



00

Statistische Grundlagen und Übersichten

338-0062

Methodenbericht

Gütertransporterhebung 2008

Stichprobenplan, Datenaufbereitung,
Gewichtung und Schätzverfahren



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Département fédéral de l'intérieur DFI
Bundesamt für Statistik BFS
Office fédéral de la statistique OFS

Neuchâtel, 2011

Die vom Bundesamt für Statistik (BFS)
herausgegebene Reihe «Statistik der Schweiz»
gliedert sich in folgende Fachbereiche:

- 0** Statistische Grundlagen und Übersichten
- 1** Bevölkerung
- 2** Raum und Umwelt
- 3** Arbeit und Erwerb
- 4** Volkswirtschaft
- 5** Preise
- 6** Industrie und Dienstleistungen
- 7** Land- und Forstwirtschaft
- 8** Energie
- 9** Bau- und Wohnungswesen
- 10** Tourismus
- 11** Mobilität und Verkehr
- 12** Geld, Banken, Versicherungen
- 13** Soziale Sicherheit
- 14** Gesundheit
- 15** Bildung und Wissenschaft
- 16** Kultur, Medien, Informationsgesellschaft, Sport
- 17** Politik
- 18** Öffentliche Verwaltung und Finanzen
- 19** Kriminalität und Strafrecht
- 20** Wirtschaftliche und soziale Situation der Bevölkerung
- 21** Nachhaltige Entwicklung und Disparitäten auf regionaler und internationaler Ebene

Methodenbericht

Gütertransporterhebung 2008

Stichprobenplan, Datenaufbereitung, Gewichtung
und Schätzverfahren

Autoren Daniel Kilchmann, Jann Potterat, Steve Genoud

Herausgeber Bundesamt für Statistik (BFS)

Herausgeber: Bundesamt für Statistik (BFS)
Auskunft: Daniel Kilchmann, Tel. 032 713 60 84, E-Mail: Daniel.Kilchmann@bfs.admin.ch
Bearbeitung: Dienst Statistische Methoden, BFS
Vertrieb: Bundesamt für Statistik, CH-2011 Neuchâtel
 Tel. 032 713 60 60 / Fax 032 713 60 61 / E-Mail: order@bfs.admin.ch
Internet: <http://www.statistik.admin.ch>
Bestellnummer: 338-0062
Preis: gratis
Reihe: Statistik der Schweiz
Fachbereich: Statistische Grundlagen und Übersichten
Originaltext: Deutsch und Französisch
Titelgrafik: BFS; Konzept: Netthoevel & Gaberthüel, Biel; Foto: © NorthShoreSurfPhotos – Fotolia.com
Grafik/Layout: Sektion DIAM, Prepress / Print
Copyright: BFS, Neuchâtel 2011
 Abdruck – ausser für kommerzielle Nutzung –
 unter Angabe der Quelle gestattet
ISBN: 978-3-303-00448-7

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Zusammenfassung	5
1 Einführung	7
2 Ausgangslage	7
3 Analyse der Datenaufbereitung GTE03	8
3.1 Daten der GTE03	9
3.1.1 Entwicklung der Nettostichprobe	9
3.1.2 Datenerhebung und -erfassung	9
3.1.3 Schätzungen	9
3.2 Datenaufbereitung der GTE03	11
3.2.1 Einfluss der Datenaufbereitung einzelner Beobachtungen	11
3.2.2 Schätzungen aufgrund der Fragebogendaten	12
3.2.3 Selektive Datenaufbereitung	13
3.3 Antwortausfälle und Inkonsistenzen	15
3.3.1 Antwortverweigerung	15
3.3.2 Merkmalsausfälle	16
3.3.3 Inkonsistenzen	16
3.3.4 Charakteristiken der Antwortverluste	16
3.4 Automatisierung der Datenaufbereitung	18
3.4.1 Datenaufbereitungsprozess	18
3.4.2 Automatisierungspotenzial	19
4 Stichprobenplan und -ziehung GTE08	21
4.1 Methodik GTE03	21
4.2 Stichprobengrösse 2008	23
4.3 Schichtung	26
4.4 Stichprobenziehung	32
5 Datenaufbereitung 2008	33
5.1 Merkmalsausfälle und Inkonsistenzen	33
5.2 Einsetzungsverfahren	34
5.3 Tagesausfälle bei vorhandenen Angaben	36
5.3.1 Tagesausfallgewichtung	38
5.3.2 Evaluation der Tagesausfallgewichtung	39
5.4 Structure de données des prestations kilométriques de la GTE	40
5.4.1 Notions liées aux prestations kilométriques	40
5.4.2 Modèle de données des informations liées à des déplacements	44
5.5 Détection des distances sur le territoire Suisse	45
5.5.1 Difficultés	46
5.5.2 L'algorithme de détection	46
5.5.3 Effet sur les données de 2008	52

6 Gewichtung	53
6.1 Initialgewichtung	53
6.2 Kalibrierung	54
6.2.1 Kalibrierungsvariablen	54
6.2.2 Aufruf und Output CALMAR	56
7 Schätzverfahren	58
7.1 Varianzschätzung	58
7.2 Umsetzung mit SAS	59
7.3 Antwortquoten und Resultate	61
Anhang	64
A Analyse der Datenaufbereitung GTE03	64
A.1 Antwortausfälle	64
A.2 Antwortverhalten	65
B Stichprobenplan	66
B.1 Einfluss der Annahmen	66
B.2 Ziehperiodizität	67
C Datenaufbereitung 2008	69
C.1 Deterministische Einsetzungsverfahren	69
C.2 Simulation der Einsetzungsverfahren mit der GTE03	69
C.3 Merkmalsausfälle	70
C.4 Tagesausfallgewichtung	72
Literatur	76
Methodenberichte METH	77

Vorwort

Das Bundesamt für Statistik führt seit 2008 jährlich eine Erhebung zum Strassengüterverkehr der schweren schweizerischen Sachentransportfahrzeuge durch (Gütertransporterhebung). Bis 2003 wurde diese Erhebung alle 5 Jahre durchgeführt. Dabei werden die Leistungen der Fahrzeuge und Charakteristiken der transportierten Güter erhoben.

Die Sektion Mobilität des Bundesamts für Statistik hat den Dienst Statistische Methoden mit der Analyse der Datenaufbereitung der Gütertransporterhebung 2003, der Erarbeitung des Stichprobenplans, der Beratung der Datenaufbereitung 2008 sowie der Gewichtung und der Schätzverfahren 2008 betraut, um die Erhebung den neuen Anforderungen anzupassen.

Die Angaben über Resultate der Erhebung in diesem Bericht dienen allein zur Illustration der Methoden. Es können sich Abweichungen gegenüber den offiziellen Ergebnissen ergeben, die auf der Wahl der Datenbasis und ihrem Stand, leichten Anpassungen der Methoden, und der Darstellung basieren. Nur die im offiziellen Bericht veröffentlichten Ergebnisse sind massgebend.

Die Autoren danken Philippe Marti und Marc Gindraux von der Sektion Mobilität herzlich für die sehr gute Zusammenarbeit, sowie Paul-André Salamin vom Dienst Statistische Methoden für die aufmerksame Durchsicht des Berichts.

Zusammenfassung

Seit dem Jahr 2008 wird die Gütertransporterhebung infolge des bilateralen Statistikabkommens mit der EU kontinuierlich durchgeführt, mit dem Ziel vierteljährliche und jährliche Resultate zu produzieren. Die Umstellung der Produktion von jährlichen Resultaten, die alle fünf Jahre produziert wurden, auf dieses neue System erforderte Anpassungen und Optimierungen des Stichprobenplans, der Datenaufbereitung, der Gewichtung und der Schätzverfahren.

Zu diesem Zweck wurde die Datenaufbereitung der Gütertransporterhebung 2003 analysiert, um das Optimierungspotenzial zu eruieren. Es hat sich gezeigt, dass mit einer lediglich kleinen Verzerrung in den Schätzungen der Totale gerechnet werden muss, wenn man bei der Aufbereitung der Daten die Ressourcen auf die rund 20% einflussreichsten Fälle konzentriert. Die Charakterisierung dieser einflussreichen Fahrzeuge schlug aber fehl, womit diese Einsparungen nicht umgesetzt werden konnten.

Neu wurde für die Gütertransporterhebung ein geschichteter Stichprobenplan verwendet, wobei dadurch die Stichprobengrösse gegenüber der Erhebung 2003 um rund 35% reduziert werden konnte. Dabei wurden die Genauigkeitsvorgaben für die jährlichen Schätzungen von Eurostat berücksichtigt, und zudem Bedingungen an die Stichprobengrösse, die Koordination, die Antwortquote und an die Gewichtung in den Stichprobenplan mit einbezogen.

In der Datenaufbereitung wurden Einsetzungen bei Fahrzeugen erarbeitet, für die der grösste Teil der Angaben vorhanden war. Das Vorgehen zur Bestimmung der im Inland erbrachten Leistungen wurde gegenüber der Erhebung 2003 von der Sektion Mobilität überarbeitet und in diesem Methodenbericht beschrieben.

Die Kalibrierung wurde gegenüber der Gütertransporterhebung 2003 verfeinert und mit dem SAS-Makro calmar2 getestet. Dabei wurden auch die Annahmen, die in den Stichprobenplan einfließen, überprüft und allgemein für realistisch befunden.

Die Varianzschätzung der Schätzer basiert wie bereits in der Gütertransporterhebung 2003 auf der Theorie des GREG-Schätzers.

In der Gütertransporterhebung 2008 konnte die erwartete Schätzgenauigkeit erreicht werden. Dies rührt unter anderem daher, dass die Antwortquoten, die beim Stichprobenplan angenommen wurden, im Allgemeinen erreicht wurden.

1 Einführung

Die Sektion Mobilität (MOBIL) beauftragte den Dienst Statistische Methoden (METH), das Optimierungspotenzial der Datenaufbereitung auf der Basis der Gütertransporterhebung Strassenverkehr 2003 (GTE03) zu eruieren, den Stichprobenplan für die GTE08 zu erarbeiten, sowie Teile der Datenaufbereitung, die Gewichtung und die Schätzverfahren 2008 der GTE08 zu erarbeiten und zu begleiten.

Diese Aufträge beruhten vor allem auf den Erfahrungen der GTE03, in welcher einerseits viele Ressourcen in die Datenaufbereitung investiert wurden, und andererseits die Qualitätsvorgaben von Eurostat übertroffen wurden. Zudem ist die GTE ab 2008 eine kontinuierliche, wöchentlich stattfindende Erhebung, womit die Belastung der Befragten mit berücksichtigt werden musste.

Mit anderen Worten waren die Ziele, eine effizientere Datenaufbereitung zu entwickeln, die Stichprobengrösse unter Berücksichtigung der Belastung der Befragten zu verkleinern und die Schätzmethoden dementsprechend zu überarbeiten.

Der vorliegende Methodenbericht ist in fünf Hauptteile unterteilt, mit der Analyse der Datenaufbereitung der GTE03 beginnend, worauf der Stichprobenplan und die Stichprobenziehung der GTE08 folgen. Danach werden die Methoden der Datenaufbereitung der GTE08 beschrieben, welche von METH erarbeitet und von MOBIL erweitert wurden, gefolgt von der Gewichtung und der Schätzverfahren der GTE08, die ebenso von METH auf der Basis der GTE03 erarbeitet wurde.

2 Ausgangslage

Die Gütertransporterhebung betrifft Schwerverkehrs-Fahrzeuge, mit mehr als 3.5 Tonnen Gesamtgewicht, die in der Schweiz immatrikuliert sind. Die Erhebung erfolgt für eine Stichprobe von Fahrzeugwochen, die wöchentlich aus den Daten des Motorfahrzeug-Informationssystems (MOFIS) gezogen wird. Der wöchentliche Stichprobenrahmen enthält sämtliche Informationen zum Fahrzeug, die somit nicht erhoben werden müssen. Die Fahrzeughalter der gezogenen Fahrzeuge werden dazu aufgefordert, Daten während der ganzen Erhebungswoche zu liefern.

1. Informationen zum Fahrzeug und zur Erhebungswoche (z.B. Grund des allfälligen Nichtfahrens während der gesamten Erhebungswoche, ob die erbrachten Leistungen für die eigene Firma oder für andere Firmen erbracht wurden).
2. Tägliche Informationen (Transitländer des Tages, km-Leistung des Tages (ab 2008)).
3. Informationen zu den ausgeführten Transporten, z.B. Gewicht und Typ der transportierten Waren, Postleitzahl und km-Stände von Auf- und Abladeort. Leerfahrten gelten dabei ebenso als Transporte.

Für die Datenaufbereitung und die Gewichtung werden die Daten der Leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe (LSVA) verwendet. Diese enthalten für jedes LSVA-pflichtige Fahrzeug Angaben über den Kilometerstand beim Starten und Abschalten des Fahrzeugs, sowie der Kilometerstand und weitere Angaben bei Grenzübertritten.

Die LSVA-Daten dienen in der Datenaufbereitung dazu, die km-Leistungen des Tages abzugleichen und die In- und Auslandeleistungen bei unvollständigen Angaben zu modellieren.

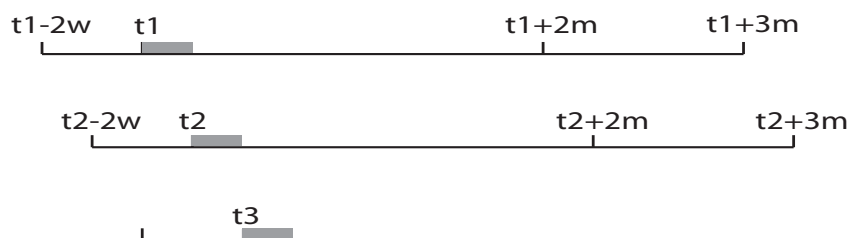
Für die Gewichtung der Stichprobendaten werden die LSVA-Daten und die Daten des MOFIS herangezogen, um die Genauigkeit der Schätzungen zu verbessern.

Anhand der GTE werden vor allem die 'Fahrleistung im Inland' km_{inl} , das Gewicht des Transportguts ton_{inl} und die Tonnenkilometer ton_km_{inl} , die das Produkt der Fahrdistanzen mit dem Gewicht des Transportguts sind, zu schätzen. Eurostat verlangt zusätzlich Angaben zur 'Fahrleistung Ausland' km_{aus} . Schätzungen werden als Totale ausgewiesen, sowie unter anderem pro Fahrzeugtyp, Warencode, Frachtcode und Emissionstyp des Fahrzeugs.

Anforderungen an die GTE08 Innerhalb der Strassengüterverkehrsstatistik (SGVS) liefert MOBIL ab 2008 vierteljährliche Daten der GTE an Eurostat ab. Zuvor wurde die Erhebung alle 5 Jahre durchgeführt und Schätzungen für das Erhebungsjahr wurden anderthalb Jahre nach Ende der Erhebung veröffentlicht. Durch die neuen Anforderungen wird die Zeit für die Datenaufbereitung ab 2008 drastisch verkürzt.

Im weiteren muss berücksichtigt werden, dass die vollständigen Daten der LSVA zwei bis drei Monate nach Ablauf einer Erhebungswoche zur Verfügung stehen, und dass zwei Monate nach Eingang der vollständigen LSVA-Daten die definitiven Ergebnisse an Eurostat geliefert werden müssen. In der Abbildung 1 ist der Ablauf für die ersten beiden Erhebungswochen illustriert. Die Stichprobe wird zwei Wochen vor der Erhebungswoche gezogen. Die erste Datenlieferung im Jahr an Eurostat erfolgt nach $t1+4m$, das heisst run vier Monate nach Ablauf der zwölften Erhebungswoche.

Abbildung 1 Ablauf der Erhebung für die ersten beiden Erhebungswochen, $t1$ und $t2$. 'w' steht für Wochen, 'm' für Monate. Im Zeitraum $[t1+2m; t1+3m]$ werden die definitiven LSVA-Daten geliefert.



3 Analyse der Datenaufbereitung GTE03

In der GTE03 nahm die Datenaufbereitung der Papierfragebogen mehr als ein Jahr in Anspruch. Dabei wurden sämtliche Fragebogen manuell kontrolliert und gegebenenfalls bearbeitet. Nach Eingang der LSVA-Daten mussten einige zuvor bereits aufbereitete Fragebogen von neuem manuell bearbeitet werden, da die Fahrleistung auf dem Fragebogen nicht mit jener der LSVA-Daten übereinstimmte.

Rund 50% der Fahrzeuge, welche in die Stichprobe gezogen wurden, konnten nicht für die Hochrechnung verwendet werden, da es sich um totale Antwortausfälle, um Antwortausfälle einzelner Tage oder um Daten, deren Kilometerleistung mehr als 20% von der LSVA abwichen, handelte. Unter Umständen waren diese Fahrzeuge zuvor bereits manuell bearbeitet worden. Allgemein wird angestrebt, die Ressourcen unter den gegebenen Rahmenbedingungen optimal einzusetzen.

Die Datenaufbereitung der GTE03 wird somit analysiert, um ein eventuelles Optimierungspotenzial (Vereinfachung, alternatives Vorgehen, Automatisierung) zu eruieren, damit die erhöhten Anforderungen an die Periodizität der Erhebung effizient erreicht werden können.

3.1 Daten der GTE03

3.1.1 Entwicklung der Nettostichprobe

Von den 13'316 Fahrzeugwochen, welche in die Stichprobe der GTE03 gezogen wurden, wurden 9'411 Fahrzeuge vom Bundesamt für Informatik und Telekommunikation (BIT) eingelesen (Fragebogendaten, FB=1), siehe Tabelle 1. In der Oracle-Datenbank, die für die Datenaufbereitung verwendet wurde, sind 9'991 Einträge zu finden. Die 580 zusätzlichen Einträge gegenüber den Fragebogendaten, FB=0, erklären sich durch manuelle Eingaben in die Datenbank. Für die Hochrechnung wurden 6'551 Fahrzeuge verwendet. Diese haben weniger als 20% Abweichung zu den LSVA-Daten (km-Stand pro Tag) und waren in der Befragungswoche aktiv (Nummernschild nicht hinterlegt). Die 3'325 Fahrzeuge, die nicht in der Oracle-Datenbank sind, haben entweder die Teilnahme schriftlich verweigert oder haben überhaupt nicht geantwortet.

Tabelle 1 Entwicklung der Nettostichprobe im Verlauf der Datenaufbereitung. 'FB' steht für Fragebogendaten, 'Oracle' für Daten, die in der Oracle-Datenbank gespeichert waren und 'Hochr.' für die Daten, die für die Hochrechnung verwendet wurden. '1' bedeutet, dass die Fahrzeuge in den entsprechenden Daten vorhanden sind.

FB	Oracle	Hochr.	Anzahl	%	kumulierte	
					Anzahl	%
1	1	1	6'529	65.3	6'529	65.3
0	1	1	22	0.0	6'551	65.3
1	1	0	2'882	28.8	9'433	94.1
0	1	0	558	5.9	9'991	100.0

3.1.2 Datenerhebung und -erfassung

In der GTE03 wurde wöchentlich eine Bernoulli-Zufallsstichprobe gezogen, wobei darauf geachtet wurde, dass das gleiche Fahrzeug nicht zweimal in die Stichprobe gezogen wurde (negative Koordination).

Die Fahrzeuglenker mussten die letzten drei Ziffern des Kilometerstands des LSVA-Kilometerzählers von Auf- und Abladeort angeben, sofern sie LSVA-pflichtig waren. Ansonsten mussten sie die Kilometerstände beim Fahrzeugtachometer ablesen.

Im Weiteren mussten sie angeben, ob es sich um eine Leerfahrt handelt oder nicht und welche Länder sie durchquert haben.

Die ausgefüllten Fragebogen wurden vom BFS kontrolliert, um zu bestimmen, welche gescannt werden sollen.

3.1.3 Schätzungen

Vor allem die Schätzungen der 'Fahrleistung im Inland' km_{inl} , das Gewicht des Transportguts ton_{inl} , die Tonnenkilometer $ton_{km_{inl}}$ und die 'Fahrleistung Ausland' km_{aus} interessieren uns in diesem Abschnitt.

Bezüglich der Fahrleistung bestehen folgende Probleme, die in der Datenaufbereitung behandelt wurden:

- Grenzübertritte mussten aufgrund der Kilometerstände eruiert werden, wenn der Auf- respektive Abladeort in der Schweiz war und der andere im Ausland, oder wenn aufgrund

der gefahrenen Distanz, davon ausgegangen werden konnte, dass die Fahrt über das Ausland führte, selbst wenn Auf- und Abladeort in der Schweiz liegen.

- Pendelfahrten, bei denen die Angaben zu den Anzahl Fahrten multipliziert mit der Pendelfahrtstrecke nicht den Kilometerständen am Anfang und am Ende der Pendelfahrt entspricht.
- Mix von Fahrten, z.B. Pendelfahrten + Sammelfahrten.
- Fahrten über mehrere Tage. Diese stellen vor allem ein Problem dar, wenn der Anfang oder Ende der Mehrtagesfahrt ausserhalb der Erhebungswoche liegt.
- Fehlende Angaben (km-Stände, Warengewicht, Warencodes, Frachtart, Gefahrgütervariable, Postleitzahlen der Auf- und Abladeorte)
- 1000-er Schritte: da 3-stellige km Angaben gefragt wurden, war nicht in allen Fällen eindeutig ersichtlich, ob das Fahrzeug x oder $1'000 + x$ Kilometer zurückgelegt hatte. Dieses Problem akzentuierte sich vor allem bei Mehrtagesfahrten.

Aus den veröffentlichten Schätzungen für die oben genannten Variablen, Tabelle 2, ist ersichtlich, dass das geschätzte Transportgut (kumuliertes Warengewicht) mit der grössten Ungenauigkeit behaftet war ($\pm 2.3\%$). Die Schätzungen für Sattelmotorfahrzeuge (FAZ=37) sind gegenüber jenen der Lastwagen (FAZ=35) und der Sattelzüge (FAZ=38) ungenauer, so dass von einer Interpretation dieser Schätzungen abgesehen werden sollte. Es wird nicht angestrebt, die Genauigkeit dieser Schätzungen für die GTE08 zu verbessern, denn die Vorgaben von Eurostat betreffen nur die jährlichen Totalschätzer, siehe Abschnitt 4.2.

Tabelle 2 Veröffentlichte Schätzungen und Standardabweichung in Prozent der Schätzung als Genauigkeitsangabe der untersuchten Variablen km_inl, ton_inl, und ton_km_inl.

Fahrzeugart	FAZ	Fahrleistung		Transportgut		Transportleistung	
		in Mio. Fzkm	$\pm\%$	in 1000 t	$\pm\%$	in 1000 tkm	$\pm\%$
Lastwagen	35	1'257	1.2	208'067	2.8	6'460'039	1.9
Sattelmotorfahrzeuge	37	10	28.4	1'914	32.3	99'408	31.6
Sattelzüge	38	363	4.0	46'065	5.4	3'332'124	4.5
Total		1'631	0.1	256'046	2.3	9'891'571	1.3

3.2 Datenaufbereitung der GTE03

Um das Optimierungspotenzial der Datenaufbereitung zu eruieren, wird versucht die Fahrzeuge zu charakterisieren, deren Bearbeitung den grössten Einfluss auf die Schätzungen haben. Dazu werden zuerst die Masse aufgelistet, die der Messung der Effizienz und des Einflusses dienen. Diese werden danach im Abschnitt der selektiven Datenaufbereitung angewandt, um das Vorgehen zur Ausschöpfung des Optimierungspotenzials zu beschreiben. Vorher wird beschrieben, wie die Fragebogendaten hochgerechnet wurden.

3.2.1 Einfluss der Datenaufbereitung einzelner Beobachtungen

Es sei $\hat{Y}_{ij}^*$ die Variable j des Fahrzeugs i , die für die Hochrechnung verwendet wurde, das heisst die aufbereitet wurde, und die hier als Zielwert der Datenaufbereitung definiert wird. Dieselbe Variable in den Fragebogendaten ist $\hat{Y}_{ij}$ ¹. Das Hochrechnungsgewicht des Fahrzeugs i , w_i , entspricht der Gewichtung nach der Kalibrierung. $D_{ij} = \hat{Y}_{ij}^* - \hat{Y}_{ij}$ ist der Unterschied zwischen den Fragebogendaten und den hochgerechneten Daten. Der Totalschätzer der Variablen j ist $\hat{Y}_j^* = \sum_i w_i \hat{Y}_{ij}^*$ für die Hochrechnungsdaten, respektive $\hat{Y}_j = \sum_i w_i \hat{Y}_{ij}$ für die Fragebogendaten.

Zur Eruierung der Fahrzeuge, die für einen grossen Gewinn in der Datenaufbereitung verantwortlich sind, wird (1) verwendet.

Individueller absoluter Einfluss an der Datenaufbereitung (gewichtet)

$$u_{ij} = \frac{\sum_k w_k |D_{kj}| - w_i |D_{ij}|}{\sum_k w_k |D_{kj}|} = 1 - \frac{w_i |D_{ij}|}{\sum_k w_k |D_{kj}|} \quad (1)$$

Der absteigend geordnete individuelle absolute Unterschied wird mit $D_{[i]j}$ bezeichnet. Der kumulierte individuelle absolute Einfluss ist dann:

$$U_{i,j} = 1 - \frac{\sum_{k \leq i} w_k |D_{[k]j}|}{\sum_k w_k |D_{kj}|} \quad (2)$$

U_{ij} ist ein Mass für den individuellen Bias² der verringert wird, wenn die Fahrzeuge mit den i grössten Unterschieden der Fragebogendaten zu den Hochrechnungsdaten aufbereitet werden. Deren Daten entsprechen sodann den Hochrechnungsdaten, wobei die nicht aufbereiteten Fahrzeuge nach wie vor die Fragebogendaten aufweisen.

