

Entwicklung eines Lieferwagenmodells

Vorstudie



IMPRESSUM

Herausgeber

Bundesamt für Raumentwicklung (ARE)

Projektbegleitung ARE

Raphaël Lamotte (Leitung)

Andreas Justen

Nicole Mathys

Autoren

Christian Schiller (verkehrsprognosen.de, Leitung)

Lutz Ickert (Infras)

Produktion

Stabsstelle Information, ARE

Zitierweise

ARE (2021), Entwicklung eines Lieferwagenmodells – Vorstudie, Bundesamt für Raumentwicklung, Bern

Bezugsquelle

www.are.admin.ch

Inhalt

Zusammenfassung	2
Résumé	4
1. Ausgangslage und Aufgabenstellung	6
2. AP 1: Abgrenzung der Untersuchung und Segmentierung der Nachfrage.....	7
Erhebung leichte Nutzfahrzeuge (LWE).....	8
Fahrzeugeinsatz (Main Use): Trennung Güter- vom Personenwirtschaftsverkehr	9
Fahrzeuge	10
Fahrten nach Tourentypen.....	13
Fahrten nach Distanzklassen	15
Fahrten nach Raumtypen.....	16
Güter nach Warenarten.....	21
Fahrzeughalter nach Branchen	24
Schlussfolgerungen zur Segmentierung aus der Analyse LWE.....	26
Weitere Grundlagen zum Beschrieb Lieferwagenverkehr.....	26
Sozioökonomische Datengrundlagen.....	27
Ableitungen für die Einteilungen in der Modellerstellung	28
3. AP 2: Modellkonzept & Modellparameter des LW-GWV.....	30
Verkehrserzeugung.....	30
Berechnung der Verteilung der Aufträge.....	31
Fahrtengenerierung	32
VISUM-TBF.....	36
Relevanz langer Anfangsfahrten in Rundtouren.....	37
Weitere Möglichkeiten der Rundfahrtenmodellierung	39
4. Annex.....	40

Zusammenfassung

Das Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) verfügt mit dem Nationalen Personenverkehrsmodell (NPVM) und der Aggregierten Methode Güterverkehr (AMG) über Modelle für den Personenverkehr und den schweren Güterverkehr. Mit einem Modell bisher nicht abgedeckt ist den Güterwirtschaftsverkehr mit Lieferwagen. Zudem werden der Dienstleistungsverkehr und der Personenwirtschaftsverkehr nur anteilig im Fahrtzweck „Nutzfahrt“ des NPVM berücksichtigt (auf Basis Mikrozensus Mobilität und Verkehr, BFS/ARE).

Das ARE strebt die Etablierung eines Lieferwagenmodells (LWM) an, das das Segment der leichten Güterfahrzeuge (auch als leichte Nutzfahrzeuge LNF bezeichnet) abdecken und ausdrücklich die Existenz von Touren mit sehr kurzen Streckenanteilen berücksichtigen soll. Mittels der vorliegenden Studie wird diesbezüglich die Eignung der Software PTV VISUM TBFREIGHT zur Modellierung der Lieferwagenverkehre geprüft und den für die Schweiz verfügbaren Datengrundlagen gegenübergestellt.

Grundsätzlich muss nach Abschluss der Arbeiten festgestellt werden, dass eine eindeutige Empfehlung nicht gegeben werden kann. Dazu klafft eine (noch) zu grosse Lücke zwischen dem tatsächlichen Marktgeschehen im Schweizer Lieferwagenverkehr und den Möglichkeiten zu dessen Abbildung in Modellen. Trotzdem wurde am Ende eines jeden Kapitels ein Fazit gezogen und eine detaillierte Empfehlung ausgesprochen.

Mit Lieferwagen werden in der Schweiz ca. 7% der Fahrleistungen erbracht, davon knapp die Hälfte vorwiegend zum Gütertransport. Circa 50% dieser Fahrten findet in PW-ähnlichen Fahrzeugen statt, die andere Hälfte in typischen Lieferfahrzeugen wie bspw. Kastenwagen. Wiederum 50% der Güterfahrten sind als Rund- oder Kettentouren für Verteil- oder Sammelfahrten angelegt. Der weitaus grössere Teil dieser Rundtouren weist Distanzen über 20 km auf, zwei Drittel der Rundtouren werden gar über 50 km durchgeführt. Hier liegt einer der Knackpunkte zur Modellierung: Insbesondere bei längeren Anfangsfahrten über 10 km – was in der Schweiz bei ca. der Hälfte der Rundtouren der Fall ist – wird in grossräumigen Modellen die Tourenbildung nicht der Wirklichkeit entsprechend vorgenommen.

In Abstimmung auf die Marktsegmentierung und die Datenlage kann festgestellt werden, dass zur Modellierung des Lieferwagenverkehrs- und dort explizit des Teil Güterverkehrs-, im Idealfall eine dreifach disaggregierte Segmentierung zu berücksichtigen ist. Dies betrifft die Fahrzeugtypen (anhand Leergewichte), die Warenarten (in Aggregaten der NST-Abteilungen) und die Tourentypen (Rundtouren als Verteil- oder Sammelfahrten vs. nicht Rundtouren). Als relevanteste Grundlage scheint die Lieferwagenerhebung (LWE) des BFS sehr geeignet. Diese wird alle 10 Jahre durchgeführt. Zuletzt wurden 2013 mittels Stichprobe aus dem Motorfahrzeughalter-Register ca. 70'000 Lieferwagen ausgewählt, für die ihre Halter alle Fahrten an einem Stichtag zu dokumentieren hatten. Gesamthaft wurden 56 Stichtage ausgewählt. Die nächste Erhebung wird derzeit geplant und soll 2023 erfolgen.

Ein künftiges Lieferwagenmodell soll in Personenwirtschaftsverkehr und Güterwirtschaftsverkehr aufgespaltet werden. Der Personenwirtschaftsverkehr, der durch Lieferwagen erzeugt wird, ist im gleichen Modellsoftwareraum wie der Personenverkehr im NPVM und auf Basis Mikrozensus Mobilität und Verkehr (BFS/ARE) zu berechnen. Der Güterwirtschaftsverkehr, der durch Lieferwagen erzeugt wird, müsste entweder mit Anpassungen in VISUM-TBF oder mit anderen Modellierungsprogrammen berechnet werden. Dies ergibt sich, da VISUM-TBF längere Fahrten nicht gut genug abbildet. Ob aller-

dings bereits am Anfang einer Modellerstellung mit komplexen Workarounds zur Behebung dieser Modellierungsschwierigkeiten gearbeitet werden sollte, stellen die Autoren der Vorstudie in Frage. Diese Entscheidung ist schlussendlich dem Bundesamt für Raumentwicklung vorbehalten.

Résumé

Avec le Modèle national du trafic voyageurs (MNTP) et la méthode agrégée pour le trafic marchandises (MAM), l'Office fédéral du développement territorial (ARE) dispose de modèles pour le transport de personnes et le transport de marchandises lourde. Le transport de marchandises par véhicules utilitaires légers n'est pas encore couvert par un modèle. En outre, les déplacements liés à une activité de service et le transport professionnel de personnes ne sont que partiellement pris en compte dans le motif « trajets d'affaires » du MNTP (qui se base sur le microrecensement mobilité et transports, OFS, ARE).

L'ARE cherche à établir un modèle pour le segment des véhicules utilitaires légers (VUL) qui prendra explicitement en compte l'existence de tournées à étapes très courtes. À cet effet, la présente étude examine l'adéquation du logiciel PTV VISUM TBFREIGHT pour la modélisation des trajets effectués par les véhicules utilitaires légers, au regard en particulier des bases de données disponibles pour la Suisse.

À l'issue de ces travaux, il apparaît impossible d'émettre une recommandation générale univoque. En effet, le modèle ne permet pas une reproduction suffisamment fidèle des caractéristiques observées dans le trafic suisse des véhicules utilitaires légers. Néanmoins, un résumé conclut chaque chapitre et inclut une recommandation détaillée.

Les véhicules utilitaires légers sont à l'origine d'environ 7 % des kilomètres parcourus en Suisse. Près de la moitié de ces trajets relèvent du transport de marchandises, dont environ 50 % est effectué par des véhicules utilitaires similaires à des véhicules de tourisme, et l'autre moitié par des véhicules utilitaires classiques tels que des camionnettes. Par ailleurs, 50 % des trajets de transport de marchandises sont effectués sous forme d'allers-retours ou de tournées de distribution ou de collecte. La grande majorité de ces tournées couvrent des distances de plus de 20 km, et deux tiers affichent même plus de 50 km. C'est là que le bât blesse pour la modélisation : dans un modèle à grande échelle, la composition des tournées n'est pas rendue conformément à la réalité, en particulier quand l'étape initiale fait plus de 10 km – ce qui est le cas d'environ la moitié des tournées en Suisse.

Au regard de la segmentation du marché et des données disponibles, on peut affirmer que pour la modélisation du transport de marchandises par des utilitaires légers, il faudrait idéalement entreprendre une segmentation selon trois critères : le type de véhicules (sur la base du poids à vide), le type de marchandise (en agrégeant les catégories NST) et le type de tournées (boucles de collecte ou de distribution vs trajets sans retour au point de départ). La base de données la plus pertinente, soit l'enquête sur les véhicules utilitaires légers (EVL) de l'OFS qui a lieu tous les 10 ans, paraît tout à fait appropriée. Lors de la dernière enquête (2013), 70 000 véhicules utilitaires légers avaient été sélectionnés (échantillonnage) dans le registre des propriétaires de véhicules, et leurs propriétaires devaient indiquer tous les trajets parcourus à une date de référence. Au total, 56 dates de référence avaient été choisies. La prochaine enquête est en cours de planification et devrait avoir lieu en 2023.

Un futur modèle consacré aux véhicules utilitaires légers devrait traiter séparément le transport de personnes lié à l'activité économique et le transport de marchandises. Le transport de personnes lié à l'activité économique utilisant des véhicules utilitaires légers doit être analysé dans le même environnement logiciel de modélisation que les déplacements individuels privés, au sein du MNTP et sur la base du microrecensement mobilité et transports (OFS, ARE). Le transport de marchandises généré par les utilitaires légers devrait être modélisé soit en adaptant VISUM-TBF, soit au moyen d'autres programmes de modélisation, car les déplacements longs ne sont pas assez bien modélisés dans VI-

SUM-TBF. Les auteurs de la présente étude préliminaire n'estiment pas forcément nécessaire de chercher des solutions alternatives complexes à ce problème dès le début de l'élaboration du modèle. La décision en revient cependant à l'ARE.

1. Ausgangslage und Aufgabenstellung

Vor dem Hintergrund der demografischen und wirtschaftlichen Entwicklung, der Digitalisierung mit Wirkungen im Personen- und Wirtschaftsverkehr und angesichts der sich stetig erweiternden Datengrundlagen entstehen immer umfangreichere Anforderungen an die Verkehrsplanung und die dort eingesetzten Verkehrsmodelle. So wird es zunehmend wichtiger, die Auswirkungen infrastruktureller und betrieblicher Massnahmen in Überlagerung mit den sich vollziehenden raumstrukturellen, technologischen und demografischen Veränderungen zu betrachten. Dies beinhaltet sowohl eine adäquate Ermittlung der verkehrlichen Aspekte (z. B. massnahmenbedingte Verkehrsverlagerungen) als auch die Berücksichtigung der Auswirkungen auf Menschen und Umwelt. Zur Lösung dieser Aufgaben ist der Einsatz rechnergestützter Verkehrsmodelle unabdingbar, welche ausgehend von einer integrierten Betrachtung aller Verkehrsarten in der Lage sind, die Verkehrsnachfrage massnahsensitiv und damit auch prognosefähig zu berechnen.

Die damit zusammenhängende stetige Vergrösserung der Untersuchungsräume und die damit einhergehende Zunahme der Komplexität haben Verkehrsmodelle zu einem unverzichtbaren Planungsinstrument gemacht. Damit sollen Analysen kleinräumiger Fragestellungen beantwortet (z.B. Tourenoptimierung) als auch grossräumige Veränderungen (z.B. Auswirkungen von Veränderungen in der Siedlungsstruktur) berechnet werden können. Das ARE verfügt mit der AMG und dem NPVM über entsprechende Analyseinstrumente und möchte insbesondere das Segment der leichten Güterfahrzeuge besser abdecken und ausdrücklich die Modellierung von Touren, auch mit sehr kurzen Streckenanteilen, berücksichtigen.

Mittels der vorliegenden Studie wird diesbezüglich die Eignung der Software PTV VISUM TBFREIGHT zur Modellierung der Lieferwagenverkehre geprüft und den für die Schweiz verfügbaren Datengrundlagen gegenübergestellt. Aus diesem Abgleich sind konkrete Empfehlungen für die Erstellung des LWM abzuleiten. Darüber hinaus sollte der Fokus auf den Personenwirtschaftsverkehr erweitert werden, da viele Fahrten von Lieferwagen in ihren Eigenschaften eher den Fahrteigenschaften des Personenwirtschaftsverkehrs, als den Eigenschaften des Güterwirtschaftsverkehrs entsprechen.

2. AP 1: Abgrenzung der Untersuchung und Segmentierung der Nachfrage

Für die Erstellung des zukünftigen LWM sollen Lieferwagen im Mittelpunkt der Betrachtungen stehen, getrennt nach Fahrten im Personenwirtschafts- und im Güterwirtschaftsverkehr. Zu dieser Differenzierung sind folgende Punkte von Belang:

- Die Trennung orientiert sich am Transportgut: Steht der Gütertransport im Vordergrund der Fahrt, so ist von eigentlichem Güterverkehr – hier mit Lieferwagen – zu sprechen. Steht die personengebundene Dienstleistung im Vordergrund, so ist von Personenwirtschaftsverkehr zu sprechen (bspw. Handwerker, Service, Spitex). Dass dabei ebenfalls Güter – bspw. zum «Verbau» beim Kunden oder in Form von Werkzeugmaterial – transportiert werden, ist nicht auszuschliessen. Die weiter unten ausgeführten Analysen zeigen hier auf Basis der Lieferwagenerhebung je nach Betrachtungsgrösse Verhältnisse von 33% Güterverkehr zu 66% PWV (bei Fahrten) bis zu 50% zu 50% (bei Transportleistung).
- Je nach Erhebung (Lieferwagenerhebung LWE, Mikrozensus Mobilität und Verkehr) ist die Abgrenzung der Fahrten explizit mit Lieferwagen nicht ganz trennscharf zu Fahrten mit allenfalls weiteren Fahrzeugen (insb. PWs). Unter dem Begriff der «Nutzfahrt» können bspw. im Mikrozensus auch Fahrten mit Lieferwagen enthalten sein.
- Bei der Modellierung sollte daher angestrebt werden, die mit einem LWM abgebildeten Fahrten aus allfällig mit anderen Modellen (hier insb. NPVM) abgebildeten Ortsveränderungen herauszulösen, so dass hier keine Doppelmodellierungen erfolgen.
- Geschäftsfahrten im Sinne der Fahrtzweckkategorisierung nach Mikrozensus sind klar von Lieferwagenverkehr zu trennen. Solche nahezu ausschliesslich mit personenbezogenen Fahrtzwecken (Dienstreise, Service, Verkauf etc.) versehenen Ortsveränderungen sind nicht Gegenstand eines LWM.

Die Definition von Lieferwagen ist in der «Verordnung über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeuge» (VTS) geregelt.¹ Demnach sind «Lieferwagen» leichte Motorwagen zum Sachtransport² der Fahrzeugklasse N1, welche alle Fahrzeuge mit einem technisch zulässigen Höchstgewicht von 3.5 Tonnen umfasst. Diese Fahrzeuge werden auch als «leichte Nutzfahrzeuge» (LNF) bezeichnet, dies zur Abgrenzung gegenüber den «schweren Nutzfahrzeugen» (SNF) mit zulässigen Höchstgewichten über 3.5 Tonnen.

Daten, die zur Modellierung des Lieferwagenverkehrs verwendet werden könnten, stehen in erster Linie aus den einschlägigen Erhebungen zum Strassengüterverkehr zur Verfügung. Diese Erhebungen stellen das güterverkehrsbezogene «Pendant» zum «Mikrozensus Mobilität und Verkehr» aus dem Personenverkehr dar. Für die Lieferwagen steht hier die «Erhebung leichte Nutzfahrzeuge» im Vordergrund.

¹ SR 741.41, vom 19. Juni 1995 (Stand am 1. Mai 2019).

² Im Vordergrund steht der Sachtransport, auch wenn gemäss VTS Fahrzeuge „...mit zusätzlichen wegklappbaren Sitzen im Laderaum zum gelegentlichen und nicht berufsmässigen Personentransport, wenn insgesamt höchstens 9 Sitzplätze einschliesslich Führer oder Führerin vorhanden sind“ unter diese Kategorie fallen.

Erhebung leichte Nutzfahrzeuge (LWE)

Auf der Grundlage der «Verordnung über die Durchführung von statistischen Erhebungen des Bundes (Statistikerhebungsverordnung)»³ führt das Bundesamt für Statistik (BFS) die «Erhebung leichte Nutzfahrzeuge» (LWE, steht für «Lieferwagenerhebung») durch. Die Erhebung erfolgt turnusgemäss alle 10 Jahre, zuletzt 2013 und demnächst wieder im Jahr 2023. Für 2013 wurden mittels Stichprobe aus dem Motorfahrzeughalter-Register ca. 70'000 Lieferwagen ausgewählt. 60% der Befragten erhielten einen einfachen Fragebogen, der vorwiegend als Kalibrierungsgrundlage verwendet wurde. 40% erhielten einen detaillierten Fragebogen, wo alle Transporten und Leerfahrten an einem Stichtag dokumentiert werden mussten. Gesamthaft wurden 56 Stichtage ausgewählt. Die Erhebung ist für gewerbliche Fahrzeughalter obligatorisch, für Privathalter von Lieferwagen ist sie freiwillig.

Der Datensatz mit den Ergebnissen der LWE ist zweigeteilt und bietet einerseits detaillierte Angaben zu den Fahrzeugen (Datensatz «Vehicle»), andererseits Angaben zu den Fahrten (Datensatz «Transport»). Beide Datensätze enthalten die Angaben der erhobenen Fahrzeuge und Fahrten und sind mit einem fahrzeugbezogenen Hochrechnungsfaktor versehen, so dass daraus jahresbezogene Kennwerte ermittelt werden können. Die Faktoren sind an entsprechenden Kennwerten kalibriert. Folgende Erhebungsmerkmale, die mit Blick auf ein LWM von Belang sein könnten, stehen zur Verfügung:

- Fahrzeuge (u.a. Fahrzeugtyp/-art, Karosserieform, Anzahl Achsen, Alter, Leergewicht, Höchstgewicht, Gesamtzugsgewicht, Nutzlast),
- Halterinformationen (Branche des Fahrzeughalters nach NOGA, Kanton der Zulassung),
- Fahrzeugeinsatz («Main Use») am Stichtag (Gütertransport, Dienstleistung etc.),
- Fahrten (Etappen, Stopps, Start- und Ziel-PLZ, Kilometerstände, Wochentag),
- Güter (36 Warenarten, kompatibel zu NST-Abteilungen, Gefahrgut, Gewicht).

Nachfolgend werden die wichtigsten, für eine Modellierung infrage kommenden Merkmale differenziert betrachtet; die mehrfach disaggregierten Analysen fokussieren sich in der Berichterstattung auf die Fahrten (in der Analyse wurden aber auch dort alle anderen Kenngrössen einbezogen). Es werden Hinweise zu denkbaren Segmentierungen gegeben. Die Analyse stellt auf folgende Kenngrössen ab:

- Fahrten (Gesamtfahrt mit allenfalls mehreren Etappen),
- Etappen (je nach Tourentyp kann eine Fahrt mehrere Etappen beinhalten),
- Fahrleistung (Fahrzeugkilometer Fzkm),
- Aufkommen (Tonnen (t) der beförderten Gütermenge),
- Transportleistung (Tonnenkilometer tkm),
- mittlere Fahrtendistanzen (abgeleitet aus Fahrleistung und Fahrten in Kilometer),
- mittlere Beladungen (abgeleitet aus Transport- und Fahrleistung in Tonnen je Fahrt).

