzstrukturen des NPVM 2016² heruntergebrochen.
- AMG 2010 bzw. AMG 2016: Mit AMG 2010 ist die gemäss der Entwicklung und Anwendung im Kontext der Verkehrsperspektiven erstellte Version gemeint. Hinsichtlich der Raumstrukturen basiert die AMG 2010 auf den Zonenstrukturen des NPVM 2010. Die mit den hier beschriebenen Arbeiten erstellte, aktualisierte AMG 2016 referenziert auf die Zonenstrukturen des NPVM 2010 (z.B. hinsichtlich der GTE-Matrizen), aber auch auf die Zonenstrukturen des NPVM 2016 (z.B. hinsichtlich der Fahrtenmatrizen).

Das Vorgehen lässt sich in folgende Arbeitsschritte untergliedern:

- Aufbereitung empirischer Datengrundlagen der GTE und GQGV (siehe Kapitel 2);
- Aktualisierung und Weiterentwicklung des Fahrzeugmodells und des Disaggregationsansatzes der AMG (siehe Kapitel 3);
- Übernahme der Matrizen des Lieferwagenverkehrs (siehe Kapitel 4);
- Anpassung der Matrizen für den schweren und leichten Güterverkehr an die verfügbaren Zählzeiten des NPVM 2016 (siehe Kapitel 5).

² Das neue NPVM weist für die Schweiz 7'978 Zonen aus und ist aufwärtskompatibel zu den 2'944 Zonen des NPVM 2010.

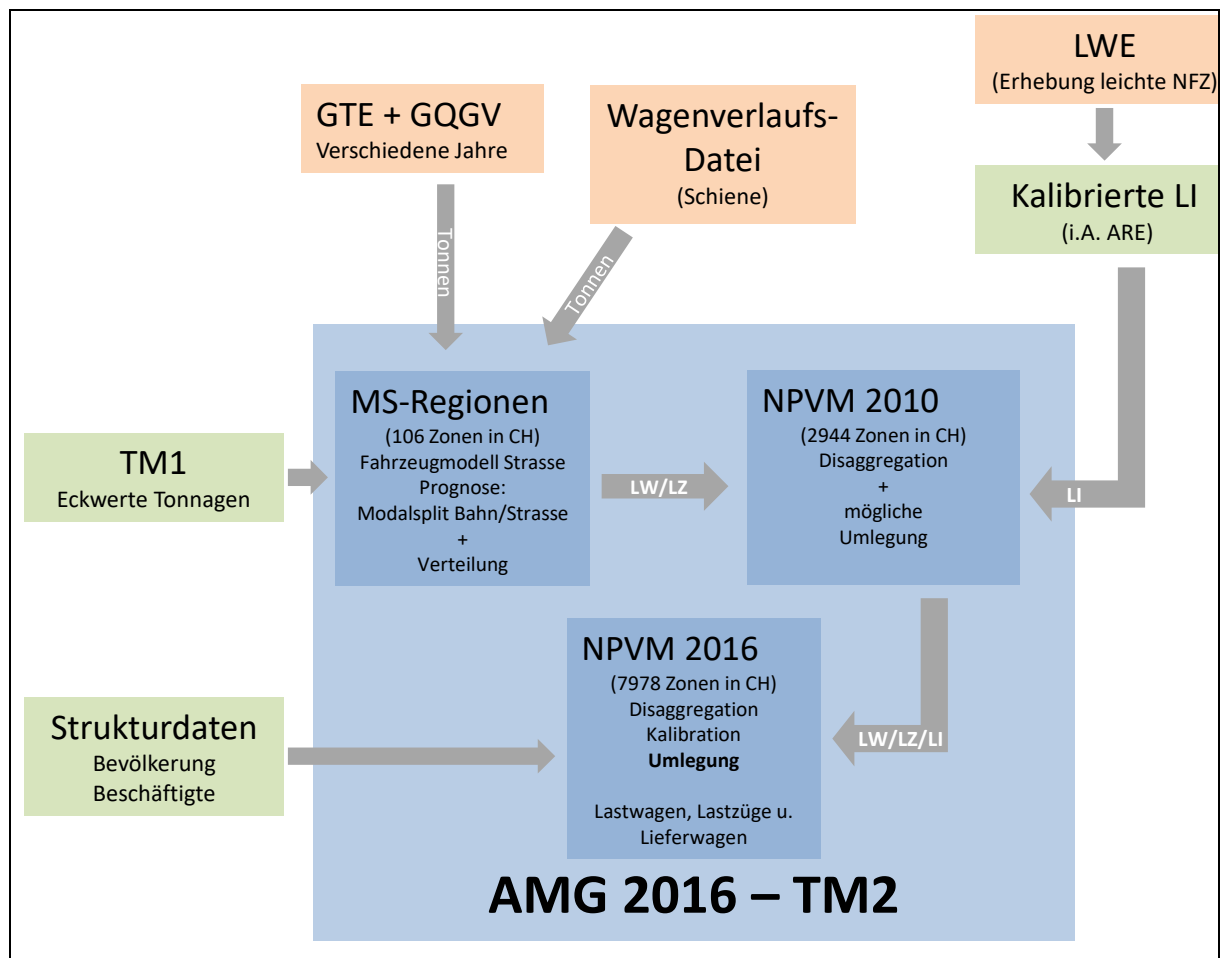


Abbildung 1: Schema zum Vorgehen

2 Aufbereitung von empirischen Grundlagen

2.1 Überblick über die Erhebungen des Strassenverkehrs

Gütertransporterhebung (GTE)

Die GTE ist eine seit 2008³ durchgeführte jährliche Erhebung der Fahrten von in der Schweiz zugelassenen Fahrzeugen über 3,5t Zulassungsgewicht (zGG) und Sattelfahrzeugen. Es werden jeweils eine Datei mit Fahrzeugattributen und eine Datei mit Transportattributen bereitgestellt. Weiterhin ist, im Vergleich zur Bereitstellung der Daten innerhalb der AMG 2010, eine aus der Erhebung vom BFS abgeleitete Journey-Datei im Lieferumfang enthalten. In dieser sind Einzelfahrten einer Transportkette zusammengefasst. Wesentlich für die hier durchgeführten Auswertungen sind:

- Fahrzeugtyp: Lastwagen (mit und ohne Anhänger) und Sattelschlepper⁴,
- Hochrechnungsfaktor,
- Quelle und Ziel des Transports (Postleitzahlen in der Schweiz – entspricht in der Detaillierung, wenn auch nicht in der geometrischen Abdeckung, den Zonen des NPVM 2010, NUTS-Kodierung im Ausland, z.B. NUTS-3 in Deutschland),
- Km-Stand am Ende des Transports,
- Transportentfernung,
- Gutart (NSTR2007),
- Transportierte Tonnage,
- Journeytype (siehe dazu Kapitel 2.2.1).

Grenzquerende Gütertransporterhebung (GQGV)

Bei der GQGV werden die Transporte ausländischer Fahrzeuge stichprobenhaft an den Grenzen erhoben und mit statistischen Daten der Zollstellen und der Leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe (LSVA) hochgerechnet. Gutart (NST 2007) und Quelle und Ziel (NUTS im Ausland, in der Schweiz die Gemeindenummer) sind in den Datensätzen kodiert.

Lieferwagen-Erhebung (LWE)

³ Die Erhebung von 2008 kann aus Vergleichbarkeitsgründen nicht verwendet werden, die Datenaufbereitung unterscheidet sich darin, dass keine Journeydatei (siehe Kapitel 2.2.1) vorhanden ist.

⁴ Speziell ist das relativ selten vorkommende Sattelmotorfahrzeug, welches eine feste Kombination eines Sattelzugs darstellt und deshalb den Sattelschleppern zugeordnet wurde.

Die LWE fand zuletzt im Jahr 2013 statt und wird alle 10 Jahre durchgeführt. Mit der LWE werden sowohl die Transporte der Waren als auch privat motivierte Fahrten erhoben. Quelle und Ziel sind in der Schweiz mittels Postleitzahlen kodiert. Für Lieferwagenfahrten, die Waren transportieren, ist die Erhebung inhaltlich mit der GTE vergleichbar. Für Fahrten, die mit Dienstleistungen verknüpft sind, gilt das nicht, da hier keine Quell-Ziel Information kodiert wird. Bei Sammel- und Verteilfahrten wird ein Attribut «Anzahl_Stopps» ausgewiesen.

Umfang der gelieferten Erhebungsdaten

Der Datenumfang der Erhebungen ist auch ein Kriterium der Methode der Matrixgenerierung. Die Anzahl der gelieferten Datensätze in den einzelnen Erhebungsjahren kann der Tabelle 1 entnommen werden. Insbesondere reicht die Stichprobe der Lieferwagenerhebung im Gegensatz zur GTE, die seit 2008 jährlich erhoben wird, nicht für die Erstellung einer Matrix aus.

Tabelle 1: Anzahl der gelieferten Datensätze in den einzelnen Erhebungsjahren

Jahr	Erhebung	Anzahl Fahrzeug-records	Anzahl Transport-records
2008 *)	GTE	4'569	107'997
2009	GTE	4'818	108'241
2010	GTE	4'834	111'940
2011	GTE	5'062	116'763
2012	GTE	4'804	106'449
2013	GTE	4'821	100'013
2014	GTE	4'903	100'955
2015	GTE	5'043	103'905
2016	GTE	5'028	106'603
Gepoolt (Summe-ohne Jahr 2008)	GTE	39'313	854'869
2008	GQGV**)		29'336
2014	GQGV		30'239
2013	LWE	10'864	14'191

*) Datensatz nicht verwendet
 **) ohne ROLA

Bei der GQGV ist dies anders zu bewerten: Der grenzüberschreitende Verkehr hat einen bedeutenden Anteil auf einigen wenigen Relationen. Hier reicht die (gepoolte) GQGV für die Berechnung von Güterstrommatrizen aus.

2.2 Aufbereitung der Gütertransporterhebung GTE

Primäres Ziel der Aufbereitung der GTE war die Erstellung einer empirischen Fahrzeugmatrix. Dies ist nicht direkt aus der Erhebung möglich, da die GTE die Warentransporte erhebt und so

der Fahrzeugeinsatz bei Teilladungsfahrten, also Fahrten bei denen Transporte verschiedener Relationen gebündelt sind, nicht direkt im Datensatz kodiert ist.

Ein bezüglich den Fahrzeugeinsatz abbildender, dekodierter Datensatz der GTE wurde erstellt. Er wurde mit zusätzlichen Attributen, v.a. aus der Fahrzeugdatei versehen, um mit geringem Aufwand verschiedene Auswertungen durchführen zu können. Mit Zuspielen der Quell- / Ziel-Zonen aus dem NPVM 2010 kann dieser direkt in eine im zugehörigen Netzmodell umlegbare empirische Matrix umgewandelt werden.

2.2.1 Dekodierung der GTE

Bei der Datenerhebung im Rahmen der GTE steht die Sichtweise des Gutes im Vordergrund. Werden bei einem Transport unterschiedliche Güter zu unterschiedlichen Orten transportiert, so werden daraus in der GTE Teiltransporte für die unterschiedlichen Güter ausgewiesen. Für die Umlegung im NPVM sind jedoch die Fahrzeugströme abzubilden, unabhängig davon, was von wo nach wo transportiert wird. Aufgrund der unterschiedlichen Logik ist eine teilweise Aufbereitung der GTE-Daten notwendig, um einen für Umlegungszwecke geeigneten Datensatz zu erhalten, der Fahrtenketten beschreibt.

Das BFS hat schon im Vorfeld eine Kategorisierung der Fahrten zu sogenannten Journeytypen vorgenommen:

- Komplettladung (Typ 1)
- Teilladungsverkehre (Typ 2)
- Sammel- und/oder Verteilverkehre (Typ 3)
- Leerfahrten (Typ 4)

Die zugehörigen Fahrleistungen sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Fahrleistung der einzelnen Journeytypen

Journeytype	Mio. FzgKm aus Erhebungsentfernung (Jahresdurchschnitt aus Erhebungen 2009-2016)
1: Komplettladung	998
2: Teilladung	318
3: Sammel- und/oder Verteilfahrt	56
4: Leerfahrt	507
Total	1'880

Die Dekodierung der Transportströme ist nur beim Teilladungsverkehr notwendig. Bei den Komplettladungen und den Leerfahrten sind Quelle und Ziel sowie das transportierte Gut eindeutig. Der Journeytype 3, die Sammel- und Verteilfahrten, lassen sich nicht dekodieren, da nur die Anzahl der Zwischenstopps, aber nicht die Quelle und das Ziel des jeweiligen Teiltransportes erfasst werden.

Die Kategorie der Sammel- und Verteilfahrten dienen der vereinfachten Erhebung von kleinräumigen Verkehren mit vornehmlich vielen Bedienpunkten. Beim Verteilverkehr wird der Weg bis zur ersten Abladestelle erhoben, dann wird noch die letzte Abladestelle angegeben. Vergleichbares gilt für die Sammelverkehre. Im Datenrecord selbst ist eine noch weiter verkürzte Information zu finden. Erste Fahrt und Verteilfahrten werden in einem Record zusammengefasst, d.h. Startpunkt und letzte Abladestelle sind kodiert. Tabelle 2 zeigt, dass die Fahrleistung der Sammel- und/oder Verteilfahrten (Journeytype 3) bezogen auf die Gesamtleistung keine wesentliche Rolle spielt und das Umlegungsergebnis nicht entscheidend beeinflussen.

Die Verwendung der Journey-Datei stellt eine Alternative für die Erstellung einer empirischen Fahrzeugmatrix dar und der Aufwand der Rekonstruktion der Wegeketten wird vermieden. Da allerdings Informationen verloren gehen, was auch durch Belastungsunterschiede beim Umlegungsvergleich deutlich wird, und auch die Eckwerte der Gütermengen nicht mit dem TM1 konsistent sind, wurde von der Verwendung der Journey-Datei als empirischer Matrix abgesehen und eine Dekodierung in Einzelfahrten bei den Teilladungsverkehren (Journeytype 2) vorgenommen und für die weiteren Arbeiten verwendet. Technische Aspekte zur Dekodierung finden sich im Anhang in Kapitel 6.1.2.

2.2.2 Erweiterung der Attribuierung des Datensatzes der GTE

Für die vereinfachte Auswertung des Datensatzes wurden folgende Attribute hinzugefügt:

- Die Kodierung der auf PLZ-Ebene bzw. NUTS3-Codes vorhandenen Verortung auf das Zonensystem des NPVM 2010. Entsprechende Schlüssellisten wurden vom ARE zur Verfügung gestellt.
- Das Zuspätspielen des Attributs mit oder ohne Anhänger über einen Vergleich von transportiertem Gewicht und maximaler Zuladung. Für die hier durchgeführte Zuordnung wird im Datensatz der Erhebung ausgewertet, ob die zulässige Nutzlast eines Fahrzeugs des Typs 35 (Lastwagen mit und ohne Anhänger) unter Berücksichtigung, dass eine Anhängerkupplung vorhanden ist, um 5% überschritten wird. Ist dies bei einer Fahrt an einem bestimmten Tag der Fall, wird angenommen, dass das Fahrzeug dann den ganzen Tag mit Anhänger fährt. Diese Attribuierung ist notwendig, da die Zählstel-

len-Daten in der entsprechenden Unterscheidung Lastwagen ohne Anhänger und Lastzüge (Sattelschlepper und Lastwagen mit Anhängern) vorliegen. Mit rund 693 tausend FzgKm pro Jahr macht die Fahrleistung der Lastwagen mit Anhänger etwa 19 % der gesamten LW-Fahrleistung von 3654 tausend FzgKm pro Jahr aus.

- Die Entfernungsangaben aus dem NPVM 2010 wurden dem Datensatz zugespielt, um die Erhebungsdistancen zu plausibilisieren (siehe Kapitel 2.3.1).

Der letztendlich erstellte Datensatz mit allen Daten der GTE von 2009 bis 2016 hat dann das in Tabelle 3 dargestellte Format.

Tabelle 3: Struktur des Gesamtdatensatzes „GTE transportkettendekodiert“

Spaltenbezeichnung	Beispielrecords				Beschreibung
Uniquecode	20090100300101	20090100300102	20090101000100	20090101000200	Eindeutiger Recordcode
Jahr	2009	2009	2009	2009	Jahr der Erhebung
ernr	200901003	200901003	200901010	200901010	Fahrzeugcode
journeyId	1	1	1	2	Code auf die jeweilige Journeydatei
typeOfJourney	2	2	1	4	Journeytype
weekday	3	3	1	1	Wochentag (1=Mo, ..., 7=So)
typeOfGoodsNST2007	3	3	14	99	NST 2007er code / 99 = Leerfahrt
tonCH	2300	200	3300	0	transportierte Tonnen in kg
typeOfCargo	/3	/3	9	0	Frachtart (siehe Erhebungsbeschr.), bei decodierte Transportketten unterschiedliche Frachtarten mit / getrennt
fromNuts	CH052	CH052	CH040	CH040	Quelle NUTS
toNuts	CH052	CH052	CH040	CH040	Ziel NUTS
fromLand	CH	CH	CH	CH	Quelle Land
toLand	CH	CH	CH	CH	Ziel Land
fromPlz	8212	8200	8907	8408	Postleitzahl Quelle (wenn in der Schweiz)
toPlz	8200	8212	8408	8907	Postleitzahl Ziel (wenn in der Schweiz)
transportKm	57	61	46	46	Transport km gesamt
transportKmCH	57	61	46	46	Transport km in der Schweiz
quelle_km	24077	24134	679415	679461	Km-Stand an der Quelle
ziel_km	24134	24195	679461	679507	Km-Stand am Ziel
grossingFactor	664.6111	664.6111	713.8907	713.8907	Hochrechnungsfaktor für Jahreswert
completeMaxPermissibleWeight	3660	3660	9300	9300	zul. Gesamtgewicht des Fahrzeugs
typeOfVhl	151	151	0	0	Karosserieform
vehicleKind	35	35	38	38	Fahrzeugart (Lastwagen=35; Sattelmotorfahrzeug=37; Sattelschlepper=38)
trailerDevice	1	1	1	1	Anhängerkupplung
K/X	K	K	X	X	X = Originalrecord, K=Record aus Transportkettendekodierung
OriRecords	/1/2	/2	0	0	Zusammensetzung aus Originalrecords
QNPVM	2937	2939	14	23004	Quelle in NPVM 10er Codierung
ZNPVM	2939	2937	23004	14	Ziel in NPVM 10er Codierung
DISTMODELL	4652.27	4812.31	39530	39552	Distanz aus dem NPVM 10
FLAGDIAG	OK	OK	OK	OK	OK wenn keine Diagonale, DIA wenn Diagonale
FLAGTYPEERW	350	350	380	380	erweiterte Fahrzeugart
FLAGANH	0	0	0	0	mit =1 / ohne = 0 Anhänger
FZGKMERH	37882.83	40541.28	32838.97	32838.97	hochgerechnete Fahrleistung Erhebung
FZGKMMOD	3091.95	3198.31	28220.10	28235.80	hochgerechnete Fahrleistung Modellentfernung

Grün eingefärbte Felder sind aus der Fahrzeugtabelle der Erhebung und rotbraun eingefärbte Felder aus der Transporttabelle. Die Attribute mit violetter Einfärbung stammen aus der Journeydatei, die blau hinterlegten Attribute aus dem NPVM oder es handelt sich um berechnete Werte.

Der eindeutige Datensatzschlüssel „Uniquecode“ setzt sich zusammen aus

ernr * 100000 +	ernr ist der originale Fahrzeugcode
journeyld * 100 +	Id aus der Journey-Datei
lfdNr	Bei der Dekodierung vergeben: Die laufende Nummer der Teilfahrt einer Transportkette.

Das Attribut OriRecords gibt an, welche Transportdatensätze der Originaldatei in der Teilfahrt transportiert werden (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Beispiele des Attributs OriRecords

30	338	35	1 X		0	3292	3694 1330 1476	;
30	338	35	1 X		0	3694	3292 1476 1330	875
30	338	35	1 X		0	3292	3843 1330 1544	1;
30	338	35	1 X		0	3843	3292 1544 1330	1222
30	240	35	1 K	/1/2/3/4/5/6/7/8/9/10/11/12/13		882	623 490 367	;
30	240	35	1 K	/2/3/4/5/6/7/8/9/10/11/12/13		623	616 367 360	
30	240	35	1 K	/3/4/5/6/7/8/9/10/11/12/13		616	616 360 360	
30	240	35	1 K	/4/5/6/7/8/9/10/11/12/13		616	611 360 355	
30	240	35	1 K	/5/6/7/8/9/10/11/12/13		611	944 355 527	78
30	240	35	1 K	/6/7/8/9/10/11/12/13		944	944 527 527	
30	240	35	1 K	/7/8/9/10/11/12/13		944	944 527 527	
30	240	35	1 K	/8/9/10/11/12/13		944	944 527 527	
30	240	35	1 K	/9/10/11/12/13		944	928 527 512	63
30	240	35	1 K	/10/11/12/13		928	928 512 512	
30	240	35	1 K	/11/12/13		928	931 512 515	;
30	240	35	1 K	/12/13		931	939 515 523	
30	240	35	1 K	/13/14		939	879 523 487	173
30	240	35	1 K	/14		879	882 487 490	
30	240	35	1 K	/1/2/3/4/5/6		882	616 490 360	;
30	240	35	1 K	/2/3/4/5/6		616	616 360 360	
30	240	35	1 K	/3/4/5/6		616	611 360 355	
30	240	35	1 K	/4/5/6		611	885 355 493	
30	240	35	1 K	/5/6		885	944 493 527	32
30	240	35	1 K	/6		944	794 527 461	460
30	240	35	1 X		0	882	361 490 216	;

Da in der Originaldatei keine eindeutige Kodierung der Records vorhanden ist, wird die laufende Nummer aus der Dekodierungsphase vergeben. Sie entspricht der Chronologie der Transportvorgänge und ist vom Kilometerstand abgeleitet.

Den neuen Fahrtenrecords wird ebenfalls eine Gutart zugewiesen. Da hier die Zuweisung einer eindeutigen Gutart – anstatt entsprechender Mehrfachzuweisungen wie bei der Frachtart – vorzuziehen ist, wird die Gutart angegeben, die das grösste Zuladungsgewicht der Teilfahrt ergibt.

Aus dem neuen Datensatz können direkt Fahrzeugströme und damit eine Quelle-Ziel-Matrix erstellt werden und auf das Netz des NPVM 2010 umgelegt werden. Die Tonnagen der Zwischenfahrten sind zwar aufgeführt, aber bei Typ 3 Fahrten sind für diese nicht mehr die origi-

nären Quellen und Zielen des Warentransports vorhanden, sondern die dekodierten Fahrzeugströme. Die erstellte Matrix spiegelt die aus der Erhebung maximal erhältliche Information zu den Wegen der Fahrzeuge wider.

2.3 Umlegung der empirischen Matrizen auf das Netz des NPVM 2010

Für die Umlegung der empirischen Matrizen der GTE auf das Netz des NPVM 2010 werden die Datenreihen von 2009 bis 2016 gepoolt, d.h. alle Records verwendet, alle Ströme also aufsummiert, mit dem Faktor 1/8 auf einen mittleren Jahreswert gebracht und mit dem Faktor 250⁵ auf den DWV umgerechnet.

In einem ersten Schritt wurde die empirische Matrix auf das Netzmodell des NPVM 2010 umgelegt und mit den dort vorhandenen Zählwerten des DWV 2010 verglichen. Da die empirischen GTE Matrizen von der Fahrzeugeinteilung nicht identisch mit der Untergliederung der Zählstellensegmente LW und LZ/SZ ist, wurde die Summe aller Fahrzeuge betrachtet. Da in der Schweiz auf einigen Korridoren der grenzüberschreitende Güterverkehr eine bedeutende Rolle spielt, wurde die empirische Matrix aus der GQGV mit in die Umlegung aufgenommen.

Für den Vergleich mit den Zählwerten werden jeweils zwei Auswertungsvarianten erstellt.

Die erste Variante ist ein Belastungsplot, der mit einem zweigeteilten Tortendiagramm an Zählstellen überlagert ist. Die Grösse des Tortendiagramms ist ein Mass für die Verkehrsstärke, wobei hier die Summe aus modellierter und gezählter Verkehrsstärke verwendet wird. Der rechte grüne Teil des Diagramms zeigt die gezählte, der linke orange gefärbte Teil die modellierte Verkehrsstärke an. Auf diese Weise sind die Grösse der Streckenbelastung und die Übereinstimmung Modell- zu Zählwert schnell zu erfassen. Es ist darauf hinzuweisen, dass ein Diagramm mit einem „3 bzw. 9 Uhr“ Schnitt schon einen Unterschied von -67% bzw. +200% und ein „5 bzw. 7 Uhr“ Schnitt immer noch -30% bzw. 40% bedeutet. Der Effekt ist daher so zu deuten, dass extreme Unterschiede auf diese Weise optisch sichtbar werden, kleinere Unterschiede aber optisch weniger auffallen. In Abbildung 6 ist die Gegenüberstellung der Belastungswerte aus der empirischen Matrix der gepoolten GTE mit den vorhandenen Zählwerten in einem Scatterplot dargestellt.

⁵ Die Auswertungen der GTE sowie deren Umlegung fanden im Projektablauf vor der neuerlichen Ermittlung der DWV-Umrechnungsfaktoren statt. Es wurde entsprechend der bis dato verwendete und leicht abweichende Faktor von 250 verwendet. Auf die generelle Bewertung der Eignung der gepoolten GTE-Matrix hat dies keinen Einfluss.

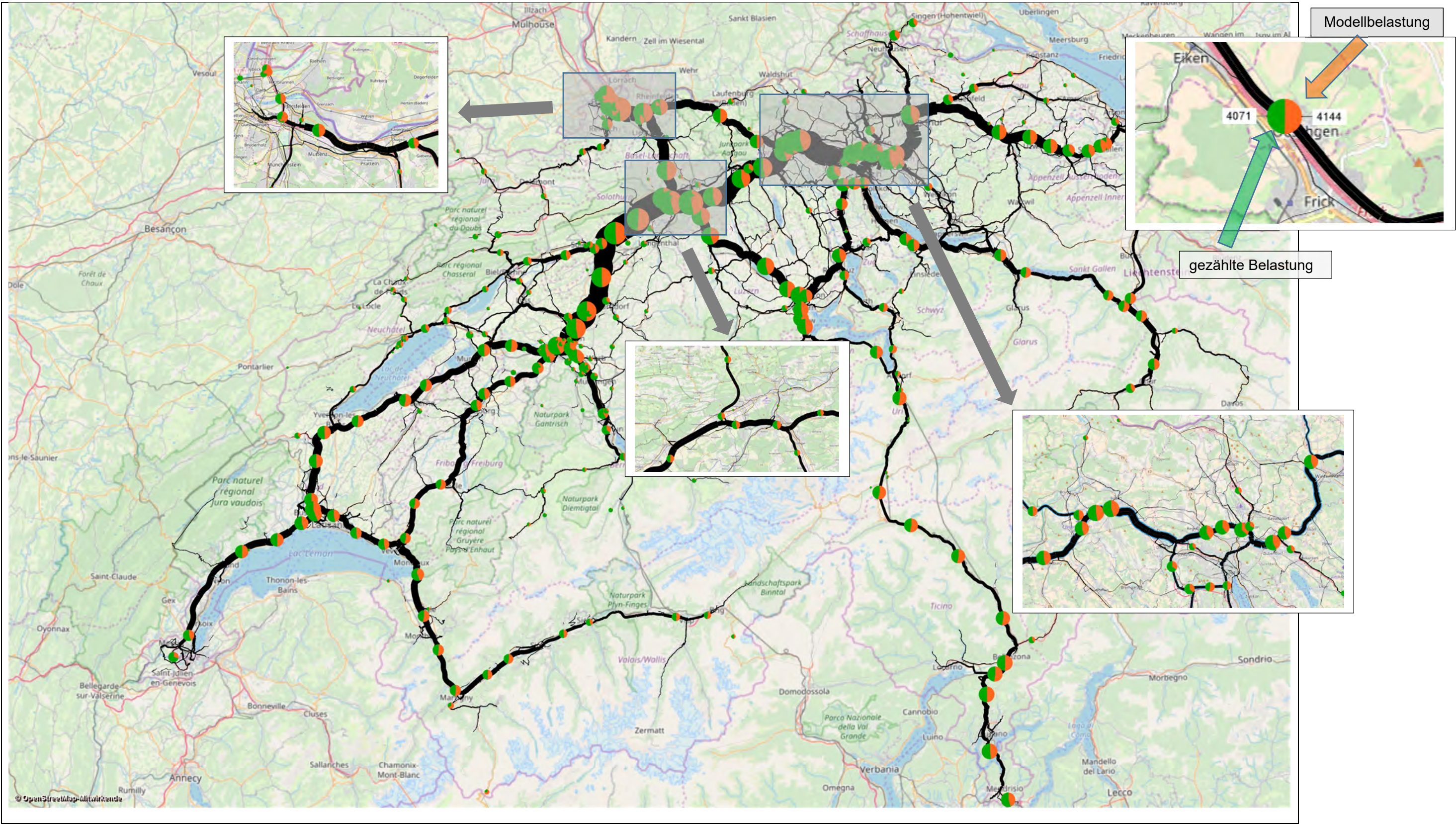


Abbildung 2: Übersicht Vergleich Zähl- und Modellwert nach Umlegung der empirischen Matrix. ⁶

⁶ Der schwarze Balken charakterisiert die Belastung mit schweren Güterfahrzeugen. Die stark grün bzw. orange erscheinenden Stellen in den gezoomten Räumen sind darstellungsbedingt und aus diesem Grund noch vergrößert dargestellt.