Einfluss auf den Totalschätzer: gewichteter Unterschied FB vs. Hochrechnung

$$S_{ij} = \frac{w_i D_{ij}}{\hat{Y}_j^*} \quad (3)$$

S_{ij} in (3) ist ein Mass für den Einfluss, der die Datenaufbereitung auf den Totalschätzer $\hat{Y}_j^*$ hatte.

Wird S_{ij} absteigend geordnet, hier mit $S_{[i]j}$ bezeichnet, so kann aus (3) der **geschätzte kumulierte relative Schätzbias** pro Fahrzeug und Variable abgeleitet werden

$$\hat{B}_{ij} = \sum_{k \leq i} S_{[k]j} \quad (4)$$

¹Es wird $\hat{Y}$ anstatt Y verwendet, da die Fragebogendaten nicht den Rohdaten entsprechen, weil sie teilweise bereits vor dem scannen aufbereitet wurden.

²Der individuelle Bias kann als Vorhersage Bias pro Fahrzeug betrachtet werden.

$\hat{B}_{ij}$ ist ein Mass für die Entfernung zu $\hat{Y}_j^*$, wenn die i Fahrzeuge, mit den grössten Unterschieden zu den Hochrechnungsdaten aufbereitet werden.

3.2.2 Schätzungen aufgrund der Fragebogendaten

In diesem Abschnitt werden Schätzungen aufgrund der Daten ohne Datenaufbereitung, den Fragebogendaten, gemacht, um die Differenz zu den publizierten Schätzungen und den Einfluss der Datenaufbereitung aufzuzeigen.

Vorarbeiten

Um die Schätzungen aufgrund der Fragebogendaten zu ermöglichen, müssen zuerst Vorarbeiten durchgeführt werden, welche für den Vergleich mit den publizierten Resultaten nötig sind. Einerseits wurden die 1'000-er Schritte und andererseits die Aufteilung der Fahrten in In- und Auslandsfahrten vorgenommen, bevor die Daten kalibriert wurden.

Für die 1'000-er Schritte wurde das SAS-Macro von MOBIL verwendet, wobei Zugriffe auf die LSVA-Daten ausgeschlossen wurden, womit die Situation simuliert werden soll, in welcher die LSVA-Daten noch nicht vorhanden sind.

Um die Fahrten mit Auf- oder Abfahrtsort im Ausland in In- und Auslandsfahrten aufzuteilen, wurden zwei Modelle verwendet, anhand derer das Verhältnis Inlandsfahrt/Auslandsfahrt = r geschätzt wurde.

1. Im ersten Modell wurde davon ausgegangen, dass die Grenzüberschreitungen pro Fahrzeug bekannt sind. Somit wurde das Verhältnis r der Hochrechnungsdaten auf die Fahrkilometer des Fragebogens übertragen, um die entsprechende Fahrleistung zu erhalten.
2. Im zweiten Modell wurde das Verhältnis Inlandsfahrt/Auslandsfahrt, r , innerhalb von Fahrzeugklassen geschätzt und an die Fragebogendaten angewandt. Die Variablen für die Bildung der Fahrzeugklassen wurden mittels einer linearen Regression ermittelt. Die Variablen Fahrzeugart, Gewerbetyp³ und 5 Klassen für die Fahrleistung⁴ hatten einen signifikanten Einfluss auf r und wurden für die Bildung der Fahrzeugklassen verwendet. Konnte innerhalb dieser Fahrzeugklassen der Modellparameter nicht geschätzt werden, so wurden alternative Fahrzeugklassen, welche mittels der Fahrzeugart und dem Gewerbetyp definiert wurden, verwendet.

Es zeigte sich, dass die Schätzungen aufgrund der Fragebogendaten erwartungsgemäss näher an den publizierten Daten sind, wenn die Grenzüberschreitungen von jedem Fahrzeug bekannt sind, als wenn die Aufteilung in In- und Auslandsfahrten modelliert werden muss. Wenn die In- und Auslandskilometer in der Datenaufbereitung früher bekannt sind, kann dies somit zu einer Effizienzsteigerung führen, da diese bereits näher an den Daten für die Hochrechnung sind.

Vergleich

Die Unterschiede der Fragebogendaten zu den Hochrechnungsdaten sind für die Fahrleistung grösser gegenüber den Unterschieden für das Transportgut und der Transportleistung, siehe Tabelle 3. Da vor allem die Fahrleistung in der Datenaufbereitung behandelt werden kann, überschneiden sich die Vertrauensintervalle der Schätzungen basierend auf den FB-Daten und den Hochrechnungsdaten nur für das Transportgut, das in der Datenaufbereitung nur geringfügig

³Gewerblicher Verkehr: Ja/Nein

⁴0, 1km - 399km, 400km - 999km, 1'000km - 1'999km, >1'999km

geändert wird. Somit hat die Datenaufbereitung nicht unerwartet einen signifikanten Einfluss auf die Resultate der Fahrleistung und der Transportleistung und kann deshalb nicht weggelassen werden.

Tabelle 3 Publierte Schätzungen (Publikation) und kalibrierte Schätzungen aufgrund der Fragebogendaten (FB).

Fahrzeugart	Fahrleistung in Mio. Fzkm		Transportgut in 1000 t		Transportleistung in 1000 tkm	
	Publikation	FB	Publikation	FB	Publikation	FB
Lastwagen	1'257	1'498	208'067	213'953	6'460'039	6'048'639
Sattelmotorfahrzeuge	10	10	1'914	1'964	99'408	97'746
Sattelschlepper	363	386	46'065	42'653	3'332'124	3'096'265
Total	1'631	1'893	256'046	258'570	9'891'571	9'242'650
[%]	100	116	100	101	100	93

3.2.3 Selektive Datenaufbereitung

Ziel der selektiven Datenaufbereitung ist es, die Ressourcen auf Fälle zu konzentrieren, deren Bearbeitung einen grossen Einfluss auf die Schätzungen haben. Hierfür müssen Auswahlkriterien erarbeitet werden, um die Fahrzeuge in einflussreiche und wenig einflussreiche aufzuteilen. Diese Aufteilung sollte gleich bei der Ankunft der Daten im BFS durchgeführt werden können, ohne dass auf das Eintreffen aller Daten und der LSVA-Daten gewartet werden muss.

Bei rund 87% der Fahrzeuge, die LSVA-Abgaben entrichten, wurde in der GTE03 die Fahrleistung abgeändert. Bei den von der LSVA befreiten Fahrzeugen wurden nur 7% abgeändert. Insgesamt entspricht dies rund 79% der Fahrzeuge die Änderungen in den Fahrleistungen erfahren haben.

Mit der Aufbereitung von rund 20% der 6'551 Fahrzeuge mit den grössten Unterschieden D_{ij} , werden 90% der gesamten Unterschiede zu den gewichteten Hochrechnungsdaten aufbereitet, wie aufgrund der Abbildung 2 hervorgeht, in welcher der kumulierte individuelle absolute Einfluss (2) abgebildet ist.

In der Abbildung 3 sind die Auswirkungen dieses Vorgehens auf die Schätzungen mittels des geschätzten kumulierten relativen Schätzbias (4) abgebildet. Es zeigt sich, dass mit diesem Vorgehen rund 30% der Fahrzeuge aufbereitet werden müssen, um die Schätzungen zu stabilisieren.

Einflussreiche Beobachtungen

Wird zur Illustration angenommen, dass ein geschätzter relativer Bias von $\pm 0.5\%$ der totalen Fahrleistung akzeptiert werden kann, und dass das Verhältnis Inland-/Auslandfahrkilometer individuell für jedes Fahrzeug bekannt ist, siehe Abschnitt Vorarbeiten unter 3.2.2, dann müssten rund 10% der Daten aufbereitet werden, Abbildung 3. Der Bias kann mit einem zusätzlichen Aufwand verkleinert werden. Der Ertrag flacht ab rund 20% der aufbereiteten Fahrzeuge aber sichtlich ab.

Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass 800 Fahrzeuge aufbereitet werden können, was dem Aufwand entspricht, der von MOBIL sicherlich geleistet werden kann. Die 800 aufzubereitenden Fahrzeuge wurden für jede Variable j mittels der grössten Werte von u_{ij} der Formel (1) bestimmt, i.e. $v_{ij} = 1$, wenn u_{ij} unter den 800 grössten Werten für die Variable j ist, und

Abbildung 2 Individueller Gewinn gemessen am kumulierten absoluten Unterschied, wenn ein Fahrzeug aufbereitet wird. Vergleich FB - Hochrechnung.

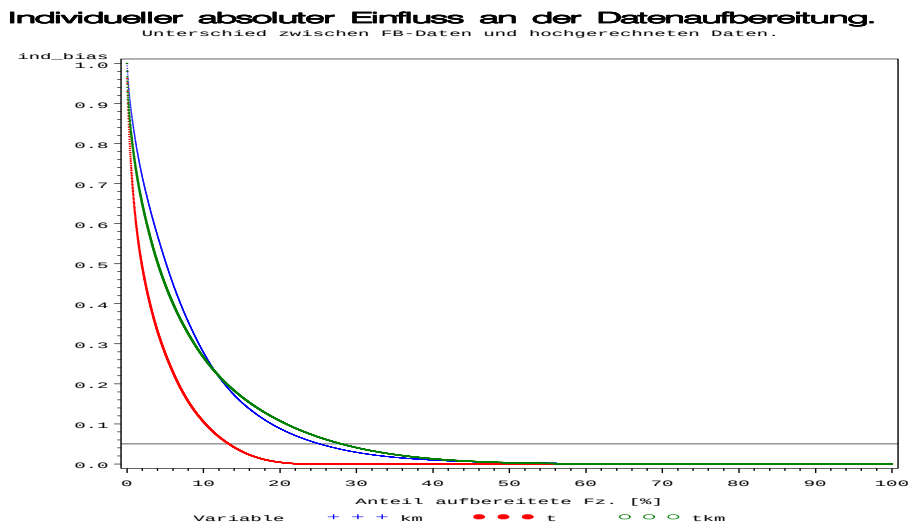
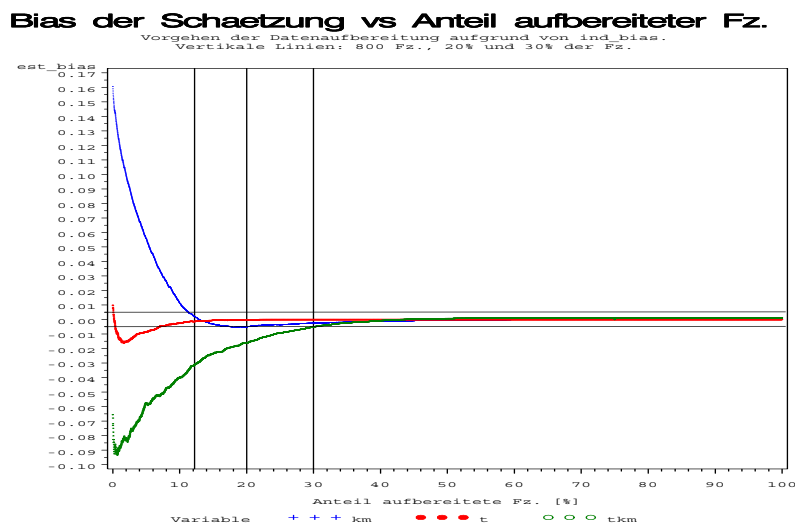


Abbildung 3 Entwicklung des Bias der Schätzung in Abhängigkeit des prozentualen Anteils verarbeiteter Fahrzeuge, die aufgrund des Unterschiedes FB - Hochrechnungsdaten in absteigender Ordnung aufbereitet werden.



$v_{ij} = 0$ andernfalls. Sodann wird versucht, eine Wertungsfunktion⁵ zu finden, die diese Fahrzeuge ohne Kenntnis von D_{ij} eruiert. Hierfür wurde eine logistische Regression verwendet, mit v_{ij} als abhängige Variable und den Variablen Altersklasse ($\text{alter_cl} \in \{0 - 5, 6 - 10, 11 - 15, 16 - 20, > 20 \text{ Jahre}\}$), Fahrleistungsklasse (km_cl aus dem Abschnitt 3.2.2), Fahrzeugart (FAZ), Gewerbetyp ($\text{GEWERB} \in \{\text{ja, nein}\}$), und Werkverkehr ($\text{WERK} \in \{\text{ja, nein}\}$).

Für die Fahrleistung hatten die Variablen alter_cl , km_cl , FAZ und GEWERB einen signifikanten Einfluss auf v_{i1} . Die Übereinstimmungsquote war 85.8% und die Nicht-Übereinstimmungsquote 11.8%, i.e. für 85.8% der Fahrzeuge entsprach der mittels dem Modell vorhergesagte Wert von v_{i1} mit dem beobachteten Wert überein, in 11.8% nicht und in 2.4% lieferte das Modell keine gesicherte Vorhersage. Die Vorhersage stimmte vor allem in Fällen überein, die nicht aufbereitet werden müssen, $v_{i1} = 0$. Um die Datenaufbereitung zu verringern, würden die 800 Fahrzeuge

⁵englisch: score function.

mit den höchsten vorhergesagten Wahrscheinlichkeiten für $v_{i1} = 1$ zur Aufbereitung ausgewählt. So werden von den 800 Fahrzeugen mit beobachtetem $v_{i1} = 1$ deren 429 ausgewählt und 371 würden ausgewählt, die nicht aufbereitet werden müssten. Dies ist ungenügend, um die Aufteilung in der selektiven Datenaufbereitung vorzunehmen.

Für die Variablen Transportgut und Transportleistung fielen die Resultate noch schlechter aus. Somit kann dieses Vorgehen nicht verwendet werden, da es zu wenig effizient ist.

In einem weiteren Versuch wurden die Daten nach Fahrleistung und nach Fahrzeugalter geordnet, und die 800 obersten Fahrzeuge in der Liste ausgewählt. Damit wurden 368 der 800 aufzuarbeitenden Fahrzeuge, $v_{i1} = 1$, ausgewählt. Abgesehen von der Ineffizienz dieses Vorgehens hat es auch den Nachteil, dass Fahrzeuge mit kleinen angegebenen Fahrleistungen nie aufbereitet werden. Somit müsste mit einer zusätzlichen nicht abschätzbaren Verzerrung der Schätzungen aufgrund der Datenaufbereitung gerechnet werden. Ein solches Vorgehen ist deshalb nicht angebracht.

Die hier untersuchten Methoden konnten das Einsparpotenzial aufzeigen. Die Charakterisierung der aufzuarbeitenden Fahrzeuge war hingegen erfolglos. Deshalb wird zurzeit von einer selektiven Datenaufbereitung abgesehen.

3.3 Antwortausfälle und Inkonsistenzen

In diesem Abschnitt werden die Charakteristiken der Antwortausfälle und Inkonsistenzen analysiert, um zu eruieren, ob die Erhebung bei bestimmten Fahrzeuggruppen angepasst werden sollte, damit eine grössere Antwortrate resultiert oder die Antwortausfälle besser antizipiert werden können. Bei der Analyse der Inkonsistenzen wird zudem untersucht, ob es möglich ist, gewisse Fahrzeuge, die teilweise geantwortet haben, aber nicht in die Hochrechnung einfließen, von vornherein aus der Datenaufbereitung auszuschliessen, um Ressourcen einzusparen.

Die Antwortausfälle wurden in zwei Kategorien aufgeteilt: Fahrzeuge, für welche alle Antworten verweigert wurden (**Antwortverweigerung**) und die **Merkmalsausfälle**, i.e. Fahrzeuge von denen teilweise Antworten vorhanden sind. Diese werden im Folgenden zuerst beschrieben, ebenso wie die Inkonsistenzen, bevor versucht wird, diese Fälle zu charakterisieren.

3.3.1 Antwortverweigerung

Die Antwortverweigerer, totale Antwortausfälle, machen mit 25% (3'325 Fahrzeuge) einen beachtlichen Anteil and der Stichprobe von 13'316 Fahrzeugen aus. Von diesen Fahrzeugen konnten keine Daten erfasst werden. Somit ist auch unbekannt, ob diese wirklich in der Zielpopulation gewesen wären. Von weiteren 3'392 Fahrzeugen wurden keine Kilometerangaben während der gesamten Erhebungswoche geliefert, siehe Tabelle 34 im Anhang. Diese wurden ebenfalls als Antwortverweigerer behandelt, indem sie von der Hochrechnung ausgeschlossen wurden. In dieser Kategorie waren auch spezielle Fahrzeuge enthalten, wie z.B. Feuerwehrfahrzeuge. Die als Antwortverweigerer gekennzeichneten Fahrzeuge werden anhand der Kalibrierung in der Hochrechnung berücksichtigt.

Nach einer gewissen Zeit muss bei einer kontinuierlicher Datenerhebung mit einer Erosion der Stichprobe gerechnet werden, d.h. dass der Anteil Antwortverweigerer stetig ansteigen wird. Die Stichproben der GTE werden zwar negativ koordiniert, aber es kann nicht ausgeschlossen werden, dass derselbe Besitzer/Fahrer mehrmals für unterschiedliche Fahrzeuge befragt wird. Deshalb sollte alles unternommen werden, die Antwortausfallrate tief zu halten.

3.3.2 Merkmalsausfälle

Die Merkmalsausfälle, Fahrzeuge, für welche eine unvollständige Antwort vorhanden ist, werden hier ohne die Daten der LSVA zur Hilfe zu nehmen definiert. Ein Merkmalsausfall für die Anzahl gefahrene Kilometer eines Fahrzeugs pro Tag wurde als gegeben angesehen, sobald bei einer Fahrt des Tages die Anzahl gefahrene Kilometer nicht berechnet werden konnte. Falls die vorhandenen Fahrten vollständig aufgeführt sind, aber Fahrten fehlen, wurde dies nicht zu den Merkmalsausfällen gezählt, da fehlende Fahrten nur mit Hilfe der LSVA-Daten eruiert werden können.

Die Anzahl gefahrene Kilometer wurde anhand folgender Variablen eruiert:

- Abladekilometerstand (AB_KM),
- Kilometerstand am Ende einer Verteilfahrt (AB_KM_END),
- Kilometerstand am Start einer Verteilfahrt (AB_KM_START),
- Aufladekilometerstand (AUF_KM),
- Kilometerstand am Ende einer Sammel- fahrt (AUF_KM_END),
- Kilometerstand am Start einer Sammelfahrt (AUF_KM_START) und
- Transport-/Fahrtstrecke bei Pendelfahrten (KM_DIST).

Fehlende Angaben zum Gewicht wurden durch fehlende Angaben '.' oder den Code fehlend '99999' in den Gewichtsangaben mindestens einer Fahrt pro Tag definiert.

Bei rund 15% der Fahrzeuge mit Antworten konnte die gefahrene Distanz aufgrund der Angaben auf dem Fragebogen mindesten an einem Tag nicht berechnet werden ($n_miss_km > 0$), und bei 8% konnte sie an exakt einem Erhebungstag nicht berechnet werden ($n_miss_km = 1$), siehe Tabelle 36 im Anhang.

Bei rund 25% der Antwortenden konnte das Gewicht nicht bestimmt werden ($n_miss_gewicht > 0$), siehe Tabelle 36 im Anhang. Darin sind jedoch auch Leerfahrten eingeschlossen, die aber nicht ohne Weiteres als solche erkennbar sind. Insgesamt wiesen 462 Fahrzeugtage mindestens einen Code '99999' auf, wobei dies 193 Fahrzeuge betraf, was rund 3% der Antwortenden entspricht.

3.3.3 Inkonsistenzen

Angaben an unterschiedlichen Tagen in der GTE und der LSVA führen zu einem grossen Bearbeitungsaufwand. Solche Inkonsistenzen können aber erst nach der Lieferung der LSVA-Daten eruiert werden. Anhand der Kilometerstände am Morgen und am Abend können fehlende Tage jedoch bereits frühzeitig erkannt werden. Deshalb wird empfohlen, diese in den Fragebogen aufzunehmen.

3.3.4 Charakteristiken der Antwortverluste

Allgemein werden die Fahrzeuge, welche schlussendlich nicht in die Hochrechnung mit einbezogen wurden, hier als **Antwortverluste** bezeichnet. Von den 13'316 ausgewählten Fahrzeugen wurden 6'551 in die Hochrechnung mit einbezogen. Um die Antwortverluste zu charakterisieren, wurden die Variablen der Tabelle 4, welche für alle Fahrzeuge vorhanden sind, in einer logistischen Regression verwendet. Für das Gesamtgewicht, das Fahrzeugalter, den Kanton

und die Nutzlast wurden mehrere Variablen mit unterschiedlichen Ausprägungen ausprobiert. Die nicht signifikanten Variablen wurden schrittweise aufgrund ihres p -Werts bezüglich der Signifikanz aus dem Modell entfernt (backward-Elimination). Der Fahrzeugtyp, FAZ, die Gesamtgewichtsklasse, GEGE_cl, ob eine Anhängervorrichtung, ANH_cl, vorhanden ist, und ob ein Lastkran vorhanden ist, LKRA_cl, hatten einen signifikanten Einfluss auf das Antwortverhalten.

Die Qualität der Variablen ANH_cl, LKRA_cl und FZALT_cl2 kann laut MOBIL nicht gesichert werden, da diese Merkmale im MOFIS keinen direkten Nutzen haben und dementsprechend behandelt werden. Die Charakteristiken der Antwortverluste kann somit durch die Kalibrierung nur teilweise mittels FAZ und GEGE_cl berücksichtigt werden.

Tabelle 4 Variablen, die verwendet wurden, um die Charakteristiken der Antwortverluste anhand einer logistischen Regression zu eruieren, ohne dass die Daten geschichtet wurden.

Name	Bedeutung	# Mod.	sign. Einfluss
FAZ	Fahrzeugtyp	3	ja
FAZ_cl	FAZ 37 und 38 zusammengefasst	2	ja
GEGE	Gesamtgewicht	∞	nein
GEGE_cl	[3'500;7'500], [7'500;18'000], [18'000;26'000]]26'000; ∞ [	4	ja
ANH_cl	Anhängervorrichtung=ja/nein	2	ja
LKRA_cl	Lastkran=ja/nein	2	ja
FZALT	Alter: 2003-Jahr(ivda)	∞	nein
FZALT_cl1	[0;5], [6;10], [11;15], [16;20], >20	5	nein
FZALT_cl2	<1, ≥ 1	2	nein
FZALT_cl3	<1, [1;5], [6;10], >10	4	nein
FZALT_cl4	<1, [1;5], [6;8], [9;12], [13;15], [16;23], >23	7	nein
KT	Kanton	26	nein
KT_cl	ZG, VD, Rest	3	nein
NUTS2	Regionen	7	nein
NULA	Nutzlast	∞	nein
NULA_cl	]0;5'000[, [5'000;7'000[, [7'000;10'000[, [10'000;15'000[, [15'000; ∞ [	5	nein
SEIL_cl	Seilzug=ja/nein	2	nein
TAIN	Tankinhalt	∞	nein
HEBE_cl	Hebevorrichtung=ja/nein	2	nein
ACHS	Anzahl Achsen	6	nein
KCODE	Karosseriecode	5	nein

In einem zweiten Schritt wurde die logistische Regression für jeden Fahrzeugtypen (FAZ) separat geschätzt. Für $FAZ \in \{37, 38\}$ gab es kein signifikantes Modell, welches das Antwortverhalten erklären kann.

Hingegen hatte für die $FAZ=35$ zusätzlich zu den Variablen mit signifikantem Einfluss der Tabelle 4 auch die Variable FZALT_cl2 einen Einfluss auf das Antwortverhalten, siehe Tabelle 37 im Anhang.

Diese Information kann nicht zur Optimierung der Datenaufbereitung verwendet werden, da wie bereits erwähnt, die Qualität der Hilfsvariablen aus der MOFIS nicht garantiert werden kann. Hingegen wird bei der Erarbeitung des Stichprobenplans untersucht, ob anhand des Fahrzeugtyps und der Gesamtgewichtsklasse eine Schichtung möglich ist.

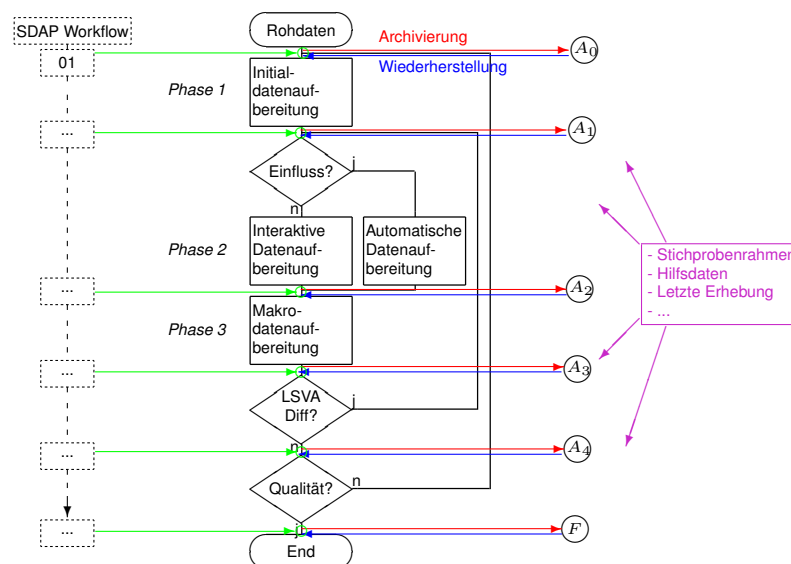
3.4 Automatisierung der Datenaufbereitung

Um die Datenaufbereitung so weit wie möglich zu automatisieren, muss der Prozess zuerst konzeptuell beschrieben werden, siehe Abschnitt 3.4.1. Danach kann auf das Potenzial für die Automatisierung einzelner Datenaufbereitungsschritte oder -phasen eingegangen werden, cf. 3.4.2.