Die Analysen repräsentieren die Strukturen zum Erhebungsjahr 2013. Anhand der aus der Gütertransportstatistik (GTS) verfügbaren Entwicklungen 2013 – 2019 werden ausgewählte Kenngrössen auf 2019 hochgerechnet, so dass ein Eindruck über die «heutige» Grössenordnung der jeweiligen Segmente gewonnen und allenfalls anderen Verkehrsarten (schwerer Güterverkehr, Personenverkehr) gegenübergestellt werden kann. Zu beachten ist dabei der Hinweis aus dem Datensatzbeschreibung zur LWE

³ SR 431.012.1, vom 30. Juni 1993 (Stand am 1. Februar 2020).

2013, dass aus Abgrenzungsgründen⁴ die Gesamtsummen nicht genau den Eckwerten aus der GTS entsprechen. Folgende Grössenordnungen kennzeichnen den Gesamtmarkt:

	LWE 2013	⇒ LNF 2019	SNF 2019	PV 2019
Beobachtungsgrössen				
Fahrten (Mio.)	39.4	47.6	k.A.	PW-F.: 3'910.6
Etappen (Mio.)	395.4	477.8	k.A.	
Fahrleistung (Mio. Fzkm)	3'874.1	4'668.0	2'226.2	PW-km: 59'832.9
Aufkommen (Mio. Tonnen)	27.4	28.7	347.2	Pers.: 6'386.0
Transportleistung (Mio. tkm)	913.6	954.5	16'193.7	Pkm: 97'852.0
abgeleitete Kenngrössen				
mittlere Fahrtendistanz (km)	83	82		
mittlere Beladung (Kilogramm)	327	283	7'274	

Quellen: BFS GTS 2019 (T11.5.1.1/2, E21/22/23), BFS LWE 2013 (D01), BWS PV-L 2019 (T11.4.1.1/2)

Fahrzeugeinsatz (Main Use): Trennung Güter- vom Personenwirtschaftsverkehr

Unter dem Merkmal «Main Use» geben die Befragten an, zu welchen Fahrtzwecken das Fahrzeug am Erhebungstag eingesetzt wurde (Mehrfachnennungen waren möglich). Über dieses Merkmal lässt sich der tatsächliche Gütertransport mit Lieferwagen vom Personenwirtschaftsverkehr (PWV) mit Lieferwagen separieren.

- 38% aller Fahrten erfolgen ausschliesslich zum Gütertransport (in 2019: ca. 18.1 Mio. Fahrten). Durch deren überdurchschnittliche Fahrtendistanz (95km) ist ihr Anteil an der Fahrleistung mit 44% etwas höher. 43% des mit Lieferwagen transportierten Aufkommens wird mit solchen Güterfahrten abgewickelt.
- 19% sind als Dienstleistungsfahrten (Service) erfasst (9.2 Mio. Fahrten). Auch auf solchen Fahrten werden Güter transportiert (Werkzeug, Ersatzteile etc.), sie sind jedoch nur mit 15% am Gesamtaufkommen beteiligt.
- Bei 22% aller Fahrten haben die Befragten explizit sowohl Gütertransport wie auch Service als Fahrtzweck angegeben (könnte bspw. Auslieferung und Montage sein).
- Ein Fünftel aller Fahrten sind anderen Fahrtzwecken zugeordnet (laut Erhebung sind dies: Personentransport, Mobile Arbeitsstätte, private Nutzung, Vermietung, Anderes).

Fazit: Zur Separierung der tatsächlichen Güterfahrten vom PWV sollten solche Fahrten berücksichtigt werden, welche explizit (d.h. mit Einfachnennung) als Gütertransporte erfasst wurden. Zwar werden mit den anderen Fahrtzwecken auch Güter transportiert, jedoch zeigen die nachfolgenden Analysen hinsichtlich Fahrzeugtypen, Warengruppen und Halterbranchen, dass die eigentliche Ursache der anderen Fahrten eine Dienstleistung sein dürfte.

⁴ Einerseits wegen den in der LWE nicht ausgewiesenen Auslandsfahrten. Andererseits haben wir bei der Identifikation von Tourentypen festgestellt, dass einige Fahrtenangaben in der LWE nicht mit den erhobenen Kilometerständen übereinstimmen, so dass es auch hier zu Korrekturen der leistungsbestimmenden Distanzen kommen kann.

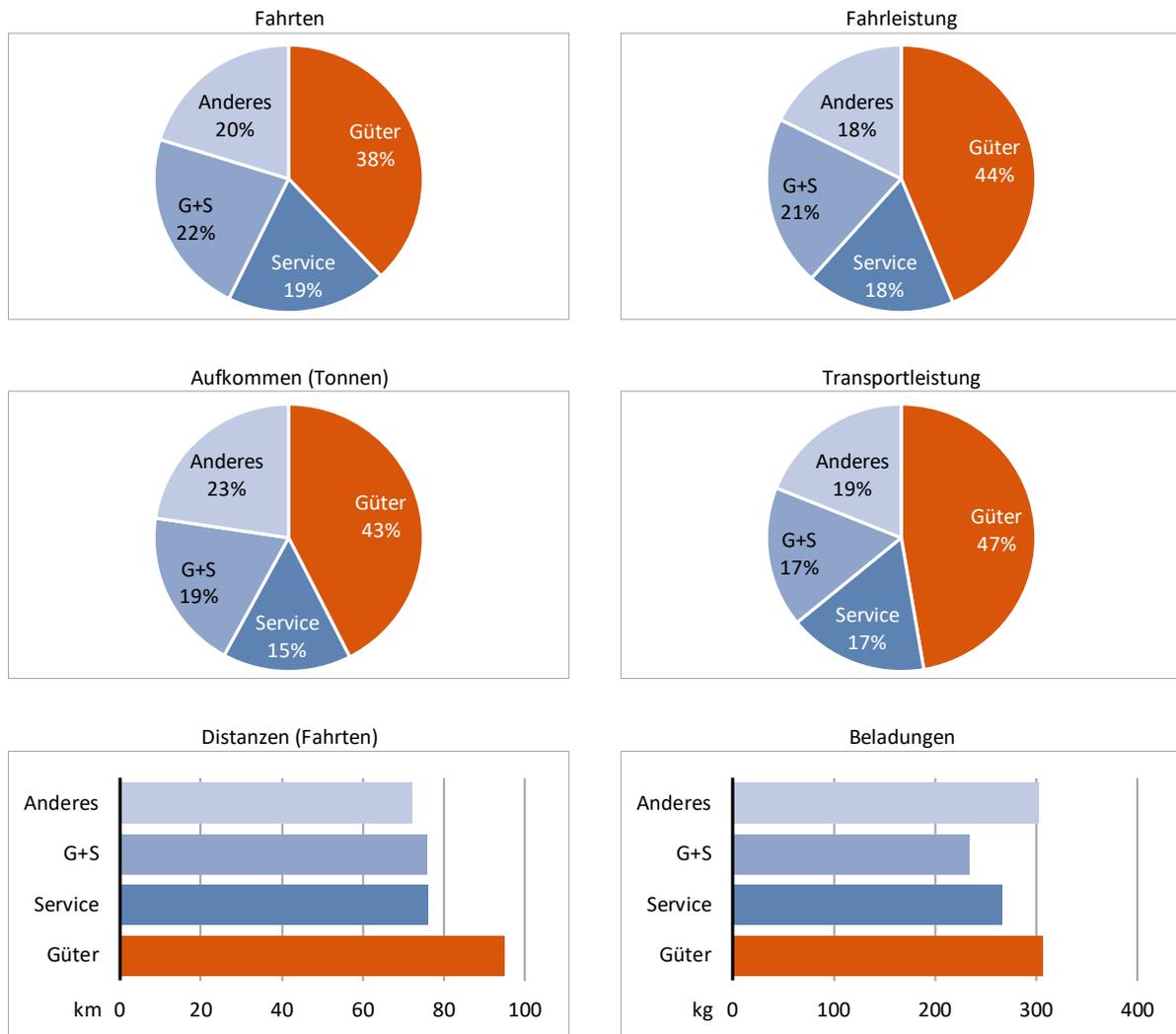


Bild 1: Fahrzeugeinsatz (Fahrtzwecke)

Fahrzeuge

Bei der Typisierung der Fahrzeuge stellt das Leergewicht einen guten Indikator dar. Ziel ist zu verifizieren, ob die Abgrenzung aus den Fahrzeugeinsätzen (Fahrtzwecke) mit den dabei zu erwartenden Fahrzeugtypen bestätigt wird. «Erwartung» wäre, dass bei den Gütertransporten der Anteil schwerer Fahrzeuge mit Leergewichten über 2 Tonnen höher ausfällt als bei den serviceorientierten Fahrten. Hintergrund ist, dass zum Gütertransport eher grössere Fahrzeuge (mit mehr Ladevolumen) eingesetzt werden dürften. Solche Fahrzeuge haben in der Regel Leergewichte über 2 Tonnen (bspw. Iveco Daily, Mercedes Sprinter). Unterhalb dieser Grenze sind vor allem PW-ähnliche Fahrzeuge anzutreffen (Kombi, Hochdach-Kombi, Mini-Van etc.). Ausnahmen sind allenfalls Mini-Transporter (bspw. Piaggio), die mit Leergewichten unterhalb 1 Tonne für spezielle Gütertransporte verwendet werden. Die Struktur nach Gewichtsklassen zeigt sich wie folgt:

Fahrtenanteile Gewichtsklassen	Güter	Service	gemischt	Anderes	insgesamt
<=1'000 kg	2%	1%	1%	2%	2%
>1'000 kg bis <=1'500 kg	14%	17%	15%	15%	15%
>1'500 kg bis <=2'000 kg	31%	47%	44%	35%	38%
>2'000 kg bis <=2'500 kg	36%	31%	33%	35%	34%
>2'500 kg bis <=3'000 kg	16%	4%	7%	12%	11%
>3'000 bis <=3'500 kg	1%	0%	0%	0%	0%

- Bei den als Gütertransporten abgegrenzten Fahrten werden zu 53% die schwereren Fahrzeuge mit Leergewichten über 2 Tonnen eingesetzt (im Jahr 2019 ca. 7.9 Mio. Fahrten). Diese transportieren aber 75% der mit diesen Güterfahrten verbundenen Tonnage (8.6 Mio. Tonnen).
- Bei den Servicefahrten finden 65% mit Fahrzeugen unterhalb eines Leergewichts von 2 Tonnen statt. Bei den gemischten Fahrten (Güter und Dienstleistungen) sind es 60%, bei den anderen Fahrten 53%.
- Für alle Fahrtzwecke, aber explizit für die Güterfahrten, gilt, dass die Fahrten mit Fahrzeugen über 2 Tonnen Leergewicht längere Distanzen aufweisen als für Fahrzeuge unter 2 Tonnen.

Die Analyse über das Merkmal der Karosserieform (Body Design) ergibt keine schlüssigen Hinweise auf die Einsatzart resp. den Fahrtzweck. Hier ist mutmasslich für Lieferwagen die auch für andere Fahrzeugarten vorgegebene Klassifizierung nicht hinreichend. So erfolgen 59% aller Fahrten im Gütertransport mit Kastenwagen – was in diesem Segment noch plausibel erscheint. Allerdings werden mit 80% auch der Grossteil aller Servicefahrten dieser Karosserieform zugeordnet – mutmasslich, weil Kombis oder Vans dieser Form noch am nächsten entsprechen. Die Struktur der 10 wichtigsten Karosserieformen nach Fahrtzwecken zeigt sich wie folgt:

Fahrtenanteile Karosserieformen	Güter	Service	gemischt	Anderes	insgesamt
Kasten	59%	80%	67%	45%	62%
Brücke	15%	11%	20%	31%	19%
Kippbrücke	5%	4%	6%	12%	7%
Brücke mit Verdeck	3%	1%	2%	2%	3%
Kasten mit Hebebühne	5%	1%	2%	1%	2%
Brücke mit Verdeck und Hebebühne	4%	0%	1%	2%	2%
Kühlkasten (mit Aggregat)	4%	1%	0%	2%	2%
Brücke mit Ladekran	1%	1%	1%	1%	1%
keine Angabe	1%	0%	0%	0%	1%
Kühlkasten mit Hebebühne	1%	0%	0%	1%	0%
Top 10 aller Karosserieformen	98%	99%	99%	97%	98%

Fazit: Die Analyse der Leergewichte passt zum Vorschlag der Separierung des Gütertransports vom PWV. Die entsprechenden Fahrten werden grösstenteils mit dafür geeigneteren (voluminöseren und damit schwereren) Fahrzeugen durchgeführt. Gleichzeitig weisen die Fahrzeugstrukturen der drei anderen Fahrtzwecksegmente daraufhin, dass es zulässig wäre, diese dem PWV zugehörig zusammenzufassen.

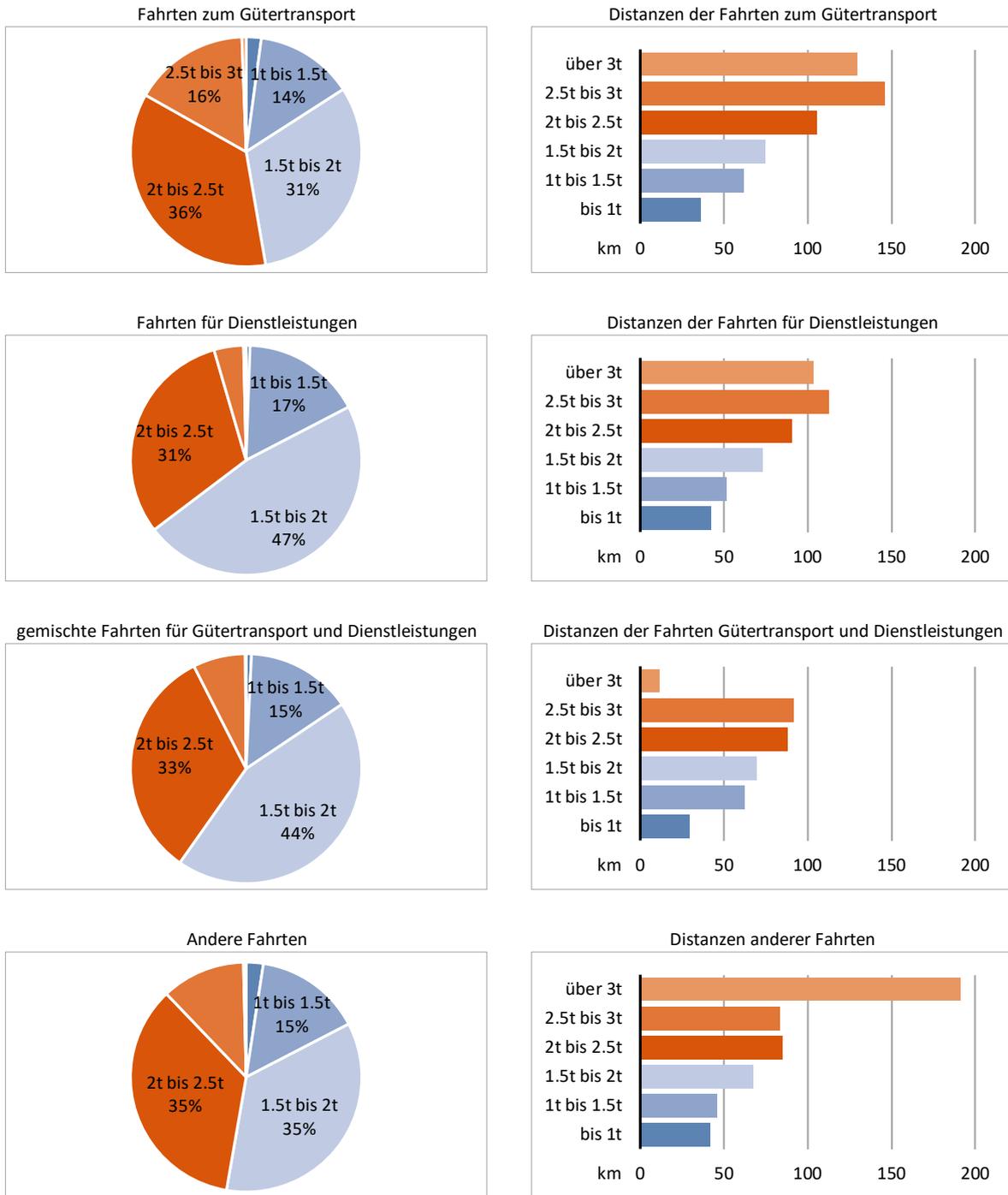


Bild 2: Fahrzeugtypisierung anhand der Leergewichte (nach Fahrten und deren Distanzen)

Fahrten nach Tourentypen

Zur Modellierung ist die Information über den Typ der Fahrt (Tourentyp) essenziell. Mit dem Datensatz aus der LWE lassen sich vier Typen unterscheiden:

- Rundtour: Tour mit identischem Start- und Endpunkt, auf der verschiedene Punkte angefahren werden, wobei dort entweder Güter, die alle am Startpunkt aufgeladen wurden, verteilt werden oder Güter gesammelt und dann am Endpunkt abgeladen werden,
- Kette: Tour mit ebenfalls identischem Start- und Endpunkt, jedoch können an den verschiedenen auf der Tour liegenden Punkten Güter ab- wie auch aufgeladen werden (d.h. diese Güter müssen nicht zwingend über Start- oder Endpunkt umgeschlagen werden),
- Hin/Rück: Tour mit Hin- und Rückfahrt, wobei auch hier Start- und Endpunkt identisch sind,
- Einfach: eine Fahrt = 1 Etappe am Erhebungstag mit unterschiedlichem Start- und Endpunkt.

Bei den Typen der Rundtour und der Kettentour könnte auch noch unterschieden werden, ob jeweils nur Güter der gleichen Art oder unterschiedliche Güter transportiert wurden.

Die Extraktion der einzelnen Touren ist im Datensatz LWE nicht immer ganz eindeutig möglich. Eindeutig ist jedoch immer der Tagesbezug beim Einsatz eines Fahrzeugs, da für jedes Fahrzeug (entspricht der Erhebungsnummer resp. der OID) alle Fahrten am Erhebungstag dokumentiert sind. Sobald dieses Fahrzeug Rund- oder Kettentouren unternimmt, ist nicht immer eindeutig der tatsächliche Startpunkt einer solchen Tour zu identifizieren (Fahrzeuge können bspw. am Wohnort der Fahrer starten oder der Beladepunkt einer Verteiltour ist nicht gleich dem Standort des Fahrzeugdepots etc.). Für die hier im Rahmen der Vorstudie unternommenen Analysen wurde ein vereinfachtes Verfahren zur Identifikation von Touren angewendet, welches i. d. R. den Gesamttag als 1 Tour ansieht; bei eindeutigen mehrfachen Rundtouren (wenn Stopp-Angabe mehrfach am Tag vorhanden), wurden die Touren getrennt erfasst.