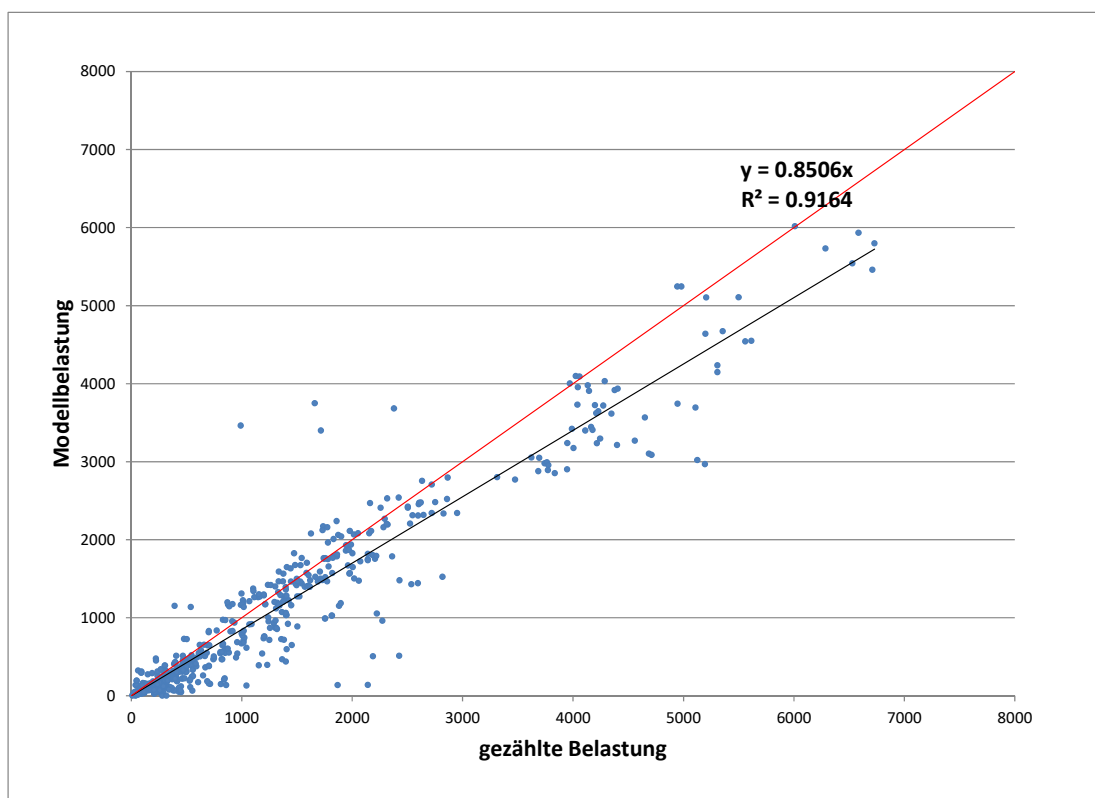


Abbildung 3: Scatterplot Zählwert/Modellwert der empirischen Matrix; rote Linie ist die Diagonale – Angaben jeweils DWV

Abbildung 2 und Abbildung 3 zeigen den Vergleich der Umlegung der gepoolten empirischen Matrix mit den Zählwerten. Eine Überprüfung der grossen Ausreisser hat zudem ergeben, dass diese teilweise auf Probleme beim Routing zurückgeführt werden können. Der französische Grenzübergang bei Basel wird im Netzmodell des NPVM 2010 nicht angenommen (siehe Abbildung 4). Auch an der Grenze zu Österreich sind die Gegebenheiten mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht korrekt abgebildet, führen aber aufgrund der geringeren Aufkommen nicht zu vergleichbar hohen Abweichungen. Da in der AMG 2016 letztendlich das räumlich feinere Netzmodell des NPVM 2016 verwendet wird, wurden keine weiteren Investitionen und Korrekturen im alten Netz des NPVM 2010 realisiert.



7 Der Scatterplot weist Hin- und Rückstrecke getrennt aus, die Tortendarstellung dagegen den Querschnittswert. Für eine Identifikation sind die Werte im Tortendiagramm zu halbieren.

Die Grössenordnung der an den Zählstellen fehlenden Fahrten – im Durchschnitt werden 85% der Fahrten an den Zählwerten erreicht – stimmen aufgrund der hier fehlenden Leistung mit der GTE überein (siehe auch Tabelle 5).

Die Übereinstimmung von Zähl- und Modelldaten ohne Korrektur der Matrix ist als gut anzusehen. Erstaunlich ist auch die gute räumliche Übereinstimmung des Umlegungsergebnisses (siehe Abbildung 5). Daher ist davon auszugehen, dass die Matrix eine gute Struktur besitzt.

Das Ergebnis ist ein Beleg dafür, dass die Verwendung einer gepoolten empirischen Matrix der GTE und die daraus berechneten Inputgrössen, wie z. B. die Beladungsgrade für die Modellierung des schweren Güterverkehrs oder für den Disaggregationsansatz zielführend und geeignet ist. Die Datenbasis der GTE eröffnet zukünftig weitere Nutzungsmöglichkeiten, wie z. B. Untersuchungen zu den umgelegten Güterströmen sowie zu logistischen Prozessen.

2.4 Auswertungen der empirischen Matrix

Die durchgeführten Auswertungen betreffen diverse Aspekte, die wesentlich für die Verwendung des Datensatzes in einem Fahrzeugmodell (siehe hierzu Kapitel 3.1) sind:

- Analysen zur Verkehrsleistung
- Verteilung der Leistung auf die Entfernungsklassen. Dies ist vor allem für die Validierung der zu erstellenden Matrix wesentlich.
- Die Fahrleistungen der Leerfahrten, die der Kalibrierung des Leerfahrtenmodells relevant sind.
- Fahrleistungen nach Warengruppen. Diese sind für die Konfiguration des Fahrzeugmodells wesentlich.
- Beladungen in Abhängigkeit von den Fahrtlängen und Gütergruppen, welche einen direkten Input für das Fahrzeugmodell darstellen.

Als weiterer Parameter wird aus der GTE der Umrechnungsfaktor vom Jahreswert auf den durchschnittlichen Werktagverkehr (DWV) abgeleitet.

2.4.1 Analysen zur Verkehrsleistung

Das Umlegungsergebnis im Kapitel 2.3 hat gezeigt, dass die Modellbelastungen leicht niedrigere Werte als die Zähldaten aufweisen. Daher wird in Tabelle 5 die Fahrleistung mit Erhebungsentfernungen (mit und ohne Diagonale) mit jenen der Modellentfernungen des NPVM 2010 (ohne Entfernung in der Diagonale) gegenübergestellt. Die Erhebungsentfernung kommt

aus der Auswertung der Tachostände, die Modellentfernung ist die Entfernung, die auf der Auswertung der Quell-/Zielinformation⁸ des NPVM basiert.

Tabelle 5: Vergleich der Leistungen unter Verwendung der Modell- und Erhebungsdistanz

Entfernungs- klasse (aus Erhebungs- entfernung)	Mio. FzgKm aus Erhebungsentfernung			Mio. FzgKm aus Modellentfernung (Jahresdurchschnitt) (Diagonaleentfernung = 0)	Unterschied der Leistungen Modell / QZ Erhebung
	TOTAL	Quell-Ziel- Verkehr in Modell	Diagonale in Modell		
0-25 km	388.4	345.3	43.1	353.2	2%
25-50 km	342.2	324.6	17.5	284.7	-12%
50-75 km	249.0	237.9	11.1	209.1	-12%
75-100 km	188.8	180.7	8.1	157.5	-13%
100-150 km	244.2	238.3	5.9	208.0	-13%
150-200 km	140.5	137.3	3.2	122.7	-11%
200-300 km	152.8	149.9	2.9	132.5	-12%
300-400 km	52.9	51.3	1.6	45.7	-11%
> 400 km	121.6	119.6	2.0	116.0	-3%
Total	1'880.4	1'784.9	95.5	1'629.4	-9%

Bei den Fahrleistungen treten Unterschiede auf, die nach Prüfung auf Inkonsistenzen bei den Erhebungsdistancen der GTE hindeuten. Dabei sind folgende zwei Aspekte zu beachten:

- Diagonalwerte bei hohen Fahrdistanzen: Im Datensatz der GTE befinden sich Wege mit Transportdistanzen innerhalb einer Verkehrszone des NPVM mit mehr als 300 km. Dies ist selbst bei vielen Zwischenstopps eher unwahrscheinlich⁹.
- Unterschiede der Fahrleistungen ohne Diagonale: Bei den Fahrten ohne Diagonale sind die Fahrleistungen mit Modellentfernung im Mittel um 9% niedriger als bei den Fahrleistungen mit Erhebungsentfernungen.

⁸ Hier ist es die Übernahme der den Records zugewiesenen Quellen und Ziele in Form von Verkehrszonen des NPVM 2010, insbesondere ist die Diagonale immer = 0.

⁹ D.h. im Fragebogen sind Quelle und Ziel mit Postleitzahlen mit identischer NPVM-Zonierung kodiert, der Tachometerstand zeigt eine Fahrtlänge im Bereich von 300km. Allerdings können bei Sammel- und Verteilfahrten hohe Gesamtfahrtlängen zustande kommen.

Die Tatsache allein, dass in den höheren Entfernungsbereichen überhaupt Diagonalelemente vorkommen, deutet auf eine Inkonsistenz im Datensatz hin. Zur Kontrolle wurden einige unplausible Datensätze überprüft.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Quell-Zielinformation und die Entfernungsangaben der Tachostände nicht immer konsistent sind. Das führt dazu, dass real vorhandene Fahrleistung, Relationen zugewiesen werden, die diese Fahrleistung nicht wiedergeben können. Beispielsweise werden rund 35 Mio. FzgKm in der Diagonale (Summe der Fahrleistung in den Entfernungsklassen ab 50km in der Diagonale) dem Fernverkehr entzogen und tauchen im Nahverkehr auf. Diese Fahrten erhöhen in der Umlegung im NPVM 2016 zumindest teilweise die Fahrleistungen im Nahverkehr.

Die Arbeitshypothese für die weitere Verwendung des Datensatzes ist, dass die Angaben zu Quelle und Ziel als realistisch angesehen werden. Diese Hypothese wird darauf gestützt, dass das Umlegungsergebnis der empirischen Matrix im NPVM 2010 als plausibel eingestuft wird (siehe Kapitel 2.3) und die Modellbelastungen leicht niedrigere Belastungswerte als die Zählwerte aufweisen. Die dadurch fehlende Fahrleistung deckt sich mit den Auswertungen der Tabelle 5.

Eine wichtige Erkenntnis ist auch, dass eine aus dem Datensatz der gepoolten GTE erstellte Matrix nicht die erhobene Verkehrsleistung wiedergeben kann. Sich ergebende Abweichungen – so ist die in der Statistik ausgewiesene Fahrleistung nicht mit dieser Hypothese vereinbar – werden im Modell durch verschiedene Stellschrauben korrigiert. Es ist aber festzustellen, dass Auswertungen die Entfernungsverteilungen betreffen, mit einer Unsicherheit behaftet sind.

Tabelle 6 zeigt Auswertungen der Fahrleistungen zusätzlich differenziert nach Journeytype mit der Erhebungsdistanz und der Modellentfernung aus dem NPVM 2010 sowie den auftretenden Differenzen.

Kleinere Unterschiede in den Leistungstotalen in den verschiedenen Tabellen ergeben sich im übrigen durch nicht zuordenbare Records in den differenzierteren Auswertungen. Aufgrund der geringen Unterschiede ist eine zusätzliche Spalte „nicht zuordenbar“ nicht angebracht.

Tabelle 6: Fahrleistungen/fehlende Fahrleistungen nach Journeytypen

Entfernungs- klasse (aus Erhebungs- entfernung)	Mio. FzgKm aus Erhebungsentfernung (Jahresdurchschnitt - ohne Diagonale)				
	Journeytype 1 Komplettlading	Journeytype 2 Transportkette	Journeytype 3 Sammel u. Verteilfahrt Nahbereich	Journeytype 4 Leerfahrt	Total
0-25 km	169.0	63.0	5.2	108.1	345.2
25-50 km	159.1	60.7	8.9	95.9	324.5
50-75 km	115.8	46.8	7.1	68.2	237.8
75-100 km	92.3	35.2	6.1	47.1	180.6
100-150 km	126.8	43.7	7.3	60.4	238.2
150-200 km	77.7	22.4	4.4	32.7	137.3
200-300 km	92.8	21.4	3.1	32.6	149.9
300-400 km	34.5	4.4	0.9	11.4	51.3
> 400 km	93.1	10.3	0.4	15.7	119.6
Total	961.0	307.9	43.4	472.0	1'784.3

Entfernungs- klasse (aus Erhebungs- entfernung)	Mio. FzgKm aus Modellentfernung				
	Journeytype 1 Komplettlading	Journeytype 2 Transportkette	Journeytype 3 Sammel u. Verteilfahrt Nahbereich	Journeytype 4 Leerfahrt	Total
0-25 km	168.7	69.4	4.2	110.8	353.1
25-50 km	140.6	54.0	5.9	84.2	284.6
50-75 km	103.6	41.6	4.4	59.2	208.9
75-100 km	82.5	30.7	3.5	40.6	157.4
100-150 km	112.4	39.2	4.5	51.9	208.0
150-200 km	70.2	20.7	3.1	28.7	122.7
200-300 km	83.3	19.6	2.2	27.5	132.5
300-400 km	31.5	3.9	0.7	9.6	45.7
> 400 km	91.8	9.8	0.3	14.2	116.0
Total	884.6	288.8	28.8	426.7	1'628.9

Entfernungs- klasse (aus Erhebungs- entfernung)	Vergleich der Fahrleistungen ermittelt über Modellentfernung vs. Erhebungsentfernung				
	Journeytype 1 Komplettlading	Journeytype 2 Transportkette	Journeytype 3 Sammel u. Verteilfahrt Nahbereich	Journeytype 4 Leerfahrt	Total
0-25 km	0%	10%	-19%	2%	2%
25-50 km	-12%	-11%	-34%	-12%	-12%
50-75 km	-10%	-11%	-37%	-13%	-12%
75-100 km	-11%	-13%	-42%	-14%	-13%
100-150 km	-11%	-10%	-38%	-14%	-13%
150-200 km	-10%	-8%	-30%	-12%	-11%
200-300 km	-10%	-9%	-29%	-16%	-12%
300-400 km	-9%	-12%	-22%	-16%	-11%
> 400 km	-1%	-5%	-35%	-10%	-3%
Total	-8%	-6%	-34%	-10%	-9%

Tabelle 6 zeigt auch, dass die fehlende Leistung die unterschiedlichen Journeytypen 1 und 2 fast identisch betrifft. Dass der Journeytype 3 stärker betroffen ist, ist plausibel, da hier der „Diagonalverkehr“ einen hohen Anteil hat und die Quell-/Zielangabe im Datensatz, keine Informationen über die Zwischenhalte zur Verfügung stellt. Absolut gesehen ist die Fahrleistung des Journeytype 3 jedoch gering, so dass der Gesamteinfluss vernachlässigbar ist.

Die Fahrleistungen nach Journeytype und Gutarten zeigt Tabelle 8. Wie zu erwarten, zeigen die Gutarten „Nahrungsmittel“ und „Stück- und Sammelgüter“ einen hohen Anteil an Journeytype 2 und 3 Verkehren. Auch die Ergebnisse für die Entsorgungsverkehre „Abfälle“, die einen vergleichsweise hohen Anteil an den Journeytype 3 Verkehren aufweisen, sind plausibel.

Tabelle 7: Fahrleistungen nach Journeytype und AMG-Gutarten

Gutart		Mio. FzGKm aus Erhebungsentfernung nach AMG-Gutarten				
		Journeytype 1 Komplettlading	Journeytype 2 Transportkette	Journeytype 3 Sammel u. Verteiltfahrt Nahbereich	Journeytype 4 Leerfahrt	Total
1	Land-, Forstwirtschaft	87,2	24,2	6,6	0,0	118,1
2	Nahrungsmittel	175,4	87,5	14,6	0,0	277,6
3	Energieträger	22,3	7,7	5,3	0,0	35,4
4	Steine Erden	104,8	2,4	1,8	0,0	109,1
5	Baustoffe, Glas	77,8	18,3	1,7	0,0	97,8
6	Chemie, Kunststoffe	54,9	16,6	0,8	0,0	72,3
7	Metall	53,7	31,2	1,3	0,0	86,2
8	Abfälle	72,8	4,3	8,9	0,0	86,1
9	Halb- Fertigwaren	99,9	49,1	3,1	0,0	152,1
10	Stück-, Sammelgüter	253,7	77,7	12,7	0,0	344,2
99	Leerfahrt	0,0	0,4	0,0	508,9	509,5
TOTAL		1'002,6	319,4	56,8	508,9	1'888,4

Gutart		Anteile der FzGKm aus Erhebungsentfernung nach AMG-Gutarten				
		Journeytype 1 Komplettlading	Journeytype 2 Transportkette	Journeytype 3 Sammel u. Verteiltfahrt Nahbereich	Journeytype 4 Leerfahrt	Total
1	Land-, Forstwirtschaft	9%	8%	12%	0%	6%
2	Nahrungsmittel	17%	27%	26%	0%	15%
3	Energieträger	2%	2%	9%	0%	2%
4	Steine Erden	10%	1%	3%	0%	6%
5	Baustoffe, Glas	8%	6%	3%	0%	5%
6	Chemie, Kunststoffe	5%	5%	1%	0%	4%
7	Metall	5%	10%	2%	0%	5%
8	Abfälle	7%	1%	16%	0%	5%
9	Halb- Fertigwaren	10%	15%	5%	0%	8%
10	Stück-, Sammelgüter	25%	24%	22%	0%	18%
99	Leerfahrt	0%	0%	0%	100%	27%
TOTAL		100%	100%	100%	100%	100%

Fazit: In diesem Kapitel wurde die GTE im Hinblick auf die Fahrleistung und ihre Übersetzung in den Modellrahmen näher analysiert. Die Ergebnisse zeigen die Plausibilität des Datensatzes der GTE und deren Verwendung im Rahmen des hier angewandten Datensatzes.

2.4.2 Auswertung der Beladungsgrade

Die wesentlichen Parameter des Fahrzeugmodells sind die Beladungsparameter, die nach aggregierten Warengruppen und Entfernungsklassen formuliert werden. Diese sind im verwendeten Fahrzeugmodell für beladene Fahrten definiert. Die Leerfahrten ergeben sich durch Ausgleich von Hin- und Rückströmen auf den einzelnen Relationen, sodass insgesamt die Ein- und Ausfahrten einer Verkehrszone identisch sind. Neben dem direkten Ausgleich, durch Auffüllen der Richtung mit weniger Fahrten, wird eine zusätzliche Fahrtenmenge zu den Matrizen addiert. Diese ist abhängig von der Asymmetrie der Ströme und deren Grösse wird durch den Parameter Leerfahrtenwahrscheinlichkeit beeinflusst. Technische Details dazu sind im Anhang beschrieben (Kapitel 6.2).

Während sich die Beladeparameter direkt aus dem Erhebungsdatensatz auswerten lassen, ist das Einstellen der Leerfahrtenwahrscheinlichkeit ein Kalibrierungsschritt. Es ist zu erwähnen, dass dieser Parameter stark von der räumlichen und gutartspezifischen Disaggregation abhängig ist, die die Asymmetrie der einzelnen Ströme wesentlich bedingt.

Das Modell aus der AMG 2010 kennt die in Tabelle 8 dargestellten Gutartaggregate und Entfernungsklassen, insbesondere werden im Fahrzeugmodell der AMG 2010 die vier Gutartklassen:

- Speditionsgut,
- Massengut,
- Chemie und
- Öl

unterschieden. Diese Gutartsegmente werden im Folgenden auch als Logistikklassen bezeichnet. Zu erwähnen ist, dass das AMG 2010 nach Lastwagen und Lastzügen unterscheidet¹⁰. Der hohe Aggregationsgrad im Speditionsgut – hier sollen Warengruppen zusammengefasst werden, die von einem Fahrzeugtyp auch prinzipiell transportiert werden können – kommt aus

¹⁰ Genau genommen werden die GTE Segmente verwendet, d.h. Lastwagen zusammengefasst mit und ohne Anhänger sowie Sattelzüge.

Erfahrungen mit einem der GTE entsprechenden Datensatz aus Deutschland. Die Verwendung von Tonnageströmen aus Erhebungen führt meist zu asymmetrischen Matrizen, vor allem weil das Hin- und Rückverkehrs-Bild des Fahrzeugmodells nicht zwingend der Realität entspricht. Die Asymmetrien führen dann im Modell zu Leerfahrtenanteilen, die auch mit den geringstmöglichen Leerfahrtenwahrscheinlichkeiten im Vergleich zu den empirischen Zahlen deutlich zu hoch liegen. Die nachfolgende Tabelle stellt die Gutarten gemäss NST2007 der weiterhin gültigen Gruppierung für das AMG-TM1 gegenüber sowie dem in der AMG 2010 verwendeten Fahrzeugmodell.

Tabelle 8: Gutarten und Entfernungsklassen in der AMG 2010

NST2007		AMG10/16 TM1		AMG10 TM2-Fahrzeugmodell	
Code	Bezeichnung	Code	Bezeichnung	Code	Bezeichnung
1	Landwirtschaft, Forst	1	Land-, Forstwirtschaft	1	Speditionsgut
4	Nahrung-, Genussmittel	2	Nahrungsmittel	1	Speditionsgut
2	Kohle, Erdöl	3	Energieträger	3	Öl
7	Kokerei	3	Energieträger	3	Öl
3	Erze, Steine, Erden	4	Steine Erden	2	Massengut
9	sonstige Mineralölp.	5	Baustoffe, Glas	2	Massengut
8	Chemie, Gummi, Kunst.	6	Chemie, Kunststoffe	4	Chemie
10	Metall und Halbzeuge	7	Metall	2	Massengut
14	Sekundärrohst., Abfall	8	Abfälle	2	Massengut
5	Textil, Bekleidung	9	Halb- Fertigwaren	1	Speditionsgut
6	Holz und Holzwaren	9	Halb- Fertigwaren	1	Speditionsgut
11	Maschinen, Ausrüst.	9	Halb- Fertigwaren	1	Speditionsgut
12	Fahrzeuge	9	Halb- Fertigwaren	1	Speditionsgut
13	Möbel, sonstiges	9	Halb- Fertigwaren	1	Speditionsgut
15	Post	10	Stück-, Sammelgüter	1	Speditionsgut
16	Geräte für Güterbeför.	10	Stück-, Sammelgüter	1	Speditionsgut
17	Dienstleistung	10	Stück-, Sammelgüter	1	Speditionsgut
18	Sammelgut	10	Stück-, Sammelgüter	1	Speditionsgut
19	Container etc.	10	Stück-, Sammelgüter	1	Speditionsgut
20	sonstige Güter	10	Stück-, Sammelgüter	1	Speditionsgut

Klasse	von km	bis < km
1	0	10
2	10	20
3	20	50
4	50	75
5	75	100
6	100	250
7	250	500
8	500	700
9	700	900
10	>=900	

Im Modell der AMG 2010 konnte aufgrund der Erhebungsstruktur der GTE – ein kodierter Warentransport entspricht nicht zwingend einer Einzelfahrt – keine vollständige Auswertung der Beladeparameter erstellt werden. Dies ist mit dem transportkettendekodierten Datensatz nun möglich. Allerdings ist zu beachten, dass folgende Inkonsistenz auftritt: Ein Warenstrom einer Transportkette taucht in verschiedenen Einzelfahrten auf. Diese legen jeweils eine kürzere Entfernung als der Warenstrom selbst zurück.

Die Beladeparameter können direkt im erstellten Datensatz der dekodierten GTE ausgewertet werden. Differenziert nach AMG-TM1 Gutarten, den bereits in der AMG 2010 definierten Entfernungsklassen und den drei Fahrzeugklassen, werden Fahrzeugkilometer und Tonnenkilometer unter Berücksichtigung des Hochrechnungsfaktors aufsummiert. Der Beladungsparameter ist der Quotient aus Tonnen- und Fahrzeugkilometer.

In den Ergebnissen fallen deutliche Unterschiede der Beladungsparameter zwischen den Gutarten innerhalb der Logistikkategorie 1 - der Kategorie der Speditionsgüter - auf (siehe Tabelle 9), was für das Einspielen der im Vergleich zur AMG 2010 genaueren Information in das Fahrzeugmodell spricht. Prinzipiell wäre auch die Unterscheidung nach den 20 Gutarten entsprechend NST 2007 möglich, aus Kompatibilitätsgründen werden aber die 10 Gutarten des TM1 beibehalten.

Eine Auswertung der statistischen Sicherheit der Auswertung, also der Zahl der darunterliegenden Records und das eventuelle Füllen mit anderen Durchschnittswerten wurde nicht durchgeführt. Falls sich nur wenige Records in der Stichprobe befinden entspricht dies auch für einen unbedeutenden Teil des Verkehrs. Weiterhin sind extreme Ausreißer auch nicht festzustellen.

Das vollständige Ergebnis der Auswertung der Beladungsparameter ist im Anhang zu finden (siehe Tabelle 19).

Tabelle 9: Mittlere Beladung nach Gutarten aus dem TM1, Entfernungsklasse und Fahrzeugtyp für Logistikklasse 1

Beladungsparameter Angaben in t/Fahrt	AMG - TM1 Gutartaggregate des AMG FZG-Modellsegment 1 "Speditionsgüter"			
Entfernungsklasse Fahrzeugart	Land-, Forstwirtschaft	Nahrungsmittel	Halb-, Fertigwaren	Stück-, Sammelgüter
unter 10 km	6.2	3.3	2.5	2.8
LW	4.0	2.1	1.8	2.1
LWmA	10.8	6.0	5.5	5.0
SZ	8.4	7.2	5.2	5.0
10 - <20 km	7.7	4.6	3.0	3.2
LW	4.7	2.9	2.0	2.3
LWmA	12.8	7.4	6.2	5.8
SZ	10.2	8.1	5.7	5.6
20 - <50 km	9.4	6.5	4.1	4.1
LW	5.4	3.8	2.4	2.6
LWmA	14.1	9.8	7.5	6.2
SZ	11.8	9.8	7.7	6.2
50 - <75 km	10.8	8.6	5.3	5.0
LW	5.7	5.1	2.7	3.0
LWmA	16.0	11.3	9.3	7.1
SZ	12.5	11.1	8.6	6.9
75 - <100 km	11.3	9.9	6.0	5.6
LW	5.9	5.5	3.1	3.2
LWmA	14.9	12.6	9.5	7.6
SZ	13.5	11.9	8.3	7.2
100 - <250 km	13.4	11.5	7.3	6.4
LW	5.5	6.1	3.3	3.5
LWmA	14.3	14.9	10.1	8.4
SZ	16.3	12.6	10.4	7.9
250 - <500 km	15.9	15.5	10.7	8.8
LW	5.4	6.4	4.3	6.1
LWmA	17.7	18.0	12.9	10.9
SZ	17.6	16.4	13.2	9.5
500 - <700 km	18.5	15.9	11.6	9.2
LW	2.9	9.2	4.9	4.3
LWmA	17.5	15.9	15.5	12.2
SZ	19.6	16.0	13.3	10.3
700 - <900 km	19.6	17.7	11.9	11.1
LW	5.9	8.2	5.6	4.7
LWmA	19.3	16.4	7.8	16.8
SZ	20.6	17.7	13.6	12.2
≥900 km	18.1	15.3	13.6	7.6
LW	9.3	9.0	5.0	4.2
LWmA	22.8	15.0	13.1	8.7
SZ	19.1	15.5	14.7	8.8

2.4.3 Umrechnung von Jahresfahrleistungen in den DWV

Im NPVM wird definitionsgemäss der durchschnittliche Werktagverkehr (DWV) abgebildet, d.h. der Verkehr von Montag bis Freitag, ausgenommen der Feiertage. Dass die Zahl der Feiertage von Kanton zu Kanton variieren kann wird dabei ignoriert.