3.4.1 Datenaufbereitungsprozess

In der Abbildung 4 ist der Prototyp eines Flusses des statistischen Datenaufbereitungsprozesses (SDAP) für die GTE dargestellt, der auf dem Prozessbeschreibung in (Luzi, O. et al. 2007) basiert. In Kreisen sind Prozessmeilensteine der Datenaufbereitung aufgeführt, die jeweils einer Archivierung des Datensatzes gleich kommen. Wird eine der aufgezeigten Schleifen aktiv, so werden mehr als 4 Archivierungen $A_{...}$ nötig.

Abbildung 4 Beispiel eines Statistischen Datenaufbereitungsprozesses für die GTE.



In den ersten zwei Phasen werden die Kontrollregeln auf Ebene Fahrzeug angewandt. Diese werden unterteilt, da sich die Bearbeitung stark voneinander unterscheidet. In der Initialdatenaufbereitung werden nur Bearbeitungsschritte ausgeführt, die zu einer eindeutigen und einzig möglichen Einsetzung führen. In der Mikrodatenaufbereitungs-Phase gibt es meist mehr als eine Einsetzungsmöglichkeit. In der Makrodatenaufbereitung (Phase 3) werden die Kontrollregeln auf alle Daten angewandt, z.B. vierteljährlich um vierteljährliche Resultate zu produzieren. Die Phasen 1 und 2 können durchgeführt werden, sobald Einzeldaten von Fahrzeugen vorhanden sind. Zu diesem Zeitpunkt wird auf den Einzeldaten ohne den Abgleich mit den Daten der LSVA gearbeitet.

Bei der Makro-Phase müssen generell alle Fahrzeuge oder zumindest ein grosser Teil der Fahrzeuge vorhanden sein, da die Methoden, die in dieser Phase angewandt werden, auf der Verteilung der aktuellen Daten basieren. Es ist wahrscheinlich, dass diese Phase noch vor der Lieferung der LSVA-Daten durchgeführt wird.

Die Schleife nach der Phase 3, basierend auf dem Abgleich der Daten mit den LSVA-Daten, führt in der GTE sicherlich zurück zur Phase 2. Die Kriterien, welche Fahrzeuge beim zweiten Durchlauf der Phase 2 kontrolliert und eingesetzt werden, sind zum ersten Durchlauf unterschiedlich. Im zweiten Durchlauf sollte der Einfluss des Unterschiedes zu den LSVA-Daten auf die Schätzer berücksichtigt werden. Das gleiche gilt für die Phase 3.

Der finale Datensatz ist dadurch definiert, dass er die Kontrollen nach der Phase 3 besteht.

In der Makrodatenaufbereitung werden aufgrund der Verteilung aller Antwortenden Extremwerte eruiert. Z.B. 'Ungewöhnlich' hohe und tiefe In- und Auslandkilometer und Gewichtsangaben und 'ungewöhnliche' Kombinationen von Gewichtsangaben, Warengruppen und Frachtgruppen können in dieser Phase mit statistischen Methoden eruiert werden.

Einfache Methoden wie z.B. die MAD-Regel ⁶ können für die Eruiierung der extremsten Werte angewandt werden. Wenn $\xi_k > \tau_{mad}$, siehe (5), werden die Angaben der Beobachtung k überprüft. Die Konstante τ_{mad} muss dabei für jede Variable erarbeitet werden.

$$\xi_k = \frac{0.6745|w_k y_k - \text{med}(y_k, w_k)|}{\text{MAD}(y_k, w_k)} \quad (5)$$

Im dieser Phase können erste Schätzungen der Totale mit einem provisorischen Gewicht gemacht werden. Vergleiche der provisorischen Veränderungen gegenüber dem Vorquartal und dem Vorjahresquartal können Aufschluss über gravierende Probleme in den Daten oder der Datenaufbereitung geben. Als Untersuchungsbereiche d sollten sämtliche für die Publikation vorgesehenen Untersuchungsbereiche verwendet werden. Als Regel für die Eruiierung der grössten Unterschiede kann die relative Abweichung (6) und die Hidiroglou-Berthelot-Regel (Hidiroglou and Berthelot 1986) verwendet werden.

$$\Delta_d = \frac{|\hat{Y}_{t,d} - \hat{Y}_{t-1,d}|}{\hat{Y}_{t-1,d}} > \tau_{rdiff} \quad (6)$$

Die Parameter in (6), τ_{rdiff} , und der Hidiroglou-Berthelot-Regel müssen erarbeitet werden.

Für die Identifizierung der Fahrzeuge, welche für aussergewöhnliche Veränderungen verantwortlich sind, kann die angepasste Form von (3) aus dem Abschnitt 3.2.1 verwendet werden, indem $\hat{Y}_j$ anstatt von $\hat{Y}_j^*$ verwendet wird.

Abgleich mit den LSVA-Daten Durch den Abgleich mit den LSVA-Daten können fehlende Tage und eventuell auch fehlende Fahrten eruiert werden. Vor allem können aber auch Fahrzeuge mit den grössten Unterschieden in der Fahrleistung entdeckt werden. Diese müssten in einem zweiten Durchlauf der Phase 2, wahrscheinlich manuell bearbeitet werden, falls dies nicht schon geschehen ist. Automatische Einsetzungen bezüglich der Fahrleistung (km) können erst nach dem Abgleich mit den LSVA-Daten ausgeführt werden.

Endkontrolle Die Kriterien für die Akzeptanz der Endkontrolle sollten von MOBIL detailliert werden. Die provisorischen Schätzungen der Phase 3 sollten als Basis für die Endkontrolle verwendet werden. Genügen die Daten nicht den definierten Kriterien muss mit einer Schleife an den Anfang des Prozesses gerechnet werden. Dies heisst jedoch nicht, dass sämtliche Prozeduren der einzelnen Phasen wieder durchlaufen werden müssen.

3.4.2 Automatisierungspotenzial

Folgend wird tabellarisch zusammengefasst, in welchen Bereichen ein Optimierungspotenzial ausgemacht wurde, um die Anforderungen einer kontinuierlichen, wöchentlich stattfindenden

⁶Auch 'Huber-type skipped mean Verwerfungsregel' genannt.

Erhebung effizienter erfüllen zu können. Die Umsetzung kann von den Vorschlägen abweichen. So stehen zum Beispiel die Daten der Oberzolldirektion für die Grenzübertritte früher zur Verfügung als die vollständigen LSVA-Daten, womit verhindert werden konnte, die Grenzübertritte zu erheben. Die selektive Datenaufbereitung wurde aus technischen und administrativen Gründen nicht umgesetzt. Ansonsten lehnt sich die Umsetzung stark an den Vorschlägen zur Optimierung an.

Bereich	Einsparung	Verlust	Folgerung
OCR-Einlesen	vorhergehende manuelle Kontrolle		Ein Konzept für die Qualitätssicherung des Einlesens muss erarbeitet werden; die Kontrollen die bisher auf den Fragebogen durchgeführt wurden, müssen auf der Datenbank durchgeführt werden.
Selektive Datenaufbereitung	Der Aufwand wird aufgrund der Ressourcen definiert. Die Daten der LSVA werden nur noch für die grössten Unterschiede individuell und für die Kalibrierung verwendet.	Daten sind für statistische Zwecke verwendbar (Aggregate), Einzelrecords können Inkonsistenzen zu den LSVA-Daten aufweisen. Angaben zum Bias sind nötig.	Die selektive Datenaufbereitung muss aufgrund von Modellen definiert werden. Für die Erarbeitung der Modelle müssen die Rohdaten vorhanden sein, und verlässliche Zusatzinformationen zu den Fahrzeugen, respektive der Person, die den Fragebogen ausfüllt.
Kalibrierung auf tieferem Niveau	Erhöhte Übereinstimmung mit den LSVA-Daten. Ein Bias in der Schätzung aufgrund von Antwortausfällen kann besser verhindert werden.		Eine Kalibrierung auf tieferem Niveau sollte evaluiert werden.
Einsetzungen	Daten, die zu einem grossen Teil vollständig sind, können verwendet werden. D.h. der Datenverlust kann verringert werden.		Einsetzungsmethoden müssen erarbeitet werden. Die Auswirkungen der Einsetzungen müssen evaluiert werden. Kreieren von zusätzlichen Variablen für die Kennzeichnung von Einsetzungen (Flaggen).
Dokumentation	Mittel- bis langfristige Optimierung des Datenaufbereitungsprozesses	Zusätzlicher Zeitaufwand für die Berechnung, Analyse, Speicherung und Archivierung von Prozess-Indikatoren.	Die Datenaufbereitung müsste anhand von strategischen Messgrössen besser beschrieben und gelenkt werden.

4 Stichprobenplan und -ziehung GTE08

Wie in der GTE03 besteht der Stichprobenrahmen aus den Fahrzeugwochen der aktiven und immatrikulierten Fahrzeugen des Motorfahrzeug-Informationssystems (MOFIS). Die Stichprobeneinheiten bestehen aus Fahrzeugwochen, da für die gezogenen Fahrzeuge während einer Woche alle Fahrten und Informationen zu den transportierten Waren angegeben werden müssen. Der Stichprobenplan wird für eine Jahres-Stichprobe erarbeitet, da Eurostat die Genauigkeit für die Jahresresultate vorgegeben hat. Die Jahresstichprobe wird danach auf die Erhebungswochen verteilt, d.h. die Stichprobengrösse der Jahresstichprobe wird durch 52 geteilt, um die Stichprobengrösse der wöchentlichen Ziehungen zu bestimmen.

Da die Erarbeitung des Stichprobenplans der GTE08 auf den Erfahrungen aus der GTE03 basiert, werden im Folgenden zuerst die Charakteristiken der Stichprobe der GTE03 beschrieben, Abschnitt 4.1. Danach wird auf die Stichprobengrösse der GTE08, die Schichtung und die Stichprobenziehung eingegangen.

Es wird versucht, die Stichprobengrösse für die GTE08 gegenüber der GTE03 zu verkleinern. Hierfür werden einerseits die Genauigkeitsanforderungen von Eurostat in den Stichprobenplan integriert, und andererseits werden verschiedene Schichtungen angewandt.

Da mit der GTE08 eine kontinuierliche Erhebung beginnt, soll mittels des Stichprobenplans zu dem garantiert werden, dass Fahrzeuge nicht zu oft in die Stichprobe gezogen werden. Es wird somit ein möglichst grosses κ gesucht, welches die minimale Anzahl Jahre zweier aufeinanderfolgender Ziehungen desselben Fahrzeugs definiert. Diese Problematik der Überlappung der Stichproben wird bei der Schichtung, Abschnitt 4.3, berücksichtigt.

Da für den Stichprobenplan der GTE08 die Daten der GTE03 verwendet werden mussten, wird im Abschnitt 4.3 auch die Sensitivität der Bruttostichprobengrösse in Bezug auf die Annahmen, die dem Stichprobenplan zu Grunde liegen, analysiert.

4.1 Methodik GTE03

In der GTE03 wurde wöchentlich eine Bernoulli-Zufallsstichprobe gezogen. Die realisierte Bruttostichprobengrösse⁷ der Jahresstichprobe, betrug 13'316 Fahrzeugwochen. Die Jahres-Nettostichprobengrösse betrug 6'551 Fahrzeuge. Die Bruttostichprobengrösse schwankte wöchentlich zwischen rund 220 und 280 Fahrzeugen. Die Daten des Motorfahrzeug-Informationssystem (MOFIS) bildete den Stichprobenrahmen. Die Grösse des Stichprobenrahmens schwankte zwischen rund 44'700 und 49'000 Fahrzeugen.

Die Fahrzeuge, welche die Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe entrichten müssen, wurden mittels der Daten der Oberzolldirektion (LSVA-Daten) kalibriert. Diese machten rund 90%, oder 5'927 Fahrzeuge, der Fahrzeuge der Nettostichprobe aus. Für die restlichen 624 Fahrzeuge wurde der Quotient zwischen der Populationsgrösse und der Nettostichprobengrösse als Hochrechnungsgewicht verwendet. Diese Anpassung an die Populationsgrösse bestand darin, dass Fahrzeuge, welche die LSVA entrichten, mit dem Bestand des Motorfahrzeug-Informationssystem abgeglichen wurden. Fahrzeuge, für welche zwischen der Vorwoche der Erhebungswoche und der darauf folgenden Woche Daten der LSVA vorhanden waren, die aber nicht im MOFIS aufgeführt waren, wurden zur Population der Erhebungswoche gezählt. Diese Anpassung wurde vor der Kalibrierung auch bei den Fahrzeugen angewandt, die in die Kalibrierung einbezogen wurden.

⁷Die Bruttostichprobengrösse ist eine Zufallsvariable mit Erwartungswert $E(n) = N\pi$, wobei N die Populationsgrösse ist und π die Einschlusswahrscheinlichkeit ist.

Für die Kalibrierung wurden die folgenden Randverteilungen der LSVA-Daten pro Quartal verwendet:

- Wöchentliche Anzahl Fahrzeuge mit LSVA-Daten.
- Anzahl Fahrzeuge nach Distanzklasse, k_{cat} , der Fahrzeuge. Es wurden fünf Distanzklassen kreiert, die den Distanzen $\{< 1, [1; 400), [400; 1'000), [1'000; 2'000), \geq 2'000\}$ in km entsprechen.
- Anzahl gefahrene Kilometer nach Distanzklasse k_{cat} .
- Anzahl in der Schweiz gefahrene Kilometer.

Für die Varianzschätzung wurden die Daten in Fahrzeuge mit und ohne LSVA aufgeteilt. Die Standardformel für die Varianz einer Bernoulli-Zufallsstichprobe ist:

$$\hat{V}_{BE}(\hat{Y}) = \sum_{i \in S} \frac{1}{\pi_i} \left(\frac{1}{\pi_i} - 1 \right) y_i^2 \quad (7)$$

wobei π_i die Einschlusswahrscheinlichkeit ist.

In der GTE03 wurde für die Fahrzeuge ohne LSVA die Varianz anhand von

$$\hat{V}(\hat{Y}) = \sum_{i \in R} \frac{N^L}{n_n^L} \left(\frac{N^L}{n_n^L} - 1 \right) y_i^2 \quad (8)$$

berechnet, wobei N^L die Anzahl Fahrzeugwochen der Population mit LSVA, n_n^L die Nettostichprobengrösse der Fahrzeuge mit LSVA und R die Nettostichprobe ist.

Für Fahrzeuge mit LSVA Abgaben wurde der Varianzschätzer des kalibrierten Totalschätzers $\hat{Y}_{cal}$ mittels der geschätzten Residuen $\hat{\varepsilon}$ eines Regressionsschätzers $\hat{Y}_{reg}$ der antwortenden Beobachtungen R angenähert, siehe (INSEE 2004) und (Särndal, Swensson, and Wretman 1997).

$$\begin{aligned} \hat{V}_{reg}(\hat{Y}_{cal}) &= \hat{V} \left(\sum_S \hat{\varepsilon}_k \right) = \hat{V} \left(\sum_S (y_k - \hat{y}_{reg,k}) \right) \\ \hat{V}(\hat{Y}_{cal}) &= \sum_{i \in S} \sum_{j \in S} \left(\frac{\Delta_{ij}}{\pi_{ij}} (\tilde{w}_i \hat{\varepsilon}_i)(\tilde{w}_j \hat{\varepsilon}_j) \right) \end{aligned} \quad (9)$$

wobei π_{ij} die Einschlusswahrscheinlichkeit 2. Ordnung ist, $\Delta_{ij} = \pi_{ij} - \pi_i \pi_j$ und das Gewicht unter Einbezug der Kalibrierung mit $\tilde{w}$ bezeichnet wurde.

Bei der Varianzschätzung wurden zwei in der Kalibrierung verwendete Randhäufigkeiten berücksichtigt. Einerseits, dass die geschätzte Fahrleistung (total gefahrene Kilometer) dem Total aus den LSVA-Daten entspricht, und andererseits dass die geschätzte totale Fahrleistung im Inland jener aus den LSVA-Daten entspricht. Die entsprechenden Randhäufigkeiten wurden somit als Hilfsvariablen X verwendet. Wird nun die Kalibrierung als lineare Regression ausgedrückt, so ist $Y_{reg} = X\beta + \varepsilon$ und $\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y$. Die geschätzten Residuen sind dann $\hat{\varepsilon}_k = (Y - X\hat{\beta})_k$.

Unter der Annahme, dass die Ziehung der Fahrzeuge unabhängig ist, ist

$$\pi_{ij} = \pi_i \pi_j, \forall i \neq j. \quad (10)$$

Da zudem $\pi_{kk} = \pi_k$ vereinfacht sich (9) zu

$$\hat{V}_{reg}(\hat{Y}) = \sum_{k \in S} (1 - \pi_k) (\tilde{w}_k \hat{\varepsilon}_k)^2 = (1 - \pi) \sum_{k \in S} (\tilde{w}_k \hat{\varepsilon}_k)^2. \quad (11)$$

mit $\tilde{w}_k$ dem Gewicht nach der Kalibrierung.

In der GTE03 wurde die Varianz für die Fahrzeuge mit LSVA Abgaben mittels

$$\hat{V}(\hat{Y}) = \left(1 - \frac{n_n^L}{N^L}\right) \sum_{k \in R} (\tilde{w}_k \hat{\varepsilon}_k)^2 \quad (12)$$

geschätzt.

Die Varianzen (8) und (12) wurden pro Quartal geschätzt. Für die Varianzschätzung der Jahres-Totalschätzer wurden die Quartalsschätzer summiert.

Die Variablen, die als Hilfsvariablen in der Kalibrierung verwendet wurden, weisen für die Fahrzeuge mit LSVA-Daten eine totale Varianz gleich 0 auf. Hingegen ist deren Varianz in Untersuchungsbereichen positiv.

Eurostat stellt die Schätzungen von Entwicklungen über jene von Punktschätzern, gibt aber keine Empfehlungen bezüglich der Methodik oder Genauigkeit ab, sondern nur für Punktschätzer, cf. (Eurostat 2005). Bei jährlichen Schätzungen wäre eine Genauigkeitsschätzung der Schätzer der Entwicklung angebracht. Die Möglichkeiten für solche Schätzungen müssen aber vorerst in den Hintergrund gestellt werden.

4.2 Stichprobengrösse 2008

In diesem Abschnitt werden die Genauigkeitsanforderungen von Eurostat verwendet, um einen Stichprobenplan auszuarbeiten. Danach wird aufgezeigt, welchen Einfluss die getroffenen Annahmen auf die Nettostichprobengrösse haben.

Aufgrund der Genauigkeitsschätzungen für die Jahrestotale in der Tabelle 2 ist es angebracht, sich in der Abschätzung der Stichprobengrösse auf den Variationskoeffizienten des Transportguts im Inland (Tonnen) zu beschränken, da diese Variable immer am ungenausten geschätzt wurde. Dies gilt auch für die meisten Länder, welche Daten an Eurostat liefern. Die Variable Transportgut wird in diesem Abschnitt mit Y bezeichnet. Nach der Verordnung (EG) Nr. 642/2004 der Kommission der Europäischen Gemeinschaften darf die halbe Länge des 95%-Vertrauensintervalls von Jahres-Totalschätzern 5% nicht überschreiten, cf. (Eurostat 2004). MOBIL hat die Genauigkeit bisher mit der halbe Länge eines 66%-Vertrauensintervalls veröffentlicht, i.e. $\hat{Y} \pm \sqrt{\hat{V}(\hat{Y})}$. Somit entspricht die veröffentlichte Genauigkeit des Transportguts (2.28%⁸) nach den Kriterien welche Eurostat verlangt $1.96 * 2.28\% = 4.47\%$. Als Variationskoeffizient ausgedrückt heisst das, dass $cv \leq 5\%/1.96 = 2.55\%$ sein muss.

Im Folgenden wird die Stichprobengrösse aufgrund der üblichen Formeln der Stichprobenerhebung untersucht.

In der GTE03 wurde wöchentlich eine Bernoulli-Zufallsstichprobe gezogen. Eine Bernoulli-Zufallsstichprobe bedingt durch die realisierte Stichprobengrösse kann einer einfachen Zufallsstichprobe gleich gesetzt werden. Somit wird die Nettostichprobengrösse der Bernoulli-Zufallsstichprobe anhand einer einfachen Zufallsstichprobe berechnet.

Somit ist die Stichprobengrösse mit einer gewünschten Varianz des Totals $V = V(Y)$, einer Standardabweichung der Population S , und wenn die Populationsgrösse mit N bezeichnet wird

$$n = \frac{(N \cdot S)^2}{V + N \cdot S^2} = \frac{(N \cdot S)^2}{(cv \cdot Y)^2 + N \cdot S^2} = \frac{(S)^2}{(cv \cdot Y)^2 + \frac{(S)^2}{N}}, \quad (13)$$

⁸Die 2.28% entsprechen dem auf 2.3% gerundeten Wert der Tabelle 2.

Unter Einbezug von Parametern für die Entwicklung der Populationscharakteristiken, a, b und c , wird (13) zu

$$n = \frac{(cS)^2}{(cv \cdot a\bar{Y})^2 + \frac{(cS)^2}{bN}}. \quad (14)$$

Für die Berechnung der Stichprobengrösse (13) muss die Populationsvarianz des Transportguts S^2 geschätzt werden. Hierfür können verschieden Ansätze in Betracht gezogen werden, die folgend besprochen werden.

Von den 6'551 Fahrzeugen, welche die Nettostichprobe der GTE03 bilden, wiesen 1'162 in der Erhebungsperiode keine Leistungen auf. Von den restlichen 5'389 Fahrzeugen hatten 382 nur Leerfahrten angegeben. Aus der Tabelle 5 ist ersichtlich, dass die Populationsstandardabweichung (S), die anhand der empirischen Standardabweichung der Nettostichprobe der GTE03 geschätzt wurde, davon beeinflusst wird, ob das Transportgut von Fahrzeugen mit Leerfahrten oder von nicht verwendeten Fahrzeugen in die Berechnung einbezogen werden. Da die Verteilung des Transportguts rechtsschief ist, nimmt die Variabilität ab, je mehr Beobachtungen mit dem Wert 0 in die Berechnung der Varianz einbezogen werden.

Wenn nicht anders spezifiziert, werden im Folgenden alle Fahrzeuge für die Schätzung der Populationsvarianz verwendet, da für die Schätzung alle Fahrzeuge berücksichtigt werden.

Tabelle 5 Verteilung des Transportguts Y der GTE03 in Tonnen. Die Verteilung von Y unter 'ton_inl>0' beschränkt sich auf Fahrzeuge mit Gütertransporten und jene unter 'km>0' auf Fahrzeuge mit einer Fahrleistung.

	ton_inl > 0	km > 0	Alle Fahrzeuge
S	198.9	194.4	181.7
$Q1(Y)$	20.0	14.4	1.4
$\bar{Y}$	124.3	115.5	95.0
$Q3(Y)$	137.2	127.2	103.5
n	5'007	5'389	6'551

Werden in (14) $a = b = c = 1$ und für N, Y und S die Werte der GTE03 verwendet, heisst das, dass $\hat{N}_{03}$ den Fahrzeugwochen im MOFIS entspricht, d.h. die 53'822 Fahrzeuge des MOFIS entsprechen 2'525'643 Fahrzeugwochen, und $Y_{03} = \hat{Y}_{03} = 256'046$ dem Totalschätzer der GTE03 in 1'000 Tonnen entspricht. Ist zudem $\hat{S}_{03} = 181.7$, so ist die Nettostichprobengrösse unter einer einfachen Zufallsstichprobe anhand der Formel (13)

$$n_{SR,n,08} = 4'932. \quad (15)$$

Werden zum Vergleich nur Fahrzeug mit einer Fahrleistung ($km>0$) in die Berechnung der Varianz einbezogen, so ist die Nettostichprobengrösse in (15) mit 5'640 Fahrzeugwochen rund 14% grösser. Mit einer um beinahe 20% grösseren Nettostichprobe (5'907) muss gerechnet werden, wenn nur die Fahrzeuge mit Gütertransporten berücksichtigt werden ($ton_inl>0$).