Aus der Analyse mit Fokus auf die Gütertransporte lassen sich folgende Punkte zu den Tourentypen feststellen:

- Mit 45% ist fast die Hälfte aller Güterfahrten als Rundtour konzipiert (im Jahr 2019 ca. 8.1 Mio. Fahrten). Dabei werden 49% des Aufkommens aller Güterfahrten transportiert (5.6 Mio. Tonnen).
- Der Anteil der Rundtouren bei der Fahrleistung liegt mit 54% noch höher, worin sich die vergleichsweise hohe Fahrtendistanz (also der Gesamttour) von 115 km spiegelt.
- Naturgemäß besitzen die Rundtouren den höchsten Anteil an allen Etappen von Güterfahrten (91%). Im Durchschnitt werden 27 Etappen auf diesen Rundtouren gefahren, womit eine mittlere Etappendistanz von 4.2 km verbunden ist. Die Streuung ist allerdings sowohl bei der Anzahl an Etappen wie auch bei der Etappendistanz sehr hoch. Hier müsste zur Modellierung der Einsatzwarengruppenspezifischer Touren geprüft werden, so dass sich diese Streuung allenfalls eingrenzen lässt; eine raumtypische Segmentierung ist ebenfalls zu prüfen, scheint aber nach ersten Analysen nicht zu viel Differenzierung zu bringen (vgl. Fahrten nach Raumtypen weiter unten).
- 9% aller Güterfahrten sind «Kettentouren» und damit faktisch auch Rundtouren, da mit identischem Start- und Zielpunkt. Hier werden jedoch 27% des Aufkommens transportiert, worin sich der Typ dieser Tour mit unterschiedlichen Be- und Entladevorgängen zeigt.
- Hin- und Rückfahrten sind mit 23% bei den Güterfahrten beteiligt, Einfachfahrten besitzen einen Anteil von 24%. Zusammengenommen wird mit diesen beiden Tourtypen jedoch nur 25% des Aufkommens transportiert.

Fazit: Mit dem Datensatz LWE können die Tourtypen identifiziert werden. Der Rundtour ist dann bei der Modellierung grösste Aufmerksamkeit zu widmen, da sie – zusammengerechnet mit der ebenfalls am gleichen Start- und Zielpunkt verkehrenden Kettentour – zwei Drittel der Fahrleistungen und drei Viertel der Tonnage ausmacht. Zentral ist dabei, dass die Start- und Endpunkte (zum Be- und Entladen) solcher Rund- und Kettentouren identifiziert und fixiert werden können.

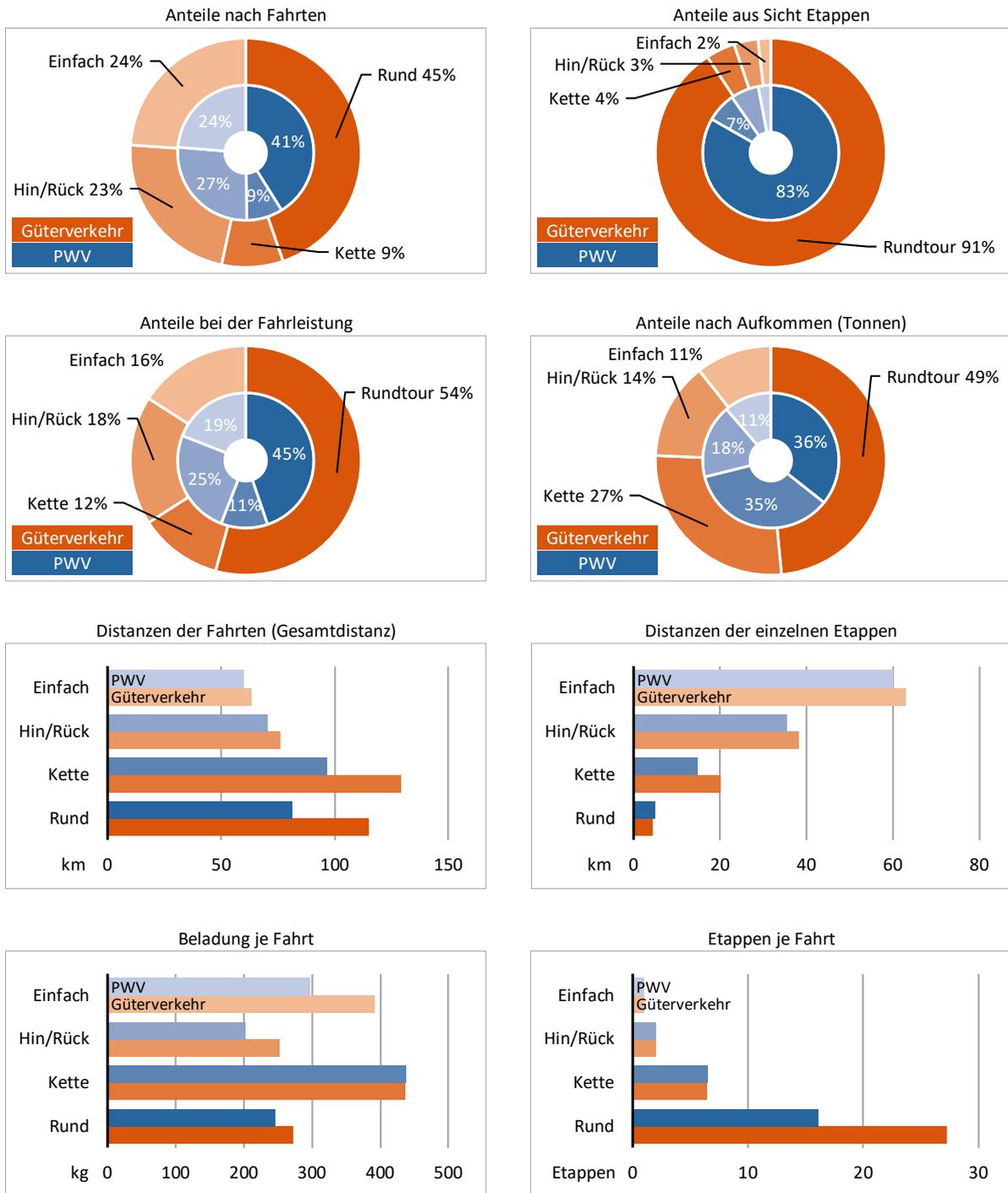


Bild 3: Tourentypen

Fahrten nach Distanzklassen

Die Distanzen der Fahrten geben wichtige Hinweise zur Parametrisierung bei der Modellierung. Mit Blick auf die Gesamtdistanzen aller Güterfahrten (d.h. aus der Summe aller Etappen) lässt sich Folgendes feststellen:

- Bei den Gütertransporten erfolgen 43% aller Fahrten innerhalb von 50 km. Bei den im Durchschnitt längeren Rundtouren verringert sich der Anteil dieser Distanzklasse auf 32%.
- Insgesamt liegen weitere 27% aller Güterfahrten im Bereich zwischen 50 und 100 km. Bei den Rundtouren sind es (wiederum) 32%. Somit erfolgen 37% aller Rundtouren in Distanzbereichen über 100 km (im Jahr 2019 ca. 2.3 Mio. Fahrten), bei den ebenfalls mit gleichem Start- und Endpunkt versehenen Kettentouren sind es 44% (0.6 Mio. Fahrten).
- Im PWV sieht die Distanzverteilung ähnlich aus, nur das infolge der generell kürzeren mittleren Distanz mehr Fahrten im Bereich bis 100 km erfolgen. Bis 50 km sind es 48% aller Fahrten (11.7 Mio.), zwischen 50 und 100 km noch 29% (7.1 Mio.).

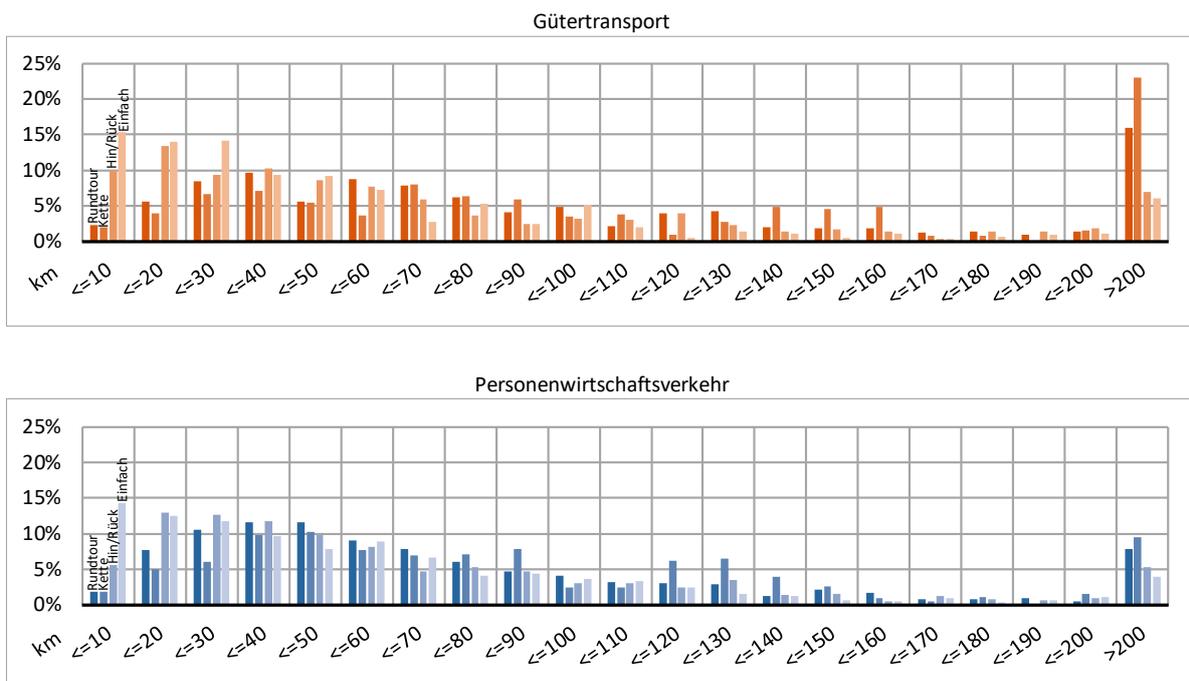


Bild 4: Distanzverteilungen der Gesamtfahrlängen nach Tourentypen

Aus modelltechnischer Sicht ist der Blick auf die Anfangsfahrt (Erstetappe) der Rundtouren relevant. Hier ergibt sich folgendes Bild zur Distanzverteilung:

- 52% der Rundtouren haben eine Anfangsfahrt unterhalb von 10 km (3.5 Mio. Fahrten). Bei den Kettentouren sind es 45% (0.6 Mio. Fahrten).
- Im Bereich zwischen 10 und 20 km liegen bei den Rundtouren 18% der Anfangsfahrten (1.2 Mio.), der Anteil dieser Distanzklasse beläuft sich bei den Anfangsfahrten der Kettentouren auf 23% (0.3 Mio.)
- Somit liegen 30% der Anfangsfahrten bei den Rundtouren im Bereich über 20 km (2.0 Mio. Fahrten), bei den Kettentouren sind es 32% (0.4 Mio.).
- Im Durchschnitt liegt die Länge der Anfangsfahrt von Rundtouren bei 22 km.

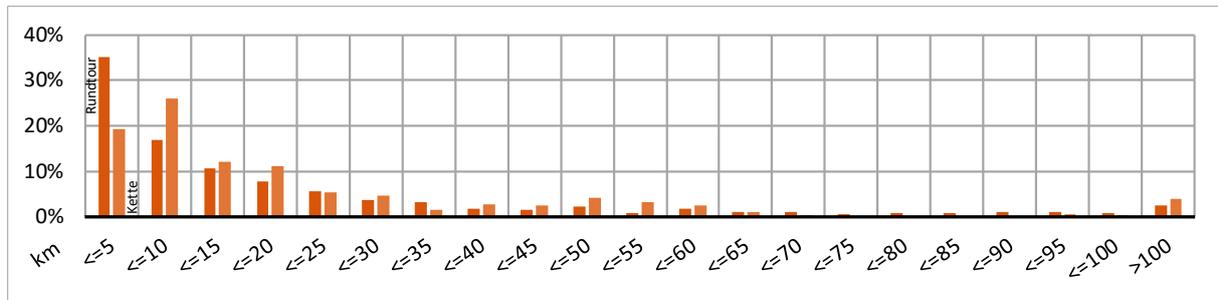


Bild 5: Distanzverteilungen der Anfangsfahrten von Rundtours im Gütertransport

Fazit: Der Kurzstreckenanteil resp. der Anteil von Fahrten im sogenannten Nahbereich fällt bei den Gütertransporten mit Lieferwagen wider Erwarten gering aus. Implizit bedeutet dies, dass die Modellierung des Lieferwagenverkehrs in der Lage sein muss, auch mit längeren Fahrten umgehen zu können. Diese Beobachtung resp. Modellanforderung verstärkt sich sogar bei den Rundtours, wo zusätzlich zu beachten ist, dass nicht nur Anfahrten im unmittelbaren Umfeld, sondern auch über vergleichsweise längere Wege abzubilden sind. Mit Blick auf die Schweizer Raumstrukturen lässt sich der Nahbereich sicher bis mind. 10 km definieren, der Bereich bis 20 km stellt einen Grenzbereich dar, während Fahrten über 20 km Länge eher dem Regionalbereich zuzuordnen wären.

Fahrten nach Raumtypen

Mit der LWE lassen sich regionale Differenzierungen herstellen. Die Erhebung erfasst Quell- und Zielpunkte der Fahrten über die Postleitzahlen. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die räumliche Verteilung der (klassierten) Fahrten und Tonnagen nach Postleitzahlen für die explizit dem Güterverkehr mit Lieferwagen zugeordneten Touren (zum Vergleich sind die dem PWV zugeordneten Touren im Anhang enthalten).

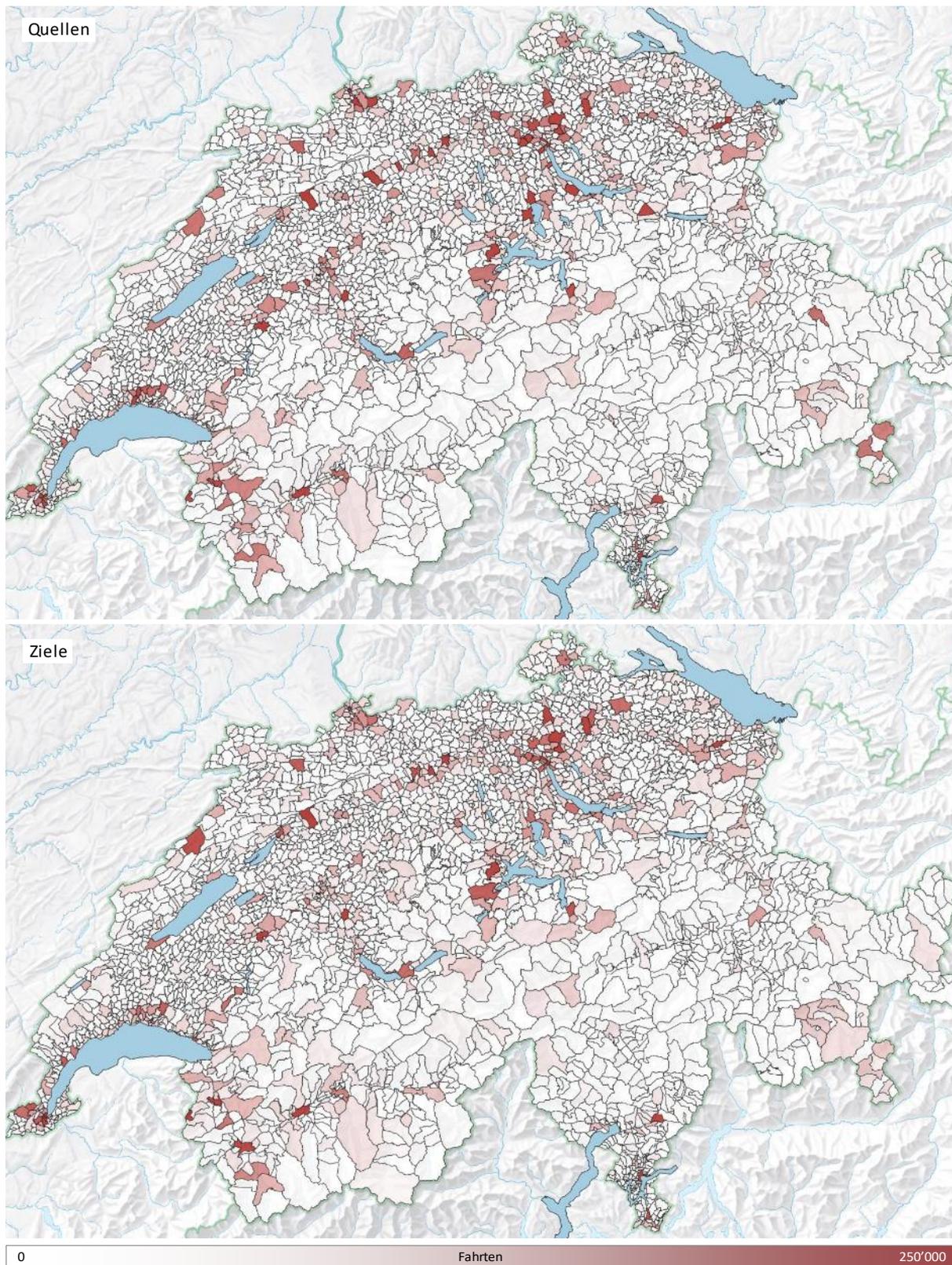


Bild 6: Fahrten im Gütertransport nach Postleitzahlen

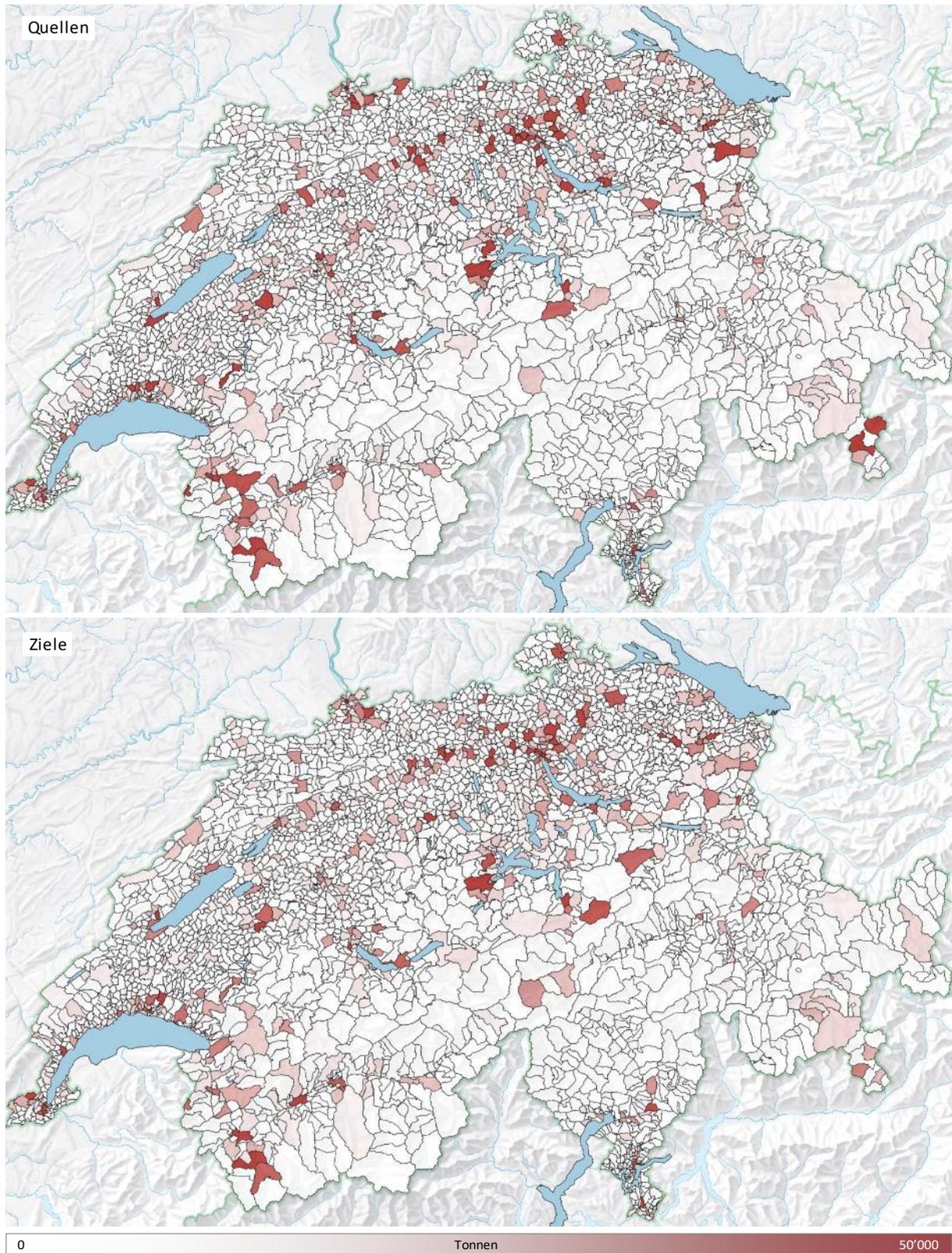


Bild 7: Tonnage im Gütertransport nach Postleitzahlen

Für die Modellierung stellt sich die Frage, ob raumtypspezifische Eigenheiten abgeleitet werden können. Zu diesem Zweck wurde die Analyse der oben dargestellten Fahrten- und Aufkommensmengen auf ausgewählte Raumtypen aus den BFS-Raumgliederungen appliziert (Abbildungen zu den Raumtypen im Anhang):

- Metropolregionen,
- Agglomerationsgrößenklassen,
- Urbanisierungsgrad,
- städtische versus ländliche Gebiete.