Die Auswertungen der GTE beziehen sich auf das gesamte Jahr. Für die Berechnung des DWV ist daher ein Parameter notwendig, der den Anteil γ des Wochentagverkehrs insgesamt angibt und der dann für die Festlegung des DWV durch die Anzahl der Wochentage (ohne Feiertage) w zu dividieren ist.

$$DWV = \text{Jahresverkehr} \cdot \gamma / w$$

Für (w) die Anzahl der Wochentage nehmen wir $52 \cdot 5 - 10$ (Feiertage) = 250 Tage an. Dabei werden die 8 Feiertage (die z.T. auf einen Sonntag fallen können) berücksichtigt:

- Neujahr
- Karfreitag
- Ostermontag
- Pfingstmontag
- Auffahrt
- Bundesfeier
- Weihnachtsfeiertag
- Weihnachtsfeiertag

Weitere Feiertage sind kantonsspezifisch möglich (Fronleichnam, Allerheiligen, Mariä Himmelfahrt und Mariä Empfängnis).

Eine Auswertung der gepoolten GTE-Verkehrsleistung nach Werktagen zeigt Tabelle 10. Wichtig dabei ist, welche Annahme für den Verkehr an Feiertagen getroffen wird. In der Tabelle wird von 10 Feiertagen ausgegangen, in denen jeder die Hälfte der Leistung eines Sonntags aufweist. Damit ergeben sich 258 Tage pro Jahr als Umrechnungsgrösse. Wird den Feiertagen eine Leistung wie an einem Sonntag zugeordnet, sind es 267 Tage.

Die Bandbreite ist ein Maß für die Unsicherheit dieses Faktors. Letztendlich verwenden wir den Faktor 260.

Tabelle 10: Zahlenwerk für die Abschätzung des DWV-Faktors

Leistung in FzgKm GTE 2009-2016	Leistung hier aus modellierter Entfernung	Leistung gem. Erhebungsentfernung
Mo	2'562'370'585	2'944'268'863
Di	2'667'310'949	3'089'470'819
Mi	2'613'133'966	3'037'120'960
Do	2'505'779'106	2'921'876'417
Fr	2'282'705'389	2'631'036'710
Sa	329'069'882	388'892'359
So	75'019'455	94'354'949
TOTAL	13'035'389'331	15'107'021'078
Summe Mo-Fr	12'631'299'994	14'623'773'769
Anteil an Gesamtverkehr	97%	97%
Leistung an 10 Feiertagen	375'097'274	471'774'747
Mo-Fr ohne Feiertage	12'256'202'720	14'151'999'022
Anteil Werktagsverkehr ohne Feiertage an Gesamtverkehr	97%	97%
Faktor Jahr->DWV (Kehrwert)	258	258

Es ist darauf hinzuweisen, dass für den grenzüberschreitenden Verkehr die Verhältnisse mit hoher Wahrscheinlichkeit andere sind. Zum einen sind Feiertage im Ausland zu berücksichtigen, da an diesen Tagen weniger Verkehr einfahren bzw. ausfahren wird. Hinzukommt, dass Grenzöffnungszeiten zu berücksichtigen sind oder, dass beispielsweise in Österreich ein Wochenendfahrverbot für schwere Güterfahrzeuge ab Samstag 15:00 Uhr gilt. Auf eine Berücksichtigung dieser Spezifika wird in der weiteren Umsetzung, aufgrund der vergleichsweise geringfügigen Wirkungen auf die Gesamtfahrleistungen des DWV verzichtet. Dies sind aber Aspekte, die in einem DWV-Modell vernachlässigt werden können. Relevant werden diese Aspekte bei der Kalibration, wenn Jahreswerte verwendet werden, wie z.B. die Fahrleistungen nach Hauptverkehrsbeziehungen vom BFS. Mangels vorliegender empirischer Daten wird für den Transit der Faktor 250 und für den grenzüberschreitenden Verkehr der Faktor 260 angenommen.

2.4.4 Fahrtlängenverteilung für LW und LZ

Es wurden diverse Auswertungen der Fahrtlängenverteilungen durchgeführt und auch die Sensitivität der Auswertungen bezüglich der Methodik betrachtet. Die Fahrtlängenverteilungen

wurden vor allem zur Validierung der Kalibration auf die Zählraten herangezogen. Weitergehende Erläuterungen zu den Auswertungen sind im Anhang in Kapitel 6.4 zu finden.

2.4.5 Regressionsrechnung für die Fahrzeugaufkommen

Durch die Aufbereitung der empirischen Fahrzeugmatrix steht Datenmaterial zur Verfügung, um eine Aufkommensschätzung in Form einer Regressionsrechnung zu generieren. Hintergrund dieser Analyse ist es zu ermitteln, inwiefern sich die empirischen Güterverkehrsaufkommen (aus der GTE) mit den Strukturgrößen Bevölkerung und Beschäftigte (= Arbeitsplätze) erklären lassen. Kann hier auch nur ein schwacher Zusammenhang erwartet werden, so dient die Analyse doch dazu festzulegen, in welchem Verhältnis Bevölkerung und Beschäftigte in einem späteren Modellschritt zur Aufteilung der Fahrtenaufkommen auf die feineren Verkehrszonen des NPVM 2016 einsetzbar sind.

Der Ansatz geht von den vorgegebenen MS-Aufkommen gemäss Empirie aus. Es wird die Quadratsumme der absoluten Aufkommensunterschiede minimiert, allerdings ist die Randbedingung der Aufkommenssumme je MS-Region jetzt festgelegt. Damit entspricht die Schätzung dem Vorgehen im Modell und optimiert die Parameter im Hinblick auf die Modellrechnung. Diese Schätzung wurde von Beginn an getrennt für LW und LZ durchgeführt. Die sich ergebenden Parameter befinden sich in Tabelle 11.

Tabelle 11: Ergebnis der Regressionsrechnung

Parameter Disaggregation		
Segment	Bev (Pers)	Beschäftigte Sektor II (Besch)
LW	0.114	0.805
LZ	0.011	0.475

Mit Ausnahme der Nicht-Verwendung der Verkaufsflächen, stimmt insbesondere das Ergebnis für die LZ mit den Parameter-Verhältnissen in der AMG 2010 überein. Plausibel ist, dass für die LW die Bevölkerung einen grösseren Einfluss hat.

Der Vergleich von berechnetem und empirischem Aufkommen (Abbildung 5 und Abbildung 6) zeigt die hohen Varianzen der Berechnung, die aber in der Form für Güterverkehrsmodelle üblich sind und mangels besserer Deskriptoren für den Güterverkehr akzeptiert werden.

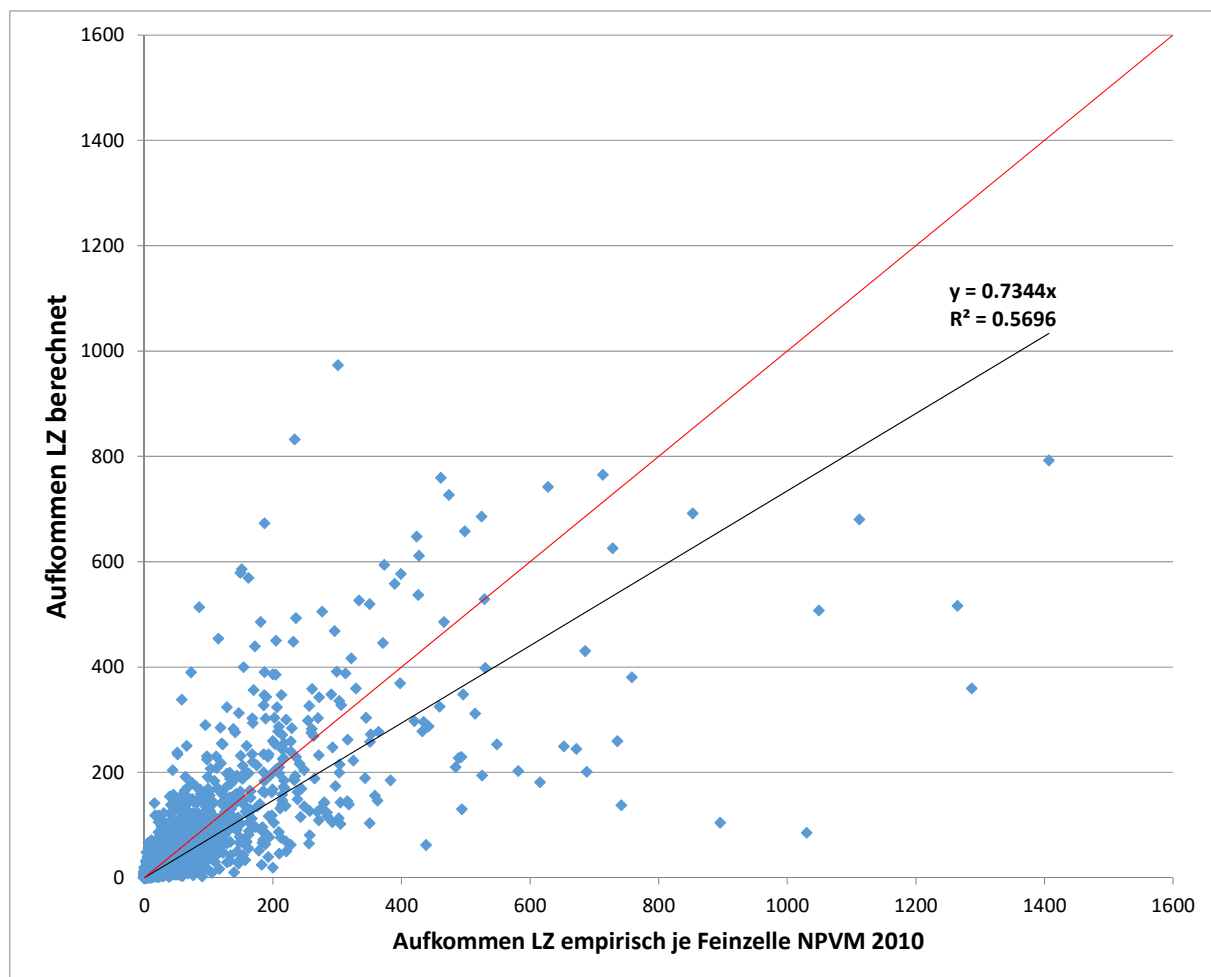


Abbildung 5: Scatterplot empirisches/berechnetes Aufkommen nach Regressionsrechnung für LZ (oben) – rote Linie ist die Diagonale

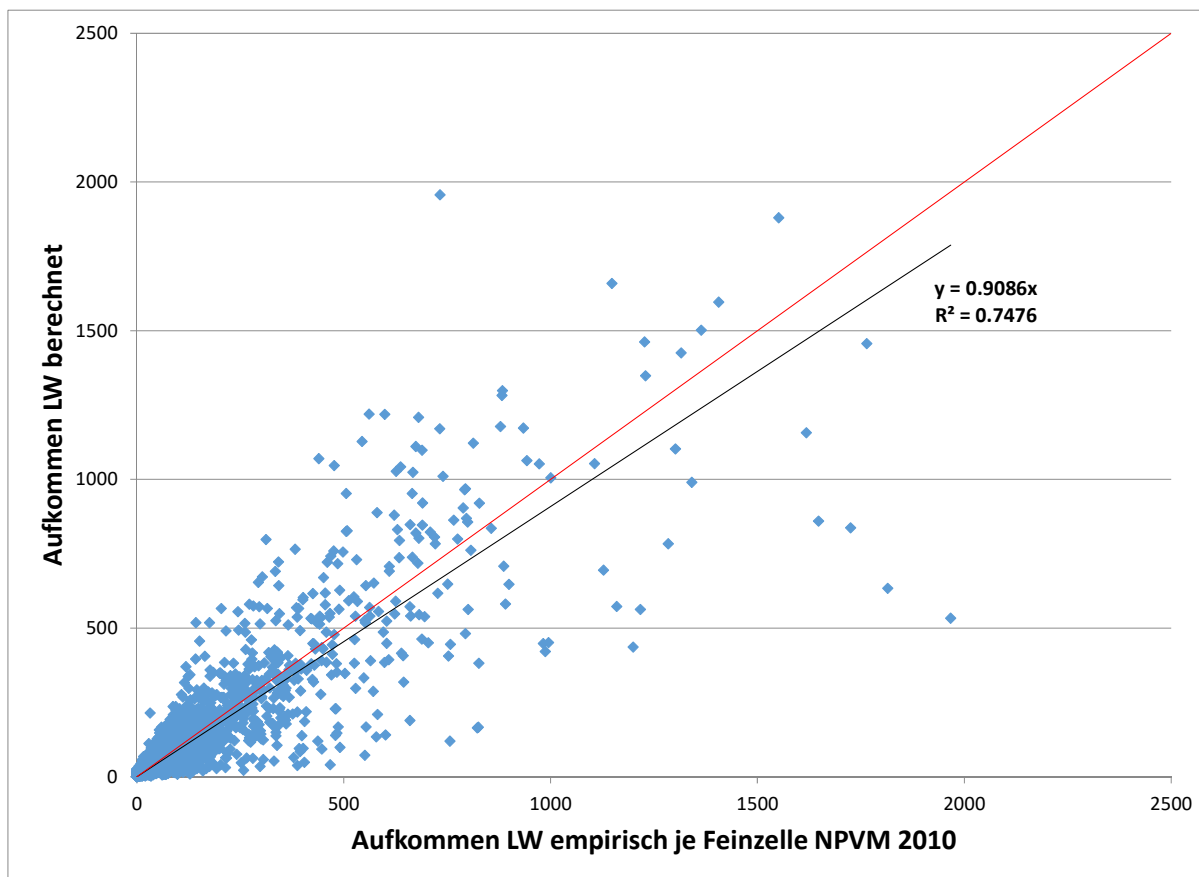


Abbildung 6: Scatterplot empirisches/berechnetes Aufkommen nach Regressionsrechnung für LW – rote Linie ist die Diagonale

Abbildung 7 zeigt die entsprechende Information verortet in Kartenform, zwecks besserer Übersicht nur für einen Ausschnitt der Schweiz.

Insbesondere die Abweichungen – vor allem mit hohen empirischen Werten – könnten mit einigem Rechercheaufwand, grossen Verkehrserzeugern zugeordnet werden. So wäre dies teilweise z.B. unter Verwendung der obigen Darstellung im Zusammenspiel mit Luftbildaufnahmen möglich (siehe Abbildung 8).

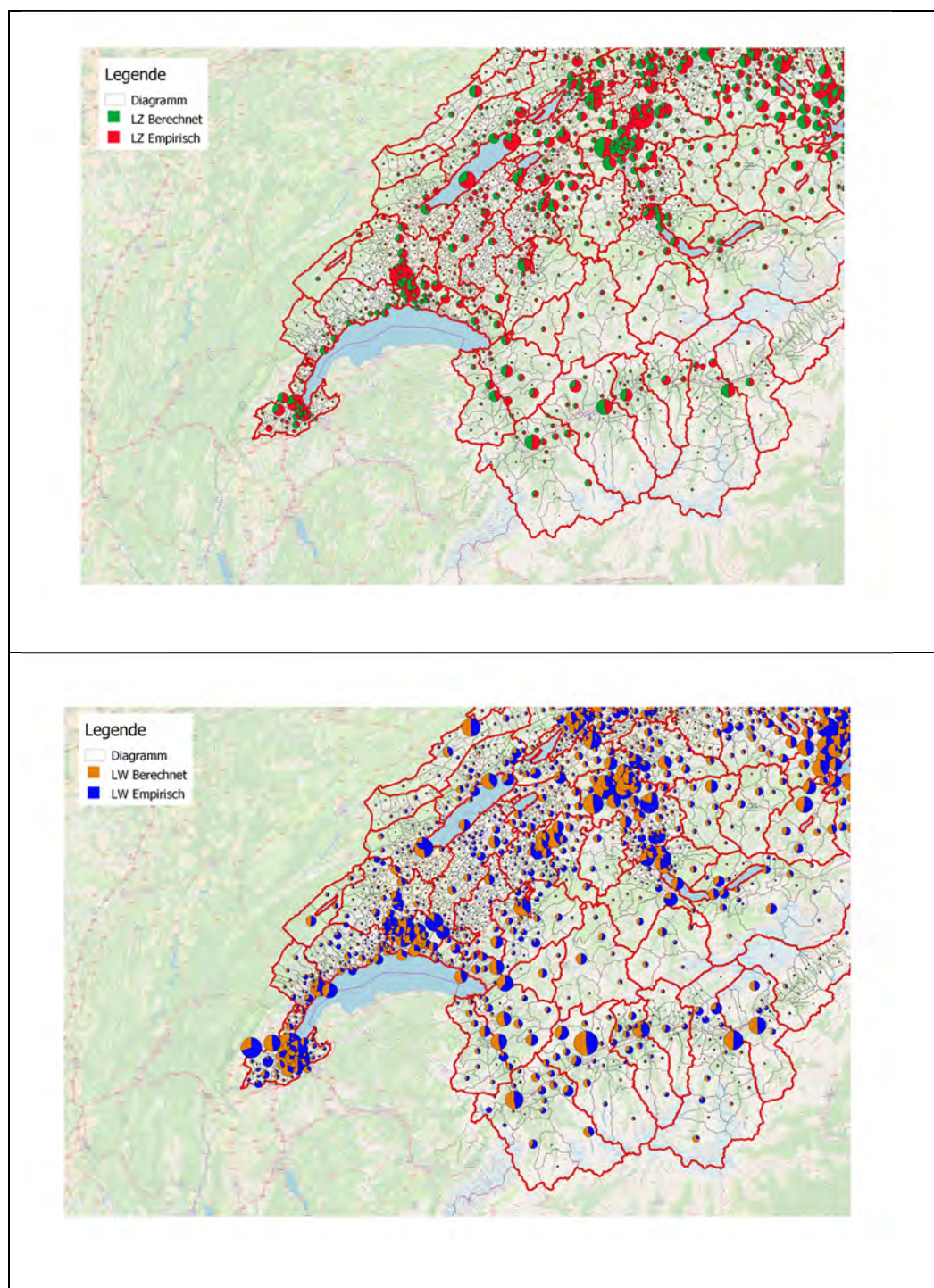


Abbildung 7: Soll/Ist-Vergleich der Aufkommen im westlichen TI der Schweiz



Abbildung 8: Gewerbegebiet – mit stark von Logistik geprägtem Charakter - bei Aclens

Entsprechendes gilt auch für diejenigen Abweichungen, bei denen die Modellergebnisse die empirischen Aufkommen deutlich übertreffen. In vielen Fällen handelt es sich hier um Verwaltungsstandorte von Unternehmen der Produktion.

3 Modell des schweren Güterverkehrs

Das Modell des schweren Güterverkehrs der AMG stellt für die Güterströme mit schweren Fahrzeugen (LW und LZ/SZ) ein semi-empirisches Modell dar.

Ausgehend von empirisch erhobenen Tonnenströmen aus der GTE für eine an der NSTR2007er-Einteilung orientierten Gutartaggregation sind auf MS-Regionsebene folgende für die Bereitstellung einer Analysematrix relevanten Modellteile implementiert:

- Ein Aufkommensmodell, welches an die Makroprognose bzw. Bereitstellung der Analysewerte des TM1 gekoppelt ist und Güterstrommatrizen auf MS-Regionsebene in der TM1 Gutartsegmentierung erzeugt.
- Ein Fahrzeugmodell, welches aus den Güterströmen eine Fahrzeugmatrix für LW und eine Fahrzeugmatrix für LZ/SZ¹¹ auf MS-Regionsebene berechnet.
- Ein Verteilungsmodell zur Disaggregation der Fahrzeugströme auf die Verkehrszonen des Umlegungsmodells auf Basis eines Strukturdatenansatzes.

Im Vergleich zur bestehenden AMG wurde im Projekt:

- das Verfahren der Disaggregation auf die Verkehrszonen des NPVM 2016 überarbeitet und implementiert,
- das Verfahren der Disaggregation auf die Verkehrszonen des NPVM 2010 mit einer Gewichtung durch die empirische Fahrzeugmatrix getestet und im Rahmen der Disaggregation von MS-Regionsebene bis auf die Verkehrszonen des NPVM 2016 als Zwischenstufe fest implementiert,
- das Fahrzeugmodell aufgrund der Verfügbarkeit differenzierterer Auswertungen deutlich feiner segmentiert,
- das Segment der LW mit Anhänger beim Fahrzeugmodell eingeführt.

¹¹ Im Binnenverkehr übernimmt die AMG 2010 dafür die eigentliche LW/LZ und SZ-Einteilung der GTE.

3.1 Beschreibung des Fahrzeugmodells

Das in der AMG 2010 implementierte Fahrzeugmodell funktioniert wie nachfolgend beschrieben: Es werden Hin- und Rückfahrten einzelner Relationen unabhängig voneinander betrachtet. In einem ersten Schritt werden aus Güterströmen – in einer zu definierenden Gutartaggregation, mit einem entfernungsabhängigen Beladungsparameter – Fahrzeugströme differenziert nach Hin- und Rückstrom mit beladenen Fahrzeugen errechnet.

Der im Anschluss berechnete Leerfahrtenanteil wird als Funktion der Asymmetrie des Hin- und Rückstroms formuliert. Man hat somit einen Parameter, der die Beladung der Fahrzeuge angibt und einen Parameter, der die Wahrscheinlichkeit einer Leerfahrt in Abhängigkeit der Asymmetrie beschreibt. Damit ist die Anzahl der Leerfahrten nicht direkt und auch nicht in beliebigem Rahmen steuerbar. Neu im Modell der AMG 2016 ist, dass eine Gutartaggregation nach der Berechnung der beladenen Fahrten stattfindet. Dadurch ist die Verwendung einer differenzierteren Gutarteinteilung möglich und eröffnet die Option, dass ein Fahrzeug, das beispielsweise Nahrungsmittel transportiert, im Rücktransport Sammel- und Verteilgüter mit aufnehmen kann.

Im Detail geht die Modellvorstellung von Fahrzeugen aus, die in A beheimatet sind und Transporte von A->B und auch von B->A durchführen. Hinzu kommen Fahrzeuge, die in B beheimatet sind und Transporte von B->A und A->B durchführen. Berechnet werden Leerfahrten der jeweiligen Fahrzeuge. Insgesamt ergeben sich so 8 Grössen durch die Kombinationen:

(Last/Leer) x (A->B/B->A) x (Fahrzeug aus A/ Fahrzeug aus B).

Mit diesen Grössen kann durch diverse Bedingungen, z.B. dass alle Fahrzeuge aus A die in A losfahren auch wieder in A zurückkommen (siehe Kapitel 6.2), ein eindeutig lösbares Gleichungssystem aufgestellt werden. Das hier beschriebene Fahrzeugmodell hat prinzipiell nicht die Möglichkeit Transportketten abzubilden.

Eine alternative Methode wäre die empirische Matrix – die ja Transportketten enthält - als Modellgrundlage zu verwenden und darauf aufbauend eine Fortschreibungsmethode für die Prognosematrix zu konzipieren. D.h. es würde direkt mit den Datensätzen der Erhebung gearbeitet. Da aber die empirische Matrix die Zählwerte nicht deutlich besser reproduziert als die Matrix aus der AMG und methodische Unabwägbarkeiten, z.B. im Hinblick auf die Formulierung von Parameterveränderungen zur Beladung in der Prognose oder die Festlegung in der Prognose ausschliesslich auf die Güterverkehrsbeziehungen, die in der Analyse erhoben wurden, bestehen, wurde diese Weiterentwicklung nicht verfolgt.

3.2 Aktualisierung des Fahrzeugmodells

In diesem Kapitel wird eine Aktualisierung des Fahrzeugmodells beschrieben, die an den ausgewerteten Beladungsparametern (siehe Kapitel 2.4.2) ansetzt. Im Vergleich zur AMG 2010 werden diese für jede TM1-Gutart und für LW ohne Anhänger, LW mit Anhänger und SZ differenziert angewandt. Die daraus erstellten Fahrzeug-Matrizen sind als AMG 2016n (AMG 2016 neu) bezeichnet. Tabelle 12 weist das Ergebnis des Fahrzeugmodells nach der Beladungsrechnung aus.

Tabelle 12: Initiales Ergebnis „beladene Fahrten“ des Fahrzeugmodells

MODELLERGEBNIS BELADENE FAHRTEN				
in Tsd. FzgKm DVW				
Warengruppe\FzgTypen	Lastwagen	Lastwagen mit Anhänger	Sattelzug	Total
Land-, Forstwirtschaft	172	91	182	446
Nahrungsmittel	411	157	432	1000
Energieträger	66	25	41	132
Steine, Erden	403	40	108	551
Baustoffe, Glas	332	53	102	487
Chemie, Kunststoff	80	17	186	283
Metall	155	26	130	310
Sekundärrohstoffe	240	24	96	360
Halb-, Fertigwaren	286	63	207	556
Stück-, Sammelgüter	720	178	418	1316
Gesamtergebnis	2866	674	1902	5441

Üblicherweise reproduzieren die Beladungsparameter bei der Anwendung den „beladenen Teil“ der empirischen Matrizen. Der Vergleich mit der Auswertung der Erhebung zeigt, dass dies hier nicht der Fall ist (siehe Tabelle 13). Das hat folgende Gründe:

- Die Anwendung der Beladungsparameter geschieht auf MS-Regionsebene. Hier können einzelne Entfernungsklassen sich mischen, d.h. die zugehörigen Feinrelationen setzen sich aus verschiedenen Entfernungsklassen zusammen. Eine Berechnung dieses Schritts des Fahrzeugmodells auf Feinebene zeigte jedoch keine relevanten Auswirkungen.
- Die Ermittlung der Leistung basiert auf MS-Regionen, die Entfernungsangabe ist im Diagonalelement und im Nahbereich mit hohen Unsicherheiten behaftet. Diese sind massgeblich für die Unterschiede in den Leistungen verantwortlich, wie in Tabelle 13 deutlich wird. Wird die empirische Matrix auf MS-Regionsebene aggregiert und eine Leistungsauswertung durchgeführt, erhöht sich die Leistung von 4.800 auf 6.081 Tsd.

FzgKm für den DWV. Den grössten Unterschied gibt es im Güterbereich „Steine und Erden“, der einen hohen Nahverkehrsanteil besitzt.

- Die Ermittlung der Beladungsparameter geschieht auf Basis des transportkettendekodierten Datensatzes. Für die Kompatibilität mit den Ergebnissen von TM1 setzt das Fahrzeugmodell auf den nicht transportkettendekodierten Güterströmen auf. Wie ebenfalls in Tabelle 13 zu sehen ist, sind die Leistungen der GTE auf MS-Regionesebene höher. Durch die Nicht-Abbildung von Teilladungsverkehren werden den Warenströmen mit hohen Entfernungen, die an sich aus kurzen Teilfahrten bestehen, die höheren Beladungen der grossen Entfernungen zugewiesen und damit die gesamte Fahrleistung unterschätzt.

Tabelle 13: Vergleich der Leistungen empirisch auf NPVM 2010 / Modell (auf MS-Regionen) / empirisch (auf MS-Regionen)

Auswertung GTE mit NPVM 2010er Entfernungen							
in Tsd. FzgKm DW							
Warengruppe\Journeytype	Direktfahrt	Teilladung	Sammel u. Verteil	TOTAL	initiales Ergebnis Fahrzeugmodell	Auswertung GTE auf MS-Regionen	GTE MS / GTE NPVM
Land-, Forstwirtschaft	298	87	12	397	446	461	16%
Nahrungsmittel	625	322	33	980	1000	1192	22%
Energieträger	77	27	14	118	132	154	31%
Steine, Erden	354	7	1	362	551	585	61%
Baustoffe, Glas	278	68	4	350	487	479	37%
Chemie, Kunststoff	216	64	2	282	283	311	10%
Metall	192	117	3	313	310	379	21%
Sekundärrohstoffe	246	14	10	270	360	389	44%
Halb-, Fertigwaren	368	180	8	555	556	652	17%
Stück-, Sammelgüter	883	269	29	1181	1316	1449	23%
Gesamtergebnis	3538	1154	115	4810	5441	6051	26%

Ein Vergleich in der Kategorie der Fahrzeugtypen ist in Tabelle 14 dargestellt. Da die gesamte Fahrleistung hier unter der empirischen „Modell“-Fahrleistung der GTE und damit nochmals unter der erhobenen Fahrleistung liegt, wurden Korrekturfaktoren der Beladung für Gutarten und Fahrzeugtypen eingeführt. Damit werden die Fahrleistungen auf MS-Regionesebene reproduziert.