Einfluss der Annahmen auf die Nettostichprobengrösse

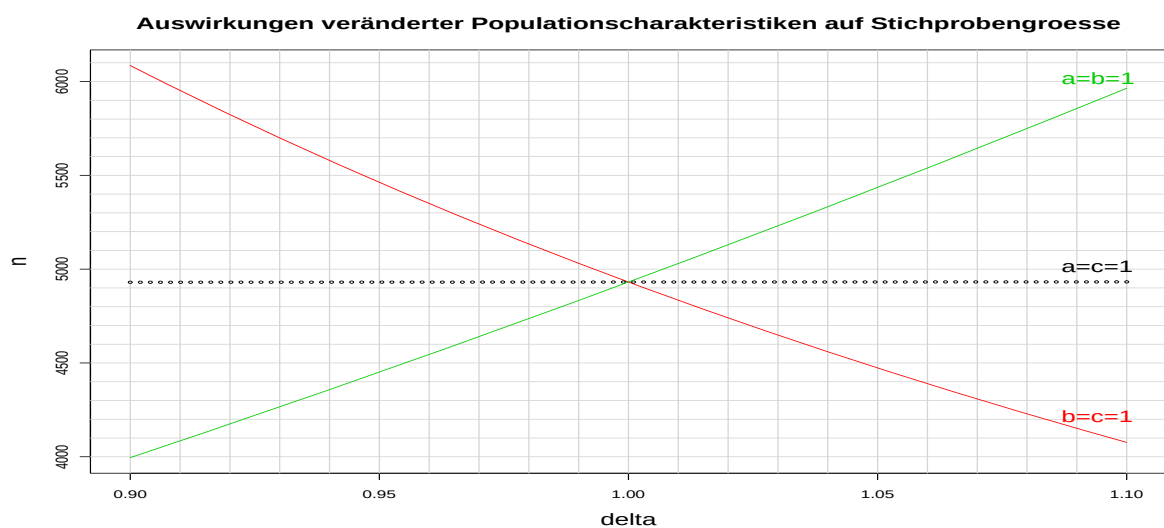
Die Abschätzung der Stichprobengrösse in (15) basiert auf Annahmen, welche ein konstantes Umfeld voraussetzen, i.e. $a = b = c = 1$ in (14). Deshalb wurden die Veränderungsparameter a, b und c zwischen 0.9 und 1.1 variiert, um den Einfluss auf die Stichprobengrösse zu beurteilen. Es wird somit eine Veränderung der Populationscharakteristiken, die zwischen -10% und +10%, angenommen, um deren Einfluss auf die Stichprobengrösse zu beurteilen.

Aus der Abbildung 5 ist ersichtlich, dass, wie erwartet, eine Veränderung der Fahrzeugwochen, b variiert, einen nicht wahrnehmbaren Einfluss auf die Stichprobengrösse hat. Hingegen hat

eine Veränderung des Transportguts oder der Standardabweichung einen merklichen Einfluss auf die Stichprobengrösse. Steigt das Transportgut bei gleich bleibender Standardabweichung um 5%, a variiert und $b = c = 1$, so sinkt die Stichprobengrösse auf rund 4'500 Fahrzeugwochen. Steigt die Standardabweichung bei gleich bleibendem Transportgut um 5%, c variiert und $a = b = 1$, so muss mit einer Stichprobengrösse von rund 5'450 Fahrzeugwochen gerechnet werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Entwicklung des Transportguts und dessen Standardabweichung, sofern möglich, periodisch in die Festlegung der Stichprobengrösse einbezogen werden sollten. Zusätzlich sollten sie für eine Kontrolle der Erhebung verwendet werden, damit zum Beispiel strukturelle Veränderungen für darauf folgende Jahre in den Stichprobenplan einfließen können.

Abbildung 5 Simulation der Nettostichprobengrösse, cf. (14), wenn $Y_{08} = \hat{Y}_{03}$, $S_{08} = \hat{S}_{03}$, $N_{08} = \hat{N}_{08}$ und jeweils einer der drei Parameter a , b oder c variiert wird.



4.3 Schichtung

Mit einer Schichtung soll die Genauigkeit der Schätzer gegenüber einer einfachen Zufallsstichprobe verbessert werden, was bei gleich bleibender Genauigkeit zu einer kleineren Stichprobe führt. Andererseits kann eine Schichtung aber auch die Kontrolle der Erhebung erhöhen, indem Untersuchungsbereiche in die Schichtung miteinbezogen werden, für die Schätzungen mit einer genügenden Genauigkeit erreicht werden sollen. Zudem kann mittels einer Schichtung auf strukturelle Veränderungen in der Population mit einer Anpassung der Allokation reagiert werden. Zum Beispiel ist die Annahme, dass $N_{03} \approx N_{08}$ ist, vertretbar, siehe (ASTRA 2007), jedoch verändern sich die Grössenverhältnisse innerhalb der Fahrzeugtypen aufgrund der Zulassung von 40 Tonnen schweren Fahrzeugen seit 2001. Ohne Schichtung kann diesem Sachverhalt nicht Rechnung getragen werden.

Wird der Antwortmechanismus, siehe Abschnitt 3.3.4, in die Schichtung mit einbezogen, so kann die Stichprobengrösse aufgrund der Antwortraten angepasst werden, womit die angestrebte Genauigkeit auch unter Antwortausfällen, mit der angenommenen Antwortausfallrate, erreicht werden kann.

In den meisten Publikationen der GTE des BFS wird nach Fahrzeugtyp unterschieden, siehe z.B. (Baudenbacher 2006b) und (Baudenbacher 2006a). Leichte und schwere Sattelmotorfahrzeuge sind in der Schweiz relativ selten⁹, deshalb werden die leichten wie in der GTE03 ausgeschlossen. Die schweren Sattelmotorfahrzeuge (FAZ= 37) werden mit der Schicht der Sattelschlepper (FAZ= 38) zusammengelegt.

Aus diesen Gründen wurde die Schichtung unter Einbezug des Fahrzeugtyps und der Variablen, die einen Einfluss auf das Antwortverhalten haben, untersucht. Wie im Abschnitt 3.3.4 aufgezeigt wurde, waren dies der Fahrzeugtyp (FAZ), die Gesamtgewichtsklasse (GEGE_cl¹⁰ $\in \{2, 3, 4, 5\}$ ¹¹), die Anhängervorrichtung (ANH_cl=ja/nein), Lastkran (LKRA_cl=ja/nein) und die Fahrzeugaltersklasse (FZALT_cl2 $\in \{< 1, \geq 1\}$).

Folgend wird aufgezeigt, wie die Schichtung erarbeitet wurde und wie eine optimale Stichprobengrösse berechnet wurde. Weiter werden die zusätzlichen Anforderungen an den Stichprobenplan besprochen.

Einbezug des Antwortverhaltens

Da keine der vorhandenen Hilfsvariablen einen signifikanten Einfluss auf das Antwortverhalten der Fahrzeuglenker von Fahrzeugen mit $FAZ \in \{37, 38\}$ hatte, wird im Folgenden nur für Fahrzeuge mit FAZ=35 eine detailliertere Schichtung angestrebt. Die Fahrzeuge mit $FAZ \in \{37, 38\}$ sind immer in einer einzigen Schicht '3738' zusammengefasst.

Tabelle 6 Vier Schichtungen mit den Variablen, die einen signifikanten Einfluss auf das Antwortverhalten haben, Abschnitt 3.3.4, als Schichtvariablen. '1' bedeutet, dass die Variable für die Schichtung verwendet wurde, '0' bedeutet, dass sie nicht verwendet wurde.

Schichtung	GEGE_cl	ANH_cl	LKRA_cl	FZALT_cl2
strata1(FAZ=35)	1	1	1	1
strata2(FAZ=35)	1	1	1	0
strata3(FAZ=35)	1	1	0	0
strata4(FAZ=35)	1	0	0	0

⁹Laut (ASTRA 2007) waren in der Schweiz im Jahr 2005 19 leichte Sattelmotorfahrzeuge und 109 schwere Sattelmotorfahrzeuge immatrikuliert.

¹⁰Die Werte von GEGE_cl entsprechen den Gewichtsklassen $\{[3'500; 7'500], [7'500; 18'000], [18'000; 26'000], [26'000; \infty]\}$.

¹¹Die Gewichtsklasse 1 wird in der GTE nicht erhoben.

Von den vier Schichtungen die untersucht wurden, Tabelle 6, wurden die Schichtungen *strata1*, *strata2* und *strata3* verworfen, da diese zu zu kleinen Schichten für die Schätzung von vierteljährlichen Resultaten führten. Deshalb wird folgend nur noch die Schichtung *strata4* besprochen.

Bei der Schichtung *strata4* entsteht eine Schicht FAZ=35 und GEGE_cl=3, welche beinahe die Hälfte der Fahrzeuge beinhaltet, siehe Tabelle 7, und mehr als die Hälfte der Transportgüter abdeckt. Hingegen, weist diese Schicht eine vergleichsweise geringe Streuung auf. Der Homogenitätsgewinn basiert vor allem auf dieser Schicht. Hingegen weisen die Schichten '352' und '355' eine grössere Streuung auf, als wenn keine Schichtung verwendet wird (Zeile Total). Die Schicht '352' ist klar die kleinste Schicht und eine weitere Unterteilung führt zu einer grösseren Belastung der Fahrzeugbesitzer. Deshalb wurde davon abgesehen diese Schicht weiter zu unterteilen. Wird die Schicht '355' anhand der Variablen ANH_cl unterteilt, führte dies zu einer leicht grösseren Stichprobengrösse, weshalb auch hier keine weitere Unterteilung verwendet wurde.

Tabelle 7 Schichtgrössen der Transportgüter der Antwortenden der GTE03 innerhalb der Schichten *strata4*. 'Fz' steht für Fahrzeuge und N_{MOFIS} für die Anzahl Fahrzeugwochen des MOFIS.

Schichtung GEGE			Transportgüter			Fz GTE03	Fz MOFIS	Fz-wochen
FAZ	_cl	strata4	Anzahl	$\hat{Y}_h$ in 1'000 t	S_h	Fz _{GTE03} Anzahl	Fz _{MOFIS} Anzahl	N _{MOFIS} = N _h Anzahl
35	2	352	2'770	2'876	0.26	580	3'248	152'590
35	3	353	63'982	58'998	0.07	3'196	25'629	1'211'306
35	4	354	19'578	43'179	0.17	1'055	8'962	422'582
35	5	355	19'074	103'014	0.32	847	7'876	366'638
37,38		3738	15'202	47'979	0.17	873	8'107	372'527
Total			120'606	256'046	0.18	6'551	53'822	2'525'643

Um die Stichprobengrössen der Schichten zu berechnen wurde

1. eine optimale Allokation durchgeführt,
2. und eine untere, n_{min} , und
3. eine obere Grenze, n_{max} , für die Stichprobengrösse der Schichten als Bedingungen hinzugefügt.

1. Optimale Stichprobengrösse Die optimale Stichprobengrösse n kann bei einer einfachen geschichteten Zufallsstichprobe und bei gegebener Genauigkeit, cv , für das Total Y der ganzen Population wie folgt eruiert werden:

$$n = \frac{(\sum N_h S_h)^2}{(cv \cdot Y)^2 + \sum N_h S_h^2} \quad (16)$$

wobei h der Index für die Schicht ist, d.h. N_h ist die Populationsgrösse in der Schicht h und S_h die Standardabweichung von Y in der Population. Die Optimalität bezieht sich auf die Stichprobenvarianz bei einer *Neyman*-Allokation, die als Basis für die Allokation der Stichprobe verwendet wurde.

2. Untere Begrenzung der Netto-Stichprobengrösse MOBIL wünschte, die Gewichte zu beschränken, da sonst wenige Beobachtungen einen grossen Einfluss auf die Schätzer haben können. Eine obere Grenze für die Gewichte drückt sich in einer unteren Begrenzung

der Netto-Stichprobengrösse in den Schichten aus, da die minimale Stichprobengrösse $n_{min} = N/\max_gew$, wobei $\max_gew$ das maximal erlaubte Gewicht vor der Kalibrierung ist, die im Abschnitt 4.1 beschrieben wurde, und N die Populationsgrösse ist. Um n_{min} festzulegen, müssen Annahmen bezüglich der Auswirkungen der Kalibrierung gemacht werden, die im Folgenden erläutert werden.

Einfluss der Kalibrierung Der Einfluss der Kalibrierung wurde anhand dem Quotienten des Hochrechnungsgewichts w_c und dem Stichprobengewicht, w_0 der GTE03 innerhalb der Schichtung `strata4` analysiert, d.h. der Einfluss wurde mit $rw = w_c/w_0$ definiert.

Das maximale Gewicht, $rw_{max} = \max(w_c/w_0)$, nach der Kalibrierung betrug 1'440.2 und innerhalb der Schichtung `strata4` betrug das kleinste maximale Gewicht 814.3 in der Schicht '3738', cf. Tabelle 8. Maximal wurde das Gewicht durch die Kalibrierung, ebenfalls in der Schicht 3738, mit dem Faktor 3.5 multipliziert.

Tabelle 8 Schichtgrössen, d.h. Anzahl Fahrzeugwochen, aufgrund der Schichtung `strata4`. N_{MOFIS} steht für den MOFIS Bestand, rw_{max} steht für die maximale Auswirkung, welche die Kalibrierung in der GTE03 auf das Gewicht hatte, mit w_0 dem Stichprobengewicht und w_c dem Hochrechnungsgewicht. n_{sh} steht für die Nettostichprobengrösse der GTE03.

FAZ	GEGE_c1	N_{MOFIS}	$\bar{w}_c$	$\min(w_c)$	$\max(w_c)$	rw_{max}	n_{sh}
35	2	152'590	391.6	185.8	814.3	2.0	580
35	3	1'211'306	388.4	151.0	1'184.4	2.5	3'199
35	4	422'582	390.5	170.9	1'329.5	3.4	1'059
35	5	366'638	391.7	199.6	1'440.2	3.0	846
37,38		372'527	419.0	137.4	1'438.3	3.5	867
Total		2'525'643	393.5	137.4	1'440.2	3.5	6'551

Aufgrund der Auswirkungen der Kalibrierung in der GTE03 wurde die minimal erlaubte Netto-Stichprobengrösse der Schichten, $n_{h,min}$, für den Stichprobenplan der GTE08 bestimmt. Dabei sollte das Gewicht nach der Kalibrierung von höchstens einem Prozent der Fahrzeuge über der Grenze $\max_gew$ sein.

$$n_{h,min} = \frac{N_{MOFIS} \cdot P_{99;k \in h}(rw_k)}{\max_gew}, \quad (17)$$

wobei $rw_k = \frac{w_{c,k}}{w_{0,k}}$, $w_{c,k}$ das Hochrechnungsgewicht des Fahrzeugs k , $w_{0,k}$ das Gewicht des Fahrzeugs k vor der Kalibrierung und $P_{99;k \in h}(rw_k) = 99$ -tes Perzentil von rw_k ist.

Die Begrenzung der minimalen Stichprobengrösse in den Schichten hat einen grossen Einfluss auf die Stichprobengrösse, sofern die Grenze kleiner als 1'400 ist (Abbildung 10 linke Grafik Seite 66). Aus diesem Grund wurde ein maximales Gewicht von $\max_gew = 1'400$ festgelegt, das dem Maximum von 1'440 der GTE03 nahe kommt. Ist das maximale Gewicht nach der Kalibrierung zu klein (≤ 700), wird die Stichprobengrösse grösser als erwünscht, um die Bedingung bezüglich der oberen Begrenzung der Stichprobengrösse zu erfüllen, siehe nächster Abschnitt.

3. Obere Begrenzung der Brutto-Stichprobengrösse Eine Schichtung führt notgedrungen zu kleineren Gruppen von Fahrzeugwochen, aus welchen die Stichprobe der Fahrzeugwochen gezogen werden muss. Damit die Belastung der Befragten sich in Grenzen hält, muss der Stichprobenanteil in den Schichten so klein wie möglich gehalten werden, und die Stichprobenziehung muss koordiniert werden.

Ist zum Beispiel der Stichprobenanteil grösser als die halbe Schichtgrösse, so überlappen zwei aufeinander folgende Stichproben. Um zu verhindern, dass ein Fahrzeug vor κ Jahren wieder

in die Stichprobe gezogen wird, wurde die Brutto-Stichprobengrösse mit n_{max} begrenzt. Dabei wird ein möglichst grosses κ angestrebt, so dass $n_{max} = N_{MOFIS}/(53 \cdot \kappa)$ pro Schicht h genügend gross ist, um Y genügend genau zu schätzen, wobei N_{MOFIS} = Anzahl Fahrzeugwochen des MOFIS ist. Wenn zum Beispiel $\kappa = 4$ ist, so wird maximal ein Viertel der Fahrzeuge in die Jahres-Stichprobe gezogen. Dieser Stichprobenanteil wurde ausgewählt, da er einerseits ungefähr jenem der GTE03 entspricht, und andererseits weil die Allokation der Stichprobe ab $\kappa = 5$ stark von der optimalen Allokation abweicht.

Eine andere Möglichkeit, um die Überlappung von aufeinander folgender Stichproben zu verkleinern besteht darin, dass Schichten zusammengelegt werden. Gegenüber der Schichtung `strata4` wurde deshalb eine Schichtung `strata5` kreiert, indem die Schichten mit `FAZ=35` und `GEGE_cl` $\in \{4, 5\}$ zusammengelegt wurden. κ konnte dadurch gegenüber der Schichtung `strata4` jedoch nicht erhöht werden, weshalb diese Schichtung verworfen wurde.

Angepasste Allokation Um die Stichprobengrösse (16) und die Allokation zu bestimmen, wurde aufgrund von (16) eine optimale Allokation. Werden die Bedingungen bezüglich der unteren und oberen Grenze der Stichprobengrösse nicht erfüllt, so wird eine sub-optimale Lösung verwendet, bei welcher die optimale Allokation an diese Bedingungen wie folgt angepasst wurde.

Einerseits wird die Stichprobengrösse in den einzelnen Schichten angehoben, wenn die untere Grenze der Stichprobengrösse unterschritten wird, d.h. wenn $n_{h,opt} < n_{h,min}$. Die Stichprobengrössen, die von dieser Unterschreitung nicht betroffen sind, werden dabei beibehalten.

Andererseits wird die Stichprobengrösse in den einzelnen Schichten verringert, wenn die optimale Allokation die obere Grenze der Stichprobengrösse in der Schicht h überschreitet, i.e. $n_{h,opt} > n_{h,max}$. Dabei werden $n_{h,opt} - n_{h,max}$ Fahrzeugwochen auf die restlichen Schichten proportional zu ihrer optimalen Stichprobengrösse verteilt:

$$n_h = \begin{cases} n_{h,max} & , \text{ wenn } n_{h,opt} > n_{h,max} \\ n_{h,opt} \left(1 + \frac{\sum_{h; n_{h,opt} > n_{h,max}} (n_{h,opt} - n_{h,max})}{\sum_{h; n_{h,opt} \leq n_{h,max}} n_{h,opt}} \right) & , \text{ andernfalls.} \end{cases} \quad (18)$$

Bruttostichprobengrösse Für die Berechnung der Bruttostichprobengrösse n_b , wird der Kehrwert der Antwortrate der GTE03 innerhalb der Schichtung `strata4`, r_h , an die Nettostichprobengrösse angewandt: $n_b = r_h \cdot n_n$.

Resultate Unter der optimalen Allokation, welche an die obere und untere Grenze der Stichprobengrösse angepasst wurde, ist der zu erwartende Variationskoeffizient 2.39%, bei einer Netto-Stichprobengrösse von 3'960, cf. Tabelle 9. Dies ist tiefer als die Vorgabe von Eurostat, 2.55%, welche der optimalen Allokation entspricht. Da durch die optimale Allokation die untere Grenze der Stichprobengrösse in den Schichten '353' und '3738' unterschritten wird, musste die Nettostichprobengrösse in diesen Schichten angehoben werden.

In der Schicht '355' überschritt die Bruttostichprobengrösse, basierend auf der optimale Allokation, die obere Grenze der Stichprobengrösse um 768 Fahrzeugwochen. Diese wurden auf die anderen Schichten verteilt, was die Optimalität der Allokation beeinträchtigt.

Aus der Tabelle 9 geht hervor, dass aussagekräftige Schätzungen innerhalb der Schichten aufgrund der angepassten optimalen Allokation vereinzelt möglich sind, da die Variationskoeffizienten, cv , zum Teil ansprechende Werte aufweisen. Eurostat empfiehlt '...eine Schätzung der Mittelwerte der Schichten mit gleicher Genauigkeit zu erzielen...', bei gleich bleibender

optimaler Stichprobengrösse, cf. (Eurostat 2005) Abschnitt 3.4.4. Diese Empfehlung steht im Widerspruch zu den hier verwendeten Grenzen der Stichprobengrösse. Der zu erwartende Variationskoeffizient in der Schicht '352' ist mit 59.4% aber ausgesprochen schlecht. Der Einfluss dieser Schicht auf die Schätzungen ist jedoch gering und das Kriterium der Belastung der Fahrzeughalter wurde grösser gewichtet, als die Genauigkeit innerhalb dieser Schicht. Hinzu kommt, dass keine Resultate auf dem Niveau dieser Schicht publiziert werden. Deshalb wurde die Empfehlung von Eurostat nicht umgesetzt und die Stichprobengrösse der Schicht '352' nicht angehoben.

Tabelle 9 Transportgut: Schichtgrössen basierend auf der Schichtung *strata4*. n_{min} steht für die untere, n_{max} für die obere Grenze der Stichprobengrösse. r_h steht für den Korrekturfaktor der Antwortausfälle, n_{opt} für die optimale Nettostichprobengrösse, n_n für die Nettostichprobengrösse, n_b für die Bruttostichprobengrösse. *cv* bezeichnet den zu erwartenden Variationskoeffizienten.

Transport-									
<i>strata4</i>	<i>N_{MOFIS}</i>	gut	r_h	n_{min}	n_{max}	n_{opt}	n_n	n_b	<i>cv</i>
352	152'590	2'876	1.4	144	719	226	256	358	59.40
353	1'211'306	58'998	2.0	1'482	5'713	1'482	1'682	3'358	3.29
354	422'582	43'179	2.1	506	1'993	550	624	1'325	6.17
355	366'638	103'014	2.2	425	1'729	961	775	1'729	4.01
3738	372'527	47'979	2.3	549	1'757	511	623	1'414	5.17
Total	2'525'643	256'046				2'906	3'960	8'186	2.39

Wird keine Schichtung verwendet, und die Nettostichprobengrösse der Tabelle 9 verwendet, so ist der zu erwartende Variationskoeffizient aufgrund von (13) grösser als die Vorgabe von 2.55%.

$$cv_{SR} = \frac{\sqrt{N(N-n)/nS}}{Y} = 2.92\% \quad (19)$$

Der Gewinn in Bezug auf die Nettostichprobengrösse, der durch die Schichtung *strata4* erzielt wird (*design effect*), ist

$$Deff = V/V_{SR} = cv/cv_{SR} = 0.77. \quad (20)$$

Werden für die Schätzung der Populationsvarianz nur die 5'007 Fahrzeuge mit Gütertransporten berücksichtigt, wie im Abschnitt 4.2 erläutert, ist die Bruttostichprobengrösse um 3.2% grösser, als wenn alle Fahrzeuge in diese Schätzung miteinbezogen werden, vergleiche Tabellen 9 und 10. Eine vorsichtige Strategie sollte somit auf dieser Populationsvarianz basieren.

Tabelle 10 Transportgut: Optimierte Allokation nur auf Fahrzeugen basierend, die Güter transportiert haben (5'007 Fahrzeuge). n_{min} steht für die untere, n_{max} für die obere Grenze der Stichprobengrösse. r_h steht für den Korrekturfaktor der Antwortausfälle, n_{opt} für die optimale Nettostichprobengrösse, n_n für die Nettostichprobengrösse, n_b für die Bruttostichprobengrösse. *cv* bezeichnet den zu erwartenden Variationskoeffizienten.

Transport-									
<i>strata4</i>	<i>N_{MOFIS}</i>	gut	r_h	n_{min}	n_{max}	n_{opt}	n_n	n_b	<i>cv</i>
352	152'590	2'876	1.4	144	719	345	387	541	69.85
353	1'211'306	58'998	2.0	1'482	5'713	735	1'659	3'314	3.50
354	422'582	43'179	2.1	506	1'993	611	684	1'454	6.19
355	366'638	103'014	2.2	425	1'729	1'011	775	1'729	4.03
3738	372'527	47'979	2.3	549	1'757	554	621	1'408	5.31
Total	2'525'643	256'046				3'256	4'126	8'446	2.44

Bisher wurde die Stichprobengrösse aus den Gründen, die im Abschnitt 4.2 erläutert wurden, nur für das Transportgut bestimmt. Für die Transportleistung (tkm) resultiert in der GTE03 eine genauere Schätzung als für das Transportgut, so ist denn auch im Stichprobenplan der GTE08 die Bruttostichprobengrösse basierend auf der Transportleistung um rund 24% (1'600 Fahrzeuge) kleiner gegenüber der Bruttostichprobengrösse basierend auf dem Transportgut, Tabelle 11.

Tabelle 11 Transportleistung: Schichtgrössen basierend auf der Schichtung strata4. n_{min} steht für die untere, n_{max} für die obere Grenze der Stichprobengrösse. r_h steht für den Korrekturfaktor der Antwortausfälle, n_{opt} für die optimale Nettostichprobengrösse, n_n für die Nettostichprobengrösse, n_b für die Bruttostichprobengrösse. cv bezeichnet den zu erwartenden Variationskoeffizienten.

strata4	N _{MOFIS}	Transport- leistung	r_h	n_{min}	n_{max}	n_{opt}	n_n	n_b	cv
352	152'590	25'428	1.4	144	719	12	144	201	21.04
353	1'211'306	3'135'456	2.0	1'482	5'713	869	1'482	2'959	3.84
354	422'582	1'388'998	2.1	506	1'993	339	506	1'074	5.80
355	366'638	1'910'158	2.2	425	1'729	393	425	948	5.33
3738	372'527	3'431'532	2.3	549	1'757	618	618	1'402	3.87
Total	2'525'643	9'891'571				2'231	3'175	6'584	2.23

Einfluss der Annahmen Wie bereits im Abschnitt 4.2 erwähnt, haben Veränderungen der interessierenden Variablen (Transportgut) und Veränderungen der Populationsvarianz einen Einfluss auf die Stichprobengrösse. Deshalb werden die Auswirkungen von Veränderungen, der in (16) vorausgesetzten Variablen, auf die Stichprobengrösse untersucht. Die Varianz kann dabei am wenigsten antizipiert werden. Deshalb wurde diese in der folgenden Diskussion vorerst nicht berücksichtigt, das heisst, sie wurde als konstant betrachtet ($= S_{03}$). Hingegen wurde die Veränderung des Antwortverhaltens mit einbezogen. Dies einerseits, weil die Organisation und Durchführung direkt einen Einfluss auf das Antwortverhalten haben kann. Und andererseits, weil bei einer fortlaufenden Erhebung mit einer Erosion der Antwortrate gerechnet werden muss.