Da die Modellierung auf Erzeugungskennziffern abstellen wird (Fahrten und/oder Tonne je Strukturdatum wie bspw. Einwohner oder Beschäftigte), wurden die Analysen mit diesen Kennziffern durchgeführt. Im Ergebnis zeigt sich folgendes Bild:

- Beim **Bezug auf Einwohner** zeigen sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Raumtypen, auch nicht zwischen dem Bezug auf Fahrten oder Tonnen. Der einzige «Ausreisser» wird bei der Metropolregion «Ticino Urbano» sichtbar, dürfte aber auf die dort für Metropolregionen eher unterdurchschnittliche strukturelle Dichte zurückzuführen sein.
- Der **Bezug auf Vollzeitäquivalente** (an den Arbeitsstätten) zeigt im Gegensatz zu den Einwohnern grössere Unterschiede resp. solche Varianzen, die bei der Modellierung zumindest Hinweise auf wohlmöglich signifikante Unterschiede geben könnten. Insbesondere die (einfache, da nur auf 3 Typen basierende) Kategorisierung nach Urbanisierungsgrad scheint hier systematische Unterschiede aufzuweisen. Generell gilt: Der Bezug auf die Tonnage weist bei den Vollzeitäquivalenten grössere Varianzen auf als der Bezug zu den Fahrten.

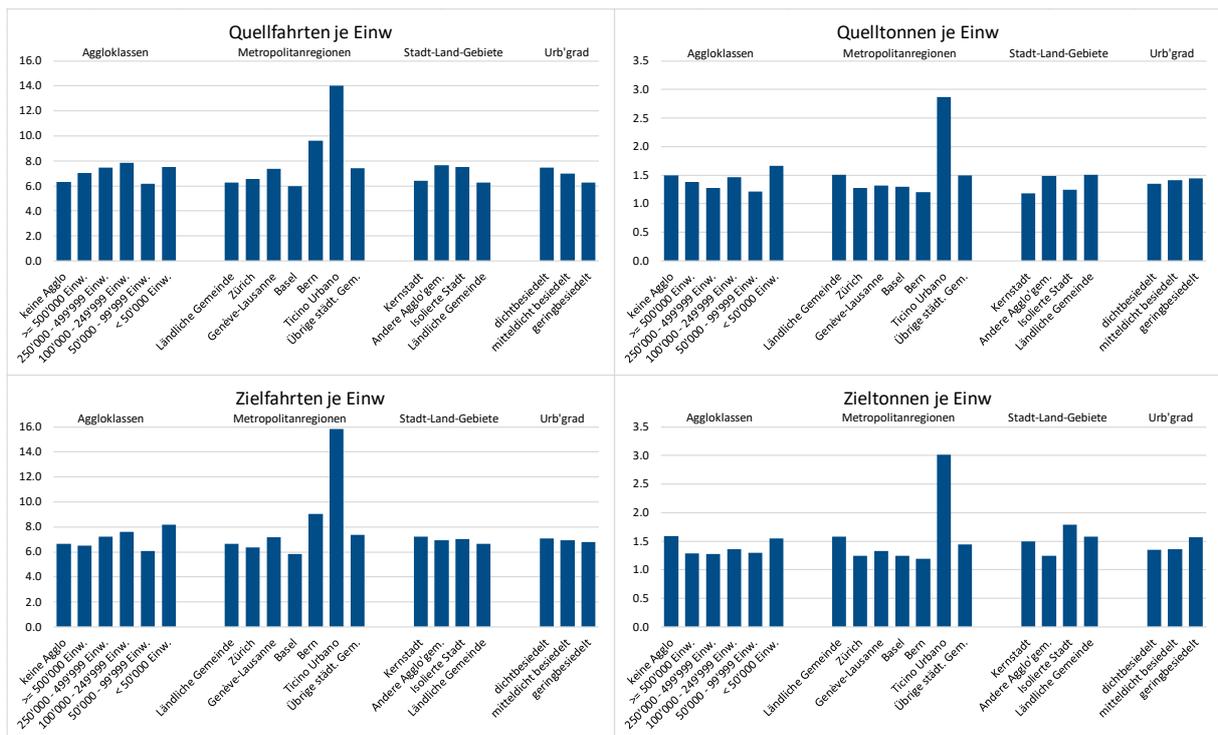


Bild 8: Quell- und Zielerzeugungskennziffern im Güterverkehr nach Raumtypen und mit Bezug zu Einwohnern

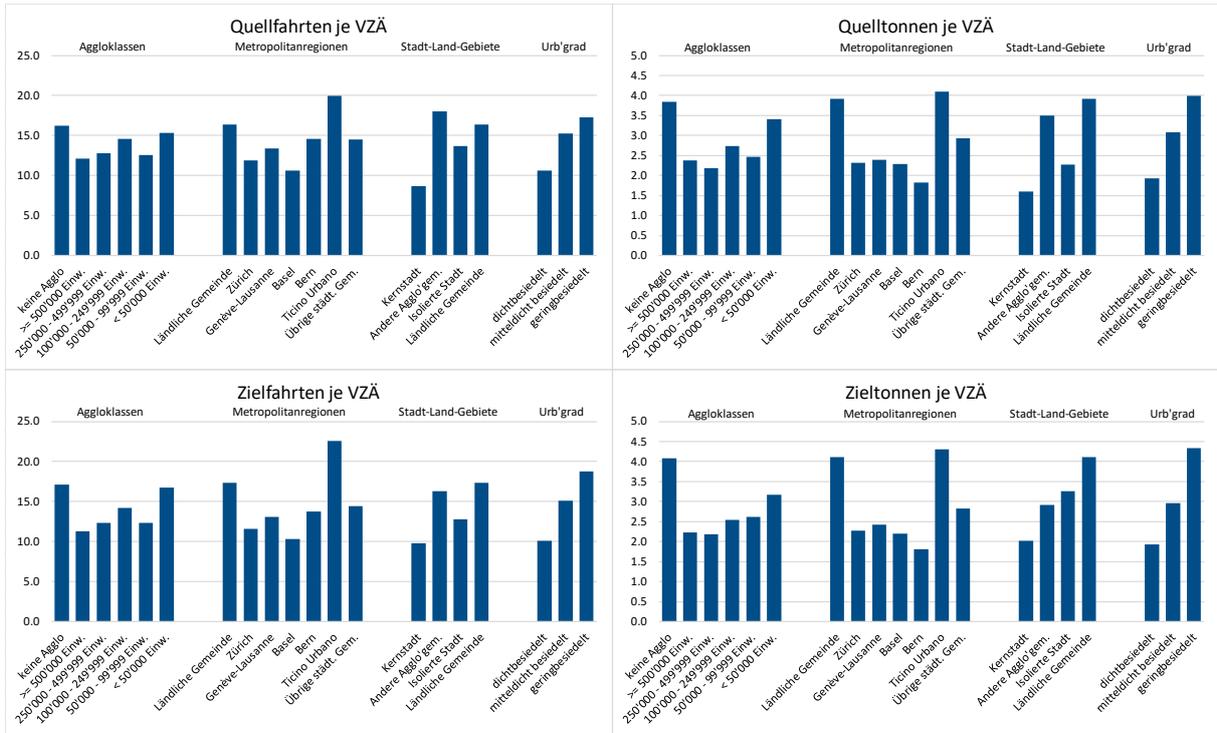


Bild 9: Quell- und Zielerzeugungskennziffern im Güterverkehr nach Raumtypen und mit Bezug zu Vollzeitäquivalenten

Eine spezielle Analyse der Rundtouren (hier als alle Touren mit >1 Zwischenstopp) zeigt folgendes Bild:

- Die Anzahl Stopps je Tour sind in weniger verdichteten Räumen höher. Die Ausnahme zu dieser Beobachtung zeigt sich einzig bei den Kernstädten in der Raumtypisierung zwischen städtischen und ländlichen Gebieten – hier ist die Anzahl Stopps in den Kernstädten höher als in den anderen städtischen Typen, jedoch immer noch geringer als bei ländlichen Gemeinden. Hierbei ist zu beachten: Die Anzahl Stopps bezieht sich auf den Raumtyp, an dem das Fahrzeug seine erste Fahrt am Tag gestartet hat. Dadurch können «Privatfahrten» von der Wohnung zum Arbeitsort enthalten sein, oder eben Fahrten von Depots aus, die in weniger dichtbesiedelten Gebieten liegen.
- Die Anzahl der Rundtouren zeigt zumindest bei den Aggloklassen eine absteigende Tendenz von dichteren Gebieten hin zu weniger dichten Gebieten.
- Beim Bezug aller Stopps je Werktag auf ein Strukturdatum zeigt sich wiederum die Vollzeitäquivalente etwas differenzierter als die Bevölkerung.
- Generell ist aber zu sagen, dass die Analyse nach Stopps und Rundtouren ein diffuses Bild abgibt. Hier müssten im Rahmen der Modellerstellung weitergehende Analysen und wohlmöglich eine fundiertere Extraktion der Rundtouren aus dem Datenset LWE erfolgen (letzterem waren im Rahmen der Vorstudie zeitliche und finanzielle Grenzen gesetzt).

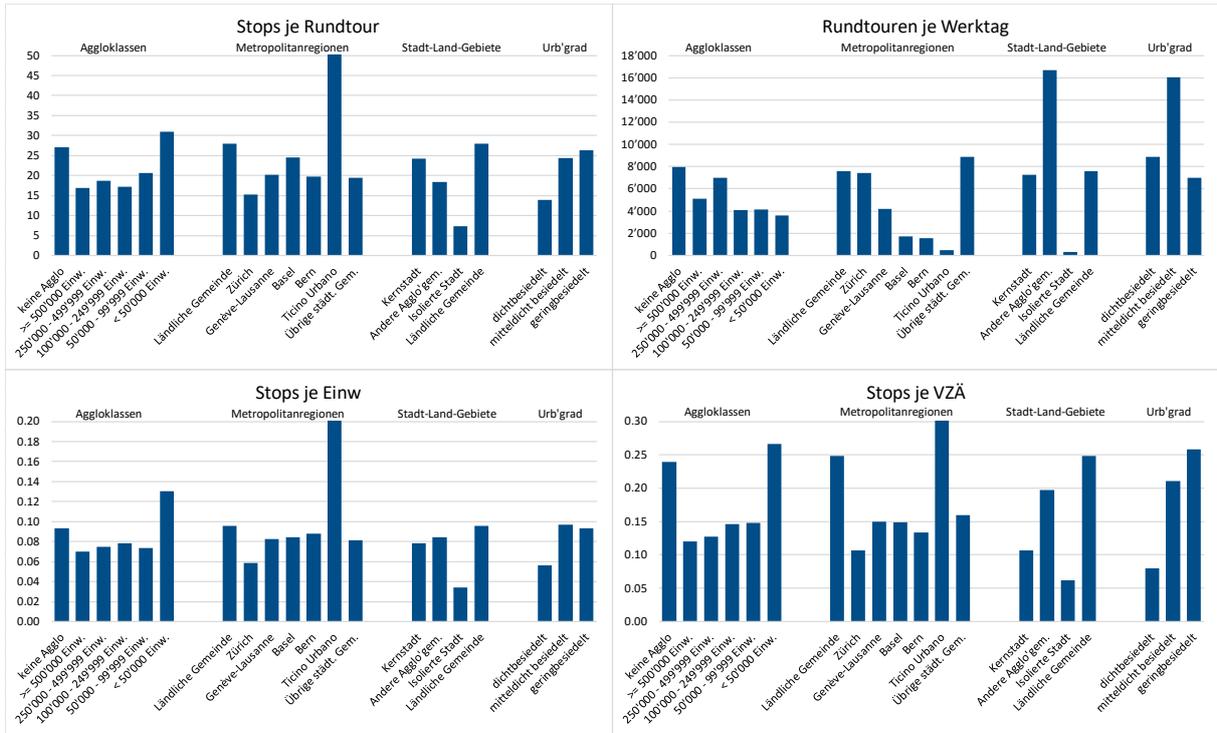


Bild 10: Rundtouren und deren Stopps nach Raumtypen der Start-PLZ im Güterverkehr

Fazit: Es gibt kaum Hinweise auf signifikante Unterschiede bei den Raumtypen hinsichtlich Struktur des Lieferwagenverkehrs und explizit der Gütertransporte mit Lieferwagen (Tourentypen) sowie bei den (zur Modellierung allenfalls infrage kommender) Erzeugungskennziffern. Einzig der Bezug auf die Vollzeitäquivalente anstatt auf Einwohner scheint eine gewisse Differenzierung bei den Erzeugungskennziffern herzugeben. Es zeichnet sich allerdings ab, dass eine Differenzierung in mehr als zwei grundlegende Raumtypen wenig zielführend sein dürfte. Festzuhalten bleibt, dass im Rahmen der Modellerstellung hinsichtlich Raumtypisierung weitergehende, differenziertere Analysen erfolgen sollten (Extraktion und Identifikation der Tourentypen aus dem Datenset LWE, Differenzierung nach Warengruppen und/oder Fahrzeugtypen).

Güter nach Warenarten

Zur Modellierung der Gütererzeugung (Quell- und Zielverkehr, hier als Produktion und Verbrauch resp. Ver- und Entsorgung) ist der Bezug zu entsprechend geeigneten Strukturdaten essenziell. Dabei können die Warenarten die Verbindung zwischen Güteraufkommen und bspw. Branchen resp. wirtschaftliches Handeln herstellen. Die LWE erfasst 36 Warenarten zzgl. Leerfahrten (37 Kennungen), die sich wareseitig zu den 20 Abteilungen der NST aggregieren lassen.

Die wichtigsten Erkenntnisse sind:

- Bei den Gütertransporten stehen im Vordergrund:
 - Nahrungsmittel mit 18% aller Fahrten (2.7 Mio.) resp. 18% der Tonnage (2.1 Mio.),
 - KEP mit 13% aller Fahrten resp. 12% des Aufkommens,
 - Metalle und Halbzeuge mit 8% aller Fahrten und auch 8% des Aufkommens,
 - landwirtschaftliche (Roh-)Produkte mit 7% aller Fahrten und 9% des Aufkommens,
 - 9% aller Fahrten sind Leerfahrten.
- Beim Personenwirtschaftsverkehr stechen nur zwei Warengruppen hervor:
 - nicht marktbestimmte Güter mit 17% aller Fahrten (4.2 Mio.), womit 23% der Tonnage im PWV verbunden ist (3.6 Mio. Tonnen),
 - Baustoffe mit 10% aller Fahrten resp. 12% des Aufkommens,
 - auch ist hier der Leerfahrtenanteil mit 16% bedeutend höher.

Nur mit Blick auf die Gütertransporte lässt sich dort hinsichtlich der Tourentypen feststellen, dass bei den Rundtouren zwei Warengruppen knapp die Hälfte aller Fahrten ausmachen: Nahrungsmittel und KEP (zusammen 2.9 Mio. Fahrten resp. 2.4 Mio. Tonnen). Deren Anfahrtsfahrten besitzen Durchschnittsdistanzen von 14 km (Nahrungsmittel) resp. 18 km (KEP).

Fazit: Die Warengruppen sind breit vertreten im Lieferwagenverkehr. Damit könnten sie zur Segmentierung bei entsprechend geeigneten Erklärungsgrößen beitragen. Bei Bedarf wären weitere, über die NST-Abteilungen hinausgehende Aggregate denkbar, so dass jeweils aufkommensstarke, aber vom Erklärungsansatz her unterschiedliche Gruppen gebildet werden können (bspw. Nahrungsmittel, KEP und Sammelgut, Bau, Landwirtschaft, nicht marktbestimmte Güter, Güter vom produzierenden Gewerbe). Dies ist nahezu kompatibel mit den Warengruppen der AMG (Modellierung schwerer Güterverkehr), müsste aber in der AMG-Gruppe 10 (Stück- und Sammelgüter) etwas mehr differenziert werden, da dort insb. die idealerweise zu separierenden KEP-Fahrten enthalten sind.

Die Verteilung der Warengruppen zeigt einen signifikanten Unterschied zwischen den Gütertransporten einerseits und den zum Personenwirtschaftsverkehr aggregierten Fahrtzwecken andererseits. Die Verteilung innerhalb der zum PWV zusammengefassten Fahrtzwecke ist zumindest so gut übereinstimmend, dass damit diese Aggregation vertreten werden kann.

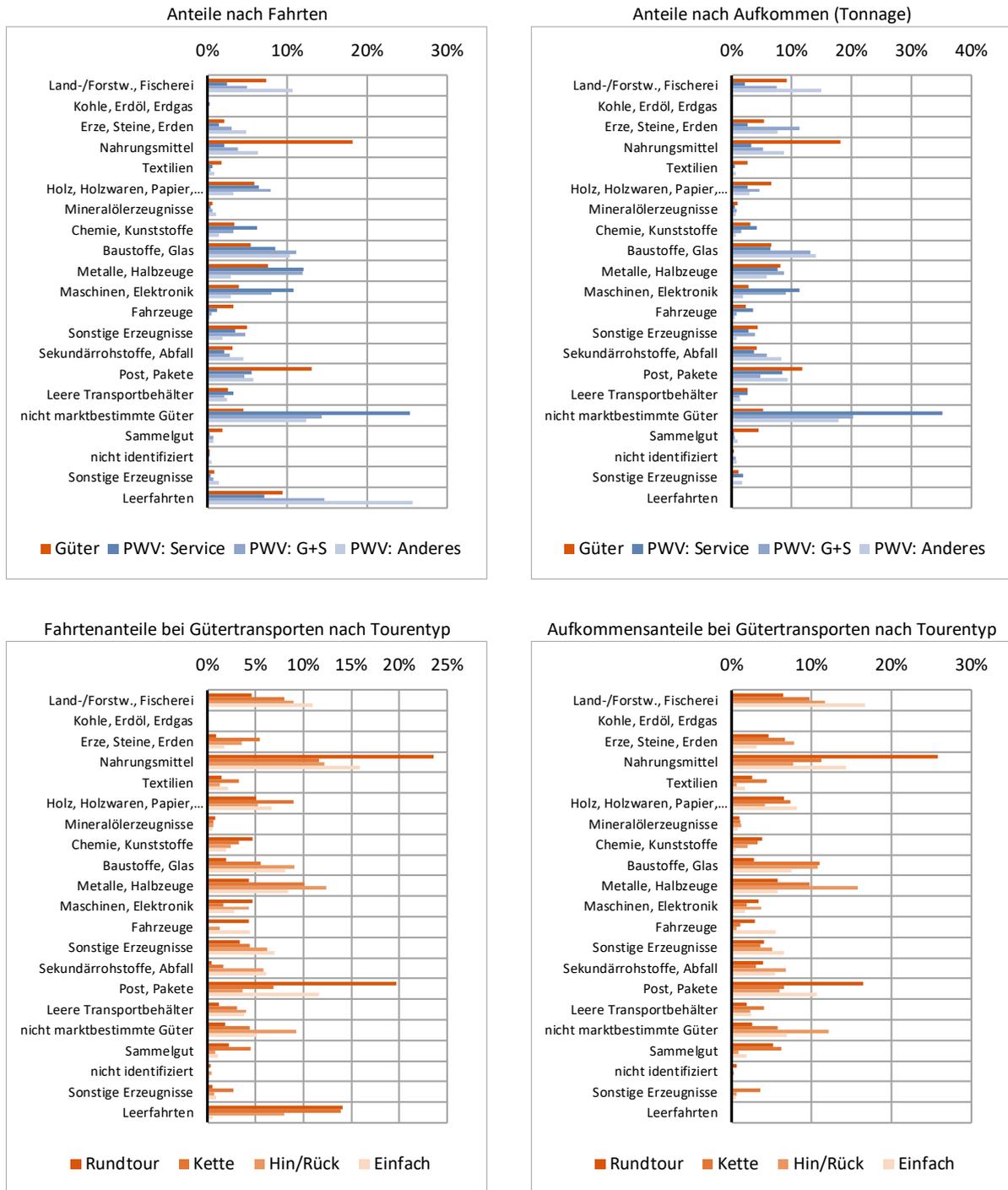


Bild 11: Anteile der Warenarten

Fahrzeughalter nach Branchen

Vergleichbar zu den Warenarten könnten allenfalls auch die Halterdaten, der in der Stichprobe der Erhebung gezogenen Lieferwagen, von Belang sein. Die Fahrzeughalter werden nach der NOGA-Systematik auf Abschnittsebene dokumentiert; da diese Daten jedoch Registerdaten sind, wäre theoretisch auch eine nachträgliche Ergänzung auf Abteilungsebene denkbar.