Tabelle 14: Korrektur der Beladungsparameter

MODELLERGEBNIS BELADENE FAHRTEN initial					Empirisch					Korrekturfaktoren Beladung		
in Tsd. Fzg/ha Dvw					in Tsd. Fzg/ha Dvw							
Warengruppe\FzgTypen	Lastwagen	Lastwagen mit Anhänger	Sattelzug	Total	Warengruppe\FzgTypen	Lastwagen	Lastwagen mit Anhänger	Sattelzug	Total	Lastwagen	Lastwagen mit Anhänger	Sattelzug
Land-, Forstwirtschaft	172	91	182	446	Land-, Forstwirtschaft	164	107	190	461	1.05	0.85	0.96
Nahrungsmittel	411	157	432	1000	Nahrungsmittel	514	221	456	1192	0.80	0.71	0.95
Energieträger	66	25	41	132	Energieträger	77	34	43	154	0.86	0.74	0.95
Steine, Erden	403	40	108	551	Steine, Erden	427	48	109	585	0.94	0.83	0.99
Baustoffe, Glas	332	53	102	487	Baustoffe, Glas	305	70	105	479	1.09	0.76	0.97
Chemie, Kunststoff	80	17	186	283	Chemie, Kunststoff	97	23	191	311	0.83	0.75	0.97
Metall	155	26	130	310	Metall	206	32	141	379	0.75	0.81	0.92
Sekundärrohstoffe	240	24	96	360	Sekundärrohstoffe	264	28	97	389	0.91	0.84	0.99
Halb-, Fertigwaren	286	63	207	556	Halb-, Fertigwaren	352	81	219	652	0.81	0.78	0.94
Stück-, Sammelgüter	720	178	418	1316	Stück-, Sammelgüter	757	239	453	1449	0.95	0.74	0.92
Gesamtergebnis	2866	674	1902	5441	Gesamtergebnis	3163	883	2005	6051			

Neben den beladenen Fahrten spielen die Leerfahrten eine wesentliche Rolle. Diese sind Ergebnis des Fahrzeugmodells und mit den Leerfahrtenparametern nur indirekt steuerbar. Nur mit der Leerfahrtengenerierung in der vollen Warengruppenaggregation – aber weiterhin mit der Aufteilung der drei Fahrzeugklassen – ergibt sich eine Fahrleistung der Leerfahrten in der Größenordnung der empirischen Matrix. Eine an sich logische¹² Aufteilung der Warengruppen, z.B. nach den Logistikklassen der AMG 2010, erhöht die Leerfahrten deutlich und ist daher nicht darstellbar.

Der Vergleich mit den Leerfahrten aus der AMG 2010 weist dort eine deutlich höhere Leerfahrtenleistung aus. Dies mag auch ein Aspekt sein, der dazu beitrug, das Leistungsdefizit der GTE-Matrix auszugleichen.

¹² So kann kein Fahrzeug welches Mineralöl transportiert Paletten auf der Rückfahrt aufnehmen.

3.2.1 Vergleich mit den empirischen Daten

Für folgenden Vergleich wurden die empirische und die Modellmatrix aus den GTE-Tonnagen für LW und LZ auf MS-Regionen aggregiert und die Matrix normiert, sodass in den Matrixelementen der Anteil der Matrix am Gesamt-(binnen)verkehr aus der GTE enthalten ist (Abbildung 9 und Abbildung 10).

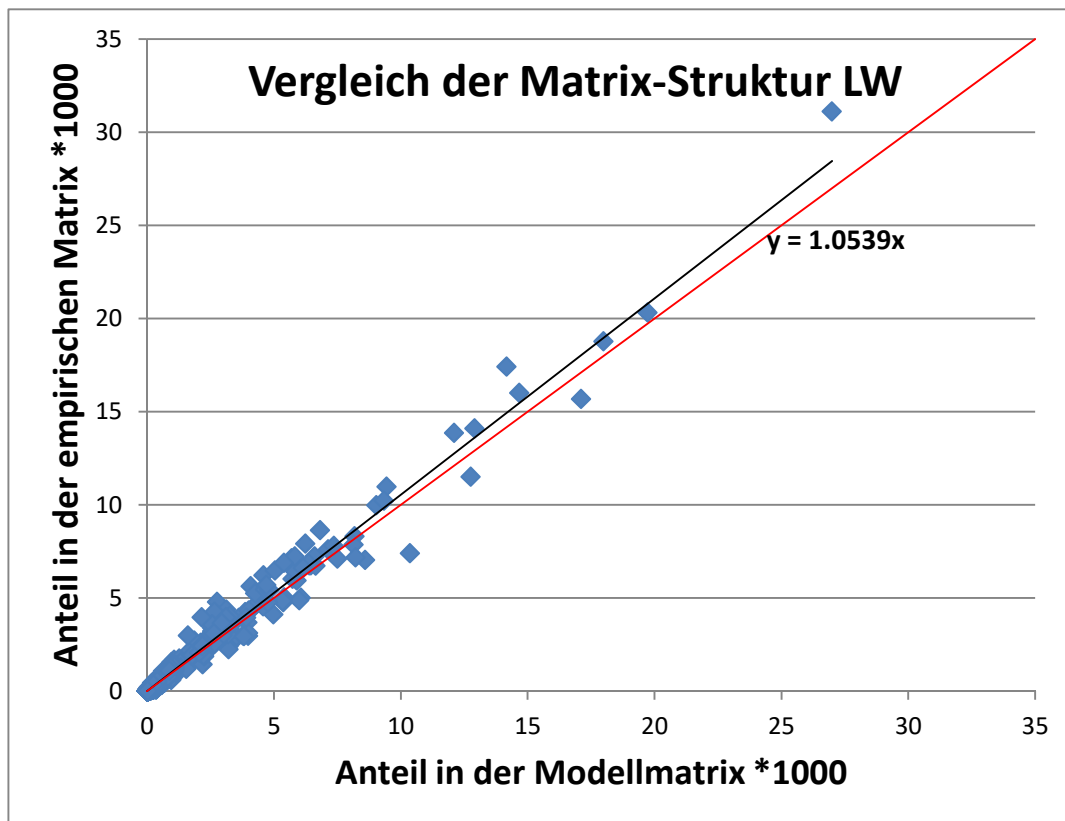


Abbildung 9: Vergleich von Modellmatrix und empirischer Matrix LW in den Anteilen

Die Matrizen zeigen eine gute Übereinstimmung zwischen Modellmatrix und empirischer Matrix. Die Gründe für die leichten Unterschiede sind:

- Die beladenen Fahrten unterscheiden sich, da im Modell mit Durchschnittswerten gerechnet wird.
- Das Modell basiert auf den Transportströmen, die empirischen Daten auf den Transportketten. Die Transportkettendaten besetzen andere Relationen, lange Fahrten sind auf kurze Fahrten verteilt worden.

Die Leerfahrten im Modell sind rein synthetisch.

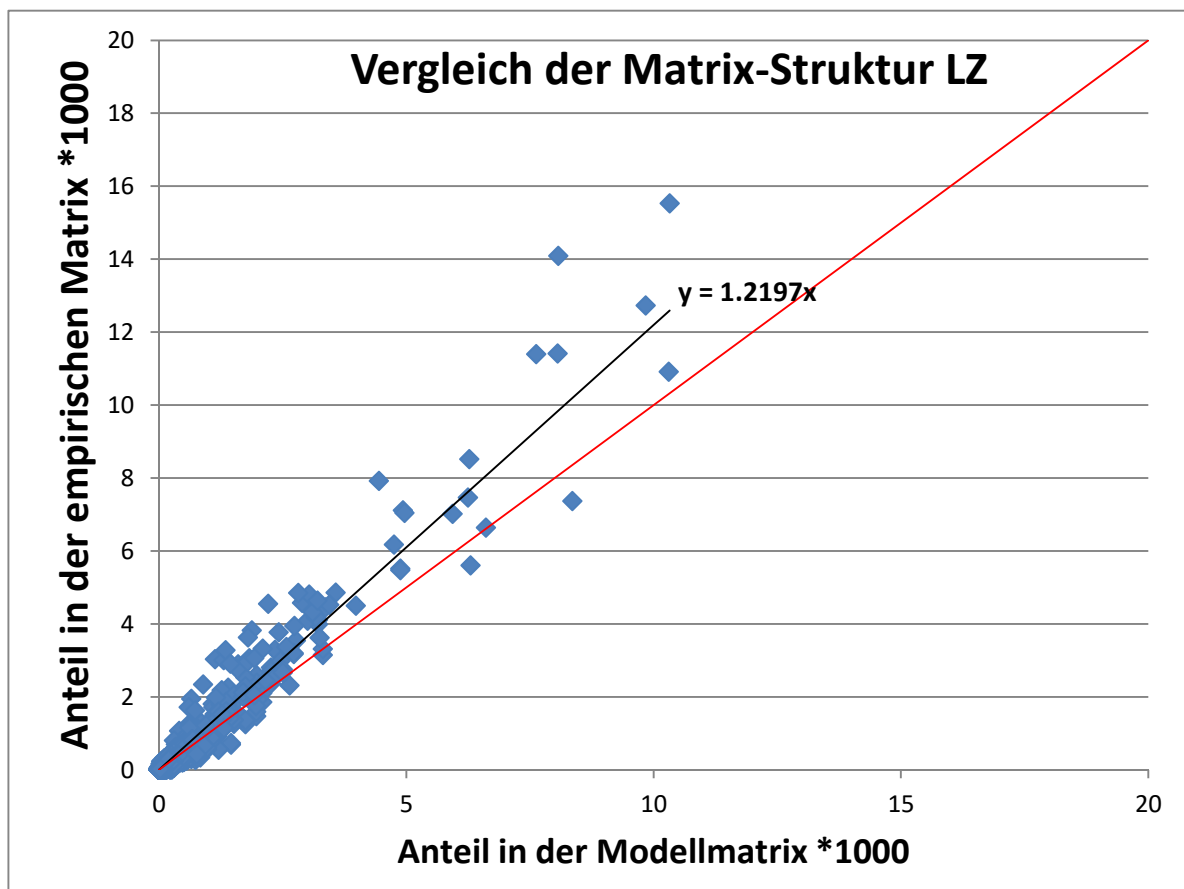


Abbildung 10: Vergleich von Modellmatrix und empirischer Matrix LZ in den Anteilen

Der Unterschied LW und LZ ist dadurch bedingt, dass der LZ einen höheren Anteil an längeren Fahrten vorweist (siehe Abbildung 25) und hier das Vorkommen von Asymmetrien wahrscheinlicher ist und damit das Leerfahrtenaufkommen im Vergleich zum Modell tendenziell zu hoch ist. Eine Korrektur dahingehend wird als nicht notwendig angesehen. Wesentlich ist das generelle Bild des Vergleichs mit einer vergleichbaren Matrixstruktur.

3.3 Disaggregation der Matrizen auf die Zonen- und Netzstrukturen NPVM 2016

Die Disaggregation der Matrizen von MS-Regionen auf Feinzonenebene NPVM 2010 bzw. NPVM 2016 stellt einen Schritt dar, der vor allem die Struktur der Matrix im Nahverkehr determiniert. Die Diagonalelemente der MS-Matrizen, aber auch die Ströme zwischen benachbarten Zonen, enthalten üblicherweise ein hohes Aufkommen dessen Verteilung das Umlegungsergebnis stark beeinflusst. Insbesondere werden die Teile des Aufkommens, die in den Diagonalelementen verbleiben, nicht auf das Strassennetz umgelegt. Im anderen Fall können

auch aufgrund der Grössen der MS-Regionen, Relationen mit höheren Entfernungen relevantes Aufkommen erhalten.

Zwei Ansätze für die Disaggregation stehen zur Auswahl:

- Der rein synthetische Ansatz unter Verwendung von Strukturdaten, wie er in der AMG 2010 realisiert ist. Eine Untervariante ist hier die zusätzliche Berücksichtigung einer Entfernungsgewichtung.
- Die Verwendung der empirischen Matrix auf NPVM 2010er Zonenebene als Zwischenstufe und darauf aufbauend die synthetische Disaggregation mittels Strukturdaten. Eine Entfernungsgewichtung ist auf der letzten Detailstufe dann nicht notwendig (siehe Anhang 7).

3.3.1 Synthetischer Ansatz

Die in der AMG 2010 implementierte Disaggregation von MS- auf Feinzonenebene verwendet folgenden Ansatz:

$$F_{ij} = M_{ab} \cdot q_i \cdot z_j$$

Mit

F_{ij}	Feinstrom, d.h. in NPVM 10 bzw. NPVM 16 von i nach j
M_{ab}	Strom auf MS-Regionesebene von a nach b
q_i	Quellgewicht der Verkehrszelle i
z_j	Zielgewicht der Verkehrszelle j

In der AMG sind die Ansätze für die Gewichte symmetrisch als

$$q_i = z_i$$

was der Tatsache Rechnung trägt, dass aus einer Verkehrszone genauso viele Fahrzeuge hinein- wie herausfahren. Der prinzipielle Gewichtungsansatz stammt aus der AMG 2010 und ist wie schon beschrieben (Kapitel 2.4.5) eine Linearkombination aus Bevölkerung, Beschäftigten des zweiten Sektors (am Arbeitsort) und Verkaufsflächen und wurde im Rahmen dieser Untersuchung aktualisiert.

Die Verwendung einer Entfernungsverteilung bei der Disaggregation der MS-Matrizen wurde im Vorfeld als relevant eingestuft. Insbesondere bei der Disaggregation des Diagonalelements und benachbarter MS-Regionen sind hier Wirkungen zu erwarten. Unter Verwendung der ursprünglichen AMG Matrix wurde die Sensitivität auf diesem Aspekt geprüft. Es stellte sich nur

auf wenigen Strecken mit Zählwerten eine positive Wirkung, d.h. die Verbesserung der Übereinstimmung mit Zählwerten, ein. Ein Test der Methode ist im Anhang dokumentiert, letztendlich wurde die Stufe MS-Region nach NPVM 2010 aber mit der empirischen Matrix durchgeführt, was die Methode obsolet macht.

Insgesamt ist für Ströme des Fernbereichs die Verwendung des bestehenden Disaggregationsansatzes vertretbar. Wesentlich im Fernbereich ist die Bündelung der Mengen auf dem Weg zwischen Quelle und Ziel, die in den meisten Fällen unabhängig von der Disaggregation ist. Die Entfernungsgewichtung für kürzere Wege zeigte nur wenig Verbesserung in der räumlichen Verteilung der Verkehre. Entsprechend wurde im nachfolgenden Ansatz die Option geprüft, über die Verwendung der empirischen GTE-Matrix auf Stufe NPVM 2010 eine Zwischenstufe der Disaggregation einzubauen.

3.3.2 Disaggregation unter Verwendung der empirischen Matrix

Im Nahbereich ist die Disaggregationsmethode wesentlich, da diese die Struktur des Verkehrs innerhalb einer MS-Region definiert. Ein alleiniger Strukturdatenansatz kann die Verhältnisse nur ungefähr widerspiegeln. Ein Beispiel ist in Tabelle 15 für das Diagonalelement der MS-Region Zürich zu sehen.

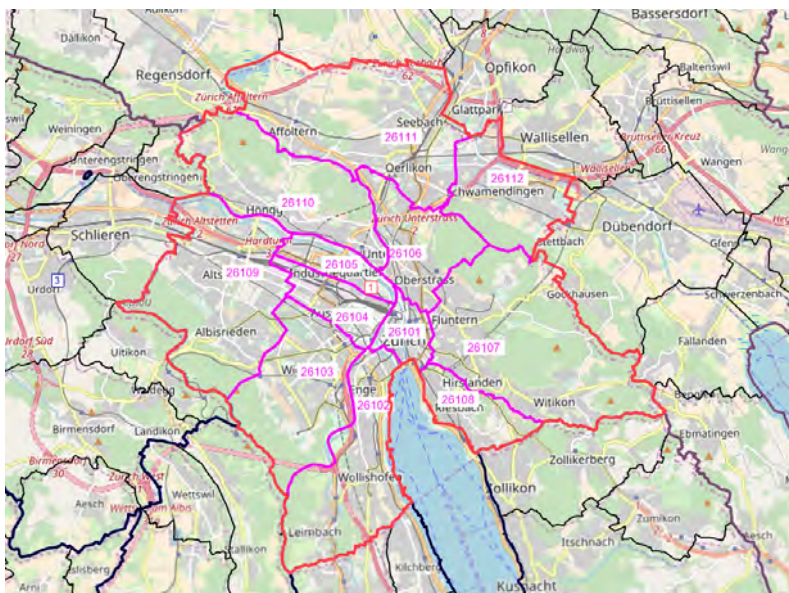


Abbildung 11: Verkehrszonen des NPVM 10 in der MS-Region Zürich

Tabelle 15: Vergleich der disaggregierten und empirischen Matrix (Diagonalelement MS-Region Zürich)

Modell AMG10	26101	26102	26103	26104	26105	26106	26107	26108	26109	26110	26111	26112	Total
26101	15	17	30	22	31	14	15	10	45	15	52	14	282
26102	17	5	17	12	17	8	9	6	25	9	30	8	164
26103	30	17	15	22	31	14	15	11	45	16	53	15	285
26104	22	12	22	8	22	10	11	8	33	11	38	10	208
26105	31	17	31	22	16	14	15	11	46	16	53	14	287
26106	14	8	14	10	14	3	7	5	21	8	25	7	137
26107	15	9	15	11	15	7	4	5	22	8	26	7	143
26108	10	6	11	8	11	5	5	2	16	6	18	5	102
26109	45	25	45	33	46	21	22	16	34	23	78	21	410
26110	15	9	16	11	16	8	8	6	23	4	27	8	151
26111	52	30	53	38	53	25	26	18	78	27	45	25	470
26112	14	8	15	10	14	7	7	5	21	8	25	3	138
Total	282	164	285	208	287	137	143	102	410	151	470	138	2,778

empirische Matrix	26101	26102	26103	26104	26105	26106	26107	26108	26109	26110	26111	26112	Total
26101	74	25	10	20	33	14	12	15	15	3	7	4	230
26102	28	154	26	24	33	7	11	13	25	5	16	7	351
26103	5	24	54	20	25	1	4	12	24	3	6	3	181
26104	16	17	21	40	24	11	8	14	25	4	10	3	193
26105	42	35	27	39	65	13	24	34	48	20	36	17	400
26106	16	5	3	9	16	20	11	7	8	4	16	5	121
26107	12	12	6	9	21	10	47	27	11	5	9	5	172
26108	13	18	11	14	33	7	33	62	19	3	10	4	225
26109	13	24	23	23	37	11	13	19	144	16	38	14	375
26110	2	6	3	6	21	6	3	1	9	17	14	4	92
26111	5	11	6	10	21	15	6	9	26	11	142	51	314
26112	3	5	2	3	9	7	2	6	10	3	49	24	123
TOTAL	228	337	192	217	337	121	174	219	363	95	354	141	2,778

Aus dem Vergleich wird deutlich, dass erhebliche Unterschiede zwischen empirisch beobachteten und über eine strukturdatengewichtete Disaggregation ermittelten Verkehrsströmen bestehen können. Angesichts der guten Übereinstimmung zwischen den Belastungen aus der gepoolten GTE-Matrix mit Zählwerten, wurde den empirischen Verflechtungen eine bessere Eignung für die Disaggregation unterstellt, als mit Strukturdaten. Entsprechend wurde die empirische Matrix im weiteren Projektverlauf als Zwischenstufe der Disaggregation integriert. Bei der - im AMG TM2-Tool implementierten –Methode wird die transportkettendekodierte Matrix auf NVPM 2010er Ebene für die Gewichtung auf Stromebene bei der Disaggregation verwendet.

D.h. für eine Grobrelation mit dem Wert M und zugehörigen Feinrelation ij wird der Feinstrom f_{ij} mittels der Ströme der empirischen Matrix e_{ij} folgendermaßen berechnet:

$$f_{ij} = M \cdot \frac{e_{ij}}{\sum e_{ij}}$$

Sind alle empirischen Feinzonenelemente der entsprechenden MS-Relation gleich Null – was durchaus sein kann, da die transportkettendekodierte Matrix¹³ verwendet wird – werden als Gewichtung die Randsummen der empirischen Matrix verwendet:

$$f_{ij} = M \cdot \frac{q_i z_j}{\sum (q_i z_j)}$$

Mit $q_i = \sum_j e_{ij}$ und $z_j = \sum_i e_{ij}$

d.h. die gesamten Quell- bzw. Zielaufkommen der Verkehrszelle aus dem NPVM 2016.

¹³ Die „Tonnenrelation“ der nicht transportkettendekodierten Matrix ist Eingabegröße für das AMG TM2. Die zugehörige Lkw-Fahrt kann bei der Transportkettendekodierung in andere NPVM 2010 Relationen transformiert werden, was auch zu anderen MS-Relationen führen kann.

3.3.3 Anpassung auf das Kordondesign des NPVM 2016

Eine Disaggregation wird im Allgemeinen durch eine Schlüsselliste beschrieben. Im Fall des NPVM 2016 kommt hinzu, dass im Vergleich zum NPVM 2010 das NPVM 2016 ein Kordonmodell darstellt, d.h. Auslandszonen in grösserer Entfernung zur Schweiz werden nicht direkt abgebildet, sondern deren Verkehre werden am Rand des durch das Modell abgebildeten Raumes in das Netzmodell eingespiessen.



Abbildung 12: Zuordnung (rote Striche) der Aussenzonen NPVM 10 zu den Kordonpunkten (violette Punkte) des NPVM 2016

Hier war es notwendig, eine entsprechende Zuordnung der Zonen ausserhalb des Kordons auf die Kordonzonen durchzuführen. Üblicherweise werden Zuordnungen zu Kordonknoten in Abhängigkeit von Relationen formuliert, da die Ein- und Ausgangspunkte auf dem Kordon durchaus von Quelle und Ziel abhängig sind. Aufgrund der Grösse des Gesamttraums im Vergleich zur Schweiz wurde es als vertretbar angesehen, die Zuordnungen rein zonenbezogen zu definieren, d.h. dass beispielsweise ein Strom von Rotterdam immer einer Kordonzelle zugeordnet ist unabhängig von der Zielzone.

4 Lieferwagenverkehr

Die Lieferwagenmatrix entstammt aus der AMG 2010 und dort unter Anwendung eines aggregierten Kenngrössenmodells synthetisch erzeugt. In Abhängigkeit von Strukturdaten sind dazu Mobilitätskennziffern eingegangen, die anhand der Lieferwagenerhebung ermittelt wurden. Danach wurde ein Verteilungsmodell angewandt, welches die empirisch ermittelte Entfernungsverteilung adäquat reproduziert. Insbesondere wurden hier Sammel- und Verteilfahrten mit mehreren Stopps als Touren mit äquidistanten Fahrten angesehen. Das Modell des Lieferwagenverkehrs wurde bei der Ersterstellung der AMG 2010 erstellt. Es bildet somit – im Gegensatz zur Modellierung des schweren Güterverkehrs – Transportketten ab. Die Methodik zur Erstellung der Matrix für die AMG 2010 ist im Methodenbericht¹⁴ (Kapitel 3.2.8) zur AMG 2010 dokumentiert.

Diese initiale Matrix wurde innerhalb der AMG 2010 auf MS-Regionen aggregiert, um für den Gütertransport von Paketen die Konkurrenzsituation (und damit modale Verlagerungen) mit dem schweren Güterverkehr abbilden zu können. Diese aggregierte Matrix wurde anschliessend, analog zum Modell des Schwerverkehrs, wieder auf das Verkehrszonensystem des NPVM 2010 räumlich disaggregiert. Sinn dieses Vorgehens war es zudem das Modell strukturdatensensitiv zu implementieren ohne das originäre Kenngrössenmodell zu verwenden.

Die so erstellte Matrix wurde anschliessend in einem separaten Auftrag¹⁵ einer Kalibrierung auf Zählwerte unterzogen und in die AMG 2010 integriert.

Es sind somit folgende Matrizen vorhanden:

1. Initiale Matrix aus dem Lieferwagenmodell.
2. Matrix aus der AMG 2010 (aggregiert auf MS-Regionen und disaggregiert auf NPVM 2010-Zonen über Strukturdaten).
3. Kalibrierte Matrix.

Matrix 1 und Matrix 3 (vorliegend jeweils auf Ebene des NPVM 2010) wurden auf die Zonenstruktur des NPVM 2016 disaggregiert und die Übereinstimmung mit den Zählwerten beurteilt.

¹⁴ ARE (2015), Aggregierte Methode Güterverkehr (AMG) – Methodenbericht, Bundesamt für Raumentwicklung, Bern

¹⁵ ARE (2016), nationales Personen- und Güterverkehrsmodell des UVEK – DWV/DTV des Personen-, Güter- und Lieferwagenverkehrs, Bundesamt für Raumentwicklung, Bern.

Auch nach der Disaggregation zeigte sich, dass die kalibrierte Matrix eine bessere Übereinstimmung mit den Zähldaten ausweist. Aus diesem Grund wurde für das weitere Vorgehen (Kalibration auf aktuelle Zähldaten 2016) auf die kalibrierte Matrix abgestellt.

5 Anpassung der Matrizen an die Zähldaten

Gemäss den voranstehenden Kapiteln standen für die Kalibration an die Zähldaten nun folgende (initiale) Matrizen zur Verfügung:

- LI: auf Zähldaten kalibrierte Matrix der AMG 2010, zusätzlich räumlich disaggregiert auf die (neuen) Zonenstrukturen des NPVM 2016;
- LW und LZ: Auf MS-Regionsebene erzeugte Tonnenstrommatrix, die über das Fahrzeugmodell und die gepoolte GTE-Matrix auf NPVM-2010-Ebene disaggregiert wurde und in einem dritten Schritt über Strukturdaten gewichtet auf die (neuen) Zonenstrukturen des NPVM 2016 aufgeteilt wurde.

Der Vergleich der Modellbelastungen gemäss diesen initialen Matrizen auf dem Netzmodell des NPVM 2016 mit den Belastungen an Zählstellen zeigte erwartungsgemäss, dass eine Anpassung der Matrizen für den LW, den LZ/SZ und den LI vorzunehmen ist. Im Lauf der Matrixanpassung waren auch Korrekturen am Netzmodell notwendig, die nachstehend aufgeführt sind.

5.1 Arbeiten am Netzmodell und Auswahl Zählwerte

Für die Verkehrssysteme LW und LZ wurden zusätzliche Elemente in die Widerstandsfunktion aufgenommen. Hierfür wurden die benutzerdefinierten Attribute

- SSP_Zollwiderstand und
- SSP_LWLZWiderstand

eingeführt.

Die Einführung des Attributs SSP_Zollwiderstand war notwendig, um das Befahren von diversen Zollstellen für den überregionalen Verkehr zu verhindern. Dies gilt vor allem für Zollstellen an der Grenze zu Österreich und an den Grenzübergängen am Hochrhein zwischen Basel und Bodensee.

Das Attribut SSP_LWLZWiderstand wurde in wenigen Fällen vergeben, und zwar, wenn bei der lokalen Analyse von Zählstellenabweichungen Alternativrouten gefunden wurden, die bei Sichtprüfungen, offensichtlich nicht für hohe LW-Belastungen ausgelegt sind.

Weiterhin wurde festgestellt, dass im Ausland die Autobahnen für den LW Geschwindigkeiten von über 100km/h zulassen. Dies wurde durch Veränderung der Systemgeschwindigkeiten in den Streckentypattributen bereinigt. Hinzuzufügen ist, dass dies auch dazu führte, dass bei

der Umlegung eine nicht realistische Zunahme der Verkehre an kleinen Zollstellen festzustellen war, was die eingangs genannte Vergabe von Zollwiderständen notwendig machte.

An den für den Güterverkehr bedeutenden Zollstellen Basel/Weil und Rheinfelden weist das Modell eine Bevorzugung von Basel gegenüber Rheinfelden aus. Prinzipiell kann durch die im Modell vorhandenen Attribute die Kapazitätssituation an den Zollstellen nicht adäquat abgebildet werden. Um dies steuern zu können, wurden die ursprünglichen Übergänge für LW und LZ gesperrt und kurze Bypassstrecken eingefügt, die nur von LW und LZ befahren werden können. Auf diesen Bypässen konnte durch Festlegung des Attributs SSP_Zollwiderstand sowie der Streckenkapazität, die sich an der Durchlasskapazität orientiert, eine realitätsnahe Aufteilung der Verkehre eingestellt werden.