Zur Veranschaulichung wurde die Antwortquote in 1%-Schritten im Intervall einer 10% Verschlechterung und einer 10% Verbesserung gegenüber der GTE03 variiert.

Die Populationsgrösse und die interessierende Variable wurden zwischen einer Abnahme von 4% und einer Zunahme von 4% gegenüber den Werten der GTE03 variiert. Diese Veränderungen wurden innerhalb der Schichten gleich vorausgesetzt.

Aus der Abbildung 10 im Anhang B.1 geht hervor, dass einer Abnahme der Antwortquote um rund 5%, $num_resp_coeff = 0.95$, eine Zunahme der Brutto-Stichprobengrösse von rund 10% entspricht. Eine Abnahme des Transportguts von 1% entspricht einem Zuwachs der Bruttostichprobengrösse von rund 1%. Aus diesen Zahlen geht hervor, dass die Antwortquote überwacht werden muss, und ein Absinken unbedingt verhindert werden sollte, da sie die grössten Auswirkungen auf die Bruttostichprobengrösse hat.

Falls das Transportgut merklich zurückgeht, sollte eine Anhebung der Stichprobengrösse analysiert werden, damit die Genauigkeitsvorgaben eingehalten werden können.

Folgerungen

Es hat sich gezeigt, dass die Nettostichprobengrösse durch eine Schichtung gegenüber einer einfachen Zufallsstichprobe verkleinert werden kann. Eine Unterscheidung der Fahrzeuge

mit FAZ= 35 von den restlichen, sowie eine Schichtung dieser Fahrzeuge nach Gewichtsklasse, ist die Vorteilhafteste, `strata4` genannt. Der verwendete Algorithmus zur Berechnung der Stichprobengrösse und der Allokation berechnet eine sub-optimale Lösung, um die Bedingungen bezüglich des maximal erlaubten Gewichts und der maximal erlaubten Stichprobengrösse einzubeziehen. Vor allem die Schicht mit FAZ= 35 und Grössenklasse 5 ist davon betroffen. Unter den verwendeten Voraussetzungen und bei einer konservativen Abschätzung kann mit der Schichtung `strata4` davon ausgegangen werden, dass die Vorgaben von Eurostat mit einer Bruttostichprobengrösse von ungefähr 8'500 Fahrzeugwochen erfüllt werden können. Die konservative Abschätzung rechtfertigt sich damit, dass die verwendeten Informationen bereits 4 Jahre alt waren, und somit nicht mit jenen der GTE08 übereinstimmen werden. Eine Anpassung der Stichprobengrösse sollte nach einem Jahr evaluiert werden, sobald die ersten Schätzungen vorliegen.

Es hat sich gezeigt, dass Veränderungen im Antwortverhalten und der Zielvariablen, z.B. Transportgut, einen grossen Einfluss auf die Bruttostichprobengrösse haben können. Eine Überwachung dieser Grössen wird deshalb empfohlen. Insbesondere sollte ein absinken der Antwortquote verhindert werden.

4.4 Stichprobenziehung

Für die wöchentliche Stichprobenziehung wurde eine Poisson-Stichprobenziehung verwendet. Diese ist eine Verallgemeinerung einer Bernoulli-Stichprobenziehung mit ungleichen Einschlusswahrscheinlichkeiten, z.B. aufgrund einer Schichtung. Die Stichprobenziehung wird koordiniert, indem jedem Fahrzeug bei seinem Eintritt in den Stichprobenrahmen eine Zufallszahl ($u_k \sim \text{Unif}[0, 1)$) zugeordnet wird. Diese Zufallszahl behält das Fahrzeug bei, solange es im Stichprobenrahmen vorhanden ist. Für jede Ziehung, für die Woche t wird der erwartete Stichprobenanteil $E(n_{s_h,t})/N_h = \pi_{h,t} = \pi_h$ verwendet, um die Stichprobe der Schicht h zu ziehen. Es wird eine negative Koordination verwendet, bei der die Überlappung minimiert wird. Die Stichproben der GTE08 sind disjunkt, sofern der kumulierte Stichprobenanteil kleiner als 1 ist. Die Anzahl Ziehungen ohne Überlappung führt, wie im Abschnitt 4.3 besprochen, zu einer oberen Begrenzung der Stichprobengrösse in den Schichten und begrenzt somit die erzielbare Genauigkeit.

Für jede Woche wird somit der kumulierte Stichprobenanteil $c_{h,t}$ berechnet:

$$c_{h,t} = \begin{cases} t \cdot \pi_h - \lfloor t \cdot \pi_{h,i} \rfloor & \text{wenn } t \geq 1 \\ 0 & \text{andernfalls,} \end{cases} \quad (21)$$

wobei $\lfloor x \rfloor$ dem ganzen Zahlenwert von x entspricht.

Alle Fahrzeuge mit einer permanenten Zufallszahl u_k , welche die Bedingung (22) erfüllen, werden in die Stichprobe zum Zeitpunkt t in die Stichprobe s_t gezogen:

$$u_k \in \begin{cases} [c_{h,t-1}, c_{h,t}) & \text{wenn } c_{h,t} > c_{h,t-1} \\ [0, c_{h,t}) \cup [c_{h,t-1}, 1) & \text{andernfalls.} \end{cases} \quad (22)$$

Zur Veranschaulichung wurde in der Tabelle 12 ein fiktives Beispiel von zwei aufeinanderfolgender Stichprobenziehungen innerhalb von zwei Schichten mit je 10 Fahrzeugen in der Population dargestellt. In der ersten Schicht ist $\pi_h = \pi_1 = 0.3$ und in der zweiten Schicht ist $\pi_h = \pi_2 = 0.7$. In die zweite Stichprobe $s_{h,2}$ werden in der zweiten Schicht alle Fahrzeuge mit $u_k \geq 0.7$, sowie alle Fahrzeuge mit $u_k < 0.4$ gezogen, da $c_{2,2} = 0.4 < c_{2,1} = 0.7$.

Bisher wurde davon ausgegangen, dass Fahrzeuge die Schichten nicht wechseln. Allenfalls, müsste dieser Punkt zu einem späteren Zeitpunkt noch untersucht werden.

Tabelle 12 Illustration der ersten beiden Ziehungen in zwei Schichten mit je 10 Stichprobeneinheiten. $c_{h,t}$ steht für den kumulierten Stichprobenanteil der Ziehung $t \in \{1, 2\}$, $s_{h,t} = 1$ bedeutet, dass das Fahrzeug in die Stichprobe der Ziehung t gezogen wurde.

ID	u_k	$c_{h,1}$	$c_{h,2}$	$s_{h,1}$	$s_{h,2}$	ID	u_k	$c_{h,1}$	$c_{h,2}$	$s_{h,1}$	$s_{h,2}$
9	0.06	0.3	0.6	1	0	14	0.21	0.7	0.4	1	1
8	0.18	0.3	0.6	1	0	11	0.27	0.7	0.4	1	1
2	0.27	0.3	0.6	1	0	12	0.35	0.7	0.4	1	1
3	0.41	0.3	0.6	0	1	17	0.38	0.7	0.4	1	1
4	0.55	0.3	0.6	0	1	13	0.50	0.7	0.4	1	0
5	0.60	0.3	0.6	0	0	16	0.54	0.7	0.4	1	0
1	0.61	0.3	0.6	0	0	15	0.60	0.7	0.4	1	0
6	0.73	0.3	0.6	0	0	19	0.78	0.7	0.4	0	1
7	0.74	0.3	0.6	0	0	20	0.81	0.7	0.4	0	1
10	0.93	0.3	0.6	0	0	18	0.93	0.7	0.4	0	1

Ziehperiodizität In der GTE03 wurde die Stichprobe wöchentlich zwei Wochen vor der Erhebungswoche gezogen. Dies garantiert eine optimale Aktualität des Fahrzeugparks mittels der Bestandsdaten des MOFIS. Wie aus den Abbildungen 12 bis 15 im Anhang B.2 hervorgeht, sind die Schwankungen des Stichprobenrahmens zwischen zwei aufeinander folgender Wochen maximal rund 5%. Mehr Stabilität wäre sehr zu begrüßen. Genauere Analysen bezüglich der Charakteristiken der neu immatrikulierten und der ausgeschiedenen Fahrzeuge sollten gemacht werden, um die Entwicklung des Fahrzeugparks besser erklären zu können.

Die Ziehperiodizität und das Vorgehen werden in der GTE08 von der GTE03 übernommen.

5 Datenaufbereitung 2008

Im Unterschied zur GTE03 wurden in der GTE08 die vollständigen km-Stände am Morgen und Abend, sowie 4-stellige km-Stände am Auf- und Abladeort gefragt, wodurch das Problem mit den 1'000-Sprüngen entfallen ist. Dadurch wurde auch die Konsistenzkontrolle und die Eruiierung nicht deklarierte Leerfahrten vereinfacht. Die im Abschnitt 3.4 beschriebenen Empfehlungen und Vorgehensweisen für eine optimierte Datenaufbereitung konnten aus technischen Gründen nur teilweise umgesetzt werden. Die Hauptlast der Datenaufbereitung liegt nach wie vor auf der interaktiven Datenaufbereitung. Nachfolgend werden anhand der Daten des ersten Quartals 2008 die automatisierten Einsetzungsverfahren beschrieben, die nach der interaktiven Datenaufbereitung durchgeführt wurden. Der automatischen Datenaufbereitung folgte eine interaktive Nachbearbeitung. Vollständige Antwortausfälle wurden durch die Gewichtung berücksichtigt, die im Abschnitt 6 beschrieben ist.

5.1 Merkmalsausfälle und Inkonsistenzen

Um Merkmalsausfälle zu eruieren, musste die Annahme getroffen werden, dass sobald eine Angabe zu einer Fahrt gemacht wurde, diese existiert und auch die restlichen Variablen vorhanden sein müssen. Ist zum Beispiel ein Warencode angegeben, so müssen auch Auf- und Abladeort, die Frachtart und das Warengewicht vorhanden sein.

Inkonsistenzen hat MOBIL mittels einem Regelwerk eruiert und manuell bearbeitet. Diese wurden nie mit automatischen Einsetzungsverfahren bearbeitet.

5.2 Einsetzungsverfahren

Mittels automatischer Einsetzungsverfahren werden bei Fahrzeugen, die manuell nicht oder nur teilweise bearbeitet werden konnten, fehlende Werte ersetzt¹². Damit soll verhindert werden, dass Fahrzeuge, welche einen zum grossen Teil ausgefüllten Fragebogen aufweisen, jedoch einzelne Variablen fehlen, aus der Hochrechnung ausgeschlossen werden. Für folgende Variablen wurde mittels der GTE03 ein automatisches Einsetzungsverfahren für fehlende Werte erarbeitet:

- Leerfahrt (Fahrt ohne Transportgut),
- Warengewicht,
- Warencode,
- Gefahrencode,
- Frachtart (Art und Weise, wie das Transportgut befördert wird, z.B. mittels Container, Paletten, etc.),
- Fahrtdistanz,
- Anzahl Fahrten (bei Pendelfahrten).

Leerfahrten und die Frachtart wurden von MOBIL zuerst teilweise mittels deterministischen Einsetzung, d.h. logischen Ableitungen, eingesetzt. Danach wurde für alle oben aufgelisteten Variablen Einsetzungsverfahren verwendet, deren Erarbeitung Gegenstand der folgenden Diskussion ist. Die Einsetzungsverfahren wurden mit den Daten des ersten Quartals 2008 nach der Erarbeitung des Vorgehens mittels der GTE03 nochmals getestet und angepasst.

Einsetzungen wurden bei Fahrzeugen vorgenommen, die in der manuellen Datenaufbereitung nicht als totale Antwortausfälle, respektive hoffnungslose Fälle, gekennzeichnet wurden, und die mindestens eine fehlende Angabe aufwiesen.

Erarbeitung mit der GTE03 Die einzusetzenden Variablen besitzen unterschiedliche Dimensionen:

- Warengewicht, Warengruppe und Gefahrgüter beziehen sich auf eine Ware, wobei nur in wenigen Fällen harte Abhängigkeiten bestehen, wie zum Beispiel zwischen Warengruppe und Gefahrgüter, wo gewisse brennbare Waren mit einem Gefahrgütercode übereinstimmen müssen.
- Die Frachtart bezieht sich auf den Transportbehälter. In einigen Fällen gibt es harte Abhängigkeiten mit der Ware, z.B. Milch kann nur in Milchtankwagen transportiert werden und umgekehrt. Im Allgemeinen sind die Abhängigkeiten aber schwach.
- Die Fahrtdistanz bezieht sich auf den Weg zwischen Auf- und Abladen und hat somit keine Abhängigkeiten zu den anderen Einsetzungsvariablen. Mit der Fahrtdistanz wurde gleichzeitig auch die Anzahl Fahrten eingesetzt.

Aufgrund dieser unterschiedlichen Dimensionen wurde entschieden, die Variablen sequentiell einzusetzen, wobei insbesondere Warengewicht und -code gegenseitig als Hilfsvariablen dienten. Um die Konsistenz zwischen Warengruppe, respektive Frachtart, und Gefahrgüter zu garantieren, wurden diese gleichzeitig eingesetzt.

Die folgenden Einsetzungsmethoden wurden getestet, siehe Tabelle 13 für Details:

¹²Inkonsistenzen wurden immer manuell bearbeitet.

1. Klassenmittelwert dem ein zufällig generierter Fehler hinzugefügt wurde,
2. Klassenmedian mit zufälligem Fehler,
3. Nächster-Nachbar-Einsetzungsmethode, NNE genannt. Die Distanz zwischen dem Fahrzeug mit fehlenden Angaben und dem Spender-Fahrzeug war durch die Übereinstimmung der Hilfsvariablen definiert. Die NNE umfasste die folgenden Schritte
 - (a) Zufällige Einsetzung innerhalb des gleichen Fahrzeuges mit denselben Hilfsvariablenwerten
 - (b) Zufällige Einsetzung innerhalb des gleichen Fahrzeuges mit ähnlichen Hilfsvariablenwerten
 - (c) Zufällige Einsetzung der Werte anderer Fahrzeuge mit denselben Hilfsvariablenwerten.
4. Nächster-Nachbar-Einsetzungsmethode, NNE2, in welcher die Übereinstimmung der Hilfsvariablenwerte und dass in jedem Fall ein Spender gefunden wird Priorität hatten:
 - (a) Zufällige Einsetzung innerhalb des gleichen Fahrzeuges mit denselben Hilfsvariablenwerten
 - (b) Zufällige Einsetzung der Werte anderer Fahrzeuge mit denselben Hilfsvariablenwerten
 - (c) Zufällige Einsetzung der Werte anderer Fahrzeuge mit ähnlichen Hilfsvariablenwerten.

Die Erarbeitung besteht darin, dass die vollständigen Daten der GTE03 verwendet und als 'Wahrheit' definiert wurden. Diesen Daten wurden zufällig fehlende Werte nach verschiedenen Antwortausfallmuster eingefügt. Danach wurden die oben erwähnten Einsetzungsmethoden angewandt und die Schätzungen mit der 'Wahrheit' verglichen. Das Ziel war, die Einsetzungsmethode zu bestimmen, deren Schätzungen am nächsten bei den Schätzungen der GTE03 liegen.

Dieses Vorgehen wurde mehrmals wiederholt. Zudem wurde die Antwortrate zwischen 90% und 95% variiert und das Vorgehen wiederum wiederholt.

Zur Illustration werden die Resultate dieses Vorgehens für ein rein zufälliges Antwortausfallverhalten¹³ mit einer Antwortrate von 90% je Variable aufgezeigt.

Es hat sich gezeigt, siehe Abbildungen 16 bis 18 im Anhang C.2, dass die NNE Methode für Fahrleistung (km), Transportgut (t) und Transportleistung (tkm) die konsistentesten Einsetzungen gegenüber den anderen Methoden hervorbrachte. Diese Einsetzungsmethode hat gegenüber Modell-basierten Einsetzungsmethoden, Methoden 1 und 2, zudem den Vorteil, dass die Konsistenz zwischen Gefahrgüter und Warengruppe, respektive Frachtart, durch gleichzeitige Einsetzung gewährleistet werden kann.

Aus diesen Gründen wurde die NNE-Methode für die Einsetzungen in der GTE08 gewählt.

Produktion anhand der GTE08 Nachdem die Fragebogen von der Fachsektion manuell bearbeitet worden waren, wurden zwei automatische Einsetzungsverfahren angewandt, eine deterministische und eine stochastische.

Die deterministischen Einsetzungen wurden für eindeutige Einsetzungen der Leerfahrt und der

¹³MCAR: missing completely at random - rein zufällige Antwortausfälle.

Frachtart verwendet, siehe Abschnitt C.1 im Anhang C.

Die Antwortindikatoren wurden für die Variablen Leerfahrt, Warengruppe, Frachtart, Warengewicht und Fahrttdistanz berechnet. Nach der manuellen Bearbeitung waren ungefähr 92% der Fahrten vollständig, siehe Tabelle 38 im Anhang C.3 (*miss_status=5*).

Die deterministischen Einsetzungen führten dazu, dass nur noch rund 3% der Fahrten fehlende Werte aufwiesen, siehe Tabelle 39, wobei rund die Hälfte eine fehlende Frachtart hatte.

Die Nächster-Nachbar-Einsetzungen wurden, wie oben in den Tests beschrieben, sequentiell durchgeführt, siehe Tabelle 13. Für die Nächster-Nachbar Einsetzungen der Warengruppe und

Tabelle 13 Nächster-Nachbar Einsetzung innerhalb der Einsetzungsklassen (E-kl.) in der GTE08. Die Distanz zwischen dem Fahrzeug mit fehlenden Angaben und dem Spender-Fahrzeug ist durch die Übereinstimmung der Hilfsvariablen definiert. 'PLZ' steht für Postleitzahl, 'Fz.' für Fahrzeug Für die Warengruppe wurde kein dritter Schritt ausgeführt: '-'.

Einsetzungs- variable	1. Schritt			2. Schritt			3. Schritt	
	Hilfsvariable	E-kl.	Hilfsvariable	E-kl.	Hilfsvariable	E-kl.		
Warengewicht	Warengruppe	Fz.	[Warengruppe/10]	Fz.	Warengruppe	strata4		
Warengruppe mit Gefahrgüter	Warengewicht	Fz.	PLZ-Code	Fz.	-	-		
Frachtart mit Gefahrgüter	Warengruppe	Fz.	[Warengruppe/10]	Fz.	Warengruppe	strata4		
Fahrttdistanz	PLZ-Code	Fz.	[PLZ-Code/10]	Fz.	PLZ-Code	strata4		

der Fahrttdistanz wurde eine Variable PLZ-Code kreiert, in welcher die Postleitzahlen von Auf- und Abladeort aneinander gehängt wurden, indem die grössere der beiden mit 1'000'000 multipliziert wurde und die kleinere hinzu addiert wurde. Z.B. ist der PLZ-Code von 7210 und 4812 durch diese Operationen 7210004812.

Nach den stochastischen Einsetzungen verblieben 4 Fahrten mit fehlenden Werten, Tabelle 40. Davon hatten drei eine fehlende Warengruppe und eine eine fehlende Frachtart. Diese wurden von der Sektion MOBIL manuell bearbeitet.

Die Einsetzungen konnten den grössten Teil der fehlenden Werte beheben. Der Einfluss der Einsetzungen auf die Resultate wurde von der Sektion MOBIL evaluiert und als realistisch befunden. Einzelne Inkonsistente Einsetzungen sowie die restlichen nicht eingesetzten Daten wurden von MOBIL manuell bearbeitet.

5.3 Tagesausfälle bei vorhandenen Angaben

Es gibt Fahrzeuge, die Angaben in der GTE aufweisen, für die am selben Tag oder in der Erhebungswoche keine Angaben in den LSVA-Daten vorhanden sind, obwohl für diese Fahrzeuge eine LSVA entrichtet wird. Dabei kann es sich um Fahrzeuge handeln, für die während vier Tagen der Fragebogen vollständig ausgefüllt ist und am fünften Tag fehlen sämtliche Angaben, obwohl das Fahrzeug an diesem Tag laut den LSVA-Daten gefahren ist.

Zudem können die Fahrkilometer in den LSVA-Daten von jenen der GTE unterschiedlich sein, da der Fahrzeuglenker die km-Stände unsorgfältig im Fragebogen angegeben hat, oder die Angaben nicht für das in die Stichprobe gezogene Fahrzeug gemacht wurden. Dadurch entstehen Inkonsistenzen zwischen den Angaben der GTE und den LSVA-Daten.

In diesem Abschnitt werden die verschiedenen Methoden für die Bearbeitung dieser Fälle aufgezeigt und im Abschnitt 5.3.1 werden die Auswirkungen der gewählten Methode besprochen.

Für die Bearbeitung der Fahrzeuge mit fehlenden Tagen stehen die folgenden Möglichkeiten zur Verfügung:

- a) nichts tun, das heisst, die fehlenden Tage ignorieren, als wäre das Fahrzeug an diesen Tagen nicht gefahren,
- b) weglassen der Fahrzeuge, d.h. sie werden als totale Antwortausfälle durch die Gewichtung berücksichtigt,
- c) Einsetzung der fehlenden Tage mit sämtlichen Fahrten, Transportgütern und deren Charakteristiken sowie Grenzübergängen unter Berücksichtigung der angrenzenden vorhandenen Tage,
- d) anwenden einer Gewichtung an die Fahrzeuge mit fehlenden Tagesangaben.

a) Ignorieren der fehlenden Tage Werden die fehlenden Tage ignoriert, so wird die Annahme getroffen, dass sich diese mehr oder weniger gleichmässig auf alle Fahrzeuge verteilen. Diese Annahme folgt aus der Tatsache, dass die Daten auf die Fahrdistanzen der LSVA kalibriert werden, siehe Abschnitt 6.2. Somit werden die vorhandenen Daten dieser Problem-Fahrzeuge hochgerechnet, aber für die Bearbeitung der fehlenden Angaben wird diese Information nicht verwendet. Aus diesen Gründen wurde diese Methode nicht angewandt.

b) Umwandlung in totale Antwortausfälle Werden die Angaben der Fahrzeuge mit fehlenden Tagen in Antwortausfälle umgewandelt, wird implizit die Hypothese gemacht, dass sich diese Problemfälle im Durchschnitt nicht von den Fahrzeugen mit vollständigen Antworten unterscheiden. Dabei wird sämtliche vorhandene Information ignoriert und auf fehlend gesetzt. War der Anteil konsistenter Angaben gegenüber der LSVA relativ gering, siehe unten unter 'Gewichtung der Fahrzeuge mit fehlenden Tagesangaben', so wurde diese Methode verwendet.

c) Einsetzung der fehlenden Tage Die Einsetzung der fehlenden Tage ist derart komplex, dass davon abgesehen wurde.

d) Gewichtung der Fahrzeuge mit fehlenden Tagesangaben Bei der Anwendung einer Gewichtung an die Fahrzeuge mit fehlenden Tagesangaben wird versucht, so viel Information beizubehalten wie möglich, indem die vorhandene Information für die fehlende gewichtet wird. Somit wird die Annahme getroffen, dass die fehlenden Tage den vorhandenen Tagen gleichen. Die theoretischen Grundlagen, welche diese Tagesausfallgewichtung untermauern würden, sind zur Zeit nicht vollständig geklärt. Sie wurde trotzdem für die Resultate der GTE08 und der GTE09 angewandt.

Die Tagesausfallgewichtung wurde nur bei Fahrzeugen angewandt, die einen grossen Teil der Information der LSVA enthält, der mit der LSVA konsistent ist, um Verzerrungen zu minimieren. Diese Gewichtung wurde bei Fahrzeugen angewandt, wenn

1. die Wochenleistung der GTE gegenüber jener der LSVA genügend konsistent ist,
2. mindestens gleich viel Tage vorhanden sind, die konsistent sind, wie solche die fehlend oder inkonsistent sind,
3. die Summe der Tagesleistungen aufgrund der LSVA für vorhandene und genügend konsistente Tage mindestens so gross ist, wie die Summe der Tagesleistungen der fehlenden oder inkonsistenten Tage.

Sind diese Bedingungen nicht erfüllt, wurde das Fahrzeug als Antwortausfall betrachtet. Ebenso wurden Fahrzeuge, die nur an fehlenden oder fehlerhaften Tagen Auslandsfahrten hatten, oder bei denen der fehlerhafte Tag Start oder Ende einer Mehrtagesfahrt war, als Antwortausfälle betrachtet.