Nach Abschnitten ergibt sich folgendes Bild:

- Sowohl bei den Gütertransporten wie auch bei den Fahrtzwecken zum PWV sind die Halter mehrheitlich entweder «unbekannt» oder «privat» (36% aller Fahrten).
- Bei den Gütertransporten stehen darüber hinaus noch im Vordergrund:
 - Handel, Instandhaltung und Reparatur von Fahrzeugen mit 17% aller Fahrten,
 - 13% aller Fahrten sind nicht näher bestimmte Halter aus dem verarbeitenden Gewerbe,
 - die Fahrzeuge weitere 10% aller Fahrten sind beim Baugewerbe immatrikuliert,
 - 8% gehören zur Logistikbranche von Verkehr und Lagerei.
- Beim Personenwirtschaftsverkehr sind:
 - 28% aller Fahrten bei Fahrzeughaltern aus dem Baugewerbe angesiedelt,
 - 9% der Fahrten gehören zur Branche Handel, Instandhaltung und Reparatur von Fahrzeugen,
 - ebenso 9% zu Verkehr und Lagerei,
 - 11% sind hier bei den Dienstleistungen oder sonstigen, nicht-produzierenden Bereichen.

Bei den Rundtouren im Gütertransport verändert sich im Übrigen diese Halterstruktur nicht signifikant.

Fazit: Die Branchengruppen der Fahrzeughalter fokussieren sich auf wenige Abschnitte und scheinen damit weniger geeignet zu sein, um als Erklärungsgrösse zur Modellierung verwendet werden zu können. Eine hinreichend differenzierte, zur Modellierung hilfreiche Segmentierung ist mit diesen Halterangaben nicht abbildbar. Diese Feststellung gilt selbst dann, wenn nachträglich via Registerauszug die NOGA-Abteilungen zugespielt würden. Hier würde sich der anteilsstarke Abschnitt der «unbekannten und privaten Halter» nicht weiter differenzieren lassen.

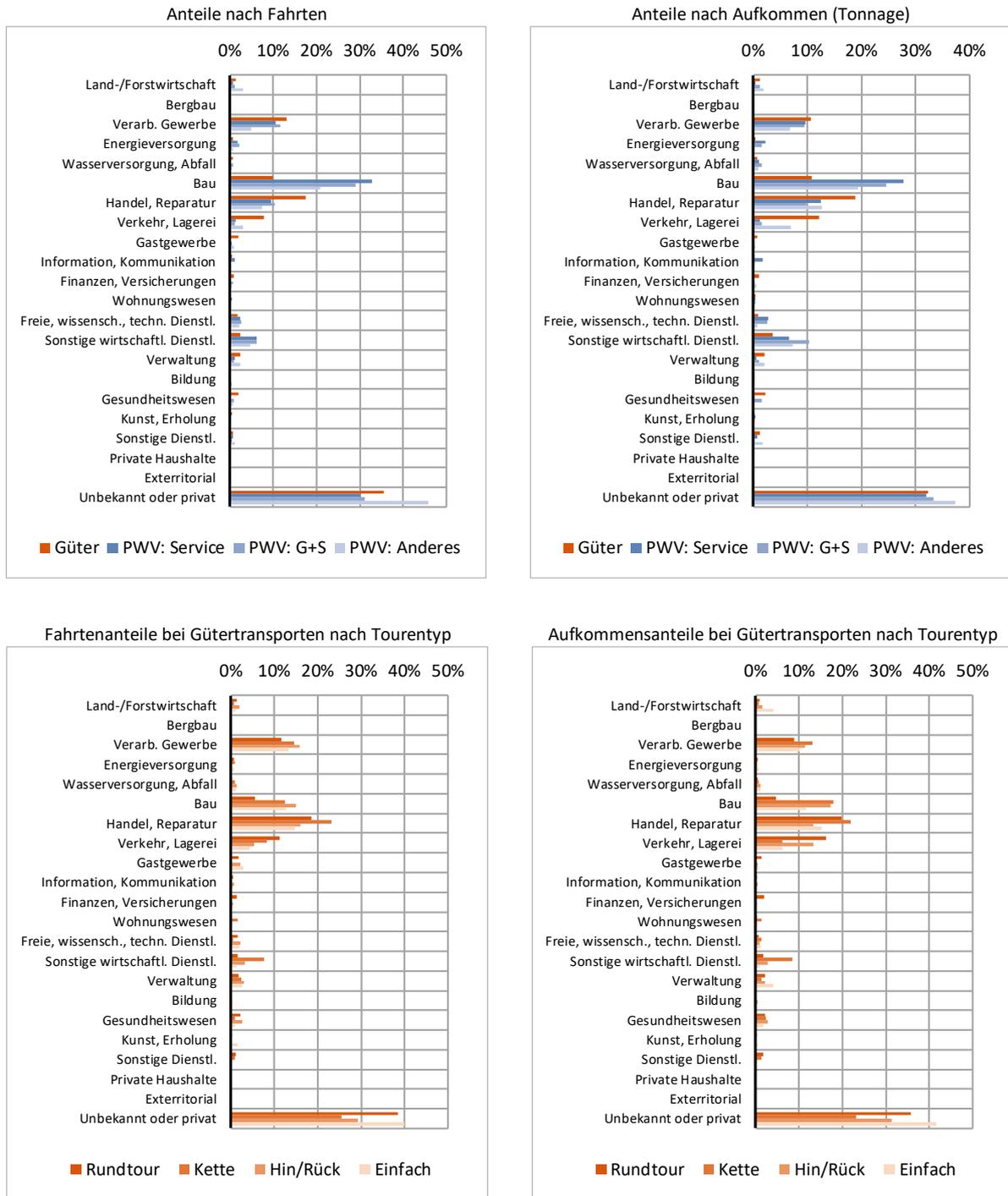


Bild 12: Anteile der Branchen der Fahrzeughalter

Schlussfolgerungen zur Segmentierung aus der Analyse LWE

Neben den Hinweisen zur Modelltheorie lassen sich aus den Analysen der Datensätze LWE 2013 weitere Hinweise zur Modellierbarkeit des Lieferwagenverkehrs aus Sicht Datengrundlagen gewinnen. Die wichtigsten Erkenntnisse sind:

- Eine Differenzierung zwischen ausschliesslichen Gütertransporten und Fahrten, wo Personenwirtschaftsverkehr im Vordergrund steht, ist möglich. Hier kann das Merkmal des Fahrzeugeinsatzes herangezogen werden, allenfalls ergänzt um eine Fahrzeugtypisierung anhand des Leergewichts.
- Zur Modellierung der Fahrten stehen in der LWE Informationen zur Verfügung, aus denen sich Tourtypen ableiten lassen. Die Extraktion dieser Tourtypen ist nicht ganz eindeutig, da sie über verschiedene Merkmale (Stopp, Kilometrierung, Verortung über PLZ, Anzahl Datenzeilen je Fahrzeug, Warengewichte) und allenfalls auch nach vorbereitenden Bearbeitungen des Datensatzes erfolgen muss. Vorschläge zur Differenzierung sind im nachfolgenden Abschnitt enthalten.
- Über die Warenarten lässt sich ein Bezug zu möglichen erklärenden Kenngrössen herstellen. Die Warenarten gemäss LWE lassen sich NST-Abteilungen zuordnen und allenfalls auch weiter aggregieren.
- Die Halterinformationen und deren Branchenbezug dürften vermutlich einer Modellierung keine zusätzlichen Grundlagen verschaffen. Daher stünde dieses Merkmal nicht im Fokus.
- Ebenfalls nicht zielführend scheint eine räumliche Differenzierung bei der Modellierung. Es haben sich keine Hinweise auf signifikante Unterschiede hinsichtlich Struktur des Lieferwagenverkehrs und zugehöriger Erzeugungskennziffern gezeigt.

Weitere Grundlagen zum Beschrieb Lieferwagenverkehr

Die Erhebung Lieferwagenverkehr (LWE) stellt zweifelsfrei die wichtigste Grundlage zur Analyse und Erstellung von Kenngrössen und Parametern im Rahmen eines LWM dar. Darüber hinaus gibt es eine Reihe an Studien und Forschungsarbeiten und allenfalls weitere Datensätze, die bei der Erstellung eines LWM von Belang sein könnten. Im Detail wären diese bei der Modellerstellung auf Brauchbarkeit der dann spezifisch gesuchten Daten zu prüfen. Die nachfolgende Aufstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, deckt aber aus Sicht der Autoren das Thema breit ab:

- **Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV):** Diese auf dem Personenverkehr fokussierte Erhebung erfasst allenfalls auch Fahrten mit Lieferwagen, welche über den Schlüssel des Strassenfahrzeugbestands (Statistik MFZ im Verbund mit IVZ Fahrzeuge) als solche identifiziert werden könnten. Darüber hinaus wäre zu prüfen, inwiefern die Fahrtzwecke «Geschäft» und insb. «Nutzfahrt» Input zum LWM liefern könnten.
- **Gütertransporterhebung (GTE):** Allenfalls können Analysen im «Nachbarbereich» der leichteren schweren Nutzfahrzeuge – insb. bis 7.5 Tonnen Gesamtgewicht – die Erkenntnisse aus der LWE erhärten. Die Relevanz ist dabei jedoch zu beachten: 2019 wurden knapp 58 Mio. Fzkm in diesem Segment erbracht; zum Vergleich Fahrleistung Lieferwagen im Jahr 2019 bei 4'668 Mio. Fzkm.
- **Schweizerische automatische Strassenverkehrszählung (SASVZ):** Zählungen stehen im Vordergrund bei der Kalibration der Routenwahlsimulation. Hier kommt es zu Rückkopplungen auf das Nachfragemodell, die je nach Grössenordnung allenfalls auch schon bei der Modellerstellung zu

berücksichtigen wären. Neben den Daten der (vielfach auf das Nationalstrassennetz ausgerichteten) SASVZ sollten auch kantonale oder städtische Zählstellen einbezogen werden.

- **Forschungsarbeit ASTRA/SVI VPT_20_00D:** Diese (derzeit laufende) Arbeit unter dem Titel «Heutige und künftige Bedeutung des leichten Nutzfahrzeugverkehrs (Lieferfahrzeuge)» befasst sich mit einigen Aspekten, welche auch für die Modellierung von Belang sein könnten. Daher sind die Erkenntnisse dieser Arbeit zur Modellerstellung zu konsultieren.
- **Forschungsarbeit SVI 2019/003:** Diese (derzeit laufende) Arbeit unter dem Titel «Kennwerte der Verkehrserzeugung in Güterverkehr und Logistik» kann allenfalls Unterstützung bei der Ableitung von Erzeugungskennziffern geben, da dort auch der leichte Nutzfahrzeugverkehr einbezogen werden sollte.
- **Logistikmarktstudie Schweiz (HSG):** Diese jährliche Publikation der HSG bietet einen Überblick zum Logistik- und Transportmarkt Schweiz. Die Darstellungen der Märkte orientiert sich an den Grundlagen vom BFS; es gibt jedoch segmentspezifische Darstellungen, die allenfalls auch zusätzliche Informationen aus Marktsicht zum Lieferwagenverkehr liefern können.
- **Datenbanken Telematikdienstleister:** Falls bei der Modellerstellung sehr spezielle Fragestellungen insbesondere zur Tourenbildung auftauchen, könnten allenfalls noch Informationen von grösseren Flottenbetreibern bspw. in Form von Daten aus deren Telematiklösungen hilfreich sein. Hier müsste jedoch zur Modellerstellung spezifisch geschaut werden, welche Fragen auftauchen und mit welchem Anbieter (bspw. Post) dies allenfalls lösbar wäre. Im Rahmen der Vorstudie kann aus Zeit- und Budgetgründen nicht mehr als dieser erste Hinweis gegeben werden.

Sozioökonomische Datengrundlagen

Der Vollständigkeit halber werden nachfolgend noch die aus Sicht der Autoren relevantesten Datengrundlagen aus dem Bereich der Sozioökonomie zur Erstellung entsprechender Erzeugungskennziffern und weiterer Modellparameter erwähnt werden. Da sich im Verlauf der Vorstudie gezeigt hat, dass die konkrete Ausgestaltung eines LWM erst zu einem späteren Zeitpunkt resp. erst anlässlich der eigentlichen Erstellung präzisiert werden kann, sind diese Grundlagen nicht als abschliessend zu betrachten.

Zur Beschreibung retrospektiver Zusammenhänge können folgende Datensätze relevant ein:

Datensatz	Quelle	Verfügbarkeit	Ersteinschätzung
Statistik der Bevölkerung und Haushalte (STATPOP)	BFS	via BFS frei verfügbar	Qualitativ sehr gute Datenquelle, methodisch als Hilfs-Kenngrösse denkbar.
Statistik der Unternehmensstruktur (STATENT)	BFS	via BFS frei verfügbar	Qualitativ gute Datenquelle als mutmasslich Primärinformation für Kenngrössen (u. a. zu Branchen, Beschäftigten).
Arealstatistik (NOAS04)	BFS	via BFS frei verfügbar	allenfalls zur Ableitung von Hilfs-Kenngrössen betreffend Nutzungsstrukturen denkbar.
Strassenfahrzeugbestand (MFZ)	BFS	via BFS frei verfügbar	allenfalls zur Ableitung von Hilfs-Kenngrössen betreffend Fahrzeugstandorten denkbar.
Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung (VGR)	BFS	via BFS frei verfügbar	zumindest mit grob räumlicher Auflösung (kantonal) wären BIP und insb. BWS (nach Sektionen, auf Anforderung hin auch weitergehend) verfügbar zur weiteren Verwendung (resp. weiteren räumlichen Differenzierung) als Kenngrössen.

als Hektarraster verfügbar

Für Prognosezustände stehen obengenannte Datenquellen resp. deren Kenngrößen nicht uneingeschränkt zur Verfügung. Hier sind folgende Quellen von Relevanz:

Datensatz	Quelle	Verfügbarkeit	Ersteinschätzung
Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz und der Kantone	BFS	via BFS frei verfügbar	Wichtigste (und faktisch einzige) Grundlage nahezu aller Prognosen resp. daraus auch „nur“ abgeleiteter Prognosedatensätze.
Szenarien zur BIP-Entwicklung der Schweiz	SECO	via SECO frei verfügbar	Nur auf nationaler Ebene verfügbare Langfristprognose BIP, als Ausgangspunkt allf. Ableitungen denkbar.
Branchenszenarien	ARE/BFE	beim ARE vorliegend	Strukturelle und räumliche Auflösung der BIP-Entwicklung (SECO) nach Branchen.
Räumliche Entwicklung der Arbeitsplätze in der Schweiz	ARE	beim ARE vorliegend	Strukturell und räumlich differenzierte Prognose zu den Arbeitsplätzen.
Datensatz Inputdaten NPVM	ARE	beim ARE vorliegend	Fasst faktisch alle oben benannten prospektiv orientierten Datenquellen zusammen, ergänzt sie allenfalls strukturell und räumlich und sollte damit auch für LWM die vermutlich beste prospektive Datenquelle darstellen (die aber zu den retrospektiv verwendeten Daten im Rahmen Modellaufbau passen muss).

Ableitungen für die Einteilungen in der Modellerstellung

Aus den vorab gezeigten Auswertungen lassen sich im «Normalfall» zweckmässige Einteilungen für die Modellerstellung ableiten. Allerdings stehen die in AP 2 beschriebenen Erkenntnisse der Modellkonzeption und Modellparameter dem entgegen. Trotzdem soll versucht werden eine sachlogische Segmentierung abzuleiten, welche in einer späteren Modellierung umgesetzt werden kann. Folgende Implikationen ergeben sich aus der Datenanalyse in Bezug auf Modellanforderungen und Segmentierungsoptionen. Zunächst sollte die Modellierung in die Bereiche Personenwirtschaftsverkehr und Güterwirtschaftsverkehr geteilt werden.

Personenwirtschaftsverkehr

Grundsätzlich kann der Personenwirtschaftsverkehr im gleichen Modellraum wie der Personenverkehr im NPVM berechnet werden, also VISUM-EVA. Das Verkehrsgeschehen des nicht güterbasierten Personenwirtschaftsverkehr (z. B. Geschäftsfahrten, Handwerker, Service etc.) sollte dazu in homogene Schichten eingeteilt werden. Diese sogenannten Wirtschaftsverkehrsklassen (WVK) setzen sich zusammen aus der Fahrzeugart (PW, LW, ggf. Velo/CargoBike, ggf. ÖV, ggf. Fuss) und aus der Zugehörigkeit zu einer Wirtschaftsbranche. Die Personengruppen, Strukturgrößen, Aktivitäten und Aktivitätspaare für das Teilmodell Personenwirtschaftsverkehr jeder WVK werden aus den in Abschnitt 2 dargestellten Analyse übernommen und können als eigene Personengruppe angelegt werden. Entsprechend wird die Verkehrserzeugung im Kennwertmodell umgestellt.

Für die Ziel- und Moduswahl wird an den Grundzügen des VISUM-EVA-Modells festgehalten und das NPVM entsprechen erweitert:

- Typ 1: Beginn der Ortsveränderung am Heimatstandort (Arbeitsplatz oder Wohnung)
- Typ 2: Ende der Ortsveränderung am Heimatstandort (Arbeitsplatz oder Wohnung)
- Typ 3: Beginn und Ende der Ortsveränderungen nicht am Heimatstandort (Kunden oder weitere dienstliche Potentiale)

Für die entsprechenden WVK des nicht güterbasierten Personenwirtschaftsverkehr werden die typischen Modelle des Personenverkehrs in VISUM-EVA verwendet. Diese grundlegende Modellerstellung löst dann im NPVM die Nutzfahrt im Personenverkehr ab, welche eigentlich eine Mischkategorie ist. Der so entstehende Modellansatz trägt wesentlich zu besserer Konsistenz und Abgrenzbarkeit des PWV bei.