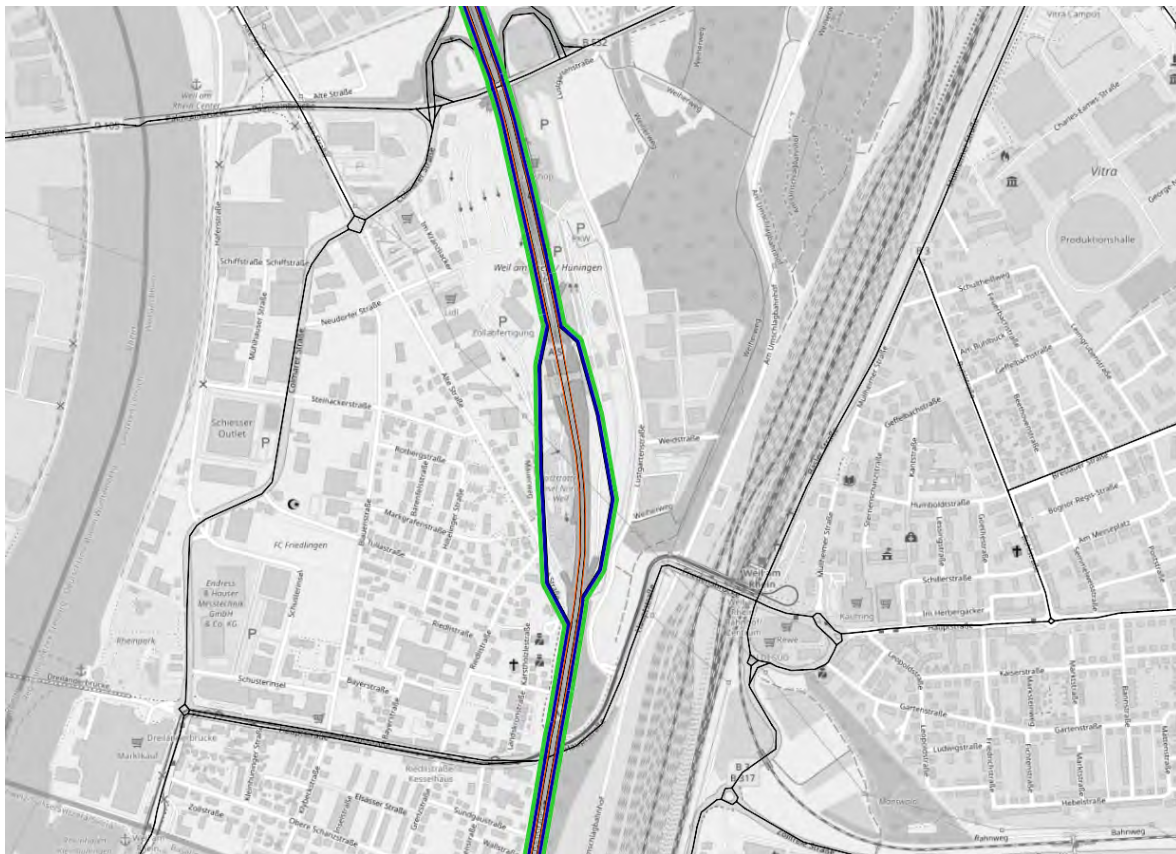


Abbildung 13: eingefügter LW/LW-Bypass bei Weil am Rhein (Balken zeigen umgelegte LW- bzw. LZ-Verkehre)

Die Aufteilung der Verkehre erfolgt nicht aufgrund der Eigenschaften des Strassennetzes (Geschwindigkeit, Kapazität), sondern allein durch den eingefügten Widerstand im Zusammenhang mit dem Fahrtziel: Verkehre BAB 5 – Deutschland Richtung Zürich belasten die Strecke

über Rheinfelden, Verkehre Richtung Belchen fahren über den Grenzübergang Weil am Rhein. Die mittels der Widerstände generierten Grössenordnungen entsprechen hierbei den Werten an den Zählstellen. Die Aufteilung ist dabei nicht durch die Anpassung aufgezwungen. Bei der Durchführung der Matrixanpassung mittels VSTROM-Fuzzy wurde mit einem Bestweg-Verfahren gerechnet. Hierbei fährt der Verkehr – bis auf geringen lokalen Verkehr – über die Zollstelle Basel/Weil. Deshalb wurden auf die Zählwerte zwischen Basel/Weil und Rheinfelden für die Anpassungsrechnung die zusätzlichen Verkehre aus Rheinfelden addiert. Bei der dann folgenden Umlegung mit Einführung eines zusätzlichen Widerstandsoffsets in Basel/Weil, ergab sich eine in zu den Zählwerten passende Aufteilung der Verkehre, die wie beschrieben nicht durch die Kapazität gesteuert wird, sondern dann allein von der Quell-Ziel Beziehung abhängt.

Es wurde vorab geprüft, welchen Einfluss die Umlegungsmethode auf das Umlegungsergebnis hat. Da nur sehr wenige Mehrfachanbindungen im Modell verwendet werden und die LW-Belastungen die Strecken nicht so auslasten, dass die CR-Funktionen ausschlaggebend werden, sind die Umlegungsergebnisse gemäss Gleichgewichtsverfahren und Sukzessivverfahren (Bestweg) ähnlich. Aus diesem Grund wurde die gesamte, iterative Anpassungsrechnung im Sukzessivverfahren gerechnet, was den Rechenzeitbedarf deutlich reduzierte.

Die zur Verfügung stehenden Zählwerte für die Matrixanpassung wiesen teilweise die Bezeichnung «Fahrzeugunterscheidung» aus. Damit waren Zählwerte markiert, für die keine differenzierten Zählungen nach den Fahrzeugkategorien LI, LW, LZ vorlagen, sondern über pauschale Faktoren Anteile gebildet wurden. Die derart generierten Zählwerte stellten sich bei der Matrixanpassung als problematisch heraus. Wurden sie verwendet, zeigte sich beim Vergleich der Wirkungen durch die Anpassung auf die Aufkommen, dass in Genf das Diagonalelement der MS-Regionen unplausible starke Zuwächse erfährt. Auf eine Berücksichtigung von über konstante Anteile ermittelten Zählwerten bei der Matrixanpassung wurde im Folgenden verzichtet. Beim Vergleich Modellbelastung mit Zählwerten sind diese jedoch in der Funktion als Detektoren für eventuell zu hohe SGV-Belastungen aufgenommen, da zu hohe SGV-Belastungen im Hinblick auf die Widerstandsberechnung im Personenverkehrsmodell verzerrend wirken können. Im Raum Genf wurden zudem einige weitere Zählstellen – vor allem um den Flughafen und an der östlichen Seeuferseite – nicht berücksichtigt, da die LW/LZ-Werte nicht plausibel erschienen, insbesondere nach Sichtprüfung mit Google Street View. Dabei wurden auch Zählwerte von kleinen Grenzübergängen CH-FR mit unplausibel hohen SGV-Zählwerten ausgeschlossen.

5.2 Durchführung der Anpassung

Die eigentliche Anpassungsrechnung besteht aus zwei Teilschritten, jeweils für LW, LZ und LI. Im ersten Schritt werden Abweichungen analysiert, die durch den Fernverkehr – und deshalb vor allem auf Autobahnen – hervorgerufen werden und dort zu einem Bild führen, indem mehrere Abschnitte hintereinander in ähnlicher Weise betroffen sind. Weiterhin gibt es Bereiche, z. B. Belchen oder Gotthard, wo man davon ausgehen kann, dass die Gesamtmenge des Verkehrs weder von starken lokalen Verkehren überlagert noch von lokalem Routing beeinflusst werden. Im Gegensatz dazu ist der Raum um Härkingen durch eine Vielzahl von Logistik-Anlagen und der Autobahn geprägt. Dort werden oft Stauzustände festgestellt.

5.3 Manuelle Anpassung

Die Vorgehensweise der manuellen Anpassung ist wie folgt:

- Auswahl der Strecken mit den Zählwerten für die manuelle Anpassung.
- Berechnung der Spinnen (jeweils eine Einzelstrecke), die die Ströme über die Zählstelle ausweisen.

Die Anpassung wird dann extern in einem Skript berechnet. Hierzu wird der Sollwert zugespielt und der Korrekturfaktor bestimmt. Insbesondere wenn Spinnen Überlappungen aufweisen, wird die Korrekturroutine auf diese Weise mehrfach iterativ durchlaufen. Weiterhin wurde das Korrekturskript so erstellt, dass auch Sollwerte getrennt für Transit, Export/Import und Summe dieser Verkehre durchgeführt werden können. Folgende manuelle Korrekturen wurden durchgeführt.

Für den LZ:

- A3 Grenze Frankreich/Schweiz St. Louis/Basel: Transit und Export/Import
- A1 St. Margarethen: Summe
- E41 Thanygen: Summe
- A2 Grenze Weil am Rhein: Export/Import und Transit (als Summe von Weil am Rhein und Rheinfelden)
- A2 Grenze Chiasso: Export/Import
- A2 Belchen: Summe

Für den LW:

- A1 Kreuz Härkingen Ost-West Beziehung im Knoten (beide Richtungen)

Im Unterschied zum LZ zeigen die Abweichungen beim LW eine deutlich höhere Varianz, was seine Ursache in höheren Aufkommensanteilen im Nahverkehr hat. Auf Fernverkehrsstrecken zeigen Zählwerte so wie auch Belastungen eine Korrelation über längere Entfernungen, was auf Strecken, die hauptsächlich vom Nahverkehr befahren werden, nicht gilt.

Für den LI:

- A1 und A3 iterative Anpassungen verschiedener Richtungen im Kreuz Härkingen

5.4 Singuläre Verkehrserzeuger

Singuläre Verkehrserzeuger beschreiben Einflüsse von speziellen Einrichtungen auf den Güterverkehr, die nicht durch Strukturdaten abgebildet werden. Hierzu gehören u.a. Unternehmen der Produktion mit großem Outbound (Papierindustrie, Raffinerien), Inbound (fossile Kraftwerke) oder Standorte mit ausgeprägter Logistikfunktion (KV-Terminals, Lager von Automobilteilen). Diese sind aber eher selten in der Schweiz.

Im TM2 ist die Möglichkeit implementiert einen gewissen Anteil der Verkehre grosser singulärer Verkehrserzeuger auf einzelne Zonen des NPVM 2010 zu gewichten, d.h. allein die Verteilungsgewichtung in der Stufe MS-Region zu NPVM 2010 Verkehrszellen zu verändern. Die prinzipielle Möglichkeit dies durchführen zu können, ist sicher sinnvoll. Dies stellt aber vor allem ein Instrument der Kalibrierung anhand von Zählstellen dar bei der initialen Matrixerstellung dar. Damit können lokale Gegebenheiten besser abgebildet werden. Hierzu sind valide Aufkommensschätzungen bzw. –daten oder Zählwerte notwendig, idealerweise beides. Die avisierte Genauigkeit ist in einem nationalen Modell nicht flächendeckend möglich und mit vertretbarem Aufwand nur in Teilnetzmodellen zu implementieren.

Der prinzipielle Ansatz der AMG besteht darin, dass über die Verwendung des empirischen Datensatzes der GTE die Verkehre von singulären Verkehrserzeugern in der Matrixstruktur enthalten sind. Wird bei der Kalibration der Matrix an die Zähldaten jedoch festgestellt, dass fehlende Verkehre ursächlich durch einen singulären Verkehrserzeuger hervorgerufen werden, kann dieser ergänzt werden. Bei der Generierung der aktuellen Matrizen des NPVM 2016 wurden auf dieser Stufe keine singulären Verkehrserzeuger definiert.

Punktuell wurden manuelle Eingriffe in die Gewichtung grosser Erzeuger bzw. vermeintlich grosser Erzeuger in Basel in einem iterativen Schritt während der Kalibration vorgenommen, da hier lokale Verkehre stark auf Fernverkehre (Transit) wirkten. Auffällig sind hier Verkehrszonen, die hohe Aufkommen generieren (u.a. der ROCHE-Turm) aber hauptsächlich Verwaltungs- und F&E Tätigkeiten der Unternehmen beinhalten, sowie z.B. der Hafen Kleinhüningen

und der Standort Basel-Wolf (Logistikstandort), die deutlich zu wenig Aufkommen generierten. Für den Hafen Kleinhüningen standen von den Rheinhäfen Basel gelieferte Werte zum Aufkommen zur Verfügung. Für den Standort Basel-Wolf wurde anhand der Zählwerte eine Schätzgrösse pragmatisch vorgegeben. Die Einstellung auf die gewünschten Aufkommen ist im Tool in der Tabelle STRUCKNPVM2016, die die Feinstrukturdaten auf NPVM 2016er Ebene bereitstellt, möglich. Hier sind Spalten für Korrekturfaktoren eingeführt, die zu einer Änderung der Gewichtung der jeweiligen Feinzellen führen. Diese Einstellungen sind für Kalibrationszwecke für einzelne Verkehrszellen vorgesehen und manuell einzutariieren.

5.5 Automatische Anpassung

Für die letzte Stufe der Anpassung war die Durchführung einer VSTROM-Anwendung im Gesamtmodell vorgesehen. Eine erste durchgeführte Anpassung dieser Art zeigte jedoch eine zu starke Auswirkung auf weitere Eckwerte, wie z.B. die Fahrleistungen im Transit, wodurch die Übereinstimmung mit den offiziellen Leistungseckwerten des BFS nicht mehr gegeben war.

In der Summe der Fahrleistungen sind die Statistiken des BFS sehr genau, da sie mit der LSVA auf einer Vollerhebung basieren. In der Aufteilung nach Hauptverkehrsbeziehungen verwendet das BFS die Stichprobenerhebungen GQGV und GTE, die folglich mit gewissen Unsicherheiten behaftet sind. Ein Ziel der Kalibration ist es, neben der Annäherung an die Zählwerte bei Einhaltung der grundsätzlichen Matrixstrukturen (Aufkommen, Fahrtlängenverteilungen), die Eckwerte des BFS adäquat zu reproduzieren. Es ist zu bemerken, dass als weitere Grösse auch die Umrechnung vom DWV in Jahreswerte eine Rolle spielt. Eine exakte empirische Basis für die quantitative Behandlung dieses Aspekts liegt nicht vor, die Festlegung des Parameters im Projekt ist in Kapitel 2.4.3 dokumentiert.

Die grundsätzliche Problematik der einheitlichen, gesamten Anpassung im Modell liegt darin, dass im Nahbereich starke Unsicherheiten in den Matrizen bestehen. Vor allem ist davon auszugehen, dass die strukturdatenbasierte Disaggregation der Matrizen tendenziell zu einer Verteilung der realen Ströme auf zu viele Relationen führt. Durch die Anpassung werden einzelne Relationen hochgerechnet, die sich auch auf Fernverkehrsstrecken auswirken. Es besteht dann die Gefahr, dass in der Anpassung von der Grössenordnung her plausible Belastungen des langlaufenden Fernverkehrs heruntergerechnet werden. Dies wurde z.B. für den Transitverkehr zwischen Basel-Chiasso beobachtet, der durch Zählstellen im Raum Basel, im Logistikraum Härkingen, im Raum Luzern und im Raum Lugano deutlich minimiert wurde, so dass die Transitleistung des BFS nicht erreicht werden konnte. Aus diesem Grund wurde die automatische Anpassung für den LW und LZ und die Verkehrsarten sequentiell durchgeführt.

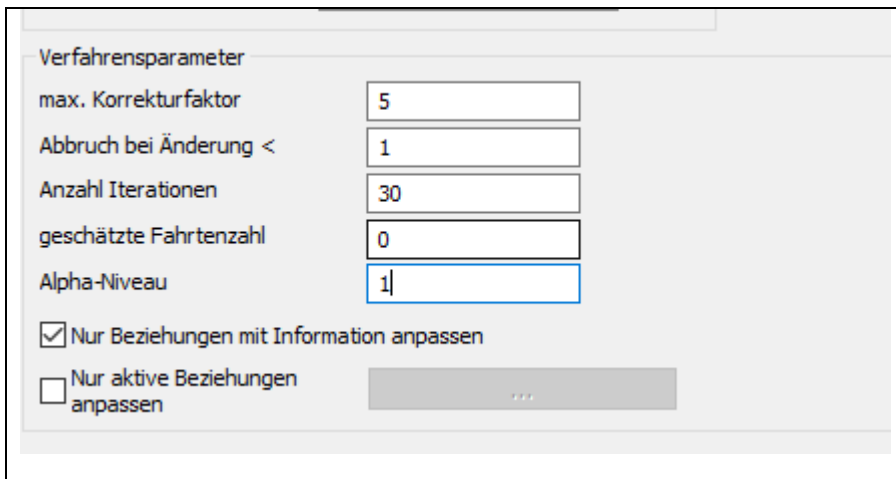
- Der Transit wird auf die Leistung des BFS normiert und festgehalten.
- Im nächsten Schritt wird der Export/Import durch Zählstellen an Grenzen einer Anpassung mittels VSTROM-Fuzzy unterzogen.
- Im nächsten Schritt wird der Binnenverkehr angepasst. Für den LZ wurde dabei nur der Verkehr unter 100 km für die Anpassung verwendet.
- Zuletzt wird der Verkehr des LW unter 50 km, der keine Zählstellen trifft, mit einem Faktor korrigiert, um eine bessere Übereinstimmung mit der Leistung des BFS zu erhalten.
- Der LI wurde durch einen von VSTROM-Fuzzy (siehe Abbildung 13) auf Basis des Gesamtmodells angepasst.

Die Anpassung LW und LZ wurde in einem gemeinsamen VISUM-Verfahrensablauf eingebaut. Für die Teilauswahl der Matrix – also die Auswahl der Hauptverkehrsbeziehungen oder des Entfernungsbereichs - wurde nicht auf eine Filtermatrix in VISUM zurückgegriffen, da sich sonst negative Zählwerte ergeben können, wenn z.B. der Transit an einer Zählstelle den gezählten Wert übertrifft.

Alternativ wurden die nicht anzupassenden Teile der Matrix umgelegt und die sich ergebenden Belastungen von den Zählwerten abgezogen und danach VSTROM-Fuzzy gestartet. Da vereinzelt auftauchende negative Zählwerte so nicht berücksichtigt werden, wurden diese auf 1 gesetzt. Die Endkontrolle - insbesondere die negativen Zwischen-Zählwerte betreffend - besteht dann im Vergleich Modellbelastung/Zählwerte nach Umlegung.

Das implementierte Verfahren bedarf einer externen Bearbeitung der Matrizen, was mit externen Skripten, die über das VBA-AddIn in den VISUM-Verfahrensablauf aufgerufen werden, realisiert wurde.

Das eigentliche VSTROM wurde mit den in Abbildung 15 aufgeführten Einstellungen aufgerufen. Insbesondere wurde die Einstellung, dass der durchschnittliche Anpassungsfaktor auf nicht von der Anpassung betroffene Ströme, also Ströme die nicht über Zählstellen fahren, angewandt wird, nicht gewählt.



Verfahrensparameter	
max. Korrekturfaktor	5
Abbruch bei Änderung <	1
Anzahl Iterationen	30
geschätzte Fahrtenzahl	0
Alpha-Niveau	1
☒ Nur Beziehungen mit Information anpassen	
☐ Nur aktive Beziehungen anpassen	...

Abbildung 14: Verfahrensparameter VSTROM

Nach Anpassung und finaler Umlegung im Gleichgewichtsverfahren wurden folgende Auswertungen durchgeführt:

- Ausweisung der Scatterplots, also der Vergleich Modell- und Zählwert.
- Ausweisung der Leistungseckwerte für Binnenverkehr, Export/Import und Transit.
- Ausweisung der Entfernungsverteilungen.
- Ausweisung der Veränderungen der Aufkommen auf Ebene der MS-Regionen.

Diese sind auf den folgenden Seiten aufgeführt.

5.5.1 Vergleich Modell-/Zählwerte anhand von Scatterplots

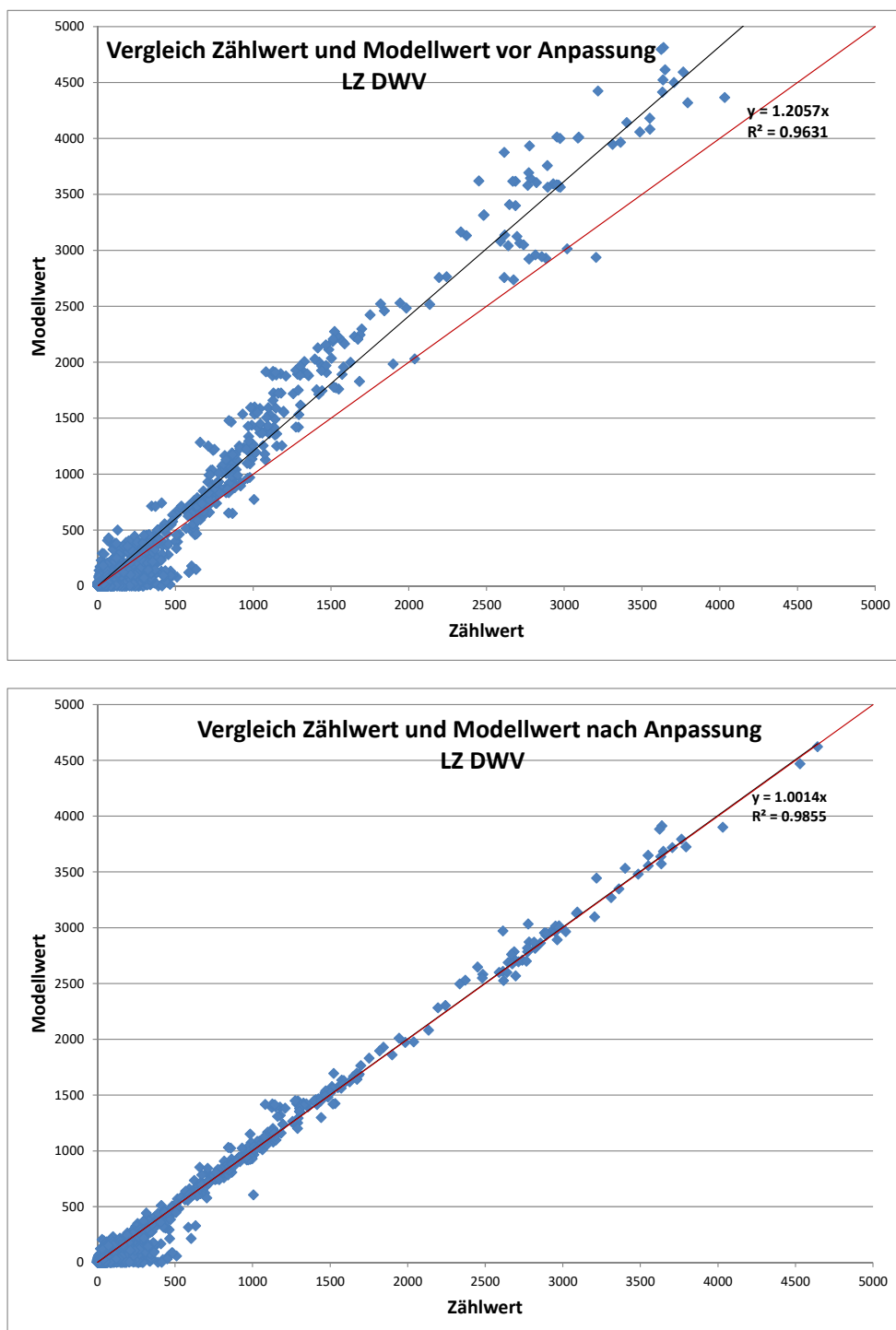


Abbildung 15: Vergleich von Modell und Zählwert LZ – vor (oben) und nach (unten) Anpassung

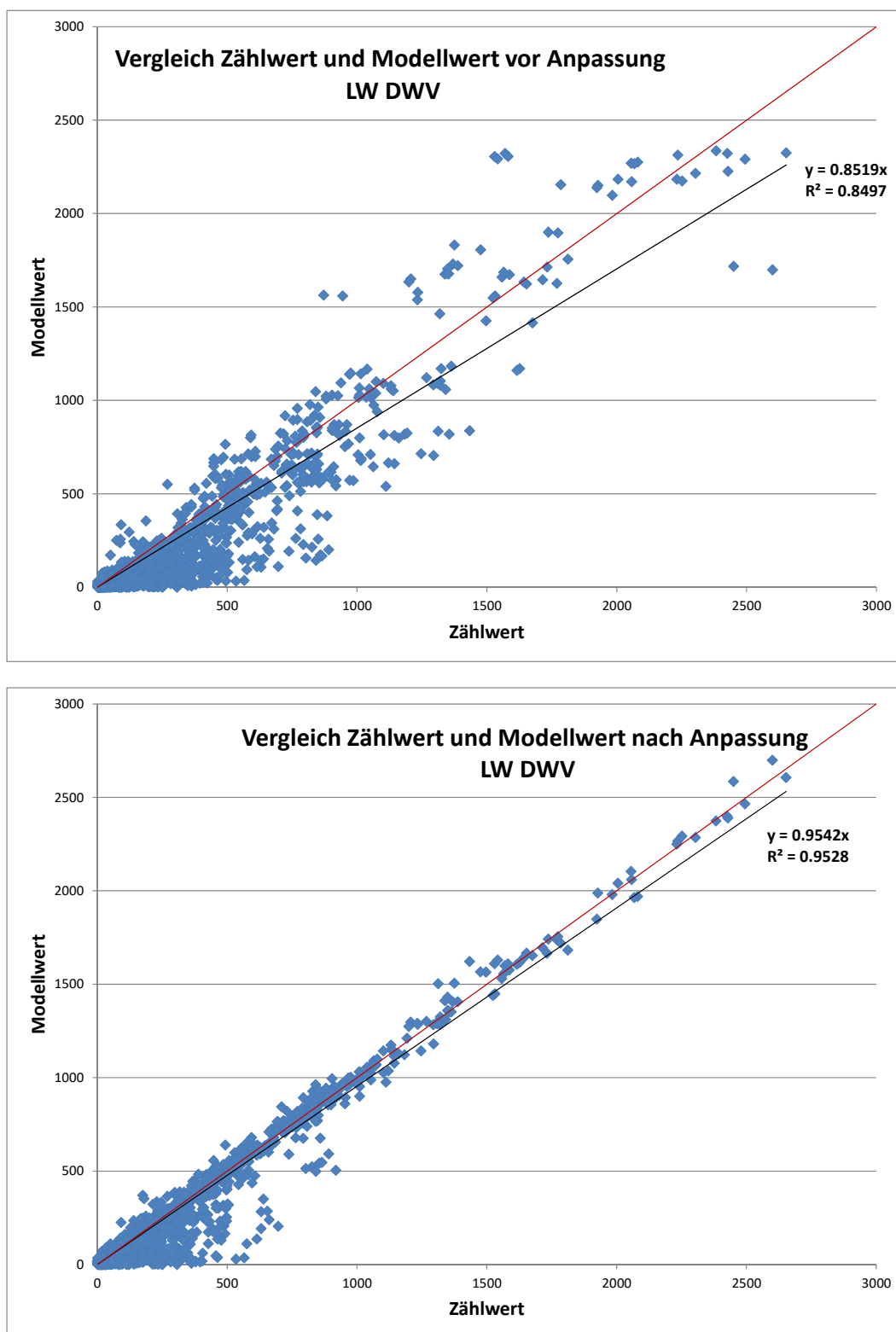


Abbildung 16: Vergleich von Modell und Zählwert LW – vor (oben) und nach (unten) Anpassung

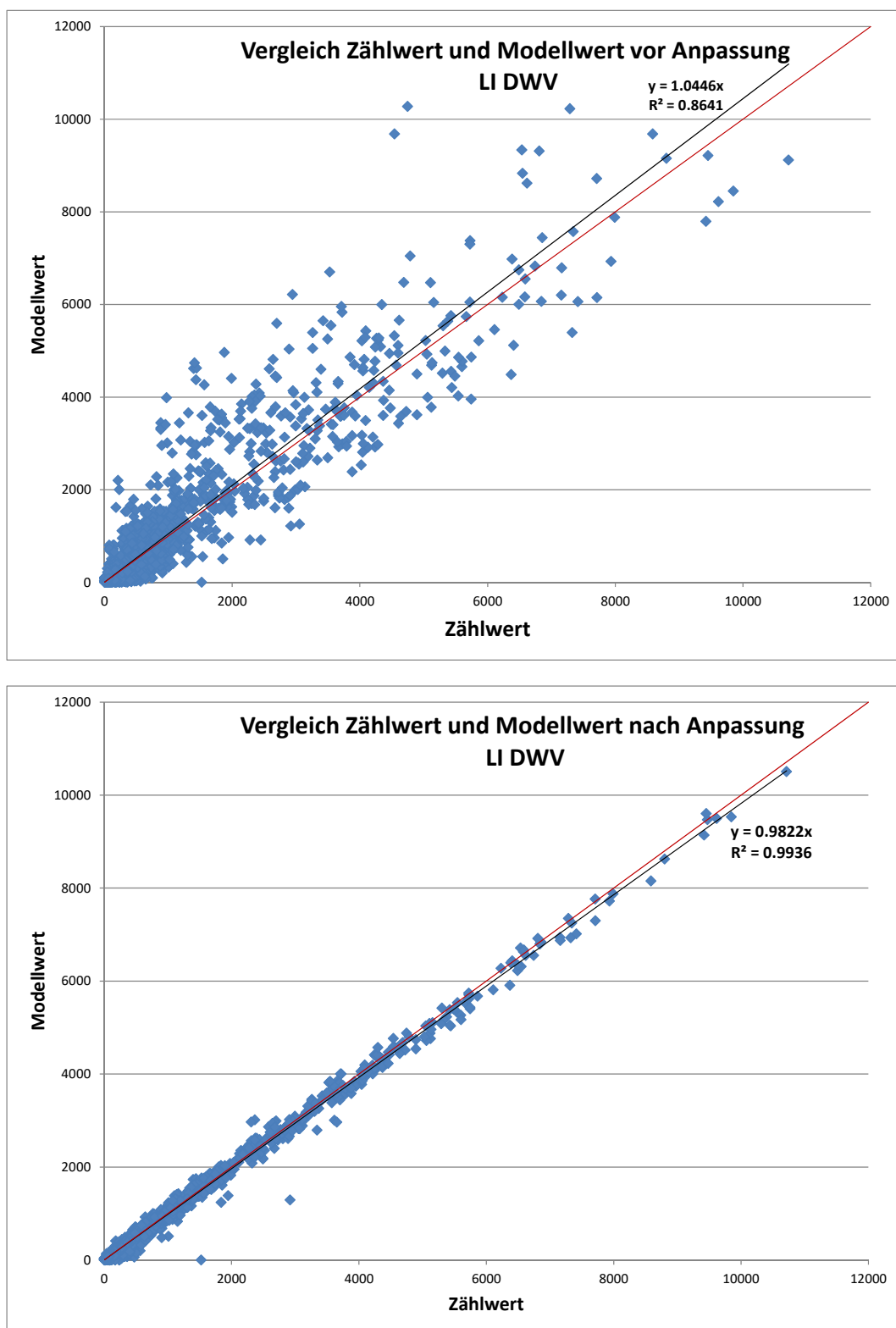


Abbildung 17: Vergleich von Modell und Zählwert LI – vor (oben) und nach (unten) Anpassung

Bei den obigen Abbildungen ist generell zu berücksichtigen, dass auch Zählwerte, die bei der Kalibration ausgeschlossen wurden, im Streudiagramm enthalten sind. Beim LW sind die Abweichungen im Bereich kleiner Belastungen auffallend. Hier handelt es sich aber vor allem um Zählstellen, die bei der Matrixanpassung nicht berücksichtigt wurden, weil keine originäre Fahrzeugklassifikation attribuiert ist. Aufgrund der Eigenheiten des Güterverkehrs ist es problematisch, Zähldaten mit pauschalen Güterverkehrsanteilen am Gesamtverkehr zu berechnen. Die Auswertung nur der Zählstellen, die in die Anpassung eingingen zeigt eine gute Übereinstimmung zwischen Modell- und Zählwerten (siehe Abbildung 18 bis Abbildung 20).