Folgend wird erklärt, wie ein Fahrzeug als konsistent definiert wurde. Um die Leserlichkeit zu verbessern, wurde der Index für das Fahrzeug weggelassen. Es sei

$km_d^{(G,in)}$ die Tagesleistung des Tages d im Inland in der GTE

$km_d^{(G,a)}$ die Tagesleistung des Tages d im Ausland in der GTE

$km_d^{(G)} = km_d^{(G,in)} + km_d^{(G,a)}$: Tagesleistung GTE total.

$km_d^{(L,in)}$ die Tagesleistung des Tages d im Inland in der LSVA

$km_d^{(L,a)}$ die Tagesleistung des Tages d im Ausland in der LSVA

$km_d^{(L)} = km_d^{(L,in)} + km_d^{(L,a)}$: Tagesleistung LSVA total.

c_0 Grenze, minimaler Abweichungen (absolut).

c_1 Grenze, akzeptabler Abweichung (Anteil).

$Z = \left\{ d; \left(|km_d^{(G)} - km_d^{(L)}| \leq c_0 \right) \right\}$:
Anzahl Tage für die der Unterschied zwischen der GTE und der LSVA kleiner oder gleich c_0 ist.

$A = \left\{ d; \left((1 - c_1) \leq \frac{km_d^{(G)}}{km_d^{(L)}} \leq (1 + c_1) \right) \right\}$:
Anzahl Tage für die der Unterschied zwischen GTE und LSVA höchstens c_1 der Kilometerleistung in der LSVA ausmacht.

Mathematisch ausgedrückt, ist ein Fahrzeug somit konsistent, wenn:

1.

$$(1 - c_1) \leq \frac{\sum_d km_d^{(G)}}{\sum_d km_d^{(L)}} \leq (1 + c_1) \text{ oder } \left| \sum_d km_d^{(G)} - \sum_d km_d^{(L)} \right| \leq |Z| c_0$$

2.

$$|Z \cup A_i| \geq \left| Z^c \cap A^c \cup \left\{ d; km_d^{(G)} = . \text{ und } km_d^{(L)} > c_0 \right\} \right|$$

3.

$$\sum_{d \in Z \cup A} km_d^{(L)} \geq \sum_{d \notin Z \cup A} km_d^{(L)}$$

Bei minimalen Abweichungen zwischen der GTE und der LSVA wurde davon ausgegangen, dass die Angaben im Prinzip korrekt sind, aber eventuell Leerfahrten nicht deklariert wurden oder zu lange Leerfahrten deklariert wurden.

Aufgrund der von MOBIL durchgeführten Analysen der Auswirkungen von verschiedenen Grenzen, wurden diese auf $c_0 = 5$ km und $c_1 = 0.1$ (10%) gesetzt.

5.3.1 Tagesausfallgewichtung

Waren die Bedingungen unter 5.3 nicht erfüllt, wurde das Fahrzeug als totaler Antwortausfall betrachtet. Waren sie hingegen für ein Fahrzeug i erfüllt, so wurde für dieses Fahrzeug folgen-

der Korrekturfaktor berechnet:

$$r_i^{(L,G)} = \frac{\sum_d km_{i,d}^{(L)}}{\sum_{d \in Z_i \cup A_i} km_{i,d}^{(G)}}.$$

Anhand des Korrekturfaktors und dem Stichprobengewicht wurde ein angepasstes Stichprobengewicht berechnet

$$w'_{0,i} = r_i^{(L,G)} w_{0,i}$$

Da nach der Tagesausfallgewichtung eine Kalibrierung ausgeführt wird, wurde untersucht, ob die Tagesausfallgewichtung durch die Kalibrierung beibehalten wird, wobei die Quotienten $r_0 = \frac{w'_{0,i}}{w_{0,i}}$ und $r_c = \frac{w'_{c,i}}{w_{c,i}}$ verglichen wurden. Aufgrund der Abbildung 19, die auf den provisorischen Jahresdaten des Jahres 2008 basieren, ist ersichtlich dass allgemein $r_c < r_0$ ausser für $r_0 = 1$. Das heisst, die Kalibrierung hat das Ausmass der Tagesausfallkorrektur vermindert. Ein grosser Teil der Tagesausfallkorrektur wurde durch die Kalibrierung jedoch beibehalten.

Die Schwankungen in $r_0 = 1$ widerspiegeln einzig die Auswirkungen der Kalibrierung wieder, da es sich dabei nur um Gewichte handelt, die mit der Tagesausfallgewichtung nicht nachgewichtet worden sind.

Um zu entscheiden, ob die Tagesausfallkorrektur angewandt werden soll, oder ob alle Fahrzeuge mit Tagesausfällen als totale Antwortausfälle deklariert werden sollen, wurden von MOBIL Analysen durchgeführt, um die Auswirkungen der Tagesausfallkorrektur zu evaluieren. Für die Analysen wurde die Jahresstichprobe von 2008 mit dem Hochrechnungsgewicht, das im Abschnitt 6 beschrieben ist, verwendet. In der GTE08 hatten von den 8'381 Fahrzeugen der Bruttostichprobe 4'414 Fahrzeuge nach der Datenaufbereitung vollständige Angaben und 155 Fahrzeuge hatten Probleme mit Tagesausfällen und deren Gewichte wurden vor der Kalibrierung angepasst.

5.3.2 Evaluation der Tagesausfallgewichtung

1. Die Korrektur hat nur wenig Einfluss auf die Schätzungen, siehe die Schätzungen in der Tabelle 41 im Anhang. In den Publikationstabellen, die hier nicht aufgeführt sind, gab es nur sehr wenig Vertrauensintervalle, die sich mit und ohne Anwendung der Korrektur nicht überschneiden.
Die Korrektur hatte keinen Einfluss auf die geschätzte Genauigkeit, wie aus der Tabelle 41 ebenfalls hervorgeht. Dies gilt allgemein auch für die Publikationstabellen.
2. Der Anteil der Schätzungen, der auf Fahrzeugen mit Tagesausfällen basiert, ist für die Hauptvariablen derselbe, siehe Tabelle 42. Somit ist der Einfluss gleichmässig verteilt und das Problem der fehlenden Tage kann auch mittels einer Gewichtung der Fahrzeuge ohne dieses Problem gelöst werden.
3. Die Tabellen 44, 45 und 46 weisen darauf hin, dass sich die Verteilung der Charakteristiken Warencode, Emissionskategorie und dem Schichtmerkmal für die Fahrzeuge mit Tagesausfall von jener für Fahrzeuge ohne Tagesausfall leicht unterscheiden können. Da die Unterschiede nicht gross sind, wurde darauf verzichtet, diesbezüglich statistische Tests durchzuführen.
4. Der Einfluss der Korrektur auf die Hochrechnungsgewichte ist vertretbar, siehe Tabelle 43. Durch die Anwendung der Korrektur wurde das Gewicht maximal 1.58 mal grösser, und minimal etwas weniger als die Hälfte kleiner (Kehrwert vom Minimum und Maximum der Tabelle 43). Im Mittel ist das Hochrechnungsgewicht ohne Korrektur 5% grösser als

mit Korrektur. Somit führt die Tagesausfallgewichtung nicht zu sehr unterschiedlichen Gewichten.

Eine Anwendung der Korrektur führt im besten Fall zu einer Verminderung des Bias, Punkt 3, und zu etwas kleineren Gewichten, Punkt 4, ansonsten gibt es jedoch keine zwingenden Gründe diese Korrektur beizubehalten. Da die theoretische Grundlage für diese Gewichtung nicht vollständig geklärt ist, und somit deren Auswirkungen in Bezug auf Bias und Varianz nicht bekannt sind, wird empfohlen, diese nicht weiter anzuwenden.

Anmerkungen:

Die Idee, den Korrekturfaktor direkt auf die km-Angaben des Tages und der einzelnen Fahrten anzuwenden, wurde verworfen, da dadurch die Schätzung des Warengewichts nicht betroffen worden wäre. Andererseits wäre es aber möglich gewesen, die Inland- und Ausland-km separat zu gewichten.

Durch die Anwendung des Korrekturfaktors und den Wegfall einzelner Tage wird die durchschnittliche Anzahl Tage, an welchen das Fahrzeug gefahren ist, unterschätzt. Deshalb wurde diese für die GTE08 und GTE09 aus den Daten der LSVA entnommen.

5.4 Structure de données des prestations kilométriques de la GTE

Une des variables clé de la GTE est l'information sur la prestation kilométrique. Dans une première approche cette notion est relativement simple. La prestation kilométrique correspond au nombre de kilomètres parcourus. Néanmoins, dans le cas de la GTE, cette notion peut être plus complexe. En effet, la somme des prestations kilométriques des marchandises transportées n'est pas la même que celle des prestations kilométriques du véhicule les transportant. Par ailleurs, le principe de territorialité nous impose de distinguer les distances parcourues en Suisse de celles parcourues à l'étranger.

Dans cette section, nous allons décrire la structure des informations de distances. Dans un premier temps nous introduirons le vocabulaire général utilisé pour les prestations kilométriques. Ensuite, nous appliquerons ces concepts aux informations qui apparaissent dans la GTE.

5.4.1 Notions liées aux prestations kilométriques

Notre but ici est de modéliser l'activité d'un véhicule. Un véhicule parcourt un certain nombre de kilomètres dans une semaine (unité de temps de l'enquête). Lors de ce parcours un certain nombre d'événements nous intéresse, dans notre cas, les événements que nous allons utiliser par la suite sont :

- les chargements de marchandises¹⁴
- les déchargements de marchandises¹⁵
- les passages de frontière (entrées et sorties de la Suisse)
- les déchargements complets du véhicule

D'autres événements sont possibles (tels que les attelages de remorques) mais ne seront pas utilisés dans ce document. Notez encore que des événements pour un véhicule particulier peuvent provenir de sources différentes (questionnaire et registre RPLP). Nous définissons ensuite le concept d'arrêt :

¹⁴On considère également les débuts de trajets à vide comme des chargements de marchandises.

¹⁵On considère également les fins de trajets à vide comme des déchargements de marchandises.

arrêt ar_i état kilométrique (kilométrage) du véhicule i lié à un ou plusieurs événement (par exemple chargement de marchandise, passage de frontière...)¹⁶.

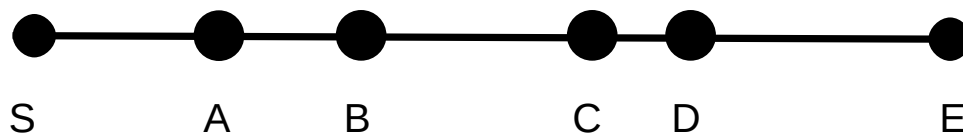
Notez que cette définition de l'arrêt est générale, elle peut s'appliquer à tout événement lié à un kilométrage. Lors de son parcours, un véhicule effectue en général plusieurs arrêts.

Prenons un exemple pour illustrer ce concept avec un véhicule ayant parcouru $98km$ en allant du kilométrage 344 au kilométrage 442. La table 14 ci-dessous donne les arrêts que ce véhicule a effectués (pouvant être des kilométrages de chargement et de déchargement), ce tableau est représenté graphiquement à la figure 6. Les arrêts S, A et D sont liés à des opérations de chargement, les arrêts B, C, D et E à des opérations de déchargement. Notez que l'arrêt D est à la fois lié à une opération de chargement et de déchargement. Nous pouvons ajouter que les arrêts S, D et E correspondent à des événements de déchargement complet du véhicule.

Tabelle 14 Arrêts d'un véhicule avec leur kilométrage et leurs événements liés.

Arrêt	Km	Chargement	Déchargement	Déchargement complet
S	344	marchandise 1		oui
A	358	marchandise 2 et 3		
B	368		marchandise 1	
C	400		marchandise 2	
D	407	marchandise 4	marchandise 3	oui
E	442		marchandise 4	oui

Abbildung 6 Représentation des arrêts d'un véhicule.



Déplacement La notion d'arrêt n'est pas suffisante pour avoir une notion de distance (c.-à-d. de prestation kilométrique). Pour ceci nous définissons la notion suivante :

déplacement $(ar_t, \overline{ar}_t)$ mouvement compris entre deux arrêts, un de début ar_t et un de fin $\overline{ar}_t$. Chaque déplacement t définit une *distance* km_t telle que

$$km_t = \overline{ar}_t - ar_t \quad (23)$$

Notez que km_t doit toujours être positif, c'est-à-dire

$$\overline{ar}_t > ar_t \quad (24)$$

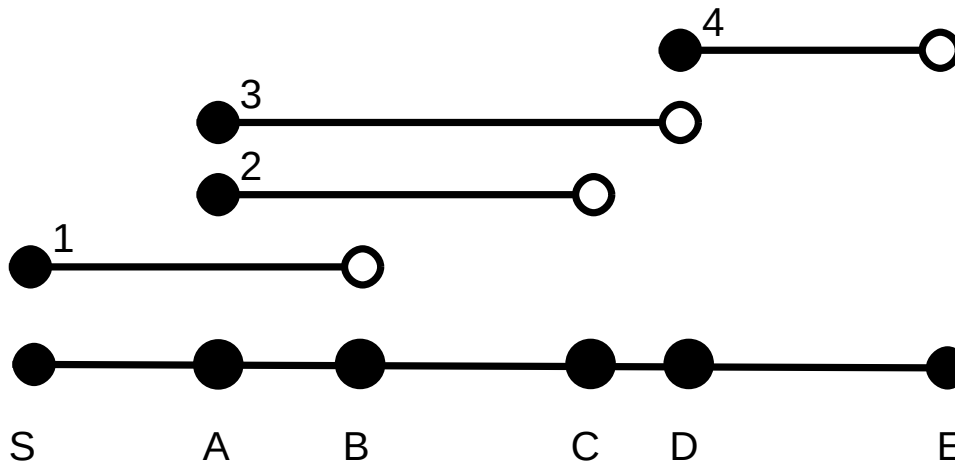
A partir des arrêts de notre exemple, nous allons choisir les déplacements correspondants aux "opérations de transport", c'est-à-dire les déplacements entre les chargements et déchargements d'une marchandise. La table 15 et la figure 7 représentent des déplacements.

¹⁶Comme par la suite toutes les notions que nous utilisons sont reliées à un véhicule i , cet indice sera implicite.

Tabelle 15 Déplacements des opérations de transports.

	$\underline{ar}_t^{(G,tr)}$	$\overline{ar}_t^{(G,tr)}$	$km_t^{(G,tr)}$
$t = 1$	S	B	24
$t = 2$	A	C	42
$t = 3$	A	D	49
$t = 4$	D	E	35

Abbildung 7 Représentation des déplacements du tableau 15. Les points noirs correspondent aux arrêts de départ du déplacement, les points blancs les arrêts de fin.



Classes de déplacements Nous distinguons différentes *classes de déplacements*. Pour un véhicule, différents types d'arrêts (événements liés à l'arrêt de départ et à l'arrêt de fin) peuvent être sélectionnés pour créer différents ensembles de déplacements. Ces classes de déplacements sont donc définies par l'équivalence entre les choix d'arrêts de départ et d'arrivée.

Dans l'exemple ci-dessus, nous avons travaillé avec les opérations de transport TR comme classe de déplacement. En effet, nous avons choisi l'ensemble de déplacements tels que l'arrêt de départ est lié à un événement de chargement d'une marchandise et l'arrêt de fin à un événement de déchargement de cette même marchandise.

Nous pourrions également travailler avec d'autres classes de déplacements, tels que les "trajets eurostats" (déplacements entre des déchargements totaux du véhicule) ou les "trajets à l'étranger" (entre une sortie et une entrée en Suisse).

Précisions au sujet des notations Quelques précisions au sujet des notations que nous utilisons sont nécessaires ici. Nous n'avons pas spécifié jusqu'ici un numéro d'arrêt, en effet il serait plus rigoureux de définir l'arrêt ar_z étant l'arrêt z du véhicule i (cet indice étant implicite), z allant de 1 au nombre d'arrêts Z total du véhicule.

Nous n'allons pas utiliser cette notation. Premièrement, nous allons en général utiliser les arrêts en terme de déplacement, cela signifie que chaque arrêt va être exprimé comme un arrêt de départ $\underline{ar}$ ou un arrêt de fin $\overline{ar}$. Ensuite, chaque déplacement va être utilisé en fonction de sa classe de déplacements, nous allons toujours parler d'arrêts liés à des événements spécifiques.

Lors de l'exemple ci-dessus, les arrêts sont décrits, par exemple, à l'aide de la notation suivante $\underline{ar}_t^{(G,tr)}$. Cela signifie que nous sommes en présence

- d'un arrêt de départ $\underline{ar}$.
- cet arrêt appartient au déplacement t .
- les déplacements $t = 1$ à $t = 4$ sont de la classe "opérations de transport tirés du questionnaire" que nous exprimons par l'exposant (G, tr) .

Notez que cela signifie que l'indice t va de 1 à T où T est le nombre de déplacements dans la classe de déplacements du véhicule. Par la suite, les sommations qui seront laissées implicites correspondront à une somme de 1 à T .

Caractérisation des classes de déplacements Nous allons caractériser les classes de déplacements différemment selon la manière dont ils s'arrangent les uns avec les autres pour un véhicule.

Tout d'abord, dans certaines classes de déplacements, tous les déplacements d'un véhicule se passent l'un après l'autre (sans superposition). Dans ces cas particuliers on qualifie la classe déplacements comme étant une classe de trajets.

trajets classe de déplacements d'un véhicule telle que les déplacements de ce véhicule ne se superposent pas. C'est-à-dire que pour que déplacements de la classe (c) d'un véhicule soient des trajets ils doivent obéir à l'équation :

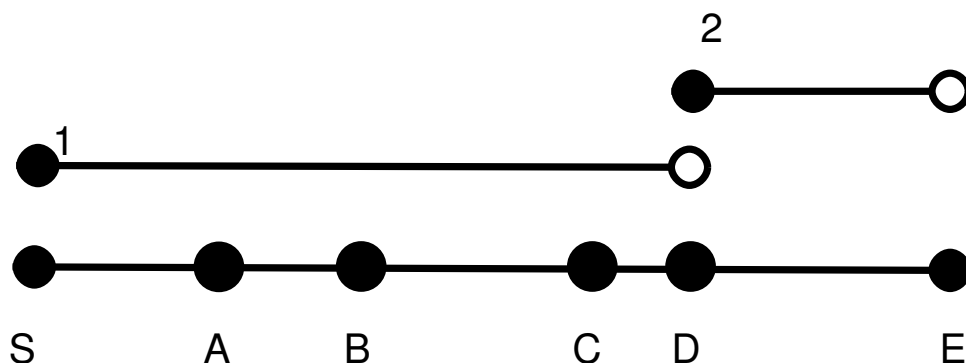
$$\underline{ar}_l^{(c)} < \overline{ar}_l^{(c)} \leq \underline{ar}_m^{(c)} \quad \forall (l, m) \mid \underline{ar}_l^{(c)} < \underline{ar}_m^{(c)} \quad (25)$$

Dans l'exemple que nous avons utilisé jusqu'ici nous pouvons sélectionner la classe de déplacements des "trajets eurostats" qui définit ses arrêts comme correspondant aux déchargements complets, table 16 et figure 8.

Tabelle 16 Classe de déplacements des "trajets eurostat"

	$\underline{a}_t^{(dc)}$	$\overline{ar}_t^{(dc)}$	$km_t^{(dc)}$
$t = 1$	S	D	63
$t = 2$	D	E	35

Abbildung 8 Représentation de trajets de la classe "trajets eurostat".



Bien entendu, dans certains cas, les déplacements d'une classe peuvent se superposer. Dans ce cas-là nous utiliserons la convention suivante :

transports classe de déplacements d'un véhicule telle que les kilométrages de deux déplacements appartenant à la même classe peuvent se superposer (par exemple, deux marchandises différentes peuvent être transportées simultanément).

Les déplacements présentés à la figure 7 sont des transports. Notez qu'en règle générale les transports et les déplacements sont des caractérisations identiques. Néanmoins, nous utiliserons le terme transports par opposition au terme trajets. Les transports sont utilisés pour décrire les déplacements qui ne sont pas des trajets. Nous verrons par la suite les raisons de cette distinction.

5.4.2 Modèle de données des informations liées à des déplacements

Dans la section précédente, nous avons décrit la structure générale, des arrêts, déplacements et classes de déplacements. Nous allons maintenant présenter le cas pratique de la GTE. Les différentes classes de déplacements vont être présentées, c'est-à-dire, nous allons définir quels sont les types d'arrêts qui nous intéressent.

Arrêts et classes de déplacements du questionnaire Nous nous intéressons d'abord aux données du questionnaire (G). Comme il a été dit plus haut, nous pouvons séparer ces données en trois niveaux, les informations de la semaine (G, we), du jour (G, day) ou de l'opération de transport (G, tr). Dans le questionnaire, ces informations sont récoltées sous forme d'arrêts liés à des événements (début de journée, chargement de marchandise,...). Nous définissons ici précisément les événements correspondants aux arrêts liés aux différentes classes de déplacements auxquels nous nous intéressons :

- L'information kilométrique de la semaine est contenue dans les arrêts $\underline{ar}_w^{(G,we)}$, $\overline{ar}_w^{(G,we)}$ définis comme le plus petit et le plus grand kilométrage déclaré dans le questionnaire¹⁷. La prestation kilométrique de la semaine se calcule de la manière suivante $km^{(G,we)} = \overline{ar}_w^{(G,we)} - \underline{ar}_w^{(G,we)}$. Notez que l'on peut considérer que le déplacement lié ($\underline{ar}_w^{(G,we)}$, $\overline{ar}_w^{(G,we)}$) est un trajet (il est unique et donc ne se superpose avec aucun autre trajet).
- Dans le cas des déplacements journaliers, nous sommes également confrontés à des trajets. En effet, les arrêts $\underline{ar}_d^{(G,day)}$, $\overline{ar}_d^{(G,day)}$ sont définis comme les kilométrages de début et de fin de journée¹⁸. Cela implique que $\underline{ar}_d^{(G,day)} = \overline{ar}_{d-1}^{(G,day)}$ et les arrêts obéissent à l'équation (25). La distance liée est donc finalement $km_d^{(G,day)} = \overline{ar}_d^{(G,day)} - \underline{ar}_d^{(G,day)}$.
- Les arrêts des opérations de transports sont choisis de manière différente si les kilométrages sont simples ou concernent des collectes ou des distributions¹⁹, pour chaque marchandise transportée (ou trajet à vide):
 - Dans le cas où le kilométrage de départ déclaré est simple (pas de collecte), l'arrêt départ $\underline{ar}_\tau^{(G,tr)}$ est défini comme le kilométrage aufKm (kilométrage de chargement).
 - Si le transport contient une collecte (aufKmA, aufKmE) l'arrêt de départ $\underline{ar}_\tau^{(G,tr)}$ est défini comme le kilométrage moyen $\frac{\text{aufKmA} + \text{aufKmE}}{2}$ (kilomètres de début et de fin de chargement).

¹⁷Cela implique qu'il n'y a qu'un seul déplacement $w = 1$. Nous pouvons donc omettre cet indice.

¹⁸Notez que l'indice de jour utilisé est d alors que l'indice de semaine est exprimé par w . Cela n'a aucune influence sur le sens de l'arrêt, le but étant d'expliciter au maximum la classe de déplacement.

¹⁹Remarquez que nous distinguons les transports des trajets en utilisant un indice en lettre grecque pour les premiers et en lettre romaine pour les autres.

- Dans le cas où le kilométrage de fin déclaré est simple (pas de distribution), l'arrêt de fin $\overline{ar}_\tau^{(G,tr)}$ est défini comme le kilométrage $abKm$ (kilométrage de déchargement).
- Si le transport contient une distribution ($abKm_A$, $abKm_E$) l'arrêt de fin $\overline{ar}_\tau^{(G,tr)}$ est défini comme le kilométrage moyen $\frac{abKm_A + abKm_E}{2}$ (kilomètres de début et de fin de déchargement).

La nature des déplacements des opérations de transport est celle d'un *transport*. En effet, les arrêts tels que déclarés dans le questionnaire n'obéissent pas à l'équation (25).

Il faut noter que dû au fait que les opérations de transport se superposent la somme des distances des opérations de transport peut être différente de la distance totale parcourue par ce véhicule

$$\sum_{\tau} km_{\tau}^{(G,tr)} \geq \sum_d km_d^{(G,day)} = km^{(G,we)} \quad (26)$$

Arrêts et classes de déplacements du registre RPLP Nous avons décrit jusqu'ici les notions de distance liées aux informations du questionnaire. Néanmoins, nous utilisons également des données provenant des registres RPLP (L). Nous allons définir trois types de déplacements RPLP :

- Les déplacements RPLP de la semaine est délimité par les arrêts $\underline{ar}^{(L,we)}$, le kilométrage le plus petit de la semaine et $\overline{ar}^{(L,we)}$, le kilométrage le plus grand. Notez que l'on peut considérer ce déplacement comme un trajet.
- Les déplacements RPLP quotidiens ($\underline{ar}_d^{(L,day)}$, $\overline{ar}_d^{(L,day)}$) sont également liés à un trajet. En effet, comme dans le cas des distances liées aux jours de la GTE, les arrêts $\underline{ar}_d^{(L,day)}$, $\overline{ar}_d^{(L,day)}$ sont tels que $\underline{ar}_d^{(L,day)} = \overline{ar}_{d-1}^{(L,day)}$ et obéissent à l'équation (25).
- Les déplacements RPLP ($\underline{ar}_t^{(L,aus)}$, $\overline{ar}_t^{(L,aus)}$) à l'étranger sont des déplacements entre deux passages de frontière. $\underline{ar}_t^{(L,aus)}$ correspond à une sortie de Suisse et $\overline{ar}_t^{(L,aus)}$ à une entrée en Suisse. Notez que les déplacements RPLP à l'étranger sont également des trajets.
- Les déplacements RPLP en Suisse correspondent aux déplacements complémentaires des déplacement RPLP à l'étranger. $\underline{ar}_m^{(L,inl)} \doteq \overline{ar}_t^{(L,aus)}$ correspond à une entrée en Suisse et $\overline{ar}_m^{(L,inl)} \doteq \underline{ar}_{t+1}^{(L,aus)}$ à une sortie de Suisse²⁰. De plus, lorsque le registre RPLP ne contient pas de passage de frontière, on considère que le véhicule est resté en Suisse, c'est-à-dire qu'il n'y a qu'un seul déplacement $m = 1$ et que $km^{(L,we)} = km_1^{(L,inl)}$. Notez finalement que $km^{(L,we)} = \sum_t km_t^{(L,aus)} + \sum_m km_m^{(L,inl)}$, somme des kilomètres en Suisse et à l'étranger.