Güterwirtschaftsverkehr

Im Vordergrund der LW-Modellierung des Güterwirtschaftsverkehrs sollte eine dreifache Disaggregation aus Fahrzeugtypen, Warenarten und Tourentypen angestrebt werden⁵. Diese lassen sich einerseits aus den Daten LWE ableiten und sind andererseits auch hinsichtlich Erklärungsmuster (Parametrisierung im Modell) relevant. Mit Blick auf die LWE ist noch zu beachten, dass hier «nur» Güterfahrten - in Abgrenzung zu Servicefahrten - zu selektieren wären. Die erste Segmentierung bei den Fahrzeugtypen sollte sein:

- sehr leichte Fahrzeuge mit einem Leergewicht < 1.5 Tonnen
- PW-ähnliche Fahrzeuge mit Leergewichten zwischen 1.5 und 2 Tonnen
- Lieferwagen-ähnliche Fahrzeuge (Kastenwagen etc.) mit einem Leergewicht > 2 Tonnen

Diese Fahrzeugtypen sollten anschliessend mit (aggregierten) Warenarten verschnitten werden. Hier sollte bei der Erstellung des Modells getestet werden, wo sich allenfalls vergleichbare Parameter ergeben. Aus heutiger und fachlicher Sicht hinsichtlich Logistikabläufe könnte wie folgt differenziert werden:

- Nahrungsmittel (NST 04): steht im Zusammenhang mit Lieferdiensten und Detailhandel
- Land- und Forstwirtschaft (01): könnte ggf. mit Nahrungsmittel zusammengelegt werden, wäre aber extra zu prüfen
- Post/Pakete = KEP (NST 15)
- Papier (und Holz) (NST 06): Lieferwagen v.a. Zeitungsverteiler, daher separat
- Bau = Baustoffe (NST 09) + Steine und Erden (NST 03)
- Metalle und Halbzeuge (NST 10): ggf. zusammen mit Bau, da vielfach im Zusammenhang mit Bautätigkeit transportiert
- Abfälle (NST 14): ggf. zusammen mit Bau (vielfach im Zusammenhang mit Bautätigkeit)
- Chemie und Kunststoffe (NST 08): lässt sich kaum in ein anderes Aggregat einsortieren
- Fahrzeuge (11): eigentlich unbedeutend, aber wenn es einbezogen werden soll, müsste es separat stehen (da eigenständige Logistik)
- Sammelgruppe (NST 05/11/13/17/18/19/20)
- Kohle, Öl, Gas (NST 02) und Mineralölerzeugnisse (07): nicht extra beachten

Bei den Tourentypen wären mindestens zu unterscheiden:

- Rundtouren/Ketten (mit Verbindungsfahrten)
- Einfach-/Retourfahrten (ohne Verbindungsfahrten)

Diese Einteilungen sind aus Sicht der zur Verfügung stehenden Daten die bestmögliche Einteilung, um ein Lieferwagenmodell sachlogisch aufzubauen.

⁵ Sollte diese Dreifach-Disaggregation zu komplex werden, könnte auf die Fahrzeugtypen verzichtet werden.

3. AP 2: Modellkonzept & Modellparameter des LW-GWV

Nach der in AP 1 diskutierten Segmentierung, wird diese in AP 2 aufgegriffen und versucht modelltheoretisch umzusetzen. Dabei wird die grundlegende Modellierung von Güterwirtschaftsverkehren mit Lieferwagen betrachtet. Diese Modelle sind i.d.R. auf Gutarten, Wirtschaftszweige oder Güterkraftfahrzeuge bezogen. Sie beachten speziell Fahrtzwecke und Rundfahrtgestaltung, sind auf Berechnung von mittleren Erwartungswerten orientiert, meist auf elementare Aussagen zur Mobilität als Grundlage für ihre Berechnungen angewiesen und als Trip-End-Modelle konzipiert. Dabei ist die Modellierung des Wirtschaftsverkehrs wesentlich schwieriger als die Modellierung des Personenverkehrs, da oft schlechtere Datengrundlagen (sowohl bei Struktur- als auch bei Verkehrsverhaltensdaten, aber auch bei prognosefähigen Beschreibungsgrößen) vorhanden sind. Auch müssen Wegeketten bei regionalem Wirtschaftsverkehr je nach Segment beachtet werden. Eine Splittung wie bei Quelle-Ziel-Gruppen ist nicht zulässig. Die entsprechenden Nachfragetheorien der Zielwahl sind somit wesentlich komplexer.

Ausgangspunkt der vorliegenden Studie bildet die Entscheidung, als Basis eines zukünftigen LWM das Modul TBFREIGHT der Software PTV VISUM (TBF) zu verwenden. TBF ist ein klassisches Wirtschaftsverkehrsmodell, dem teilweise das Modell WIVER (Lohse, Sonntag 1995) zu Grunde liegt. WIVER wird dabei mehrfach, unter Verwendung des Saving-Algorithmus, mit der EVA-Zielwahl verschnitten. Es modelliert dabei unabhängige Einzelwege in Touren, wobei keine Optimierung der Auftragszuordnung stattfindet. Grundlegend werden dazu die Fahrten des Wirtschaftsverkehrs in die Wegebestandteile Startfahrten, Verbindungsfahrten und Rückfahrten zerlegt. Gleichzeitig besitzen alle Touren einer Nachfrageschicht die gleichen Verfahrensparameter.

Verkehrserzeugung

Die Verkehrserzeugung stützt sich i.d.R. auf die Einteilung in Nachfrageschichten, die wie folgt definiert und differenziert sind:

- Branchen bzw. Wirtschaftszweige
- Bezugsgrößen der Versender (Fahrzeug eines Fahrzeugtyps, Beschäftigter der Branche o. a.)

Die Quellaufkommen (Aufträge) ergeben sich aus den zellenfeinen Strukturgrößen (z. B. Arbeitsplätze, Betriebsflächen, Anzahl Kraftfahrzeuge) und den zugehörigen Erzeugungsraten (z. B. Aufträge je Strukturgröße). Die Zielaufkommen (Bedienungen) ergeben sich ebenfalls aus den zellenfeinen Strukturgrößen und Erzeugungsraten⁶. Die Summe der Quell- und der Zielaufkommen wird final ausgeglichen, indem die Summe der Zielaufkommen auf die Summe der Quellaufkommen angepasst wird. Als Ergebnis entstehen die Verkehrsaufkommen an Quelle und Ziel pro Nachfrageschicht.

⁶ Es können zweiseitig auch nur relative Potentiale zwischen den Zellen eingegeben werden.

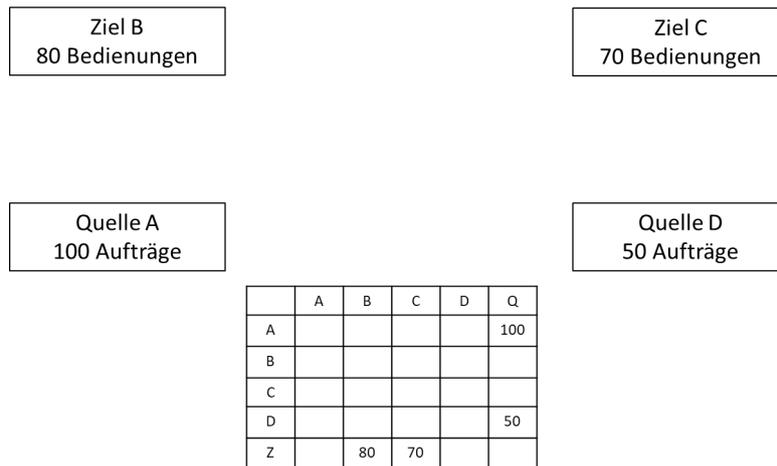


Bild 13: Beispiel: Verkehrserzeugung in TBFREIGHT (Erzeugungsmatrix)

Berechnung der Verteilung der Aufträge

Die Berechnung der Verteilung der Aufträge erfolgt über ein klassisches Gravitationsmodell unter Verwendung von harten Randsummenbedingungen (RSB). Zur Einhaltung dieser RSB wird ein Multi-Verfahren mit harten RSB (gleich dem PV) verwendet. Dieser Berechnungsschritt dient «nur» zur Ermittlung der grundlegenden Verteilung, da TBF später von jeder Startzelle ausgehend einzeln rechnet.

Eingangsdaten:

- Erzeugungsmatrix
- Aufwandsmatrix (z. B. Reisezeit, Kosten und Reiseweite⁷)
- Parameter zur Bewertung der Aufwände und Funktionstyp (z. B. Potenz-, e-, BoxCox-, EVA-Funktion)

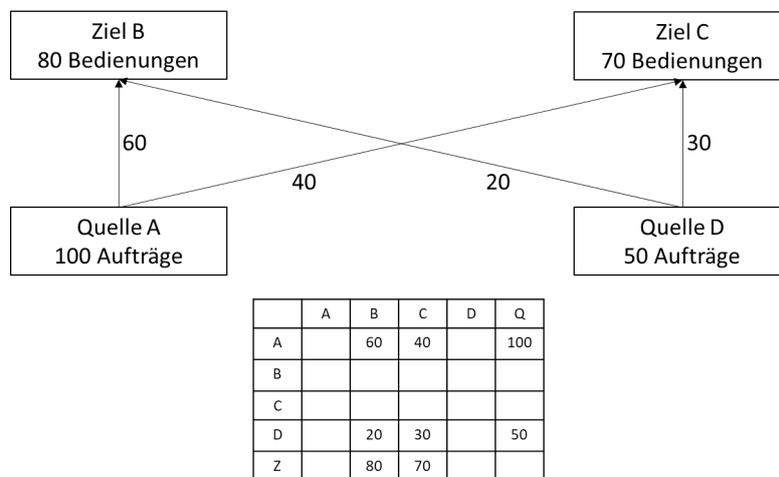


Bild 14: Beispiel: Verteilung der Aufträge in TBFREIGHT

⁷ Grundsätzlich ist festzustellen, dass, wie bei allen Wirtschaftsverkehrsmodellen, stets der wichtigste Aufwand für die Berechnung der Zielwahl fehlt, der «Nutzen am Ziel». Auch sollte die Reiseweite nicht als bewertbare Kenngröße in die Nutzenfunktion eingehen, sondern stets als unabhängige Vergleichsgröße in der Modellkalibration verglichen werden. Aufgrund der unzureichenden Datenlage wird in der Realität die Reiseweite allerdings sehr oft parametrisiert und in die Nutzenfunktion mit aufgenommen.

Nach Abschluss der Berechnung der Auftragsverteilung schliesst auch der erste grosse Rechenschritt in TBF ab. Der zweite Rechenschritt besteht aus der startzellenfeinen Fahrtengenerierung.

Fahrtengenerierung

Der Ablauf der Fahrtengenerierung teilt sich in folgende Schritte ein:

- Ermittlung der Startfahrten je Startzelle
- räumliche Verteilung der Startfahrten
- Ermittlung der Restaufträge und der erforderlichen Verbindungsfahrten
- räumliche Verteilung der Verbindungsfahrten
- Bestimmung der Rückfahrten

TBF rechnet ab diesen Schritt tatsächlich den gesamten Ablauf der Fahrtengenerierung für jede einzelne Startzelle nacheinander. Dies kann zu sehr hohen Rechenzeiten führen.

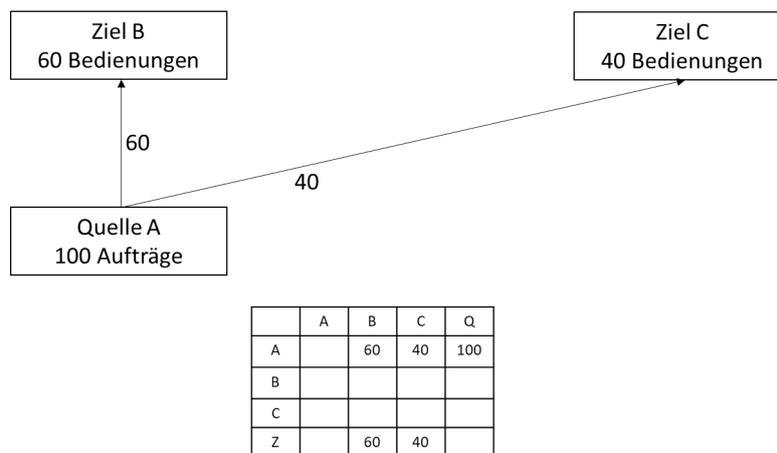


Bild 15: Reduzierung des Beispiels zum besseren Verständnis der Fahrtengenerierung

Die Ermittlung der Startfahrten je Quellzelle legt gleichzeitig über ihre zugrunde gelegte Modelltheorie einige wichtige Punkte für das gesamte Funktionskonstrukt des Modells fest:

- keine Optimierung der Auftragszuordnung (Traveling Salesman)
- alle Ortsveränderungen (im PTV-Handbuch auch Touren genannt) haben im Durchschnitt eine «mittlere Anzahl Aufträge pro Tour»
- alle in einer Quellzelle entstehenden Aufträge einer Nachfrageschicht werden gleichmässig auf die gedachten Touren verteilt
- daraus ergibt sich die Anzahl der in einer Quellzelle entstehenden Touren und somit auch die Anzahl der Startfahrten.

Die Ermittlung der Touren/Startfahrten erfolgt somit aus der einfachen Bestimmung des Quotienten aus Quellaufkommen (Aufträge) und mittlerer Anzahl der Aufträge pro Tour. Als Ergebnis entsteht die Anzahl der Startfahrten pro Tour.

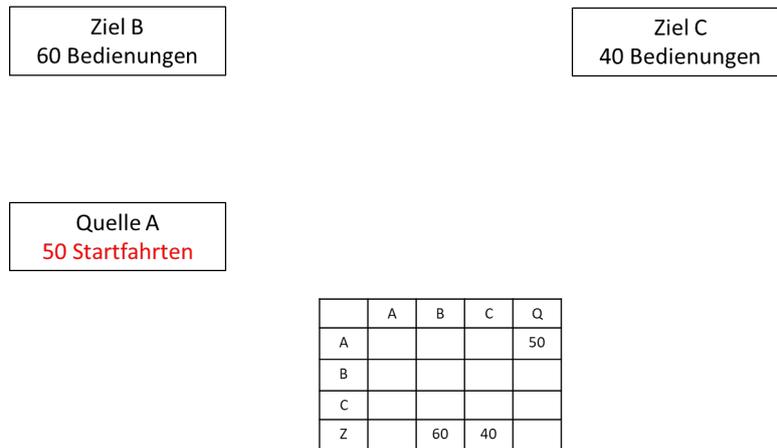


Bild 16: Beispiel: Generierung der Anzahl der Startfahrten pro Tour (hier für 2 Bedienungen pro Tour) in TBFREIGHT

Die räumliche Verteilung der Startfahrten basiert auf den berechneten Startfahrten. Dazu werden folgenden Eingangsdaten verwendet:

- quellseitige Randsummen der Startfahrten
- zieleitige Randsummen aus der Verteilung der Aufträge über das Gravitationsmodell
- Aufwandsmatrix (z. B. Zeit, Entfernung, Kosten)
- Parameter der Aufwände (z. B. Potenz-, e-, BoxCox-, EVA-Funktion)

Die Lösung erfolgt über ein bilineares Multi-Verfahren:

- quellseitig harte RSB (Anzahl Startfahrten)
- zieleitig weiche RSB (Anzahl max. Aufträge)
- Summe der Startfahrten bzw. Summe der Quellverkehrsaufkommen = Summe der Zielaufkommen (vgl. Bild 12: 100 mögliche Bedienungen, aber nur 50 Zielverkehrsaufkommen)

Multi verwendet zur Lösung des Gleichungssystem in den weichen RSB Aufwände und Zielpotenziale. Als Ergebnis entsteht die räumliche Verteilung der Startfahrten.

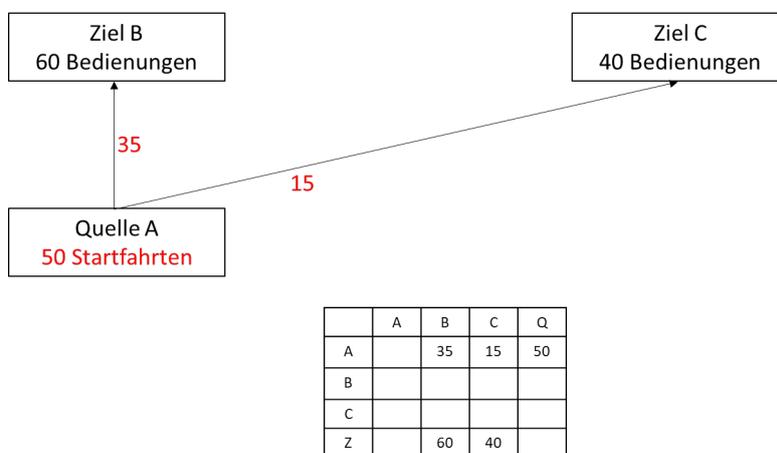


Bild 17: Beispiel: Verteilung der Startfahrten in TBFREIGHT

Anschließend erfolgt die Ermittlung der Restaufträge und der erforderlichen Verbindungsfahrten. Dabei ist zunächst zu beachten, dass keine Aufwände (z.B. Reisezeit, Kosten etc.) für die Verteilung der

Verbindungsfahrten direkt verwendet werden. Stattdessen wird ein Saving-Algorithmus für die Verteilung der Verbindungsfahrten genutzt, welcher die Kosten indirekt vergleicht. Das Saving vergleicht dabei vollständig alle Zellen paarweise miteinander und entscheidet ob, ausgehend von der Startzelle, eine Pendelfahrt oder eine Rundfahrt die bessere Alternative ist. Dabei ist dringend zu beachten, dass das Saving nur funktioniert, wenn die Aufwandsmatrizen symmetrisch sind, da es sonst zu negativen Saving kommen dann. Die führen dann zum Absturz des Programms.

Als Eingangsdaten benötigt das Saving:

- Aufwandsmatrix (z. B. Zeit, Entfernung, Kosten)

Dabei entsteht der Effekt, dass je höher das Saving ist, desto mehr Verbindungsfahrten werden dem Zellenpaar zugeordnet.

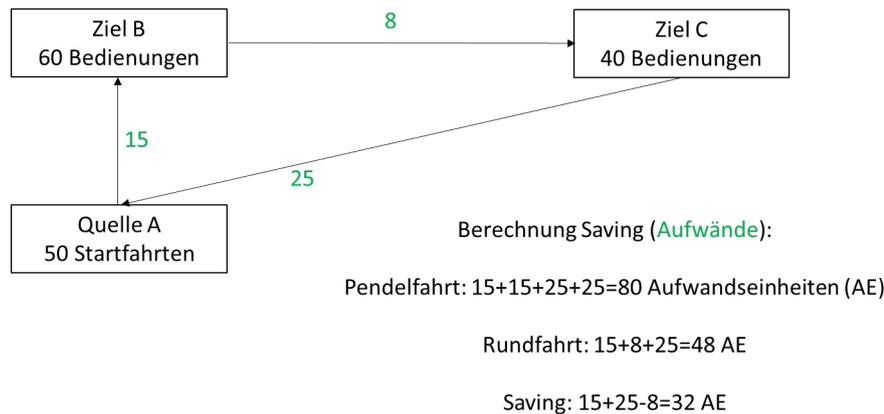


Bild 18: Beispiel: Berechnung des Saving in TBFREIGHT

Nach erfolgter Berechnung des Saving werden anschliessend die Restaufträge und die erforderlichen Verbindungsfahrten mit folgenden Eingangsdaten berechnet:

- quellseitige Randsummen aus den in den Verteilungszellen angekommenen Startfahrten (Bedienungen durch Startfahrten)
- zieleitige Randsummen aus den Rest-Aufträgen (Anzahl max. Aufträge abzgl. Bedienungen durch Startfahrten)
- Nutzenmatrix des Savings
- ein Parameter des gesamten Savings⁸ (z. B. Potenz-, e-, BoxCox-, EVA-Funktion)

Die Lösung des Gleichungssystem erfolgt wiederum über ein bilineares Multi-Verfahren⁹. Dieses verwendet die nachfolgenden Eingangsdaten:

- quellseitig weiche RSB (Anzahl Startfahrten)
- zieleitig harte RSB (Rest-Aufträge)

Um die RSB zu bestimmen werden die offenen Bedienungen und angekommenen Startfahrten bilanziert. Letztendlich wird die Verteilung der Verbindungsfahrten mit dem Multi-Algorithmus berechnet.