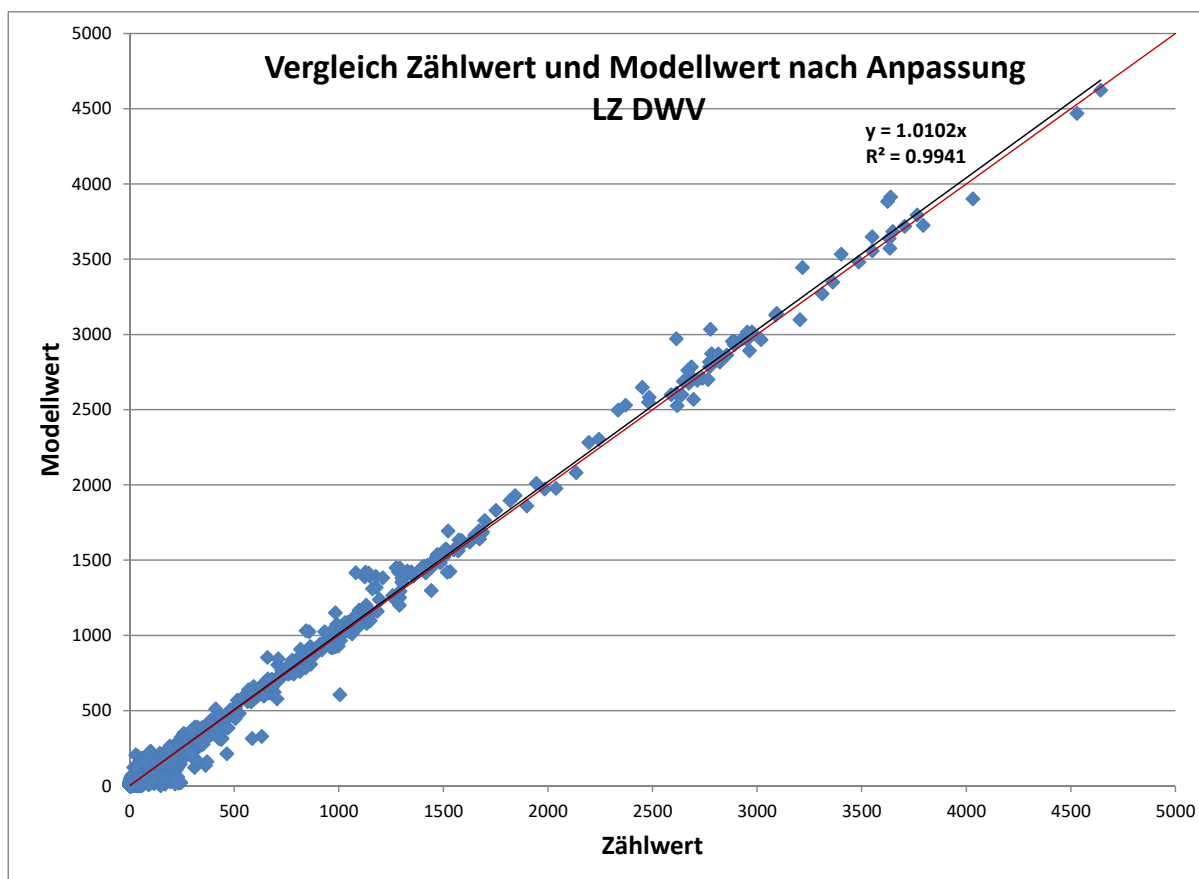


Abbildung 18: Vergleich von Modell und Zählwert LZ nach Anpassung – nur Zählwerte die eine Fahrzeugtrennung ermöglichen

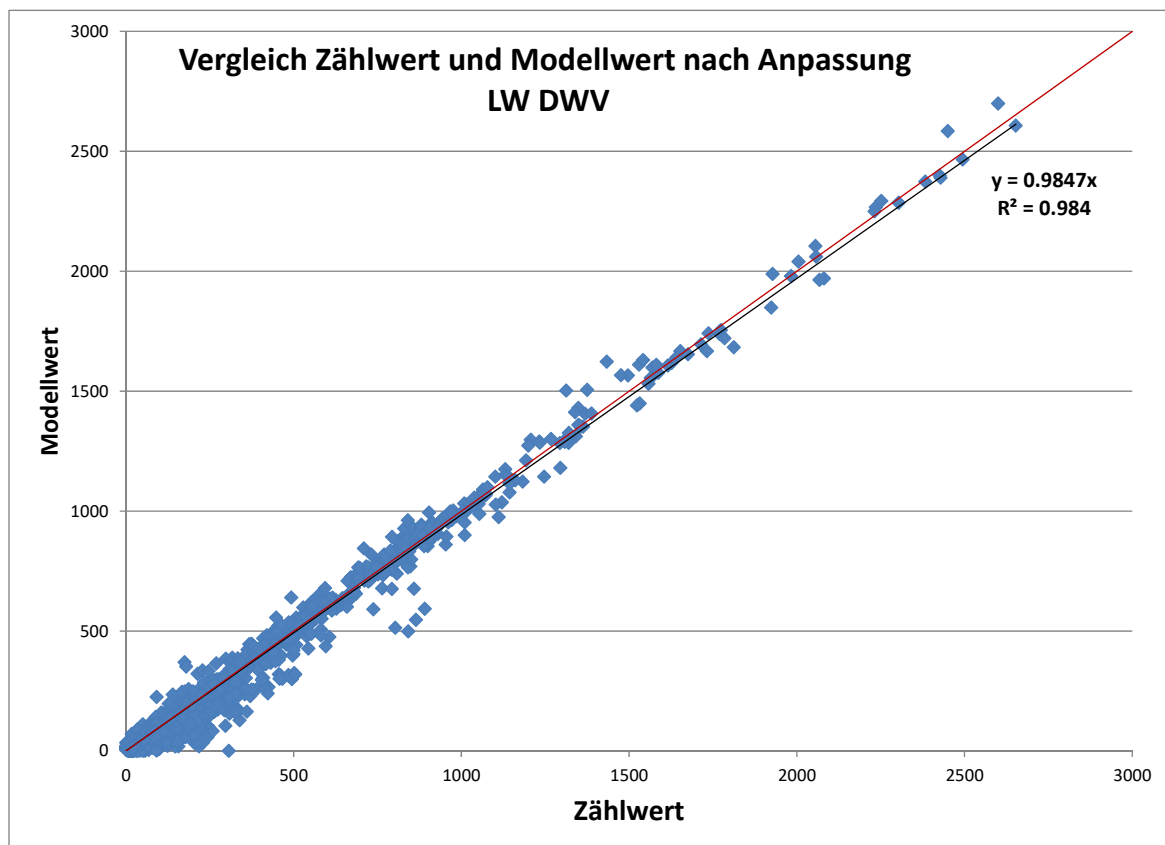


Abbildung 19: Vergleich von Modell und Zählwert LW nach Anpassung – nur Zählwerte die eine Fahrzeugtrennung ermöglichen

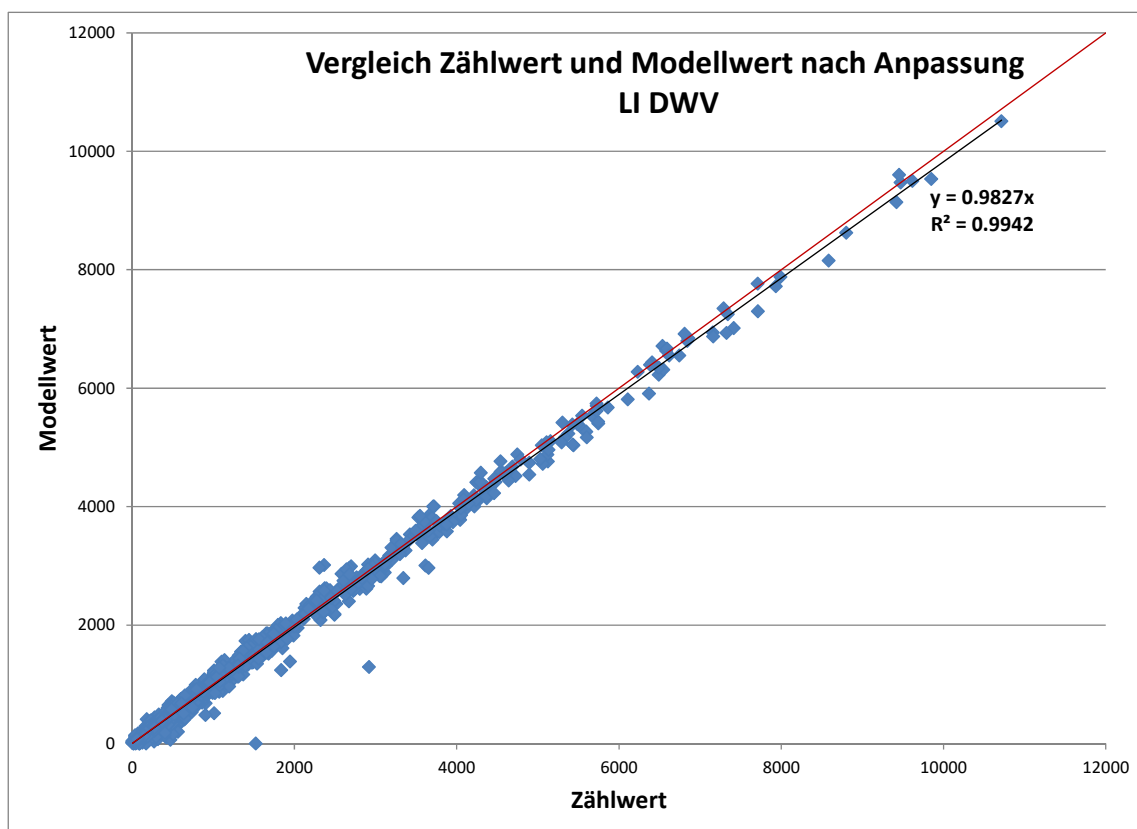


Abbildung 20: Vergleich von Modell und Zählwert LI nach Anpassung – nur Zählwerte die eine Fahrzeugtrennung ermöglichen

5.5.2 Eckwerte

Innerhalb des Anpassungsverlaufs im Bestwegverfahren wurde ein Abgleich mit den Eckwerten des BFS durchgeführt. Hierzu wurde eine Kenngrössenmatrix erstellt, die für alle Relationen die Streckenlängen in der Schweiz aufsummiert. Die Entfernungen der Diagonalelemente wurden mit dem im Anhang beschriebenen Verfahren berechnet.

Der Vergleich der Leistungen verlangt eine Hochrechnung der berechneten DWV-Ergebnisse auf das Gesamtjahr (bezüglich der verwendeten Faktoren siehe Kapitel 2.4.3). Ein Vergleich der Fahrleistungen mit den Eckwerten des BFS ist nur als Summe von LW und LZ möglich (siehe Tabelle 17), da die Fahrzeugdefinitionen zwischen BFS und AMG-Modell unterschiedlich sind. Während die Gesamtleistung für LW und LZ vor und nach Anpassung mit rund 2,3 Mrd. FzgKm fast identisch bleibt, verändern sich die Leistungswerte differenziert nach Verkehrsarten. Nach Anpassung ist die Übereinstimmung mit den Auswertungen des BFS deutlich besser.

Die sich ergebende Steigerung im Binnenverkehr ist plausibel, da aus der GTE eine zu geringe Leistung zu erwarten war. Dass die gesamte Fahrleistung nicht steigt, was aus dem Vergleich der initialen Umlegungen mit den Zählwerten zu erwarten wäre, liegt an der Reduzierung des grenzüberschreitenden Verkehrs durch die Berücksichtigung der BFS-Werte im Kalibrierungsprozess.

Die Abdeckung des Netzes mit Zählwerten ist etwas heterogen, d.h. die zu hohen Belastungen durch die grenzüberschreitenden Verkehre wird an relativ weniger Zählwerten gemessen, als die zu geringen Belastungen im übrigen Netz.

Tabelle 16: Eckwerte der Anpassung – in der „Bestweg“-Version

Eckwerte vor Anpassung

		DVW			Jahreswert (Mio. FzgKm)	
		LW	LZ	LW+LZ	LW+LZ	BFS-Wert
Aufkommen Fahrten	Binnen	141'124	52'151			
	Export/Import	5'203	20'330			
	Transit	456	4'160			
	TOTAL	146'783	76'642			
Leistung FzgKm	Binnen	3'201'603	2'758'437	5'960'040	1'550	1'685
	Export/Import	260'983	1'773'319	2'034'302	529	405
	Transit	23'796	771'236	795'033	199	145
	TOTAL	3'486'382	5'302'992	8'789'374	2'277	2'235

Eckwerte nach Anpassung

		DVW			Jahreswert (Mio. FzgKm)	
		LW	LZ	LW+LZ	LW+LZ	BFS-Wert
Aufkommen Fahrten	Binnen	180'956	62'242			
	Export/Import	7'689	15'869			
	Transit	456	3'332			
	TOTAL	189'101	81'442			
Leistung FzgKm	Binnen	3'752'899	2'785'334	6'538'234	1'700	1'685
	Export/Import	376'470	1'291'771	1'668'241	434	405
	Transit	23'736	561'408	585'145	146	145
	TOTAL	4'153'105	4'638'514	8'791'619	2'280	2'235

Differenz der Eckwerte nach/vor Anpassung

		DVW			Jahreswert (Mio. FzgKm)
		LW	LZ	LW+LZ	LW+LZ
Aufkommen Fahrten	Binnen	39'832	10'090		
	Export/Import	2'486	4'461		
	Transit	0	829		
	TOTAL	42'318	4'800		
Leistung FzgKm	Binnen	551'297	26'897	578'194	150
	Export/Import	115'487	481'548	366'061	95
	Transit	60	209'828	209'888	52
	TOTAL	666'723	664'479	2'244	3

Für den LI weist das BFS ebenfalls einen Leistungswert aus, der sich jedoch nur auf die Schweizer Fahrzeuge bezieht. Eine grenzquerende Erhebung zum Lieferwagenverkehr wird bisher vom BFS nicht durchgeführt.

Tabelle 17: Eckwerte für den Lieferwagenverkehr

Eckwerte vor Anpassung

		DVW	Jahreswert (Mio. FzgKm)	
		LI	LI	BFS-Wert
Aufkommen Fahrten	Binnen	2'211'201		
	Export/Import	26'388		
	Transit	9'924		
	TOTAL	2'247'513		
Leistung FzgKm	Binnen	16'070'810	4'452	4'269
	Export/Import	923'474	256	
	Transit	45'351	13	
	TOTAL	17'039'635	4'720	

Eckwerte nach Anpassung

		DVW	Jahreswert (Mio. FzgKm)	
		LI	LI	BFS-Wert
Aufkommen Fahrten	Binnen	2'450'158		
	Export/Import	27'948		
	Transit	10'966		
	TOTAL	2'489'072		
Leistung FzgKm	Binnen	16'946'920	4'694	4'269
	Export/Import	798'142	221	
	Transit	88'696	25	
	TOTAL	17'833'758	4'940	

Differenz nach/vor Anpassung

		DVW	Jahreswert (Mio. FzgKm)
		LI	LI
Aufkommen Fahrten	Binnen	238'957	
	Export/Import	1'561	
	Transit	1'042	
	TOTAL	241'559	
Leistung FzgKm	Binnen	876'110	243
	Export/Import	- 125'331	35
	Transit	43'345	12
	TOTAL	794'124	220

Daher kann der BFS-Wert in Tabelle 17 keinem Modellwert direkt zugewiesen werden. Am ehesten ist er mit dem Binnenverkehrswert vergleichbar. Wird in Betracht gezogen, dass

- der BFS-Wert eine Schätzung ist,
- die Zählwerte gerade im Lieferwagenverkehr mit höheren Ungenauigkeiten behaftet sind und
- die Leistung ausländischer Lieferwagen nicht bekannt ist,

kann die in Summe höhere Fahrleistung des Lieferwagenverkehrs als plausibel eingestuft werden. Es kann zudem davon ausgegangen werden, dass Lieferwagen verstärkt für private Zwecke verwendet werden, so dass die reale Fahrleistung höher als die vom BFS ausgewiesene Fahrleistung liegen sollte.

Zum Beleg, dass sich aus den unterschiedlichen Umlegungsverfahren (Sukzessivverfahren während der Anpassung; Gleichgewichtsverfahren abschliessend) keine Wirkungen auf die Belastungen und Fahrleistungen ergeben, sei auf nachstehende Tabelle verwiesen. Nach der Gleichgewichtsumlegung wurde die Gesamtleistung auf Belastungsbasis, also Summierung von Streckenbelastung * Streckenlänge auf dem Schweizer Netz, berechnet und mit den Eckwerten gemäss Sukzessivumlegung verglichen. Das Ergebnis (siehe Tabelle 18) ist konsistent und plausibel.

Tabelle 18: Leistungsunterschiede unterschiedlicher Methoden

DWV	LW	LZ	LI
FzgKm Ausmultiplizieren Gleichgewichtsumlegung	4,149,974	4,629,388	17,798,395
FzgKm Sukzessivumlegung	4,153,105	4,638,514	17,833,758
relativer Unterschied	0.1%	0.2%	0.2%

5.5.3 Entfernungsverteilungen

Die Veränderung der Entfernungsverteilungen, dies auch im Vergleich zu den empirischen (Erhebungs-) Entfernungsverteilungen, ist ein weiterer Indikator für die Wirkungen der Anpassung. Abbildung 21 zeigt, dass die Anpassung die Entfernungsverteilungen Modell/Empirie angleicht. Eine Ausnahme bildet beim LZ der Rückgang der Verkehre im Entfernungsintervall bei 75km, der Entfernungsgrenze bis zu der die Anpassung wirksam war. Dies ist bedingt

durch die Wechselwirkung Nah- und Fernverkehr im Anpassungsverlauf. Letztendlich ist dies der Kompromiss um Zählwerte und Eckwerte optimal zu treffen. Insbesondere im Hinblick auf die Ungenauigkeit auch der empirischen Erhebungen wird dieser Kompromiss als akzeptabel angesehen.

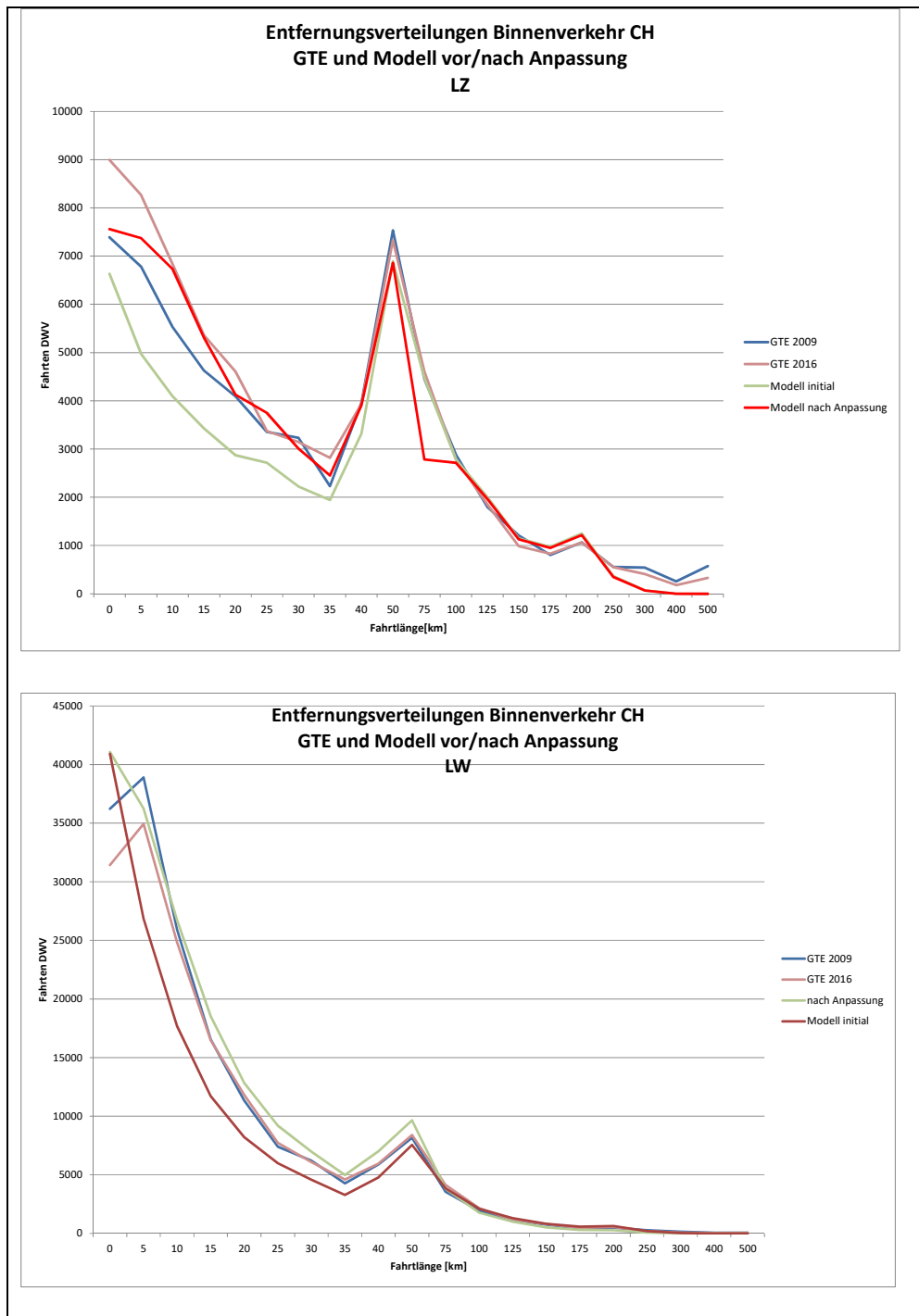


Abbildung 21: Veränderung der Entfernungsverteilungen durch die Matrixanpassung

5.5.4 Veränderung auf MS-Relationsebene

Eine weitere Auswertung betrifft die Veränderung der Matrix auf MS-Regionsebene. Die Matrizen vor und nach Anpassung wurden auf MS-Regionsebene aggregiert und die Relationen in einem Scatterplot verglichen (siehe Abbildung 22).

Wie zu erwarten, steigt die Zahl der Fahrten an, wobei die grossen absoluten Veränderungen sich vor allem in den Diagonalelementen, d.h. den tendenziell kürzeren Fahrten, der MS-Regionen ergeben. Auch hier wurde im Gesamtkontext der Anpassung darauf geachtet, dass die Anzahl der Fahrten (und damit die Matrixstruktur) keine zu starken Veränderungen erfahren, zeitgleich aber der Zählwert- und Leistungsabgleich mit dem BFS verbessert werden konnte.

Das Ergebnis dieser Auswertung für die MS-Region Genf hatte im Übrigen zur Identifikation von nicht plausiblen Zählstellen mit pauschalen SGV-Anteilen geführt, die dann aus dem Anpassungsprozess herausgenommen wurden.

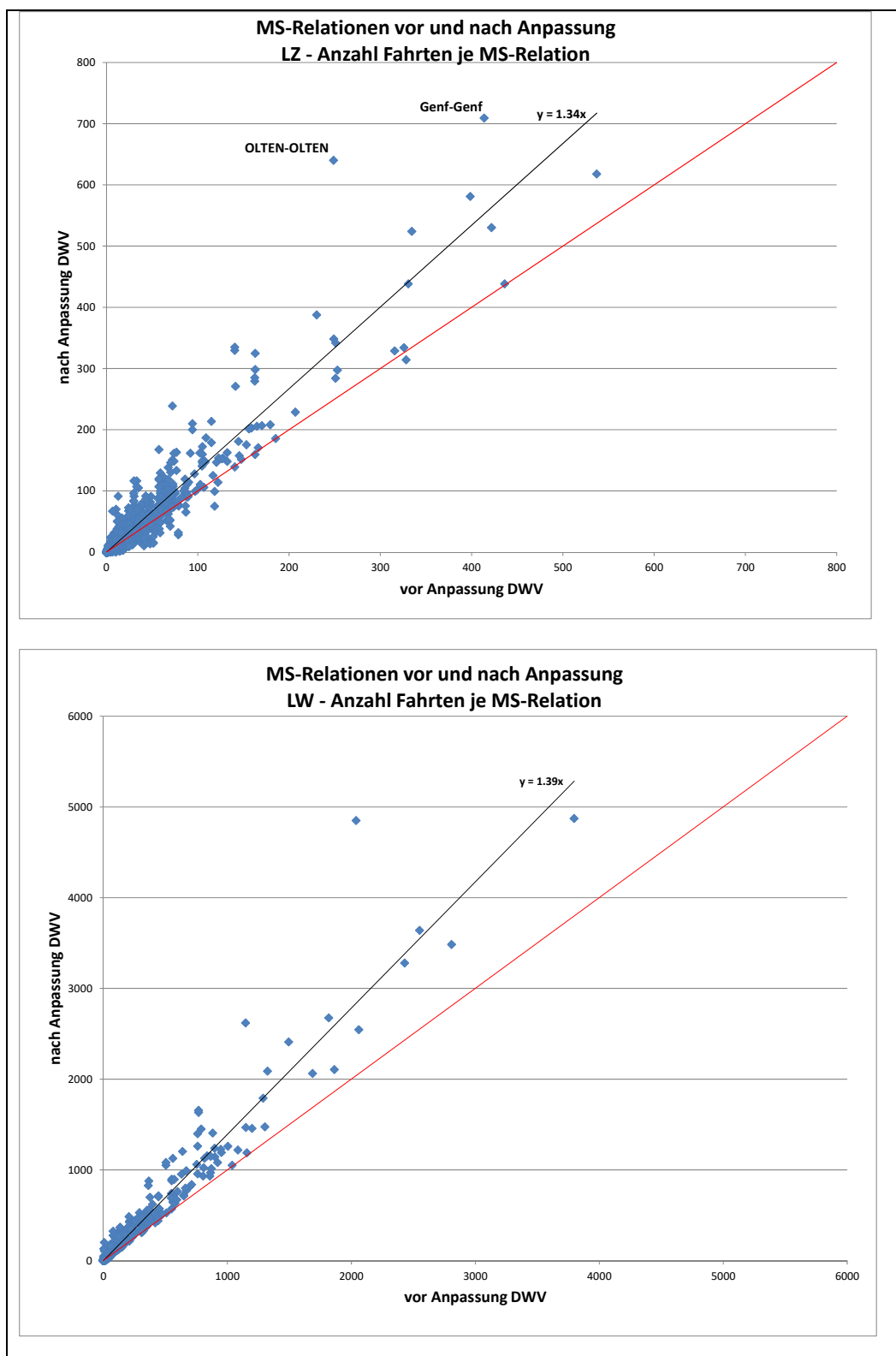


Abbildung 22: Veränderung der Werte in den MS-Relationen mit Identifizierung einiger Ausreisser

5.6 Fazit zur Anpassung

Durch die manuelle wie automatische Anpassung werden die Zählwerte – vor allem die Zählstellen, die die Möglichkeit der Unterscheidung der Fahrzeugart gestatten – bis auf wenige Ausnahmen gut reproduziert. Dabei wurde die Anpassung nicht gesamthaft, sondern stufenweise kontrolliert durchgeführt, so dass lokale Matrixänderungen den Fernverkehr nicht relevant beeinflussen konnten.