Une distinction entre distance parcourue en Suisse et à l'étranger existe également pour les notions liées à l'enquête (et non pas uniquement aux registre RPLP). Le détail de ces définitions est donné dans la section 5.5.

5.5 Détection des distances sur le territoire Suisse

Les besoins suisses pour la statistique du transport de marchandises portent principalement sur les prestations effectuées sur le territoire national suisse, au total et par transport ($km^{(G,pp,inl)}$), $pp \in$

²⁰On suppose ici que les indices des déplacements sont ordonnés par kilométrages de départ.

$\{we, tr\}$ ²¹. Néanmoins, les données de la GTE sont collectées sur les distances totales effectuées par les véhicules suisses. En effet, des micro-données anonymisées sont livrées à Eurostat qui requiert des distances totales. L'OFS ayant pour but de diminuer la charge des répondants, il a été décidé de détecter les passages de frontière de manière automatique.

Le registre issu de la taxe RPLP contient, entre autres, les kilométrages de passage de frontière, le lieu de ce passage, ainsi que la distinction entre entrée et sortie de la Suisse. Notez que les véhicules non astreints à la RPLP et les véhicules payant une redevance forfaitaire ne figurent pas dans ce registre. Néanmoins, les véhicules appartenant à ces catégories ne quittent théoriquement jamais le territoire Suisse.

Dans cette section nous allons présenter le procédé qui a été utilisé afin de détecter et, lorsque ceci s'est révélé nécessaire, d'estimer la part des kilomètres parcourus sur le territoire Suisse. Cette description va se faire dans un second temps, après avoir présenté les difficultés auxquelles nous avons été confrontés. Nous donnerons finalement quelques informations sur le déroulement de cet algorithme dans le cadre des données de la GTE08.

5.5.1 Difficultés

Idéalement, la détection des passages de frontières des véhicules enquêtés est simple. Il suffit de demander au chauffeur d'indiquer les kilométrages indiqués par son appareil TRIPON²² pour le début de chaque journée et, ensuite, comparer ces kilométrages avec ceux du registre. Néanmoins, certaines particularités viennent perturber ce simple fonctionnement. Premièrement, les kilométrages indiqués dans le questionnaire sont décalés par rapport aux kilométrages des données RPLP la plupart du temps. En effet, il arrive que les transporteurs indiquent les kilométrages au compteur du véhicule et non pas les kilométrages TRIPON. De plus, le calibrage des appareils peut entraîner un effet similaire sur les kilométrages extraits des registres que nous utilisons. Il faut donc prendre en compte ce décalage pour pouvoir détecter de manière cohérente les passages de frontière.

Également, notons que les déclarations des questionnaires ne sont pas toujours exactes. Dans certains cas, les kilométrages sont partiellement estimés (les opérations de transport peuvent avoir été reconstruites par l'expédition, par exemple). La détection des passages de frontière peut ici être fausse, c'est-à-dire que le kilométrage correspondant à un passage de frontière peut se retrouver dans une opération déclarée comme en Suisse uniquement. Le procédé de détection des distances sur le territoire suisse doit pouvoir prendre en compte ces erreurs.

5.5.2 L'algorithme de détection

Nous cherchons à détecter la part des prestations de distance parcourues à l'étranger $km_t^{(G,we,aus)}$ et $km_\tau^{(G,tr,aus)}$ pour les trajets t et respectivement les transports τ . Après détection, les distances parcourues en Suisse sont calculées de la manière suivante

$$\sum_m km_m^{(G,pp,inl)} = \sum_m km_m^{(G,pp,tot)} - \sum_m km_m^{(G,pp,aus)} \quad (27)$$

avec $pp \in \{tr, we\}$. Comme nous l'avons abordé plus haut, cette détection n'est pas simple dans tous les cas.

²¹Pour des raisons de simplicité, nous allons détecter les prestations de distances à l'étranger, $km^{(G,pp,aus)}$. La simple relation $km^{(G,pp,aus)} = km^{(G,pp)} - km^{(G,pp,inl)}$ permet de faire le lien entre les deux notions. Par la suite nous n'utiliserons donc que la notion de $km^{(G,pp,aus)}$, $pp \in \{we, tr\}$.

²²Appareil utilisé pour la récolte des données de la taxe RPLP

Détection des prestations de distance à l'étranger par véhicule Le calcul des distances à l'étranger au niveau du véhicule-semaine est direct. En effet, nous avons vérifié que les distances de la semaine selon le questionnaire correspondent aux distances selon la RPLP. Pour prendre en compte le fait que ces distances néanmoins varient parfois, nous utilisons un rapport et obtenons

$$km^{(G,we,aus)} = \frac{km^{(L,aus)}}{km^{(L,we)}} km^{(G,we)} \quad (28)$$

Détection des opérations de transport avec des distances parcourues à l'étranger Le cas de la détection des opérations de transport avec distances parcourues à l'étranger est plus délicat. En effet les déplacements de la RPLP sont des trajets et les déplacements des opérations de transport des transports. Nous allons ainsi devoir préciser quels arrêts définissent la part des opérations de transports à l'étranger et ainsi créer de nouvelles classes de déplacements.

Avant de tenter toute détection des distances des transports, les arrêts doivent tous être calibrés. Pour palier aux problèmes engendrés par un éventuel décalage de l'origine entre les kilométrages des arrêts provenant du questionnaire et des registres RPLP, nous fixons, dans tous les cas le kilométrage 0 au début de la semaine d'enquête. Ainsi, pour les arrêts de départ et de fin

$$ar_t^{(L,pp,calé)} = ar_t^{(L,pp)} - \underline{ar}^{(L,we)} \quad pp \in \{we, day, aus\} \quad (29)$$

$$ar_\tau^{(G,tr,calé)} = ar_\tau^{(G,tr)} - \underline{ar}^{(G,we)} \quad (30)$$

avec $\underline{ar}^{(L,we)}$ le plus petit kilométrage de la semaine d'enquête selon le registre RPLP et $\underline{ar}^{(G,we)}$ le plus petit kilométrage du questionnaire (les kilométrages du lundi matin). Notez que dans la suite du document tous les arrêts sont calés, nous omettrons donc cette précision. De plus cette manipulation n'a aucune influence sur les distances.

Nous allons ensuite vérifier que les données RPLP correspondent aux données du questionnaire. En quelques mots, nous nous assurons que les passages de frontières de la RPLP s'ordonnent de manière conforme aux données du questionnaire. Par exemple, une sortie de Suisse est compatible avec une opération de transport allant de la Suisse à l'étranger. Les distances des véhicules compatibles sont faciles à calculer. Nous estimerons ensuite les distances à l'étranger des transports pour lesquels les données du questionnaire et les données RPLP ne sont pas compatibles.

En résumé, le calcul des prestations de distances à l'étranger des opérations de transport se déroule ensuite en trois étapes :

1. Classification des opérations de transport selon leur passage de frontière.
2. Calcul des distances à l'étranger pour des données compatibles.
3. Estimation des distances à l'étranger pour les transports restants.

Classification des opérations de transport selon leur passage de frontière. Dans un premier temps, nous devons créer une classification des données provenant du questionnaire. Nous travaillons avec la classe des opérations de transport $TR = \{\tau \mid \exists (\underline{ar}_\tau^{(G,tr)}, \overline{ar}_\tau^{(G,tr)})\}$. Notez que pour alléger la notation nous utiliserons une notation au niveau des classes. Nous allons décomposer cette classe en deux sous-classes principales, $TR^{(I)}$ (opérations de transport uniquement en Suisse) et $TR^{(A)}$ (opérations de transports avec des kilomètres à l'étranger). $TR^{(A)}$ va également être décomposé en quatre sous-classes :

- les opérations de transport de l'étranger avec entrée en Suisse composent l'ensemble $TR^{(In)}$
- les opérations de transport vers l'étranger avec sortie de la Suisse composent l'ensemble $TR^{(Out)}$
- les opérations de transports uniquement à l'étranger composent l'ensemble $TR^{(Etr)}$
- les opérations de transports de Suisse à Suisse avec transit par l'étranger composent l'ensemble $TR^{(Trans)}$

La décomposition est effectuée grâce à des informations complémentaires du questionnaire. En effet, les transporteurs déclarent le pays correspondant aux arrêts des opérations de transport (pays de début et pays de fin). Nous utilisons cette information pour créer des sous-classes, comme décrit dans le tableau 17.

Tabelle 17 Distinction des différents classes de déplacements avec et sans distances à l'étranger. Notez que CH correspond à la fois à la Suisse et au Liechtenstein (le réseau routier de la principauté est associé à la Suisse).

Départ	Arrivée	
	Pays de $\overline{ar}_\tau^{(G,tr)} = CH$	Pays de $\overline{ar}_\tau^{(G,tr)} \neq CH$
Pays de $\underline{ar}_\tau^{(G,tr)} = CH$	$\tau \in TR^{(CH-CH)}$	$\tau \in TR^{(Out)} \text{ (export)}$
Pays de $\underline{ar}_\tau^{(G,tr)} \neq CH$	$\tau \in TR^{(In)} \text{ (import)}$	$\tau \in TR^{(Etr)}$

La classe $TR^{(CH-CH)}$ contient à la fois des opérations de transports constituant $TR^{(I)}$ et les opérations de transport appartenant au sous-ensemble $TR^{(Trans)}$. Nous séparons les transits des distances en Suisse uniquement à l'aide des données RPLP. En effet, nous considérons que si une opération de transport n'a pas été détectée à l'aide des pays de ses arrêts, mais que son déplacement se recoupe avec des trajets RPLP à l'étranger, alors un transit a été effectué. On définit cette condition de la manière suivante, $\tau \in TR^{(Trans)}$ s'il existe un trajet RPLP à l'étranger $(\underline{ar}_t^{(L,aus)}, \overline{ar}_t^{(L,aus)})$ avec

$$\underline{ar}_\tau^{(G,tr)} < \underline{ar}_t^{(L,aus)} < \overline{ar}_t^{(L,aus)} < \overline{ar}_\tau^{(G,tr)} \quad (31)$$

$TR^{(I)}$ correspond à $TR^{(CH-CH)} \setminus TR^{(Trans)}$. Finalement nous avons donc

$$TR \doteq TR^{(I)} \cup TR^{(A)} \quad (32)$$

$$\doteq TR^{(I)} \cup TR^{(In)} \cup TR^{(Out)} \cup TR^{(Etr)} \cup TR^{(Trans)} \quad (33)$$

Calcul des distances à l'étranger pour des données compatibles Il existe un ordre particulier dans la successions des arrêts du questionnaire et les arrêts RPLP pour chaque sous-ensemble d'opérations de transport avec kilomètres à l'étranger. On dit qu'un véhicule qui obéit à cette succession a des données compatibles (*comp*). On peut définir les classes d'opérations de transport compatibles (faciles à calculer) de la manière décrite à la table 18.

Finalement, pour les véhicules avec des données compatibles, on définit les arrêts des transports à l'étranger $(\underline{ar}_\tau^{(G,tr,aus)}, \overline{ar}_\tau^{(G,tr,aus)})$ de la manière décrite à la table 19, avec t_τ le trajet RPLP pour lequel la condition de compatibilité se vérifie.

Les distances à l'étranger calculées qui en découlent peuvent être obtenues par l'équation (23). Nous définissons ensuite l'ensemble $TR^{(comp)} = TR^{(In,comp)} \cup TR^{(Out,comp)} \cup TR^{(Trans,comp)} \cup TR^{(Etr,comp)}$. Cet ensemble correspond aux opérations de transport dont les données sont

Tabelle 18 Conditions de compatibilité des transports avec kilomètres à l'étranger. Pour chaque transport $(\underline{ar}_\tau^{(G,tr)}, \overline{ar}_\tau^{(G,tr)})$ il existe un trajet RPLP $(\underline{ar}_t^{(L,aus)}, \overline{ar}_t^{(L,aus)})$ suivant l'expression formelle. On définit l'indice t_τ comme l'indice du trajet RPLP à l'étranger qui se recoupe avec un transport particulier τ selon cette expression.

Description	Classe source	Expression formelle
$TR^{(In,comp)}$: le véhicule doit être à l'étranger au début du transport et en Suisse à la fin.	$TR^{(In)}$	$\underline{ar}_t^{(L,aus)} < \underline{ar}_\tau^{(G,tr)} < \overline{ar}_t^{(L,aus)} < \overline{ar}_\tau^{(G,tr)}$
$TR^{(Out,comp)}$: le véhicule doit être en Suisse au début du transport et à l'étranger à la fin.	$TR^{(Out)}$	$\underline{ar}_\tau^{(G,tr)} < \underline{ar}_t^{(L,aus)} < \overline{ar}_\tau^{(G,tr)} < \overline{ar}_t^{(L,aus)}$
$TR^{(Trans,comp)}$: le véhicule doit être en Suisse au début et à la fin du transport et à l'étranger entre deux	$TR^{(Trans)}$	$\underline{ar}_\tau^{(G,tr)} < \underline{ar}_t^{(L,aus)} < \overline{ar}_t^{(L,aus)} < \overline{ar}_\tau^{(G,tr)}$
$TR^{(Etr)}$: le véhicule est à l'étranger au début et à la fin (pas de condition supplémentaire)	$TR^{(Etr)}$	

Tabelle 19 Définitions des arrêts pour les classes de transports compatibles.

Classe	Début $\underline{ar}_\tau^{(G,tr,aus)}$	Fin $\overline{ar}_\tau^{(G,tr,aus)}$
$TR^{(In,comp)}$	$\underline{ar}_\tau^{(G,tr)}$	$\overline{ar}_{t_\tau}^{(L,aus)}$
$TR^{(Out,comp)}$	$\underline{ar}_{t_\tau}^{(L,aus)}$	$\overline{ar}_\tau^{(G,tr)}$
$TR^{(Trans,comp)}$	$\underline{ar}_{t_\tau}^{(L,aus)}$	$\overline{ar}_{t_\tau}^{(L,aus)}$
$TR^{(Etr,comp)}$	$\underline{ar}_\tau^{(G,tr)}$	$\overline{ar}_\tau^{(G,tr)}$

compatibles. Les opérations de transport dont les données du questionnaire et de la RPLP ne sont pas compatibles restent à estimer. Elles forment l'ensemble $TR^{(estim)}$ qui se définit comme

$$TR^{(estim)} = TR^{(A)} \setminus TR^{(comp)} \quad (34)$$

Estimation des distances à l'étranger restantes Nous voulons estimer les distances à l'étranger des opérations de transport de l'ensemble $TR^{(estim)}$. Nous savons qu'il existe des distances parcourues à l'étranger pour ces transports, mais les arrêts du questionnaire ne sont pas compatibles avec les données RPLP. Néanmoins, nous nous intéressons aux distances et nous connaissons la prestation kilométrique à l'étranger pour la semaine, équation (28). L'idée va être de ne plus se concentrer sur les arrêts, mais de redistribuer des distances à l'étranger de manière à faire correspondre ces deux quantités.

Malheureusement, comme nous l'avons vu à l'équation (26), en général la somme des distances des opérations de transport ne correspond pas à la distance RPLP totale²³. Nous allons donc poser l'hypothèse que *la part quotidienne des distances parcourues à l'étranger est égale pour les opérations de transport et les trajets RPLP*.

En résumé, nous allons procéder en quatre étapes :

²³Ceci est dû au fait que les déplacements des opérations de transport sont des transports et les déplacements de données RPLP des trajets.

- Décomposition par jour des déplacements nécessaires à l'estimation
- Calcul du total des kilomètres à redistribuer
- Distribution des kilomètres sur les transports à estimer
- Recomposition des transports

Décomposition par jour des déplacements nécessaires à l'estimation Premièrement, comme nous allons travailler sur une notion quotidienne, nous allons devoir créer des nouvelles classes de déplacements²⁴ (sd). Ces classes correspondent aux déplacements tranchés par jour dérivés des déplacements, comme on peut le voir plus bas.

Par exemple, prenons une opération de transport τ qui s'effectue d'un arrêt de chargement à un arrêt de déchargement. Nous allons décomposer cette opération pour le jour d . C'est-à-dire, *l'opération de transport pour le jour* doit se terminer par le déchargement *ou* par la fin de la journée, selon lequel arrive en premier. Dans le premier cas, la marchandise est déchargée le même jour que chargée, dans le second la marchandise est déchargée le lendemain (ou plus tard). Nous exprimons cette condition de la manière suivante

$$\overline{ar}_{\tau,d}^{(G,tr,sd)} \doteq \min \left(\overline{ar}_{\tau}^{(G,tr)}, \underline{ar}_{d+1}^{(L,day)} \right)$$

Réciproquement, chaque départ de transport par jour coïncide avec un chargement ou un début de journée.

$$\underline{ar}_{\tau,d}^{(G,tr,sd)} \doteq \max \left(\underline{ar}_{\tau}^{(G,tr)}, \underline{ar}_d^{(L,day)} \right)$$

Nous devons encore nous limiter aux croisements de jour qui font sens, c'est à dire créer des déplacements qui obéissent à l'équation (24)²⁵. Nous obtenons finalement la distance parcourue à l'aide de l'équation (23)

$$km_{\tau,d}^{(G,tr,sd)} = \max \left(\min \left(\overline{ar}_{\tau}^{(G,tr)}, \underline{ar}_{d+1}^{(L,day)} \right) - \max \left(\underline{ar}_{\tau}^{(G,tr)}, \underline{ar}_d^{(L,day)} \right), 0 \right). \quad (35)$$

Prenons un exemple graphique pour illustrer cette manipulation. Nous avons présenté une semaine de trois jours, avec deux trajets à l'étrangers et quatre opérations de transport. La décomposition va créer deux opérations de transport pour le lundi, deux pour le mardi et deux pour le mercredi, ainsi qu'un trajet à l'étranger le lundi et deux le mardi.

Nous allons séparer à l'aide de cette méthode les trajets RPLP à l'étranger (L, aus) et les opérations de transport totales (G, tr) et à l'étranger (G, tr, aus).

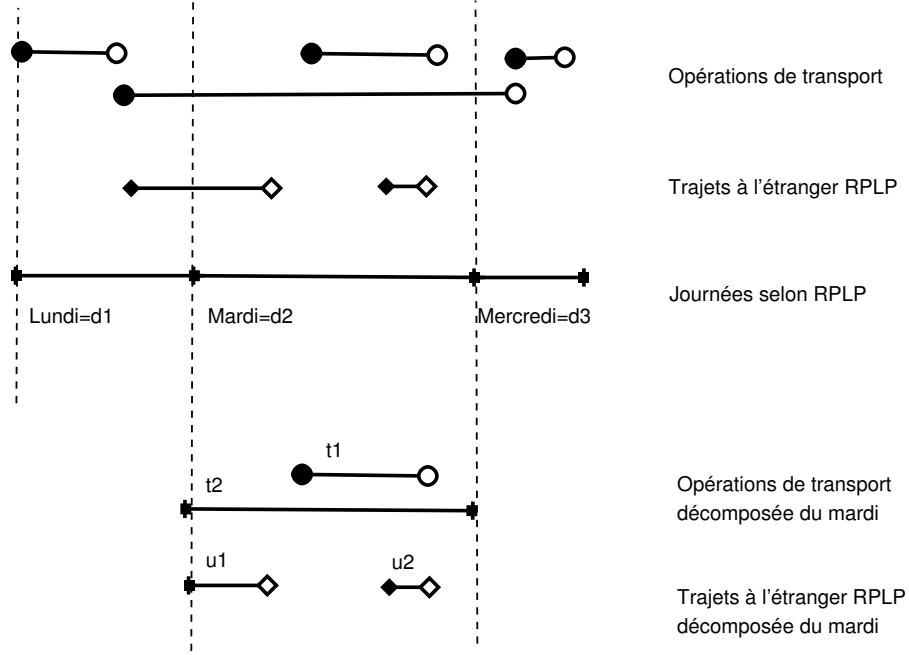
Calcul du total des kilomètres à redistribuer La seconde étape consiste à estimer le total des opérations de transport qu'il faut redistribuer. Nous avons posé l'hypothèse que la part des distances parcourues à l'étranger est égale pour les opérations de transport et les trajets RPLP. Nous pouvons traduire cette hypothèse par l'équation suivante

$$\frac{\sum_{\tau \in TR(aus)} km_{\tau,d}^{(G,tr,aus,sd)}}{\sum_{\tau \in TR} km_{\tau,d}^{(G,tr,sd)}} = \frac{\sum_t km_{t,d}^{(L,aus,sd)}}{km_d^{(L,day)}} \quad \forall d \in \{1, 2 \dots 7\} \quad (36)$$

²⁴ (sd) provient de "sliced day"

²⁵ Cela se traduit dans l'équation (35) par la borne minimale de 0 pour les distances.

Abbildung 9 Représentation de l'exemple de décomposition quotidienne.



Nous allons ensuite prendre en compte les distances à l'étranger déjà obtenues. Nous voulons redistribuer les kilomètres que nous n'avons pas encore pu estimer. La définition des opérations de transport à estimer, équation (34), implique que

$$\sum_{\tau \in TR^{(aus)}} km_{\tau,d}^{(G,tr,aus,sd)} = \sum_{\tau \in TR^{(comp)}} km_{\tau,d}^{(G,tr,aus,sd)} + \sum_{\tau \in TR^{(estim)}} km_{\tau,d}^{(G,tr,aus,sd)} \quad (37)$$

De (36) et (37) nous obtenons finalement l'équation

$$\begin{aligned} \sum_{\tau \in TR^{(estim)}} km_{\tau,d}^{(G,tr,aus,sd)} &= \frac{\sum_t km_{t,d}^{(L,aus,sd)}}{km_d^{(L,day)}} \sum_{\tau \in TR} km_{\tau,d}^{(G,tr,sd)} \\ &\quad - \sum_{\tau \in TR^{(comp)}} km_{\tau,d}^{(G,tr,aus,sd)} \\ &\doteq \Phi_d^{(estim)} \end{aligned} \quad (38)$$

$\Phi_d^{(estim)}$ est donc le total des distances à estimer pour les opérations de transport à l'étranger restantes du jour d .

Prenons l'exemple présenté à la figure 9. Si tous les transports restent à estimer, pour le mardi nous avons:

$$\Phi_{mardi}^{(estim)} = \frac{u_1 + u_2}{d_2} (t_1 + t_2)$$

Distribution des kilomètres à l'étranger sur les transports à estimer Il nous reste donc à répartir ce total entre les différents transports. Nous allons affecter les distances à l'étranger des transports proportionnellement à leur distance totale. C'est-à-dire, plus un transport est long, plus la distance à l'étranger qui lui sera affectée sera importante. On a donc (avec $\tau \in TR^{(estim)}$)

$$km_{\tau,d}^{(G,tr,aus,sd)} = \Phi_d^{(estim)} \frac{km_{\tau,d}^{(G,tr,sd)}}{\sum_{\mu \in TR^{(estim)}} km_{\mu,d}^{(G,tr,sd)}} \quad (39)$$

Notez que l'équation (38) implique que $\Phi_d^{(estim)}$ peut être négatif ou plus grand que la somme des distances des transports à estimer. En effet, dans les cas où l'hypothèse (36) n'est pas valable, la somme des kilomètres déjà affectés peut être plus grande que le total des kilomètres à affecter estimé. Il est néanmoins nécessaire d'estimer ces distances d'une autre manière. Dans ces cas, nous appliquons directement aux transports restants le rapport des kilomètres à l'étranger par jour obtenu de la RPLP.

$$\text{Si } \Phi_d^{(estim)} < 0 \text{ ou } \Phi_d^{(estim)} > \sum_{\mu \in TR^{(estim)}} km_{\mu,d}^{(G,tr,sd)} :$$

$$km_{\tau,d}^{(G,tr,aus,sd)} = \frac{\sum_t km_{t,d}^{(L,aus,sd)}}{km_d^{(L,day)}} km_{\tau,d}^{(G,tr,sd)} \quad (40)$$

Recomposition des transports Finalement, il suffit de reconstruire les distances des transports grâce à l'équation suivante

$$km_{\tau}^{(G,tr,aus)} = \sum_d km_{\tau,d}^{(G,tr,aus,sd)} \quad (41)$$

5.5.3 Effet sur les données de 2008

Les données 2008 comportent, en tout 107997 opérations de transports dont 105668 (98%) ont été détectées comme n'ayant été parcourues que sur des routes suisses. Le nombre de transports avec des distances à l'étranger se monte en tout à 2329. Le tableau 20 résume les résultats de l'algorithme de traitement des données.