⁸ Einzelne Komponenten bzw. Strecken des Savings können nicht parametrisiert werden!

⁹ Dabei konnte ebenfalls die eventuelle Verwendung der Zielpotenziale nicht ermittelt werden.

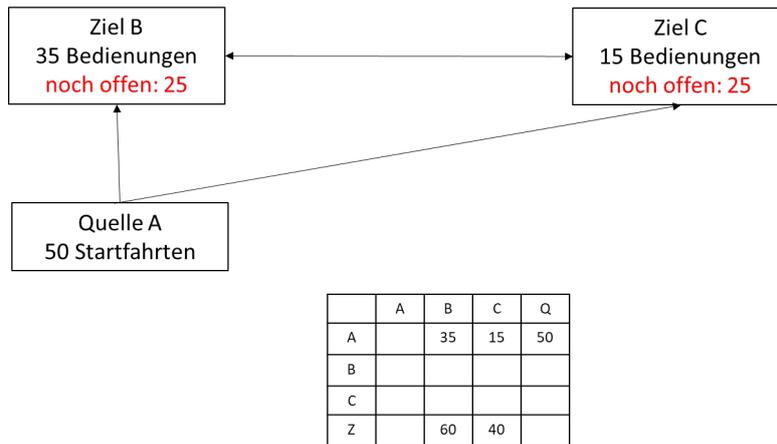


Bild 19: Beispiel: Bilanzierung der offenen Bedienungen und angekommenen Startfahrten in TBFREIGHT

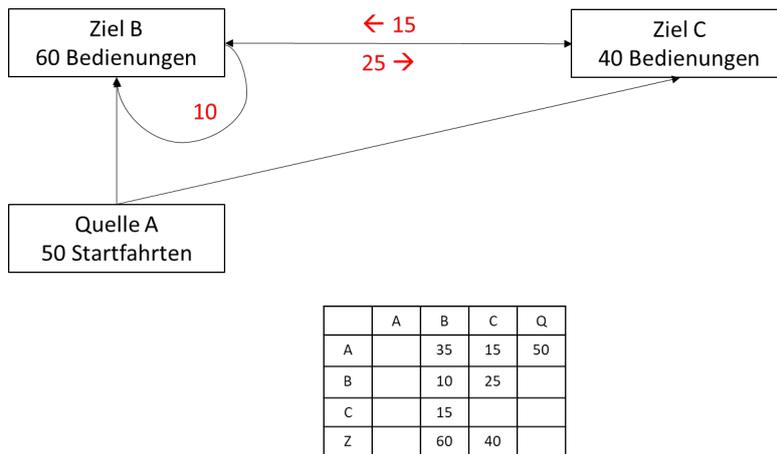


Bild 20: Beispiel: Bilanzierung offenen Bedienungen und angekommenen Startfahrten in TBFREIGHT

Der letzte Schritt erfolgt mit der Bestimmung der Rückfahrten über einfache Bilanzierung. Dabei werden am Ende der Berechnung 3 Fahrtenmatrizen (Start-Verbindungs- und Rückfahrten) ausgegeben.



Bild 21: Beispiel: Bestimmung der Rückfahrten über Bilanzierung in TBFREIGHT

VISUM-TBF

Das vorgestellte Modell TBF ist in seiner grundlegenden Theorie als gut und sachlogisch zu beschreiben. In der praktischen Umsetzung von VISUM-TBF ist allerdings ein wesentlicher Punkt unbedingt zu beachten. Durch das beschriebene Saving ergibt sich ein Problem für grossräumige Modelle. Dies soll an einem Beispiel erläutert werden.

Die Kernfrage ist: Wo ist Saving am grössten? Antwort: Bei Zellen, die sehr nah aneinander liegen und sehr weit von der Startzelle entfernt sind!

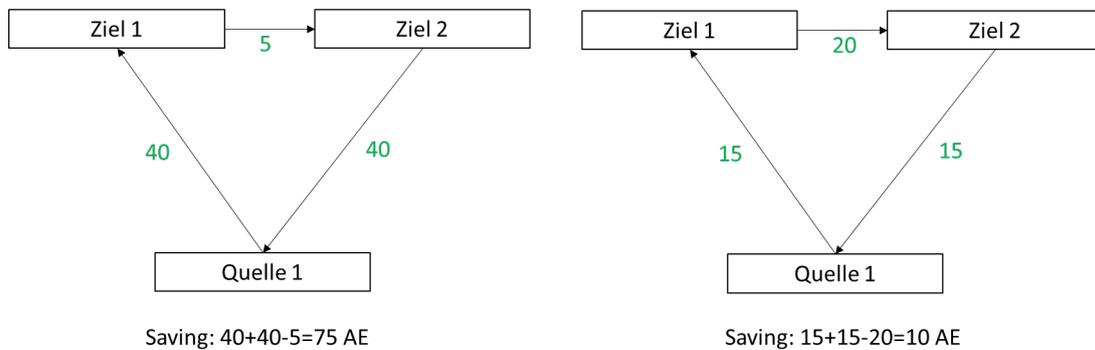


Bild 22: Beispiel: Vergleich zweier Savings

Das bedeutet: Umso höher das Saving, desto mehr Verbindungsfahrten werden dem Zellenpaar zugeordnet. Dadurch ergeben sich im Modell folgende «Eigenschaften»:

- Es werden so viel wie möglich Verbindungsfahrten in weit entfernten Zellen absolviert, bis diese Zellen keine Fahrten mehr aufnehmen können.
- Die Anzahl der maximalen Bedienungen wird in den weit entfernten Zellen ausgeschöpft. Danach werden die etwas weniger entfernten Zellen mit Verbindungsfahrten ausgeschöpft, bis die Verbindungsfahrten «aufgebraucht» sind.
- Es bleiben nur noch Bedienungen in Zellen mit kleinem Saving (nah an der Startzelle) übrig - diese werden dann für die Rückfahrt genutzt.

Dadurch entstehen in der aktuellen Form von VISUM TBF kurze Rückfahrten. Diese entsprechen jedoch nicht der Realität. Bei langen Anfangsfahrten ergeben sich in der Realität, neben den Verteilungsfahrten im Zustellgebiet, i.d.R. auch lange Rückfahrten.

Hauptursache für diese Ausprägung könnte sein, dass keine einzelnen Komponenten bzw. Strecken des Savings parametrisiert werden können. Hier wäre der Ansatzpunkt für die massgebliche Korrektur. Eine separate Parametrisierung der Komponenten bzw. Strecken des Savings wäre eine Möglichkeit. Eine andere Möglichkeit wäre ein anderer Algorithmus, mit dem die Anzahl der Stopps pro Tour gesteuert werden kann.

Fazit: Grundlegend ist die Theorie zwar nachvollziehbar, allerdings lässt die praktische Umsetzung keine sinnvollen Verteilungs- und Rückfahrten bei langen Anfangsfahrten durch das Saving zu. TBF kann also nicht mit langen Anfangsfahrten umgehen und ist in seiner jetzigen Form nicht für ein nationales Modell geeignet. Generell gilt dies für alle Modelle mit polyzentrischen Agglomerationen und grossen Entfernungen.

Relevanz langer Anfangsfahrten in Rundtouren

Um die vorab genannte Modellproblematik einschätzen zu können, wird die Relevanz langer Anfangsfahrten in Rundtouren bestimmt. Dazu werden Anteile von Rundtouren mit langen Anfahrtswegen extrahiert. Die Basiskenngrösse der Analyse sind dabei Fahrten, anstatt Tonnagen oder Leistungen. Das bedeutet 1 Rundtour = 1 Fahrt, d.h. 1 Fahrt \neq Etappen oder Verbindungsfahrten. Die Strukturen sind dabei aus der Erhebung 2013 anhand der Fahrleistungsentwicklung auf 2019 hochgerechnet worden. Dabei wurden ca. 18 Mio. Fahrten pro Jahr¹⁰ bei Gütertransporten (es wird hier kein PWV betrachtet) identifiziert.

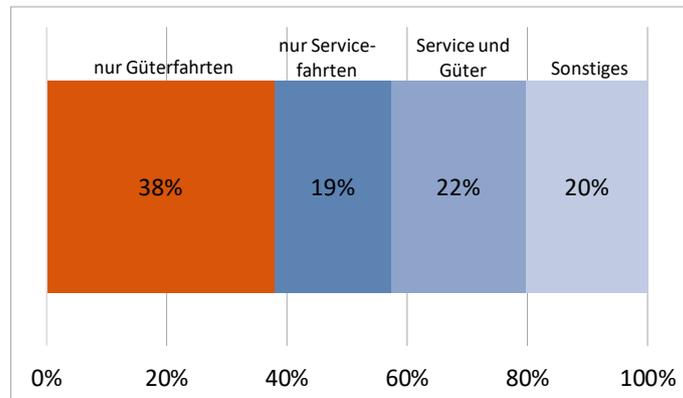


Bild 23: Fahrten pro Jahr bei Gütertransporten (vgl. Seite 4)

Bei der Identifikation von Rundtouren konnte ebenfalls festgestellt werden, dass fast die Hälfte des Modellgegenstandes Rundtouren sind (ca. 8 Mio. Fahrten pro Jahr).

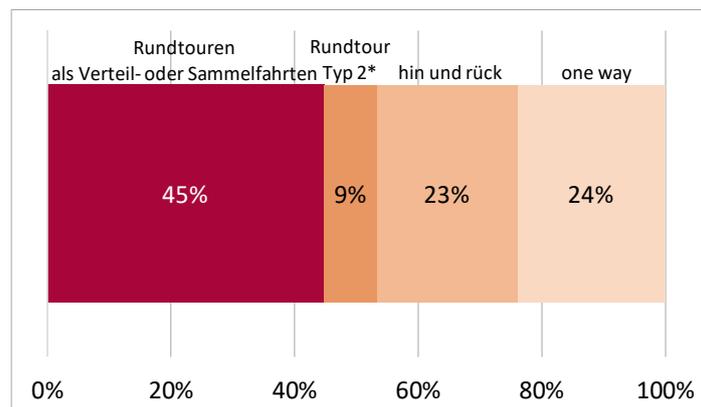


Bild 24: Fahrten pro Jahr bei Gütertransporten

Wird jetzt eine Abgrenzung von «langen Anfangsfahrten» von 10 km gesetzt ist erkenntlich, dass fast die Hälfte aller Rundtouren betroffen sind. Das sind 18% aller Güterfahrten mit Lieferwagen.

¹⁰ Der Gesamtmarkt umfasst ca. 47 Mio. Fahrten.

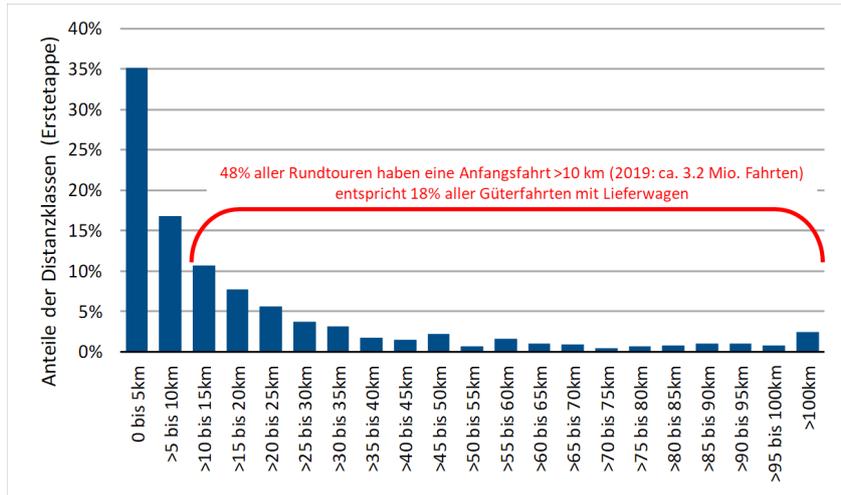


Bild 25: Abgrenzung von «langen Anfangsfahrten»

Werden diese Rundtouren mit Anfangsfahrt >10 km nach Wirtschaftszweigen aufgeteilt, ergibt sich folgendes Bild (z.B. 21% Nahrungsmittel, 14% KEP, 14% leere Sammeltour)

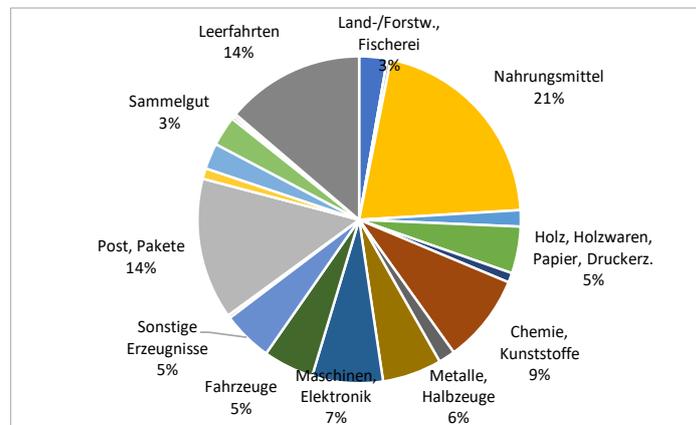


Bild 26: Fahrten mit Anfangsfahrten >10km unterteilt nach Wirtschaftszweigen

Fazit: Es existiert ein nicht unerheblicher Teil von Rundfahrten mit langer Anfangsfahrt. Wird eine Abgrenzung von «langen Anfangsfahrten» bei 10 km gesetzt, wäre fast die Hälfte aller Rundtouren betroffen. Anders ausgedrückt könnten somit ca. 18% aller Güterfahrten mit Lieferwagen von der «Eigenschaft» der nicht parametrisierbaren Rückfahrt betroffen sein und nicht sachlogisch modelliert werden. Somit ist aus Sicht der Autoren eine Modellierung mit der aktuellen Version von VISUM-TBF nicht vertretbar.

Weitere Möglichkeiten der Rundfahrtenmodellierung

Um die o.g. «Eigenschaft» von TBF zu umgehen, bleiben folgende Möglichkeiten:

- Hin- und Rückfahrten (vor den Verbindungsfahrten) extra modellieren
- eigenes Saving über Skripte modellieren
- Eigenschaft» von TBF mit dem Softwarehersteller (PTV) diskutieren und etwaige Anpassungen auslösen
- Verwendung eines anderen Modellierungsprogramms

Um trotzdem innerhalb des Programms VISUM zu bleiben und keine umfassende Skript- oder externe Lösung aufbauen zu wollen, wäre eventuell eine Aufspaltung des Modells in zwei Teil-Modelle möglich. Das erste Modell bildet ausschliesslich die langen Anfangsfahrten und Rückfahrten ab (Hin-Rück-Modell), das zweite Modell bildet ausschliesslich die Verteilungsfahrten ab (Verteilungsmodell).

Allerdings sind dabei eine Reihe von Festlegungen, Modellverknüpfungen und Modellberechnungen durchzuführen:

- Alle Einteilungen aus AP 1 sind in die Modellgruppen Hin-Rück-Modell und Verteilungsmodell zu unterteilen.
- Alle Kennwerte und Parameter sind für die Start- oder Hinfahrten und die Rückfahrten sowie für die Verteilungsfahrten zu generieren.
- Das Hin-Rück-Modell ist im Sinne eines klassischen Gravitationsmodells aufzustellen. In den Startzellen werden harte RSB, in den Zielzellen Potentiale/Verkehrsaufkommen mit weichen RSB verwendet.
- Das Hin-Rück-Modell muss auf die entsprechenden Vergleichsgrössen (Reiseweiten, Reisezeit etc.) kalibriert werden. (Eine Kalibration auf Zählstellen funktioniert noch nicht, da noch die Verteilungsfahrten fehlen.)
- Die resultierenden Verkehrsaufkommen der «alten» Zielzellen mit weichen RSB müssen in Verkehrsaufkommen der «neuen» Startzellen mit harten RSB umgewandelt werden. Weiterhin müssen auf der «neuen» Zielseite neue Potentiale/Verkehrsaufkommen mit weichen RSB für die Verbindungsfahrten entwickelt und verwendet werden.
- Das Verteilungsmodell muss auf die entsprechenden Vergleichsgrössen (Reiseweiten, Reisezeit etc.) kalibriert werden.
- Zur Auswertung der Gesamt-Vergleichsgrössen (Reiseweiten, Reisezeit etc.) müssen jetzt die Fahrten mit Ihren Eigenschaften zusammengeführt werden. (Wahrscheinlich ergeben sich hier Brüche in den Auswertungen.) Eine Herausforderung besteht dann darin, aus Abweichungen der Gesamt-Vergleichsgrössen die richtigen Schlüsse zu ziehen hinsichtlich notwendiger Anpassungen der beiden Teilmodelle. Anschliessend kann eine Kalibration auf Zählstellen stattfinden.
- Da der Wirtschaftsverkehr über die CR-Funktionen auf die Auslastungen der Strecken reagiert, ändern sich in jedem äusserem Iterationsschritt die «alten» resultierenden Verkehrsaufkommen der Zielzellen (weiche RSB) im Hin-Rück-Modell und somit auch die «neuen» resultierenden Verkehrsaufkommen der Zielzellen im Verteilungsmodell. Ob dabei die Bilanzbedingungen der Zellen eingehalten werden können und/oder sich dabei im Gesamtkonstrukt des NPVM ein Gleichgewicht ergibt ist zweifelhaft.

Weiterhin bleiben folgende Punkte bei der Modellierung mit TBF zu beachten und sollten vorgängig zu einer Anwendung geklärt werden:

- Saving generiert durch nicht symmetrische Aufwandsmatrizen negative Werte und stürzt ab
- Performance-Probleme bei grossen Netzen sind zu erwarten

Fazit: Es existiert sicherlich eine Möglichkeit die derzeitigen «Eigenschaften» von VISUM-TBF zu umgehen. Allerdings ist das (aus jetziger Sicht) mit sehr vielen möglichen Problemen bei der Modellerstellung und Modellhandhabung verbunden. Einen Workaround dieser Komplexität und Grössenordnung bereits am Anfang der Modellerstellung einzuarbeiten, ist aus jetziger Sicht nicht zu empfehlen.