Die Verkehrsbelastungen aus den hier kalibrierten Matrizen können für die Modellerstellung des Personenverkehrs verwendet werden. Nach der Plausibilisierung des Personenverkehrsmodells sind gegebenenfalls die Belastungen des Güterverkehrs nochmals anzupassen. Dies gilt natürlich insbesondere für Strecken, für die keine validen Zählraten des schweren Güterverkehrs vorliegen.

6 Anhänge

6.1 Verarbeitung der GTE

6.1.1 Schlüsselung

Die feinste regionale Kodierung der GTE-Records sind in der Schweiz die Postleitzahlen. Für die weitere Verarbeitung in der AMG werden diese den Verkehrszonen des NPVM 2010 zugeordnet. Die Gebietsdefinitionen beider Systeme unterscheiden sich, der Grad der Detaillierung ist aber identisch. Die Kodierung wurde vom ARE zur Verfügung gestellt. Es handelt sich um eine zweistufige Dekodierung der Postleitzahlen auf das Zonensystem des NPVM 2010.

In der ersten Stufe werden unternehmensspezifische Postleitzahlen den Postleitzahlen, deren Polygone vorhanden sind, zugeordnet. In einer zweiten Stufe sind die verbleibenden Postleitzahlen den NPVM Zonen zugeordnet, wobei diese Zuordnung zum Teil nicht eindeutig ist, da die Postleitzahlengebiete Teilgebiete mehrerer NPVM-Zonen sein können. Hier hat das ARE einen, aus Bevölkerungs- und Beschäftigtenanteilen gewichteten, Aufteilungsschlüssel zur Verfügung gestellt, der für die Matrixerstellung verwendet wurde.¹⁶

6.1.2 Transportketten

Die Einzelrecords der GTE beschreiben Quelle und Ziel der transportierten Ware. Der Journeytype 2 besteht aus Transporten mehrerer Teilladungen mit Quellen und Zielen, insbesondere kann aus dem Einzelrecord keine Fahrt des Fahrzeugs abgeleitet werden.

Für die Generierung der Fahrt wurde das Skript *decodeIt.pl* (in der Skriptsprache perl) erstellt und dem Auftraggeber übergeben. Die Funktionsweise ist folgende:

Das BFS hat die Glieder einer Tour/Transportkette bereits mit einer JourneyId attribuiert. D.h. Fahrten einer Tour des Journeytypes 2 sind mit einer einheitlichen Nummer kodiert (siehe Kapitel 2.2.1).

Das Skript sammelt die Einzel-Transporte der Tour und sortiert diese nach dem Tachokilometerstand. Jedem Kilometerstand wird dann in aufsteigender Form eine laufende Nummer vergeben. Jede Einzelfahrt der Tour ist damit durch eine laufende Nummer codiert.

Anschließend werden die Transportrecords bearbeitet. Angegeben sind hier Kilometerstand des Starts und des Ziels, denen die laufenden Nummern zugewiesen werden. Die Tonnage des Einzeltransports wird nun auf jede Einzelfahrt zwischen Start und Ziel kodiert. Ist der Start bei der laufenden Nummer S und das Ziel $Z = S + h$ womit eine Anzahl von h Halten innerhalb des Transportvorgangs geschehen, so bekommen die Fahrten S nach S+1, ..., S+h-1 nach S +h die Tonnage einschliesslich der Gutart zugewiesen.

Am Ende werden die Einzelrecords S nach S+1,..., S+h-1 nach S+h erzeugt und die Tonnage summiert. Als Gutart wird die Gutart der Tonnage mit dem höchsten Gewicht kodiert. Die Einzelrecords

¹⁶ Beim Zuspielen der Zonen des NPVM 2010 in die GTE Datenrecords ist dagegen keine Aufteilung berechnet worden.

entsprechen jetzt der eigentlichen Fahrzeugfahrt. Da ihnen auch ein NPVM-Code zugeordnet ist, kann daraus direkt eine Fahrten-Matrix generiert werden (siehe Kapitel 2.4).

6.1.3 Zuspielen des Attributs mit bzw. ohne Anhänger

Die in der GTE unterschiedenen Fahrzeuge LW und Sattelzug entsprechen nicht den im Modell und in den Zählungen der Strassenbelastungen verwendeten Kategorien LZ/SZ und LW. LZ/SZ umfasst Lastenzüge/Sattelzüge und Lastwagen mit Anhängern. Inwieweit die Fahrt mit einem Anhänger stattfand, ist in der GTE nicht kodiert.

Für die modellhafte Identifizierung von Fahrten mit Anhängern wurde ein Skript erstellt, welches die transportierte Tonnage mit der maximalen Zuladung des Fahrzeugs vergleicht. Wird dies an einem Tag um 5% überschritten, werden alle Fahrten des Fahrzeugs an diesem Tag als Fahrt mit Anhänger kodiert. Der Name des Skripts ist codeLWLZ.pl und wird dem AG ebenfalls zur Verfügung gestellt.

6.1.4 Verfahrens zur Festlegung der mittleren Entfernung des Diagonalelements

Für die Ermittlung der mittleren Entfernung im Diagonalelement wurde von den vorhandenen räumlich detaillierten Strukturdaten ausgegangen die es zulassen eine Größe zu berechnen, die die Verteilung der Strukturdaten in der Verkehrszelle beschreibt.

Einen Überblick gibt Abbildung 233.

In der folgenden Abbildung sind Beispiele von ermittelten Diagonalentfernungen aufgeführt.

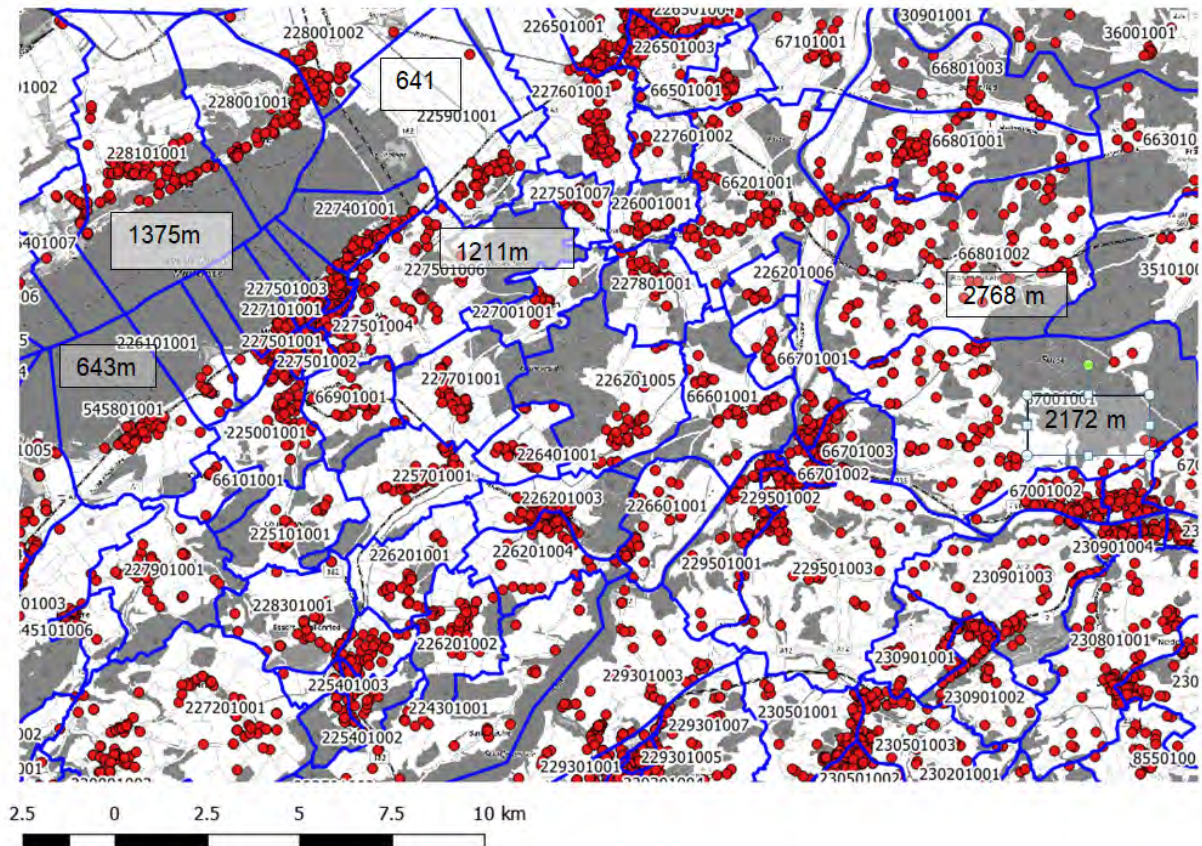


Abbildung 24: Beispielhaft sich ergebende Diagonalentfernungen

Es wurden auf diese Weise zwei hohe Diagonalentfernungen festgestellt, dies betrifft z.B. die Zelle, die das Jungfraujoch beinhaltet. Als Maximum wurde eine Diagonalentfernung von 5 km festgelegt. Für die Verteilungsrechnung wurde die Entfernungsmatrix nicht verwendet, sie wird jedoch für die Berechnung der Fahrleistung benutzt.

6.2 Grundlagen des Fahrzeugmodells

Die Modellvorstellung geht aus von Fahrzeugen,

- die in A beheimatet sind und Transporte von A->B und auch von B->A durchführen,
- die in B beheimatet sind von B->A und A->B durchführen.

Weiterhin gibt es Leerfahrten der jeweiligen Fahrzeuge.

Insgesamt ergibt dies 8 Größen durch die Kombinationen:

(Last/Leer) x (A->B/B->A) x (Fahrzeug aus A/ Fahrzeug aus B).

Mit diesen Größen wird durch Formulierung weiterer Bedingungen ein eindeutig lösbares Gleichungssystem aufgestellt. Diese Bedingungen sind:

1. Anzahl beladener Fahrten zwischen A und B = T_{AB}/M
 T_{AB} transportierte Tonnen zwischen A und B
 M Beladungsparameter (beladene Fahrten)
 Entsprechend für die Richtung B->A
2. Es gibt keine Leerfahrten von Fahrzeugen aus A in Richtung A->B. Entsprechend für die Rückrichtung.
3. Die Anzahl der Fahrten der Fahrzeuge aus A in Hin- und Rückrichtung (beladen und leer) ist identisch. Entsprechend für Fahrzeuge aus B.
4. Die Zahl der Leerfahrten der Fahrzeuge aus A in Rückrichtung ist proportional der Fahrten der Fahrzeuge aus A in Hinrichtung. Die Proportionalitätsfaktoren (Leerfahrtenanteile – aber bezogen auf Relation und Beheimatung der Fahrzeuge) für Fahrzeuge aus A und B sind unterschiedlich.
5. Der Proportionalitätsfaktor p ist abhängig von der Asymmetrie der Ströme (bei konstanter Entfernung).

Es wird der Ansatz gewählt:

$$p = \exp(-\lambda \cdot (T_{ba}/T_{ab})^2)$$

6.3 Beladungsparameter aus der GTE

Tabelle 19: Aus der GTE ausgewertete Beladungsparameter nach Warengruppen, Entfernungsklassen und Fahrzeugarten.

Beladungsparameter Angaben in t/Fahrt	AMG - TM1 Gutartaggregate									
Entfernungsklasse Fahrzeugart	Land-, Forstwirtschaft	Nahrungsmittel	Energieträger	Steine, Erden	Baustoffe, Glas	Chemie, Kunststoff	Metall	Sekundärrohstoffe	Halb-, Fertigwaren	Stück-, Sammelgüter
unter 10 km	6.2	3.3	10.1	15.9	11.3	3.7	2.9	7.6	2.5	2.8
LW	4.0	2.1	8.0	15.6	11.2	2.4	2.1	7.3	1.8	2.1
LWmA	10.8	6.0	12.7	14.6	9.9	6.4	5.8	8.4	5.5	5.0
SZ	8.4	7.2	16.2	22.8	16.2	7.3	6.4	14.0	5.2	5.0
10 - <20 km	7.7	4.6	11.1	17.4	11.1	4.2	3.5	9.3	3.0	3.2
LW	4.7	2.9	9.0	16.7	10.7	2.3	2.3	8.9	2.0	2.3
LWmA	12.8	7.4	13.5	15.4	10.5	7.1	6.5	8.9	6.2	5.8
SZ	10.2	8.1	16.7	23.9	17.6	9.2	7.2	15.1	5.7	5.6
20 - <50 km	9.4	6.5	14.0	19.2	10.8	5.6	4.7	11.2	4.1	4.1
LW	5.4	3.8	10.9	17.8	9.2	2.7	2.9	9.7	2.4	2.6
LWmA	14.1	9.8	16.0	16.7	12.5	9.2	8.7	10.4	7.5	6.2
SZ	11.8	9.8	19.5	24.2	17.5	10.2	8.5	16.9	7.7	6.2
50 - <75 km	10.8	8.6	17.3	20.8	12.4	8.1	6.8	12.0	5.3	5.0
LW	5.7	5.1	12.0	17.2	8.6	3.5	3.5	9.8	2.7	3.0
LWmA	16.0	11.3	19.5	16.9	14.6	10.9	10.6	9.9	9.3	7.1
SZ	12.5	11.1	22.9	24.7	17.8	12.4	10.9	15.8	8.6	6.9
75 - <100 km	11.3	9.9	17.6	20.1	12.1	9.1	6.9	10.8	6.0	5.6
LW	5.9	5.5	12.2	15.0	7.5	3.8	3.8	8.5	3.1	3.2
LWmA	14.9	12.6	19.7	19.2	15.6	12.1	10.4	7.9	9.5	7.6
SZ	13.5	11.9	22.4	24.4	16.7	13.1	10.3	13.6	8.3	7.2
100 - <250 km	13.4	11.5	16.8	20.3	14.5	11.5	8.9	15.3	7.3	6.4
LW	5.5	6.1	9.2	17.3	7.5	4.8	3.8	10.3	3.3	3.5
LWmA	14.3	14.9	20.0	18.0	17.2	13.4	14.0	13.2	10.1	8.4
SZ	16.3	12.6	21.4	23.5	18.4	14.5	12.2	18.9	10.4	7.9
250 - <500 km	15.9	15.5	23.2	22.0	17.4	14.3	15.6	19.5	10.7	8.8
LW	5.4	6.4	5.0	8.9	5.3	4.8	5.5	5.9	4.3	6.1
LWmA	17.7	18.0	15.7	20.5	19.7	15.3	14.9	18.2	12.9	10.9
SZ	17.6	16.4	24.2	23.7	18.6	15.8	17.9	20.2	13.2	9.5
500 - <700 km	18.5	15.9	24.8	18.5	21.0	15.0	18.2	21.3	11.6	9.2
LW	2.9	9.2	16.7	15.4	17.2	7.3	10.6	15.9	4.9	4.3
LWmA	17.5	15.9	19.8	15.2	24.0	18.2	19.2	12.7	15.5	12.2
SZ	19.6	16.0	24.8	21.7	21.3	15.1	18.5	21.3	13.3	10.3
700 - <900 km	19.6	17.7	13.1	19.4	20.1	13.8	18.6	22.2	11.9	11.1
LW	5.9	8.2	8.8	3.7	14.8	6.4	13.5	16.6	5.6	4.7
LWmA	19.3	16.4	10.4	23.0	26.0	20.0	17.0	13.2	7.8	16.8
SZ	20.6	17.7	13.1	21.9	19.9	14.0	18.8	22.2	13.6	12.2
≥900 km	18.1	15.3	13.1	23.4	20.3	18.3	12.5	20.0	13.6	7.6
LW	9.3	9.0	8.8	21.1	14.9	14.3	5.2	14.9	5.0	4.2
LWmA	22.8	15.0	10.4	19.0	23.7	17.8	12.0	11.9	13.1	8.7
SZ	19.1	15.5	13.1	24.0	19.7	18.3	13.2	20.0	14.7	8.8

Die erste Zeile in der Entfernungsklassengruppierung weist die durchschnittliche Beladung über alle Fahrzeugklassen aus. Fahrzeugklassen sind LW = Lastwagen ohne Anhänger, LWmA = Lastwagen mit Anhänger, SZ = Sattelzug. Die Aufteilung mit und ohne Anhänger geschieht synthetisch.

6.4 Sensitivität der Entfernungsverteilungen aus der GTE

Die Auswertung der Entfernungsverteilung aus der GTE kann auf verschiedene Weise durchgeführt werden, wie z.B. Transportkettendekodiert oder nicht, Erhebungsentfernung oder Entfernungsbestimmung aus der QZ-Information.

6.4.1 Erhebungsentfernung vs. Modellentfernung

In Abbildung 25 sind die Unterschiede der verschiedenen Auswertungen (auf Ebene des NPVM 2010) zu sehen.

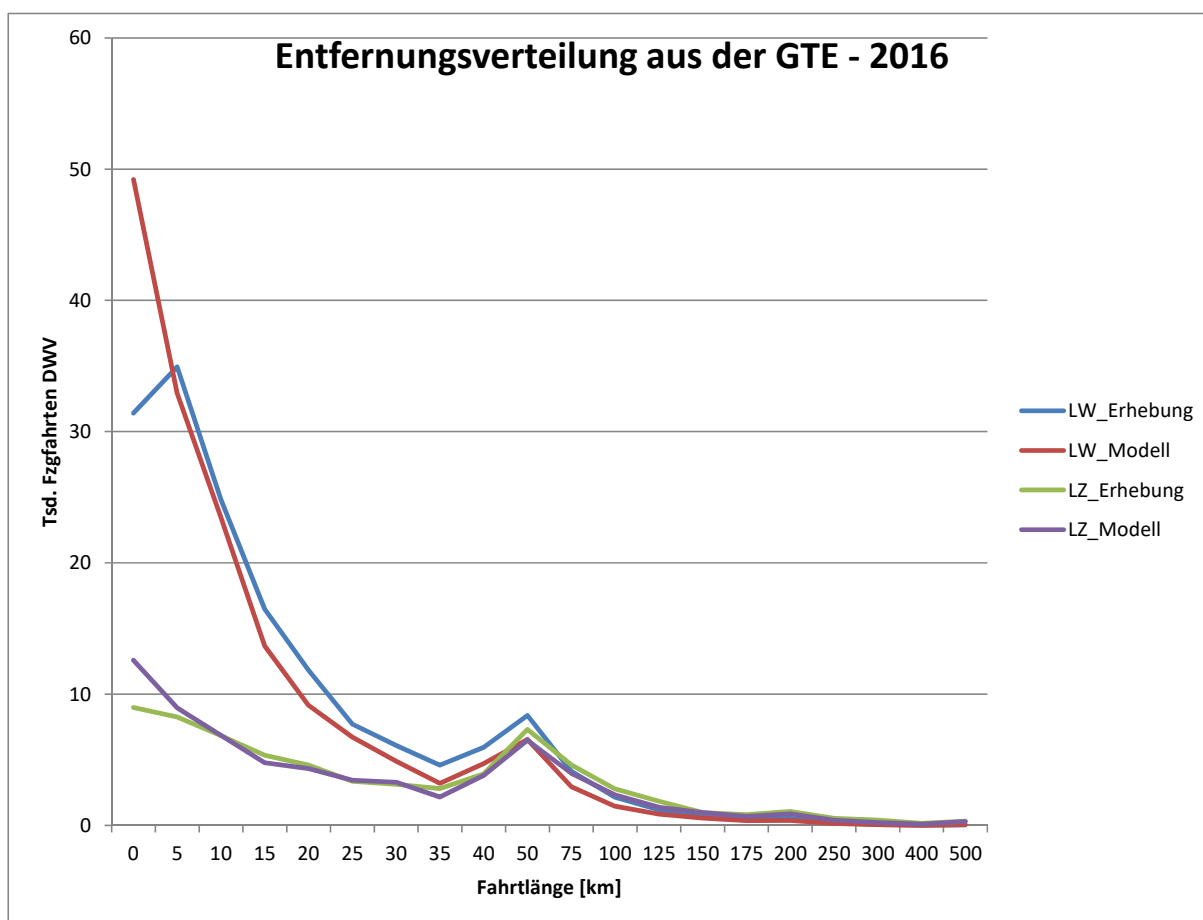


Abbildung 25: Entfernungsverteilung der GTE gepoolt und transportkettendekodiert – für Erhebungsentfernung (Tacho) und Modellentfernung (Q/Z aus NPVM 2010)

Die Modellentfernung weist zwischen 0 und 5 km einen Mehrverkehr aus, der vor allem durch die Diagonalelemente des NPVM gespeist wird. Es handelt sich hierbei um die Gesamtentfernungen, im Gegensatz zu Entfernungen die in der Schweiz zurückgelegt wurden.

In diesem Zusammenhang wurden noch Auswertungen gemacht, die weitere Aspekte der Berechnung von Entfernungsverteilungen beleuchten und im Folgenden dargestellt sind.

6.4.2 Entfernungsverteilungen im Jahresvergleich

Die Robustheit der Auswertungen zeigt die Auswertung der Entfernungsverteilung über die verschiedenen Jahre. Bei längeren Fahrten treten zwischen den Jahren kaum Unterschiede auf. Im niedrigen Fahrlängenbereich ergeben sich größere Unterschiede, die für das Modell als nicht relevant eingestuft werden, da in diesem Bereich eine Erhebung das reale Geschehen nicht gut auflösen kann. Eine nähere Analyse der Ursachen, wurde in diesem Rahmen nicht durchgeführt. Möglich sind u.a. Einflüsse aufgrund der eigentlichen Sammel- und Verteilfahrten, aber auch evtl. kurze Zwischenfahrten der dekodierten Transportketten.

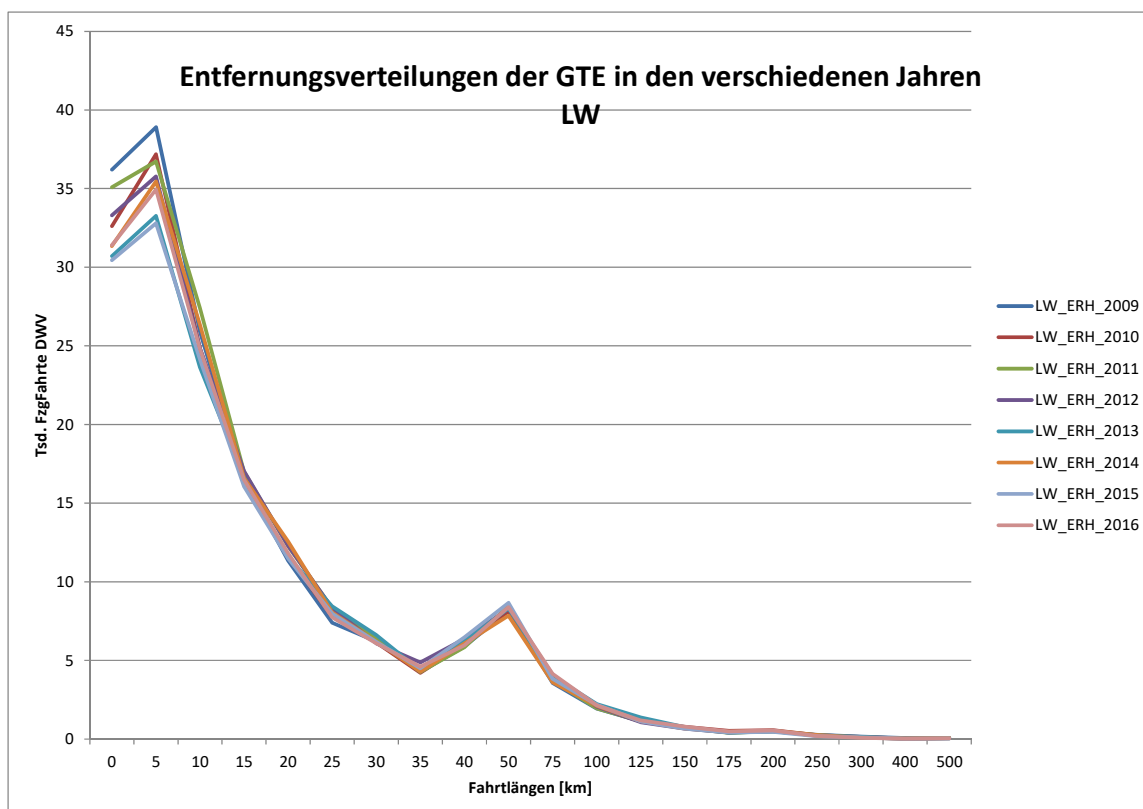


Abbildung 26: Fahrlängenverteilung der LW für verschiedene Jahre

Tabelle 20 zeigt die Korrelation zwischen den jeweiligen Records der beiden Entfernungsklassen. So ist in Entfernungsklasse 0-5 km der Erhebung (332 Tsd. Fahrten) rund 95% der Fahrten aus den beiden ersten Entfernungsklassen des Modells (277+40 Tsd. Fahrten).

Dagegen sind es komplementär nur 82%. Das ist plausibel, da die angegebene Quelle und das angegebene Ziel nahe beieinanderliegen und trotzdem lange Fahrten zurückgelegt werden können. Dies kann durch Umwegfahrten begründet sein, oder dadurch, dass Zwischenhalte nicht angegeben werden.

Sind andererseits kurze Fahrten zurückgelegt worden, müssen Quelle und Ziel nah beieinanderliegen, ansonsten liegt eine echte Inkonsistenz in dem jeweiligen Erhebungsdatum vor.