4. Annex

Klassifizierung der Raumtypen

Fahrtenaufkommen im Quell- und Zielverkehr des Personenwirtschaftsverkehrs

Tonnage im Quell- und Zielverkehr des Personenwirtschaftsverkehrs

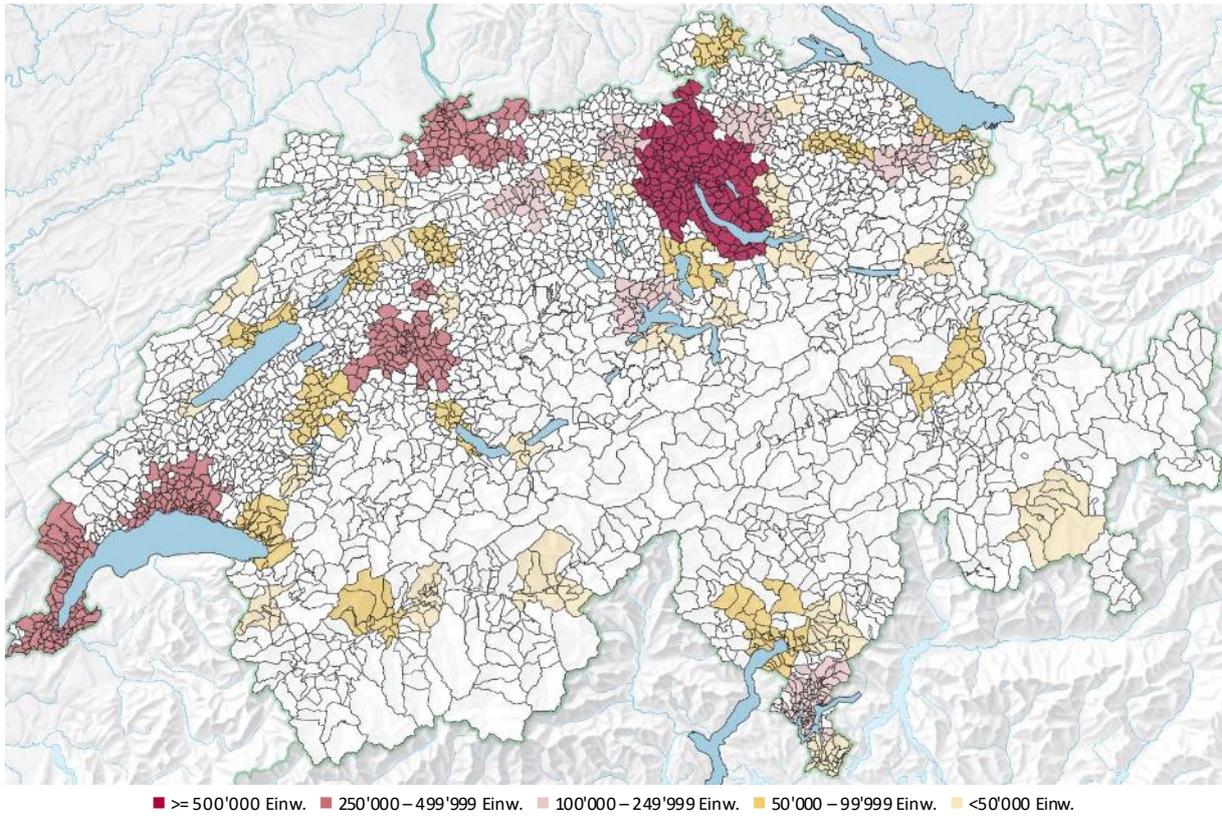


Bild 27: Klassifizierung der Agglomerationsräume nach Postleitzahlen

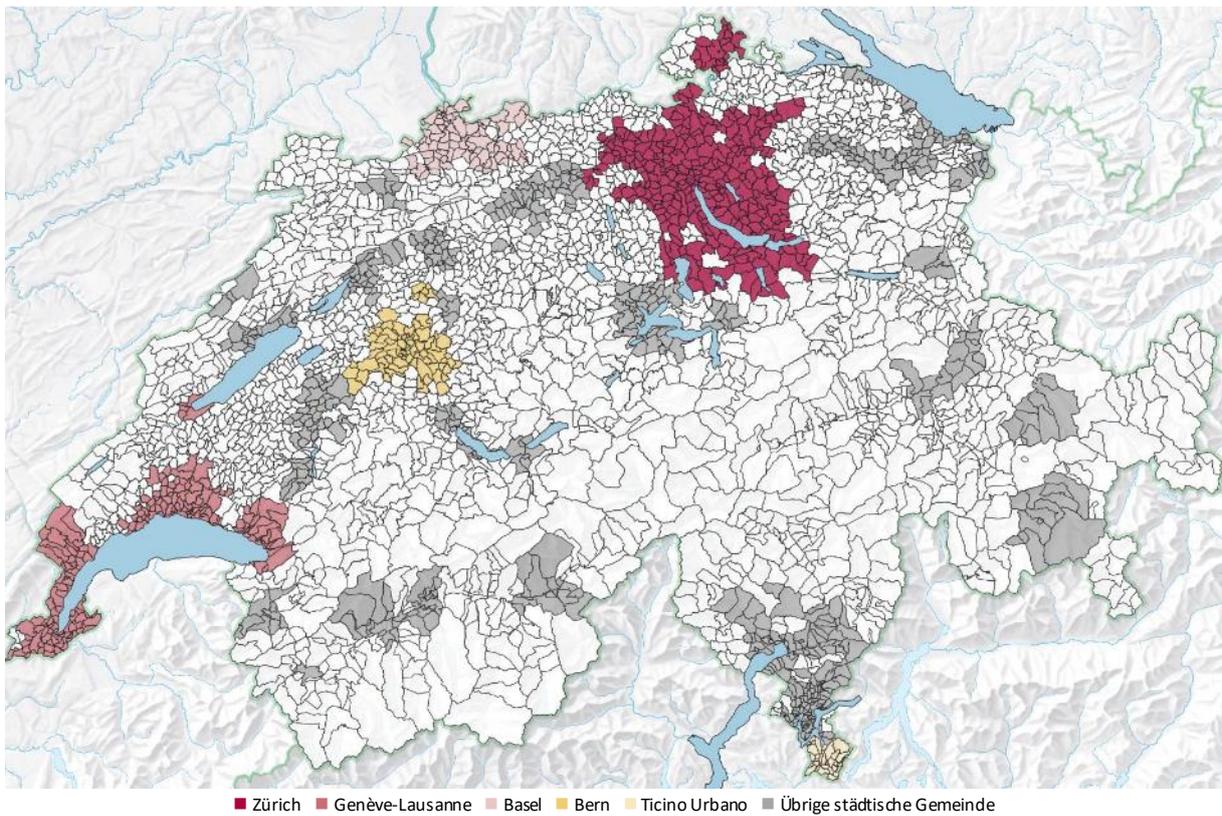


Bild 28: Klassifizierung der Metropolregionen nach Postleitzahlen

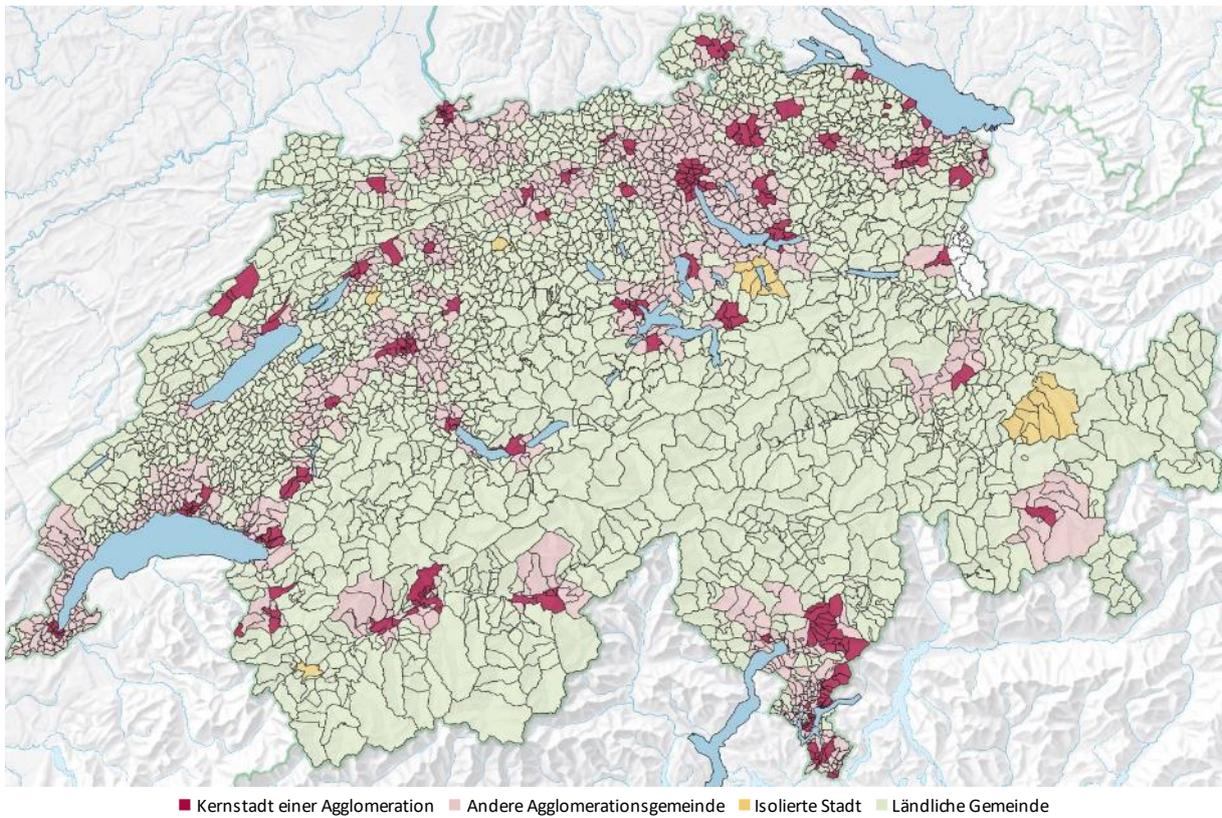


Bild 29: Klassifizierung städtischer und ländlicher Gebiete nach Postleitzahlen

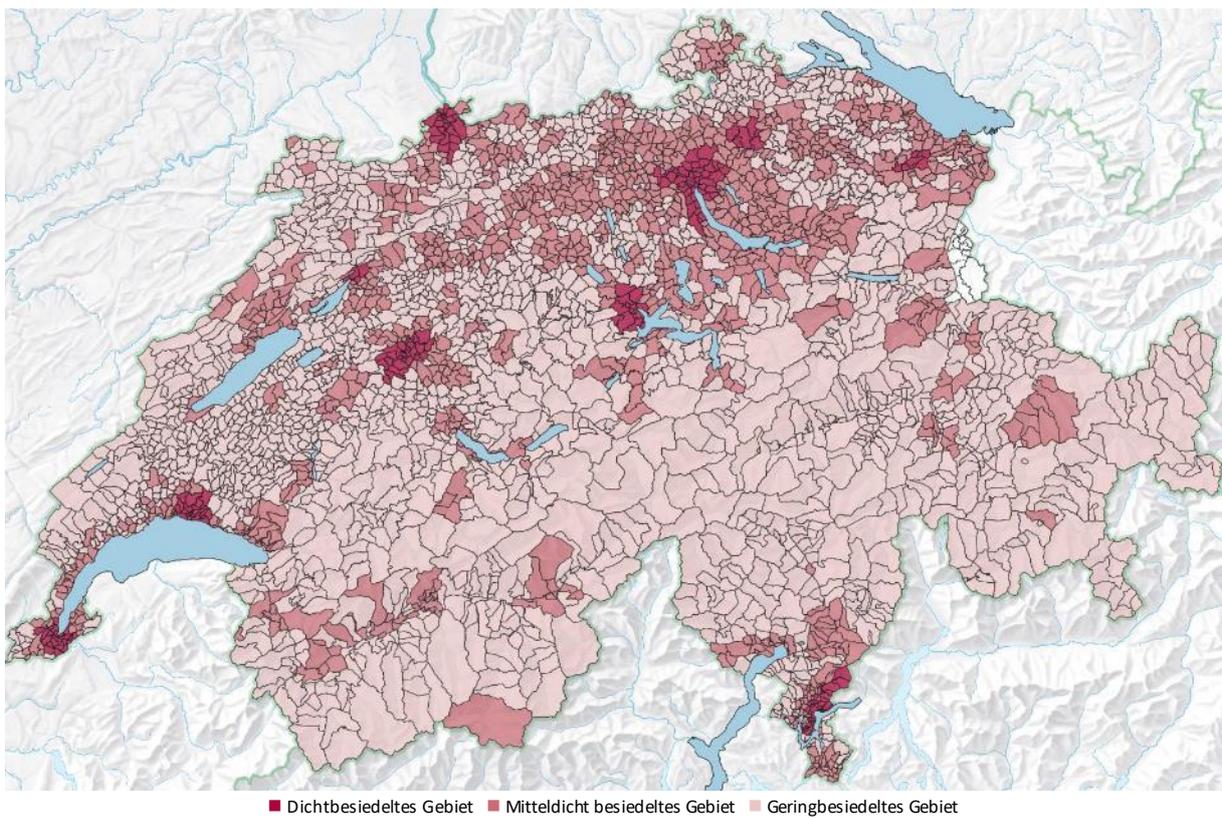


Bild 30: Klassifizierung des Urbanisierungsgrads nach Postleitzahlen

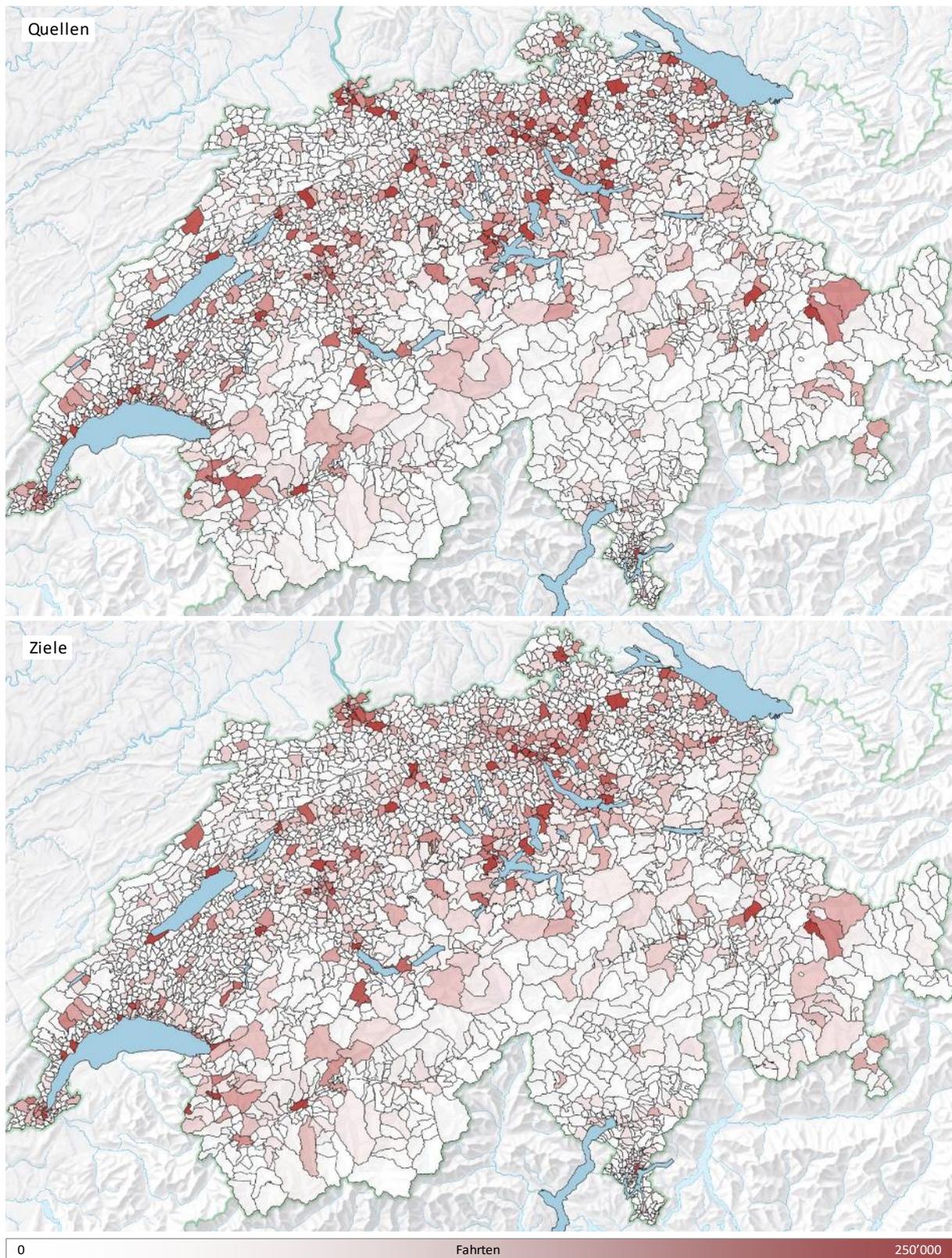


Bild 31: Fahrten im Personenwirtschaftsverkehr nach Postleitzahlen

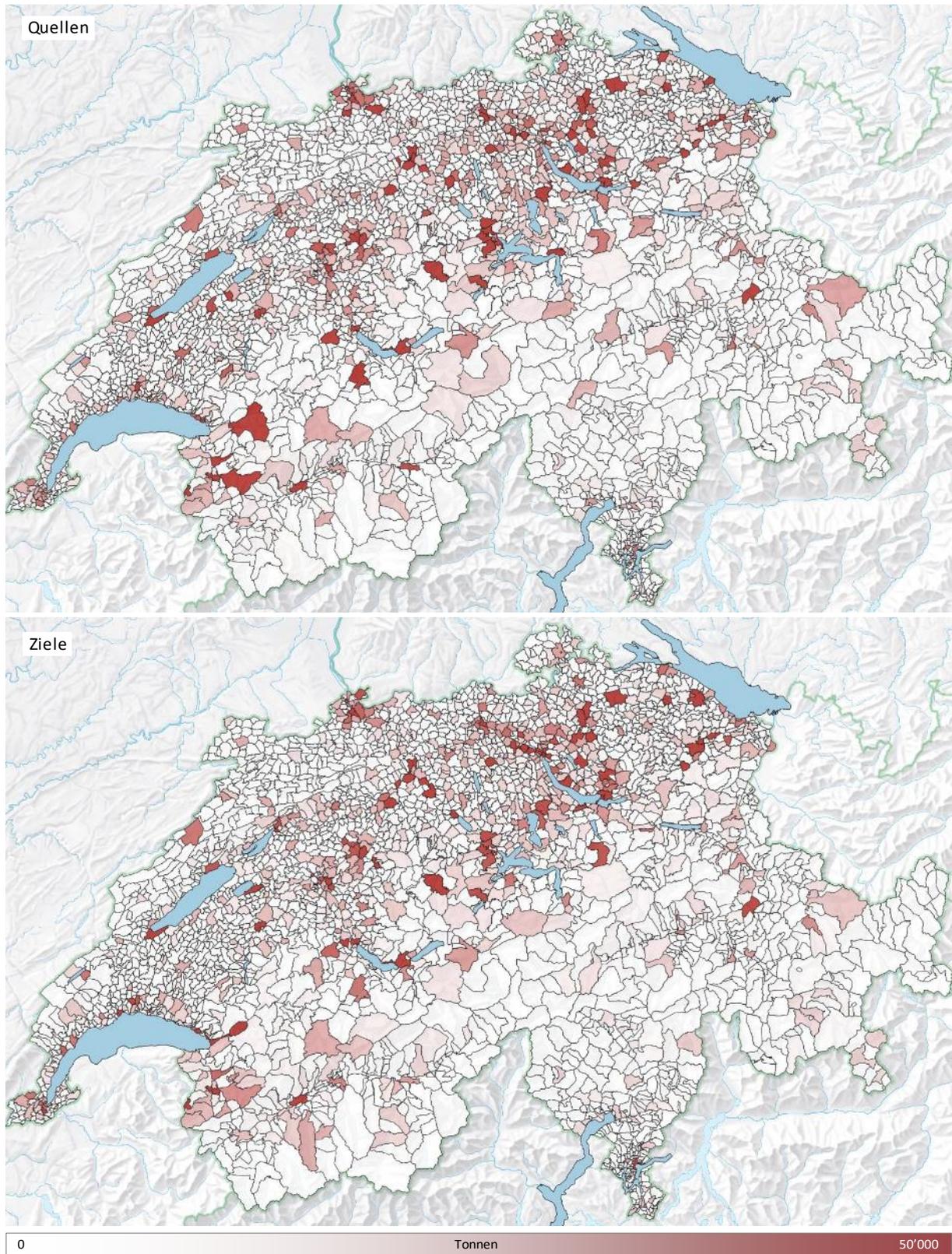


Bild 32: Tonnage im Personenwirtschaftsverkehr nach Postleitzahlen