Tabelle 20: Korrelationen zwischen Erhebungs- und Modellentfernungsklassen

		Entfernungsklasse Modell																										
Tsd Fahrten GTE p.a.		0	5	10	15	20	25	30	35	40	50	75	100	125	150	175	200	250	300	400	500	ohne Datum	Summe					
Entfernungsklasse Erhebung		0	277,65	40,64	6,65	2,40	1,19	0,62	0,65	0,34	0,43	0,60	0,40	0,10	0,12	0,17	0,05	0,16	0,03	0,02	0,00	0,02	0,51	332,73				
	5	145,02	171,50	33,69	5,38	2,07	1,28	0,55	0,44	0,71	0,61	0,48	0,18	0,23	0,10	0,06	0,08	0,01	0,00	-	0,01	0,45	362,86					
	10	39,07	95,31	105,12	17,67	3,90	2,41	1,01	0,56	0,72	0,72	0,43	0,18	0,12	0,08	0,10	0,07	0,06	0,01	0,00	0,01	0,49	268,04					
	15	16,20	23,26	64,80	58,84	11,85	2,74	1,65	0,59	0,64	0,91	0,29	0,17	0,10	0,07	0,06	0,05	0,02	0,01	0,02	0,03	0,21	182,51					
	20	9,64	8,37	20,84	43,73	39,96	8,29	2,11	0,81	0,91	0,86	0,34	0,13	0,04	0,06	0,04	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,20	136,41					
	25	5,87	3,80	6,53	14,47	29,24	26,80	5,42	1,12	0,96	0,94	0,30	0,09	0,09	0,03	0,04	0,05	0,01	-	0,01	0,00	0,14	95,89					
	30	4,54	2,46	3,29	5,41	11,98	24,05	19,20	3,95	1,62	1,26	0,35	0,11	0,07	0,06	0,03	0,05	0,01	0,00	0,00	0,01	0,21	78,67					
	35	3,65	1,39	1,77	2,64	4,26	9,59	16,27	12,81	3,38	1,23	0,32	0,10	0,05	0,03	0,03	0,05	0,00	0,01	-	0,01	0,14	57,76					
	40	5,17	1,59	2,10	2,61	3,64	6,82	10,64	17,94	28,72	5,19	0,78	0,21	0,10	0,09	0,06	0,06	0,02	0,00	-	0,01	0,16	85,91					
	50	6,61	1,61	1,67	1,95	2,55	3,26	4,60	6,73	28,07	68,89	3,91	0,92	0,35	0,35	0,19	0,15	0,22	0,07	0,03	0,01	0,07	332,20					
	75	3,28	0,59	0,57	0,54	0,59	0,87	0,91	0,98	2,61	22,85	33,46	1,95	0,56	0,27	0,15	0,19	0,06	0,02	0,01	0,03	0,17	70,67					
	100	1,27	0,37	0,33	0,28	0,24	0,32	0,34	0,36	0,71	3,78	12,72	17,30	1,22	0,45	0,24	0,19	0,09	0,03	0,01	0,07	0,09	40,43					
	125	0,60	0,16	0,10	0,11	0,13	0,18	0,16	0,15	0,33	1,31	2,39	7,55	9,99	0,82	0,29	0,28	0,11	0,06	0,01	0,03	0,08	24,83					
	150	0,39	0,11	0,07	0,06	0,05	0,05	0,06	0,07	0,17	0,50	0,86	1,67	4,50	5,99	0,49	0,33	0,18	0,05	0,01	0,05	0,05	15,71					
	175	0,29	0,06	0,04	0,03	0,02	0,05	0,04	0,07	0,11	0,28	0,39	0,51	1,00	2,45	4,15	0,79	0,20	0,09	0,02	0,07	0,03	10,65					
	200	0,28	0,07	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,07	0,22	0,36	0,47	0,58	0,98	2,95	6,70	0,60	0,19	0,08	0,05	0,05	13,94					
	250	0,16	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,03	0,04	0,06	0,13	0,16	0,16	0,20	0,32	2,15	2,58	0,44	0,08	0,06	0,03	6,72					
	300	0,17	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,52	1,16	1,97	0,32	0,20	0,04	5,04					
	400	0,06	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	-	0,00	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,08	0,14	0,53	0,68	0,39	0,03	2,06					
	500	0,06	0,01	-	-	0,01	0,00	0,00	-	-	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,09	0,06	0,19	0,38	3,26	0,12	4,23					
	Summe	519,96	351,35	247,66	156,18	111,78	87,42	63,69	47,00	70,25	110,27	58,00	31,90	19,43	12,20	9,39	12,13	5,40	3,67	1,63	4,38	3,56	1,927,26					

6.4.3 Entfernungverteilung mit und ohne Transportkettendekodierung

Wesentlicher bezüglich der Verwendung innerhalb des AMG ist die Unterscheidung der Entfernungverteilungen mit und ohne Transportkettendekodierung. Dies deshalb, weil die Fahrzeugmodellierung auf den Tonnageströmen also auf Daten ohne die Berücksichtigung der Transportkettendekodierung geschieht (siehe Abbildung 27).

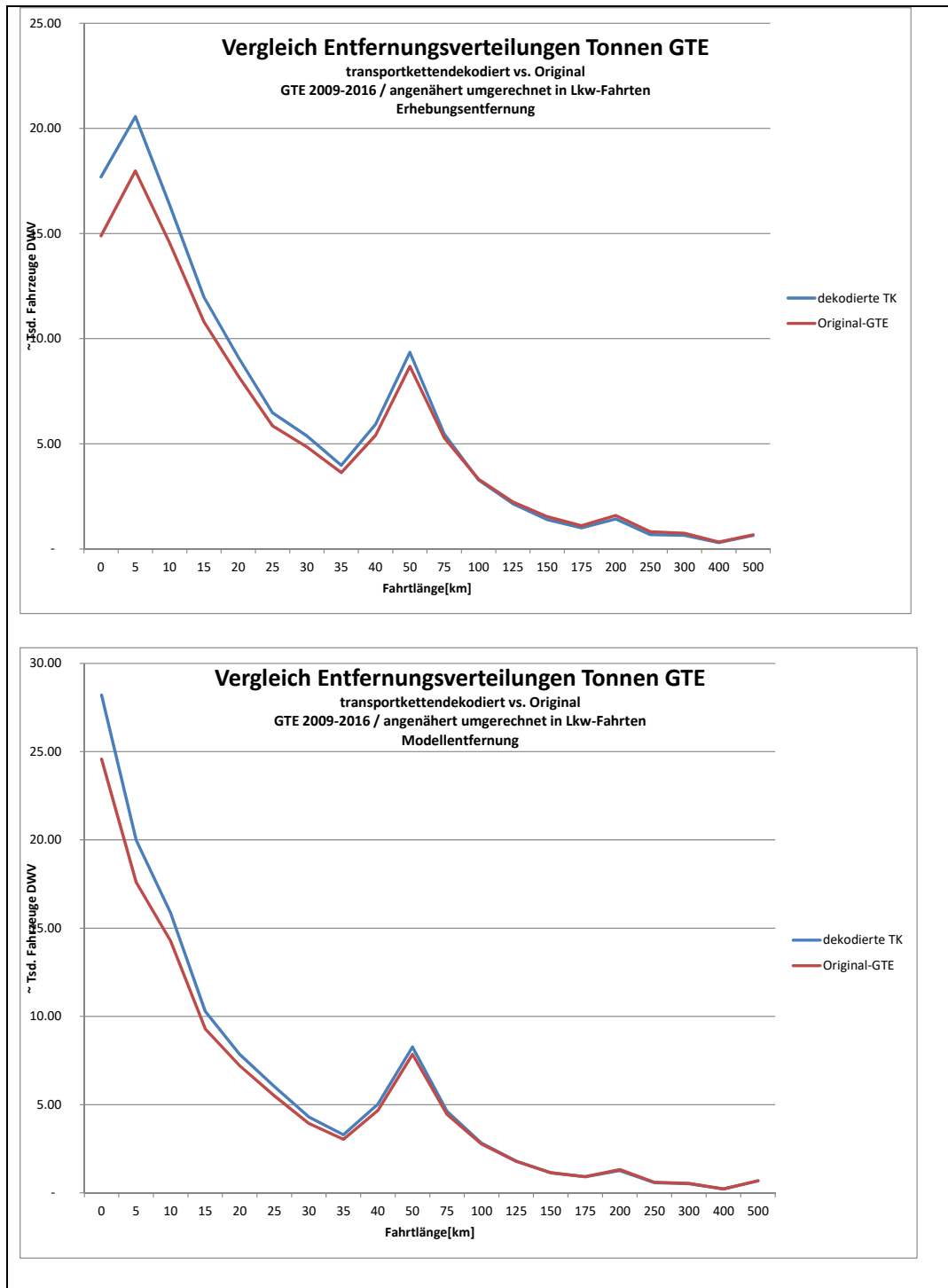


Abbildung 27: Entfernungverteilung in Abhängigkeit der Transportkettendekodierung aus Tonnagedaten stark näherungsweise in Fahrzeugfahrten umgerechnet

Die plausible Erhöhung der Fahrten hin zu kleinen Entfernungen ist zu beobachten. Bei den hohen Entfernungen ist die Wirkung bei den Erhebungsentfernungen größer. Dies ist ebenfalls plausibel. Eigentliche Sammel-/Verteildfahrten in kleinerem Umkreis werden in einzelne Wege aufgeteilt. In den Modellentfernungen sind das, aus der QZ-Information bedingt, kurze Wege, der Kilometerstand ist aber deutlich höher. Die Tonnagen sind mit einem Wert (10 t) auf Fahrten umgerechnet worden, weshalb die Größenordnungen sich von den anderen Tabellen unterscheiden.

6.4.4 Entfernungverteilung NPVM 2016 vs. NPVM 2010

Das Raumstruktursystem des NPVM 2016 ist im Vergleich zum NPVM 2010 z.T. regional deutlich feiner aufgeteilt. Dadurch werden Mengen der Diagonalelemente im NPVM 2010, denen dort eine Entfernung gleich 0 zugewiesen ist, auf Nicht-Diagonalelemente verteilt. Weiterhin werden meist höher besetzte Relationen zwischen Nachbarzonen aufgeteilt, was zu Änderungen in der Entfernungseinteilung führen könnte.

In Abbildung 28 ist der Vergleich der Gesamtmatrix Binnen-Schweiz, d.h. LZ und SZ aus GTE und GQGV, zwischen Entfernungsbestimmung im NPVM 2016 und NPVM 2010 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die hohen Aufkommen in der ersten Entfernungsklasse in den anderen Entfernungsklassen fehlen. Insgesamt erscheint der Unterschied im Verlauf nicht bedeutend, in der Gesamtleistung ergibt sich durch die Entfernungsunterschiede ein Plus von 7.7% im NPVM 2016.

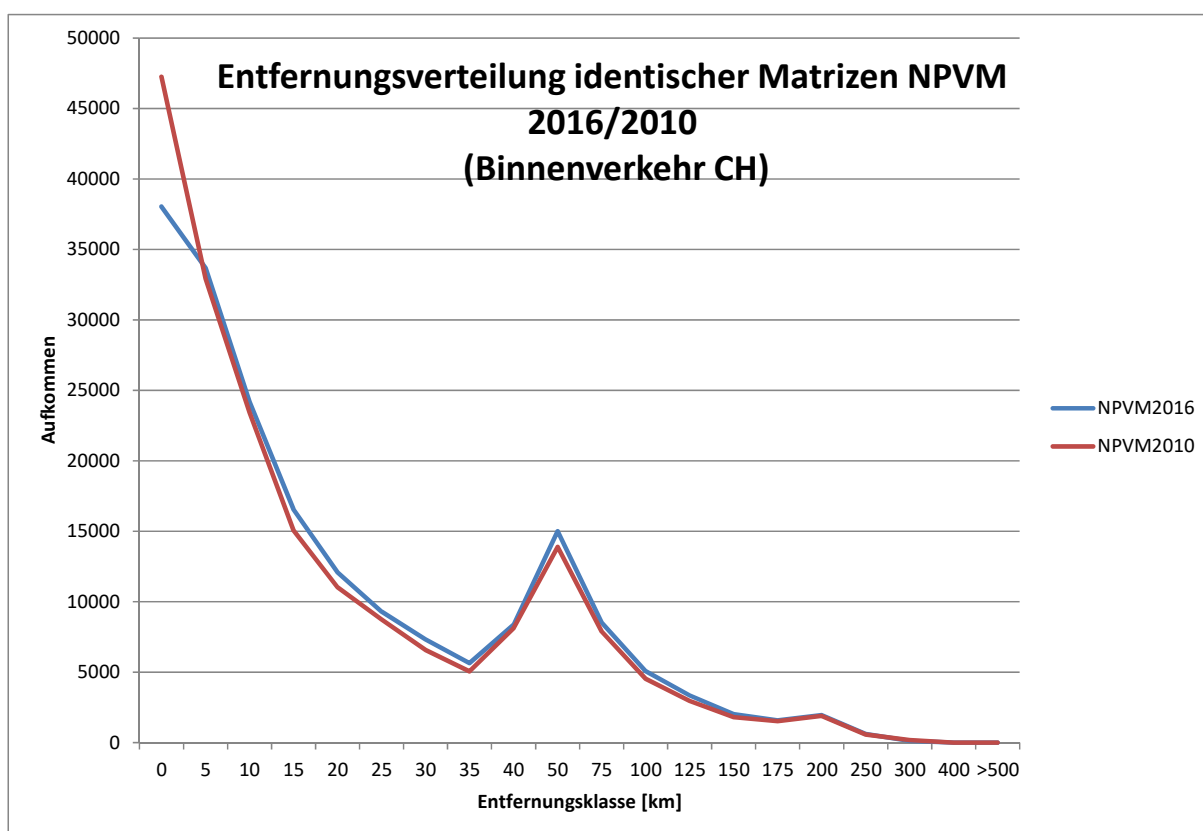


Abbildung 28: Vergleich der Entfernungverteilung aus den Netzmodellen NPVM 2016 und NPVM 2010

7 Einfluss der Entfernungsgewichtung auf das Umlegungsergebnis

In der AMG 2016 war die Implementierung einer Veränderung bei der Methode der Feinverteilung angeboten. Dabei soll neben den Strukturdaten auch eine Entfernungsgewichtung in der Feinverteilung berücksichtigt werden. Vorab wurde in einem Prototyp die Sensitivität der Methode geprüft.

Hintergrund:

In der zu implementierenden neuen Methode wird der Ansatz

$$g_{i,j} = q_i \cdot z_j \cdot W(d_{i,j}) \cdot N$$

mit

q_i Aufkommen der Quelle i

z_j Aufkommen des Ziels j

$W(d_{i,j})$ Gewichtungsfunktion der Entfernung d zwischen i und j

N Normierungsfaktor

verwendet. Der aktuelle Ansatz nutzt nur die Aufkommensgewichtung $q_i \cdot z_j$. Nach der Aufkommensgewichtung wird noch ein Furness (Randwert-Korrektur) angewandt, die die originalen Randwerte in die Matrix einrechnet.

Für die Sensitivitätsanalyse wird

- die bestehende Matrix genommen,
- die Randwerte herausgeschrieben,
- die Matrix auf MS-Ebene aggregiert,
- aus einer Entfernungsmatrix plus Gewichtungsfunktion plus Aufkommensgewichte die Verteilungsmatrix bestimmt,
- die Verteilung gerechnet,
- mit einem Furness, die originalen Randwerte wieder eingerechnet.

Die Wirkungen werden beispielhaft in dem Bereich Frauenfeld (Code 1854)/ Weinfelden (Code 1908) dargestellt. Hier hatte sich eine starke Überlastung durch Lastwagen im Bereich der A7 ergeben. Die Ströme in diesem Bereich entstehen auch durch die Verteilung des Diagonalelements der MS-Region.

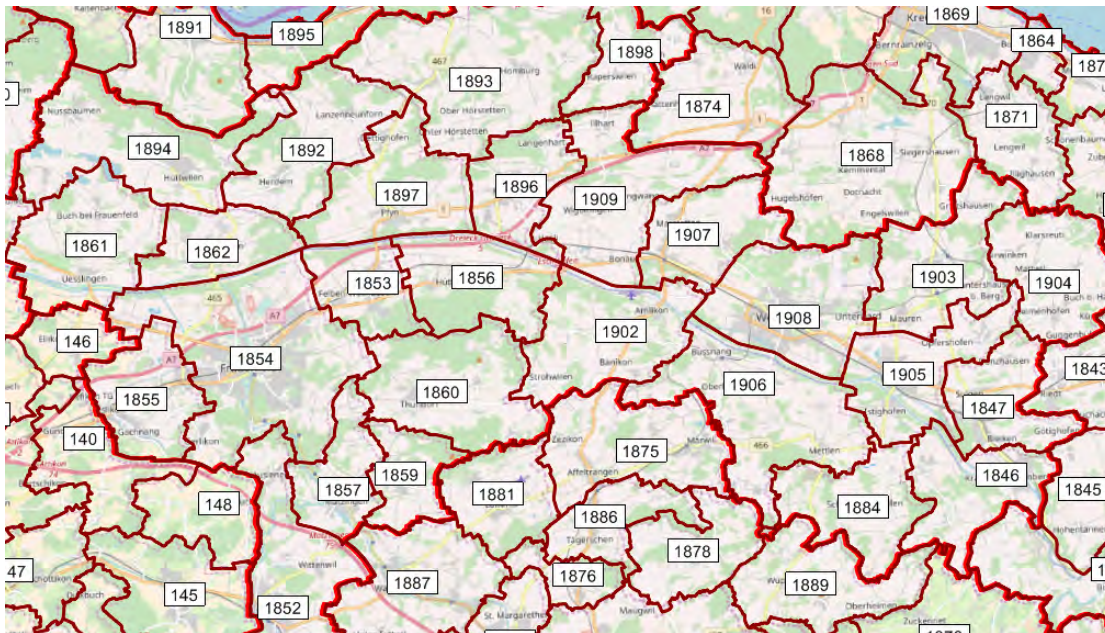


Abbildung 29: Bezirke (dunkelrot), MS-Regionen (hellrot-dick) und SSP-Codes der Zonierung

Bemerkung: In Abbildung 29 sind SSP Codes für die Zonierung angegeben, dies dient der Vereinfachung der einzutippenden Kommandos.

Es wurde die in Abbildung 30 in blau dargestellte Gewichtungsfunktion verwendet. Diese stammt aus einem Segment der LW über 12t zGG des Landesverkehrsmodells Bayern.

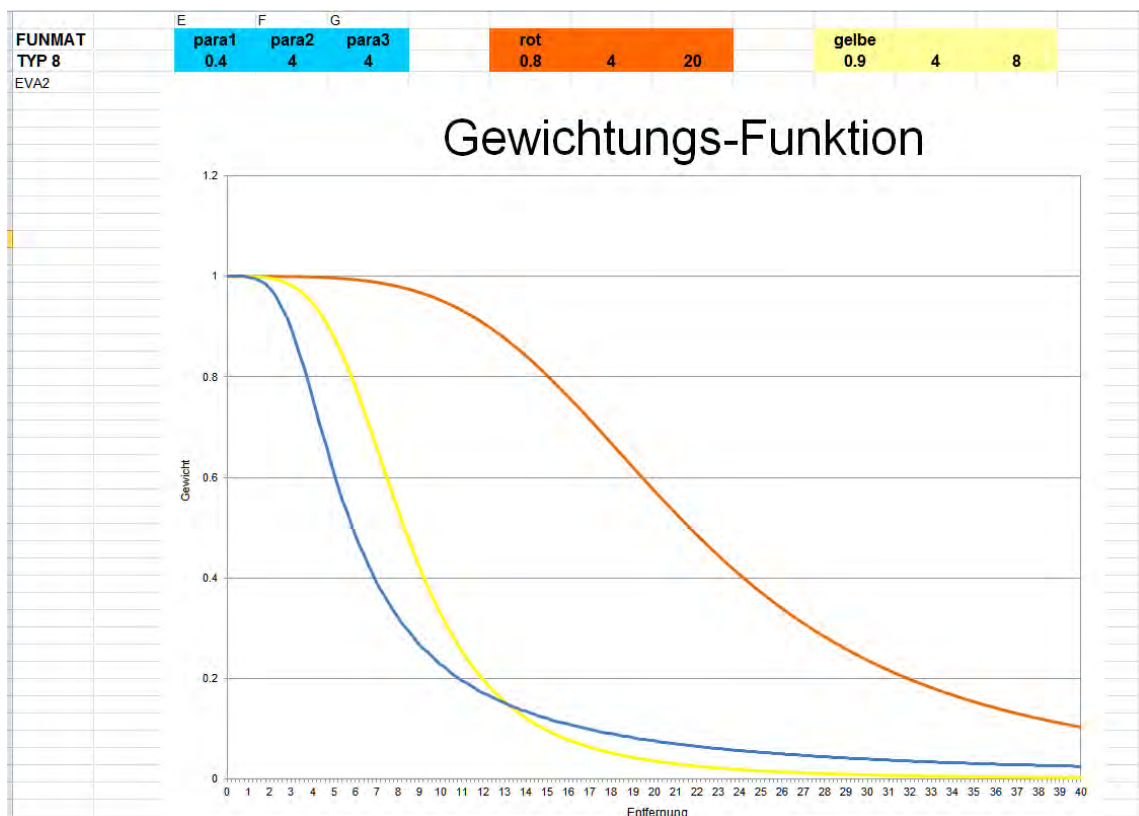


Abbildung 30: Funktionen für Verteilungsgewichtung

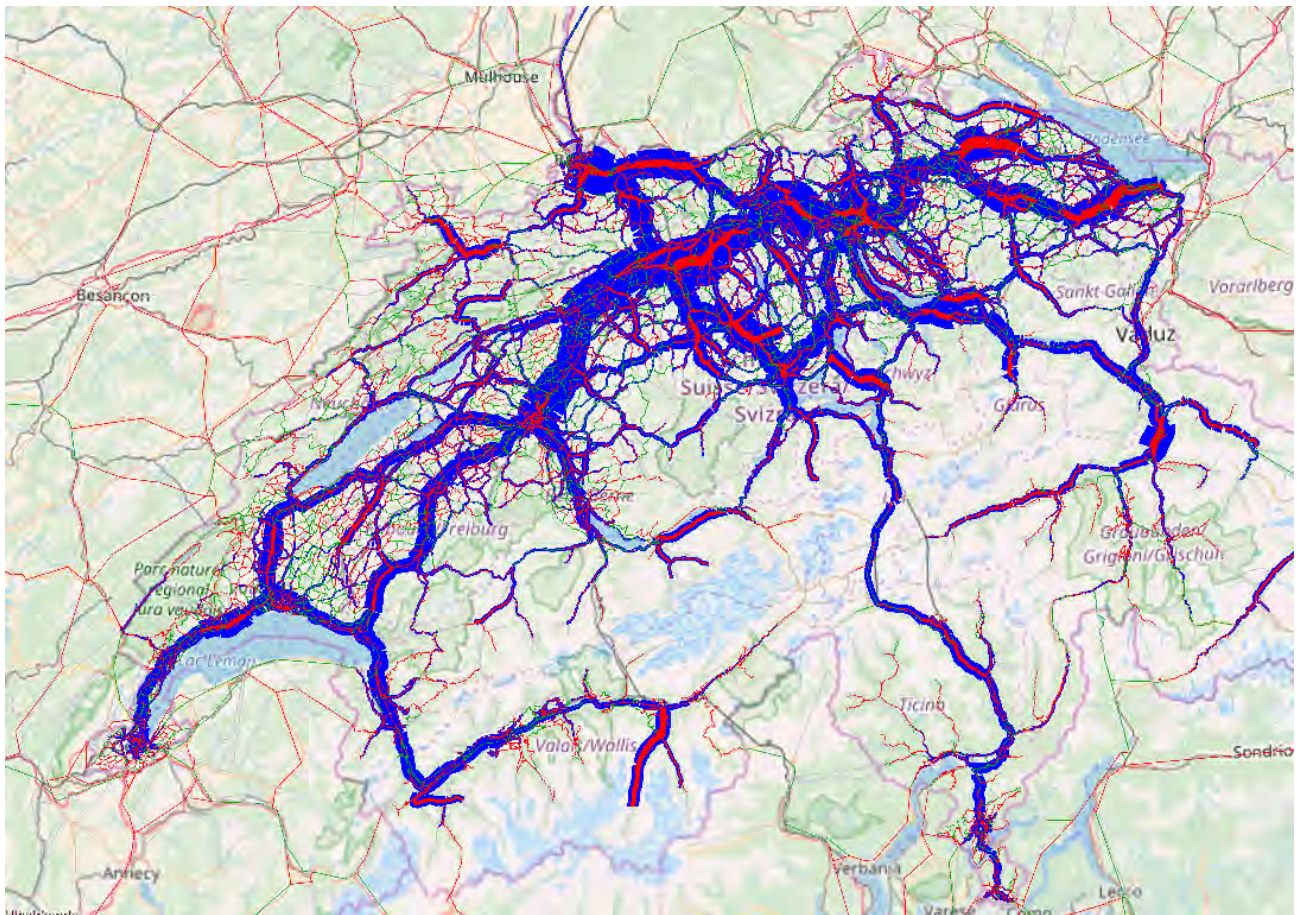


Abbildung 31: blau Umlegung LW Originalmatrix, rot Differenz LW Ori-LW Neu mit positivem Vorzeichen, türkis entsprechend mit negativem Vorzeichen – identische Skalen der Balkenbreiten!

Die Abbildung 31 zeigt die Wirkung des Vorgehens, die sich insbesondere durch zurückgehende Belastungen auf einzelne Streckenstücke auswirkt. Die Zunahme der Verkehre durch dieses Vorgehen verschimmt dagegen im Gesamtnetz. Das Maximum der Abnahme liegt bei 662 (Fahrzeuge im Richtungswert) und bei der Zunahme bei 132.

Die Veränderungen durch die Neuverteilung (Vergleich mit Zählwerten des ASTRA 2011) kann der Abbildung 32 entnommen werden.

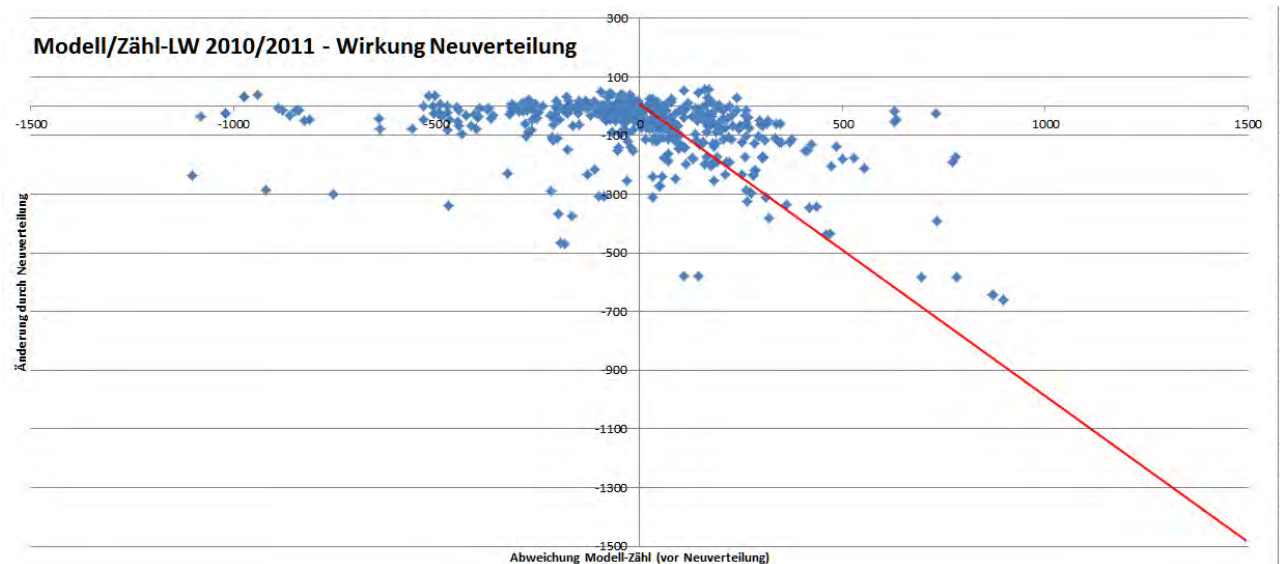


Abbildung 32: Veränderung der Belastungen an Zählstellen gegenüber Differenz vor Neuverteilung.

Zur Erläuterung: Im Idealfall sollte sich eine Punktwolke um die rote Linie ergeben, auch fortgesetzt in den Bereich nach links. (Bei einer Abweichung von 500 LW vor Neuverteilung, führt eine Belastungsänderung um ~ -500 zu einer Abweichung von ~ 0 – siehe rotes X). Zu sehen ist auch, dass die Neuverteilung im Wesentlichen zu deutlichen Belastungsrückgängen führt.

Da durch die Berücksichtigung einer Entfernungsgewichtung bei der Disaggregation das Umlegungsergebnis beim schweren Güterverkehr nicht verbessert und bei einem zweistufigen Ansatz nicht notwendig und sinnvoll ist, wird darauf verzichtet.

Abkürzungen

AMG	Aggregierte Methode Güterverkehr
ARE	Bundesamt für Raumentwicklung
AQGV	Alpenquerender Güterverkehr
BAV	Bundesamt für Verkehr
BFS	Bundesamt für Statistik
BIET	Verkehrsarten: Binnenverkehr, Import, Export, Transit
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BVWP	(deutsche) Bundesverkehrswegeplanung
BWS	Bruttowertschöpfung
CH	Schweiz
EU	Europäische Union
GQGV	Grenzquerender Güterverkehr (Erhebung)
GTE	Gütertransporterhebung
GTS	Gütertransportstatistik
IT	Italien
LW	Lastwagen (ohne Anhänger)
LWE	Lieferwagenerhebung
LZ	Lastzüge (Sattelzüge und Lastwagen mit Anhänger)
LI	Lieferwagen
km	Kilometer
NGVM	Nationales Güterverkehrsmodell
NOGA	Nomenclature Générale des Activités économiques
NPVM	Nationales Personenverkehrsmodell
NUTS	Nomenclature des unités territoriales statistiques
NST	Nomenclature Uniforme de Marchandises pour les Statistiques de Transport
ROLA	Rollende Landstrasse (im Schienengüterverkehr)
SN(F)	Schwere Nutzfahrzeuge
SRH	Schweizerische Rheinhäfen
SZ	Sattelzüge
STATPOP	Statistique de la population et des ménages
STAT-TAB	interaktive Datenbank des BFS
t	Tonnen

tkm	Tonnenkilometer
TM	Teilmodell
UKV	Unbegleiteter kombinierter (Schienengüter-)Verkehr
WLV	Wagenladungsverkehr (im Schienengüterverkehr)

Literatur

ARE 2015: Aggregierte Methode Güterverkehr, Bundesamt für Raumentwicklung, Bern

ARE 2017: Verkehrsmodellierung im UVEK – Integration der Logistik in die Güterverkehrsmodellierung,
Bundesamt für Raumentwicklung, Bern

TCI 2014: TCI-GV-Regiotrans/Citytrans, Modellbeschreibung, Freiburg 2014.