Tabelle 20 Répartition des transports selon la méthode de détection des distances à l'étranger. Notez que la part des distances (dernière colonne) porte sur les distances après pondération (ces distances ont pour unité des transports kilomètres).

	n transports	% transports	% distances
Détection simple	1729	74%	87%
Imputation	558	24%	13%
Non détection	42	2%	?

Il faut noter que la détection échoue pour les dossiers déclarant des transports à l'étranger, mais ne comportant pas d'entrée dans le registre RPLP. De plus les distances à l'étranger des transports déclarés un mauvais jour ne sont également pas détectées par notre algorithme. On voit néanmoins que la majorité des distances détectées (en nombre de transports ou en distance parcourue) sont détectées simplement. Seule une petite minorité des transports est ignorée. Il a été considéré que ces transports ne contiennent pas de distance parcourue à l'étranger.

6 Gewichtung

6.1 Initialgewichtung

Für die Berechnung der Initialgewichtung der GTE08 werden u.a. die in der Tabelle 21 beschriebenen Variablen verwendet. Dabei beziehen sich alle Angaben auf die Schicht h .

Tabelle 21 Variablen für die Gewichtung der GTE08.

Variable	Beschieb
N_h^{zieh}	Anzahl Fahrzeuge der Grundgesamtheit gemäss MOFIS (bei Ziehung der Stichprobe 2 Wochen vor der Erhebungswoche)
n_h^{bern}	Theoretische Anzahl Fahrzeuge gemäss Stichprobenplan in der Brutto-Stichprobe
n_h^{brut}	Effektive Anzahl Fahrzeuge in der Brutto-Stichprobe (Zufallsvariable wegen Bernoulli-Ziehung (nicht fix))
n_h^{net}	Anzahl Fahrzeuge in der Netto-Stichprobe (gültige Antworten plus in der Erhebungswoche nicht aktive Fahrzeuge)
$N_h^{(MOF)}$	Anzahl Fahrzeuge der Grundgesamtheit gemäss MOFIS in der Erhebungswoche (verwendet für Kalibrierung)

Aus diesen Notationen wird die Einschlusswahrscheinlichkeit $\pi_{i,h}$ eines Fahrzeugs i der Schicht h wie folgt definiert.

$$\pi_{i,h} = \frac{n_h^{bern}}{N_h^{zieh}} \quad (42)$$

Daraus wird ein (erstes) Initialgewicht $w_i^{(1)}$, gegeben die effektive Stichprobengrösse, berechnet.

$$w_i^{(1)} = \frac{1}{\pi_{i,h}} d_i = \frac{N_h^{zieh}}{n_h^{bern}} \frac{n_h^{bern}}{n_h^{brut}} = \frac{N_h^{zieh}}{n_h^{brut}} \quad (43)$$

In einem zweiten Schritt wird das erste Initialgewicht für die globalen Antwortausfälle (unit non-response) angepasst, indem für jede Schicht ein Korrekturfaktor $r_h = n_h^{brut}/n_h^{net}$ für diese Ausfälle berechnet und mit dem Initialgewicht multipliziert wird:

$$w_i^{(2)} = w_i^{(1)} r_h = \frac{N_h^{zieh}}{n_h^{brut}} \frac{n_h^{brut}}{n_h^{net}} = \frac{N_h^{zieh}}{n_h^{net}} \quad (44)$$

Wie in Abschnitt 5.3.1 beschrieben, wurde ein weiterer Korrekturfaktor $r_i^{(L,G)}$ für einzelne Tagesausfälle (item non-response) berechnet. Daraus wird das zweite Initialgewicht $w_i^{(2)}$ angepasst und es ergibt sich ein für Tagesausfälle angepasstes drittes Initialgewicht $w_i^{(3)}$

$$w_i^{(3)} = r_i^{(L,G)} w_i^{(2)} = r_i^{(L,G)} \frac{N_h^{zieh}}{n_h^{net}} \quad (45)$$

Dieses dritte Initialgewicht $w_i^{(3)}$ wird in der Folge wie in der SAS-Datei als w_0k bezeichnet und bildet den Input für die Kalibrierung.

6.2 Kalibrierung

6.2.1 Kalibrierungsvariablen

Wie bereits bei der letzten Erhebung im 2003 (siehe Abschnitt 4.1) können auch im 2008 zwei externe Datenquellen für eine Kalibrierung in Betracht gezogen werden:

Das Fahrzeugregister MOFIS (Motorfahrzeug-Informationssystem) Dieses Register des Bundesamts für Strassen ASTRA enthält die Anzahl und alle technischen Merkmalen, der in der Schweiz immatrikulierten Fahrzeuge.

Register der leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe (LSVA) Dieses von der Eidgenössischen Zollverwaltung geführte Register speichert die Summe der gefahrenen Kilometer von allen Schweizer Lastwagen, welche diese Abgabe entrichten müssen.

Es wurde von der Sektion MOBIL gewünscht, dass bei der Hochrechnung der GTE08 gewisse Merkmale mit jenen aus den Registern übereinstimmen müssen. Dies kann mit einer Kalibrierung der Gewichte anhand des SAS-Makros Calmar2 (INSEE) bewerkstelligt werden.

Bei der Kalibrierung auf das LSVA-Register muss beachtet werden, dass es in der GTE08 auch Fahrzeuge gibt, die von der LSVA ausgeschlossen sind oder einen Pauschalbeitrag leisten. Diese machen etwa 1% der Fahrleistungen aus und sind nicht im LSVA-Register enthalten. Natürlich sind auch die Fahrzeuge, die in der Erhebungswoche nicht gefahren sind, da sie zum Beispiel in der Reparatur waren, für diese entsprechende Woche nicht im LSVA-Register, in einer anderen Woche sind diese aber dann wieder im Register drin.

Im Datensatz für die Hochrechnung sind alle Fahrzeuge, welche theoretisch in der LSVA sind - oder sein müssten, wenn sie nicht ausgefallen wären - mit `lsva_log_daten=1` bezeichnet. Die Gewichte der anderen mit `lsva_log_daten=0` dürfen also nicht auf die LSVA-Daten kalibriert werden.

Für die Kalibrierung wurden die Fahrzeuge anhand zweier Variablen zu verschiedenen Gruppen aggregiert.

In den Tabellen 22 und 23 ist zur Erinnerung die Definition der Schichtung **Schicht** gemäss der Schichtung `strata4` mit 5 Kategorien, sowie die Konstruktion der Klassen **kcat** anhand der zurückgelegten totalen Distanz in Kilometern (Inland + Ausland) $\sum_{d \in w} km_{i,d}^{(G)}$ in der Erhebungswoche w .

Tabelle 22 Schichtung nach Fahrzeugtyp und Gesamtgewicht

Schicht SAS	strata4	Fahrzeugtyp FAZ-Typ	Fahrzeug Gesamtgewicht (GEGE) in Tonnen
351	352	35	[3.5 , 7.5]
352	353	35	] 7.5 , 18.0]
353	354	35	] 18.0 , 26.0]
354	355	35	] 26.0 , 40.0]
381	3738	37,38	] 3.5 , 40.0]
Wobei: 35=Lastwagen, 37=schwere Sattelmotorfahrzeuge, 38=Sattelzüge Nicht in der GTE08 sind alle Fahrzeuge <3.5t sowie 30=Lieferwagen, 36=leichte Sattelmotorfahrzeuge.			

Tabelle 23 Klassen von zurückgelegten wöchentlichen Distanzen (kcat)

kcat	KM
1	0
2	1-399
3	400-999
4	1000-1999
5	2000+

Nach ausgiebigen Tests mit mehreren Kalibrierungsvariablen wurden schlussendlich folgende 5 Variablen aus den Registern als Kalibrierungs-Randverteilungen verwendet:

1) $N_{k,q}^{(MOF)}$ (SAS: kcat&k.&q.): Anzahl Fahrzeuge Total je Quartal (q) gemäss MOFIS mit kcat (k) gemäss LSVA. Zu deren Berechnung wurden die LSVA-Daten mit Hilfe der Stammnummer (Nummernschild /STR) mit dem MOFIS-Register verbunden (siehe Tabelle 24).

Tabelle 24 Anzahl Fahrzeuge Total je kcat und Quartal

kcat	1.Quartal	2.Quartal	3.Quartal	4.Quartal
1	$N_{1,1}^{(MOF)}$	$N_{1,2}^{(MOF)}$	$N_{1,3}^{(MOF)}$	$N_{1,4}^{(MOF)}$
2	$N_{2,1}^{(MOF)}$	$N_{2,2}^{(MOF)}$	$N_{2,3}^{(MOF)}$	$N_{2,4}^{(MOF)}$
3	$N_{3,1}^{(MOF)}$	$N_{3,2}^{(MOF)}$	$N_{3,3}^{(MOF)}$	$N_{3,4}^{(MOF)}$
4	$N_{4,1}^{(MOF)}$	$N_{4,2}^{(MOF)}$	$N_{4,3}^{(MOF)}$	$N_{4,4}^{(MOF)}$
5	$N_{5,1}^{(MOF)}$	$N_{5,2}^{(MOF)}$	$N_{5,3}^{(MOF)}$	$N_{5,4}^{(MOF)}$

Die Fahrzeuge mit kcat=1 umfassen sowohl jene, die nicht gefahren sind (Ausfall=ja) wie auch diejenigen, die nie im LSVA-Register sind (lsva_log_daten=0).

2) $N_{str,q}^{(MOF)}$ (SAS: schicht&str.&q.): Anzahl Fahrzeuge gemäss MOFIS je Schicht (str) und Quartal (q) (siehe Tabelle 25).

Tabelle 25 Anzahl Fahrzeuge je Schicht je Quartal

Schicht	1.Quartal	2.Quartal	3.Quartal	4.Quartal
351	$N_{351,1}^{(MOF)}$	$N_{351,2}^{(MOF)}$	$N_{351,3}^{(MOF)}$	$N_{351,4}^{(MOF)}$
352	$N_{352,1}^{(MOF)}$	$N_{352,2}^{(MOF)}$	$N_{352,3}^{(MOF)}$	$N_{352,4}^{(MOF)}$
353	$N_{353,1}^{(MOF)}$	$N_{353,2}^{(MOF)}$	$N_{353,3}^{(MOF)}$	$N_{353,4}^{(MOF)}$
354	$N_{354,1}^{(MOF)}$	$N_{354,2}^{(MOF)}$	$N_{354,3}^{(MOF)}$	$N_{354,4}^{(MOF)}$
381	$N_{381,1}^{(MOF)}$	$N_{381,2}^{(MOF)}$	$N_{381,3}^{(MOF)}$	$N_{381,4}^{(MOF)}$

3) $N_w^{(MOF)}$ (SAS: echnr&w.): Anzahl Fahrzeuge gemäss MOFIS Total je Erhebungswoche w.

4) $km_{k,q}^{(L)}$ (SAS: kcatKM&k.Q&q.): Gefahrene Kilometer Total (Inland + Ausland km) gemäss LSVA je kcat und Quartal (Tabelle 26).

Tabelle 26 Gefahrene Kilometer Total je kcat und Quartal

KCAT	1.Quartal	2.Quartal	3.Quartal	4.Quartal
1	-	-	-	-
2	$km_{2,1}^{(L)}$	$km_{2,2}^{(L)}$	$km_{2,3}^{(L)}$	$km_{2,4}^{(L)}$
3	$km_{3,1}^{(L)}$	$km_{3,2}^{(L)}$	$km_{3,3}^{(L)}$	$km_{3,4}^{(L)}$
4	$km_{4,1}^{(L)}$	$km_{4,2}^{(L)}$	$km_{4,3}^{(L)}$	$km_{4,4}^{(L)}$
5	$km_{5,1}^{(L)}$	$km_{5,2}^{(L)}$	$km_{5,3}^{(L)}$	$km_{5,4}^{(L)}$

Wie beschrieben werden die Fahrzeuge mit kcat=1 bzw. lsva_log_daten=0 nicht kalibriert.

5) $km_w^{(in,L)}$ (SAS: km-inl&w.): Gefahrene Inland-Kilometer gemäss LSVA je Erhebungswoche w .

Die Tabelle 27 zeigt eine Übersicht aller Kalibrierungsvariablen.

Tabelle 27 Übersicht aller Kalibrierungsvariablen

Grenze	Bereich	Dimension	Variable
1	Quartal x kcat	4 x 5 =20	Anzahl Fahrzeuge
2	Quartal x Schicht	4 x 5 =20	Anzahl Fahrzeuge
3	Woche	52 od 53	Anzahl Fahrzeuge
4	Quartal x kcat	4 x 4 =16	Kilometer
5	Woche	52 od 53	Kilometer Inland

6.2.2 Aufruf und Output CALMAR

Das Statistische Amt Frankreichs (INSEE) hat das SAS-Makro CALMAR2 entwickelt, siehe (INSEE 2004), womit eine Stichprobe auf bekannte Populationsgrössen kalibriert werden kann.

Für die GTE08 Erhebung wurde das Makro wie folgt aufgerufen:

Vorbereitung:

```
options mautosource sasautos=( '!SASR00T/sasautos' macmeth) mrecall;
options sasmstore=macmeth mstored;
filename macmeth "/app/sas/calmar2_v9";
libname macmeth "/app/sas/calmar2_v9";
```

Aufruf des Makros:

```
%CALMAR2('Optionen');
```

Dabei wurden folgende Optionen gesetzt:

Option	Beschreibung
datamen=weekForWeighting,	Vollständiger Datensatz mit allen Variablen inkl. Initialgewichten.
poids=w_0k,	Bezeichnung des Initialgewichts als Input für Kalibrierung.
marmen=margins,	Datensatz mit den Populationsgrößen der Kalibrierungsvariablen.
m=2,	Methode 2 (raking ratio) gewählt bei der Kalibrierung. Diese entspricht dem 'iterativ proportional fitting' Ansatz.
ident=ernr,	Fahrzeug-Identifikator.
colin=oui,	Kollineare Grenzen sind erlaubt.
datapoi=calmar_poids,	Output-Datensatz mit neuen Gewichten nach der Kalibrierung.
misajour=non,	Überschreibung der Resultate beim mehrmaligen Anwenden.
poidsfin=w_cale,	Bezeichnung der Gewichtung im Output-Datensatz.
seuil=0.0001,	Grenze für Konvergenz.
maxiter=30	Maximale Anzahl Iterationen.

Die Auswirkung der Kalibrierung kann am besten anhand der Verteilung der Gewichte vor und nach der Kalibrierung, sowie anhand des Quotienten w_cale/w_0k analysiert werden. Diese Analyse für das ganze Jahr 2008 befindet sich in der Tabelle 28.

Tabelle 28 Analyse der Kalibrierung mit Calmar

Percentil	w_0k	w_cale	w_cale/w_0k ^(a)
100%	4'094	2'392	3.5324
99%	1'997	1'385	1.4256
95%	1'351	964	1.1205
90%	1'027	825	1.0240
75%	822	656	0.9109
50%	685	524	0.8064
25%	540	407	0.6804
10%	412	318	0.5184
5%	370	271	0.4356
1%	332	204	0.2479
0%	266	106	0.1569

^(a)Achtung: entspricht nicht dem Quotient der beiden vorderen Spalten, sondern es sind die Percentile berechnet auf den individuellen Werten.

Die Spalte w_cale/w_0k in der Tabelle 28 zeigt, dass durch die Kalibrierung im Mittel die Gewichte mit 0.8, in den extremen Fällen mit 3.5 multipliziert oder durch 6 ($=1/0.156$) dividiert werden.

Das maximale Gewicht wird mit der Kalibrierung reduziert, es ist jedoch trotzdem höher (2392), als beim Erstellen des Stichprobenplanes vermutet wurde (1500). Dort ist man jedoch von einer anderen Kalibrierung - nämlich jener von der GTE03- ausgegangen.

Ein weiterer oft berechneter Indikator ist der Quotient der extremen Gewichte (Max Gewicht / Min Gewicht), welcher 22.5 ($=2392/106$) beträgt. Dieser bedeutet, dass die Angaben des Fahrzeuges mit dem höchsten Gewicht 22.5 Mal mehr zählen, als jenes mit dem tiefsten. Dieser berechnete Quotient ist vergleichbar mit Werten aus anderen Erhebungen.

Um den Einfluss der Kalibrierung zu analysieren, wurde die Hochrechnung von der Sektion MOBIL mit beiden Gewichten durchgeführt und verglichen. Es wurden dabei keine besonderen Probleme festgestellt.

7 Schätzverfahren

7.1 Varianzschätzung

Bei der GTE08 sollen in erster Linie Totale (wie Kilometer, Tonnen oder Tonnenkilometer) global, oder für gewisse Untersuchungsbereiche (Domains) geschätzt werden.

Diese Totale können wie bei der GTE2003 mit der Theorie und den Formeln des GREG-Schätzers geschätzt werden. In (Salamini 2009) werden aufgrund der bekannten Artikeln von (Deville and Särndal 1992) die Formeln übersichtlich zusammengefasst.

Hier als Überblick die wichtigsten Ergebnisse, wobei im Folgenden die Initialgewichte (w_{0k}) als d_k und die Gewichte nach Kalibrierung (w_{cale}) als w_k bezeichnet werden. Bei der Kalibrierung wird ein Faktor g_k berechnet, wobei $w_k = g_k d_k$, der auch als g_weight bezeichnet wird.

Der GREG-Schätzer eines Totales $Y = \sum_{k \in U} y_k$ ist gegeben durch

$$\hat{Y} = \hat{Y}_{HT} + (x_U - \hat{x}_{HT})^t \hat{\beta}_{HT}, \quad (46)$$

wobei

$$\hat{Y}_{HT} = \sum_{k \in S} d_k y_k, \quad \hat{x}_{HT} = \sum_{k \in S} d_k x_k$$

und

$$\hat{\beta}_{HT} = \left(\sum_{k \in S} d_k x_k x_k^t \right)^{-1} \left(\sum_{k \in S} d_k x_k y_k \right).$$

Dabei ist x_k eine Hilfsvariable, deren Werte für alle Stichprobenelemente k bekannt sind. Zusätzlich kennt man auch das Populationstotal $x_U = \sum_{k \in U} x_k$. HT bei $\hat{Y}_{HT}$ steht für den Standard Horvitz-Thompson Schätzer.

Mit der Taylor-Entwicklung ersten Grades von $\hat{Y}$ kann (46) wie folgt geschrieben werden

$$\hat{Y} = \hat{Y}_{HT} + (x_U - \hat{x}_{HT})^t \hat{\beta}_{HT} \approx \hat{Y}_{HT} + (x_U - \hat{x}_{HT})^t \hat{\beta},$$

mit

$$\hat{\beta} = \left(\sum_{k \in U} x_k x_k^t \right)^{-1} \left(\sum_{k \in U} x_k y_k \right).$$

Diese Approximation des GREG-Schätzers kann auch wie folgt geschrieben werden

$$\hat{Y} \approx x_U^t \hat{\beta} + \sum_{k \in S} d_k (y_k - x_k^t \hat{\beta}) = \sum_{k \in U} x_k^t \hat{\beta} + \sum_{k \in S} d_k e_k,$$

mit den Populations-Residuen $e_k = y_k - x_k^t \hat{\beta}$. Der GREG Schätzer ist approximativ unverfälscht,

$$\mathbf{E}(\hat{Y}) \approx \mathbf{E}(\hat{Y}_{HT}) + \mathbf{E}(x_U - \hat{x}_{HT})^t \hat{\beta} = Y,$$

und seine Varianz ist approximativ gegeben durch

$$\begin{aligned} \mathbf{Var}(\hat{Y}) &\approx \mathbf{Var}\left(\sum_{k \in S} d_k e_k\right) = \sum_{k, l \in U} \Delta_{kl} d_k d_l e_k e_l \\ &= \sum_{k, l \in U} \Delta_{kl} d_k (y_k - x_k^t \hat{\beta}) d_l (y_l - x_l^t \hat{\beta}) \end{aligned}$$

wobei $\Delta_{kl} = \pi_{kl} - \pi_k \pi_l$.

Die Varianz des Schätzers kann wie folgt geschätzt werden

$$\begin{aligned}\widehat{\text{Var}}(\hat{Y}) &= \sum_{k,l \in S} \frac{\Delta_{kl}}{\pi_{kl}} d_k \left(y_k - x_k^t \hat{\beta}_{HT} \right) d_l \left(y_l - x_l^t \hat{\beta}_{HT} \right) \\ &= \sum_{k,l \in S} \frac{\Delta_{kl}}{\pi_{kl}} d_k d_l \hat{e}_k \hat{e}_l,\end{aligned}$$

mit $\hat{e}_k = y_k - x_k^t \hat{\beta}_{HT}$, oder Alternativ mit

$$\begin{aligned}\widehat{\text{Var}}(\hat{Y}) &= \sum_{k,l \in S} \frac{\Delta_{kl}}{\pi_{kl}} w_k \left(y_k - x_k^t \hat{\beta}_{HT} \right) w_l \left(y_l - x_l^t \hat{\beta}_{HT} \right) \\ &= \sum_{k,l \in S} \frac{\Delta_{kl}}{\pi_{kl}} w_k w_l \hat{e}_k \hat{e}_l.\end{aligned}$$

Da $w_k = d_k g_k$ ist, kann die letzte Formel wie folgt geschrieben werden

$$\widehat{\text{Var}}(\hat{Y}) = \sum_{k,l \in S} \frac{\Delta_{kl}}{\pi_{kl}} d_k d_l (g_k \hat{e}_k)(g_l \hat{e}_l), \quad (47)$$

Das heisst, man kann die Standardformeln zur Varianzschätzung (und so auch die in SAS implementierten Prozeduren) verwenden, wenn man die mit den `g_weights` multiplizierten Stichproben-Residuen verwendet.

7.2 Umsetzung mit SAS

Wie eben in Abschnitt 7.1 erläutert, können zur Hochrechnung die Standardprozeduren von SAS oder von einer anderen Statistiksoftware verwendet werden. Dies ist ein Fortschritt gegenüber der Erhebung GTE2003, wo noch alle Berechnungen und Formeln ausprogrammiert wurden.

Zuerst muss die Inputdatei ausgewählt werden. Es kommen drei Dateien als mögliche Inputdateien in Frage:

week (Fahrzeugdatei): Analyseeinheit ist das Fahrzeug. Im Datensatz hat man eine Zeile je Fahrzeug

transport (Warendatei): Analyseeinheit ist die transportierte Ware. Man hat also pro Transport eine Zeile und so sind mehrere Zeilen je Fahrzeug möglich. Daher ist dieser Datensatz zu interpretieren wie eine Klumpenstichprobe!

journey (Fahrtendatei): Analyseeinheit ist die Fahrt. Es gibt pro Fahrt eine Zeile und man hat auch hier mehrere Zeilen je Fahrzeug (ist ebenfalls eine Klumpenstichprobe).

Bemerkung Der Unterschied zwischen einem Transport und einer Fahrt ist folgender: Eine Fahrt kann sich aus mehreren Transporten zusammensetzen und dauert so lange bis alle ursprünglich geladenen Waren abgeladen sind, d.h. bis der Lastwagen wieder leer ist. Ein Transport dauert vom Aufladen bis zum Abladen einer einzigen bestimmten Ware.

Nun also zur Hochrechnungsprozedur, dessen hier beschriebener Ablauf im SAS-Makro `%estimSM` im SAS-Programm `printmacros.sas` implementiert ist.

In einem ersten Schritt müssen in SAS mit der Prozedur `proc glm` die Residuen für das Regressions-Modell (Formel 47) berechnet werden, wo als Zielgrösse die zu schätzende Variable (`&var`), und als Einflussgrössen alle Kalibrierungsvariablen gesetzt werden. Es wird ein Modell für jedes Quartal separat berechnet, wobei als Gewicht immer das Initialgewicht `w_0k` gesetzt wird.

```
%do q=1 %to 4;
  proc glm data=vhc noprint;
    class stratvar kcatc;
    weight w_0k;
    model &var = stratvar kcatc kcatkm2q&q. kcatkm3q&q. kcatkm4q&q. kcatkm5q&q.
              %do w=&weekStart. %to &weekEnd.; km_inl&w. %end;
    / solution xpx noint;
    output out=res_vehiq&q. residual=&var._res;
  quit;
run;
%end
```

Für alle unkalibrierten Fälle mit `lsva_log_daten=0`, werden anschliessend die Residuenwerte mit den originalen Variablenwerten überschrieben:

```
data res_vehi; set %do q=1 %to 4; res_vehiq&q. %end;;
if lsva_log_daten=0 then &var._res=&var;
run;
```

In einem weiteren Schritt werden sowohl die Variable mit den oben berechneten Residuen (`&var._res`) wie auch die original Zielgrösse (`&var`) der SAS Stichproben-Prozedur `proc surveymeans` übergeben. Bei dieser Prozedur müssen mehrere Variablen als Input übergeben werden, wobei der SAS-Code wie unten aufgeführt aussieht.

Die Binärvariable `aktiv` ist gleich 1, wenn das Fahrzeug in der entsprechenden Woche gefahren ist (Ausfall=nein), 0 sonst. Für die Hochrechnung sind wegen der Varianzschätzung auch die inaktiven Fahrzeuge (`aktiv=0`) im Datensatz drin. Man interessiert sich aber logischerweise nur für die Hochrechnung der Fahrzeuge mit `aktiv=1`, welche am Ende des Outputs behalten wird.

Achtung: Der Output muss wie folgt interpretiert werden. Die Hochrechnung des Totals ergibt sich aus der Schätzung der Variablen (`&var`), die richtige Varianzschätzung von (`&var`) muss aber bei der Varianzschätzung der hochgerechneten Residuenvariablen (`&var._res`) abgelesen werden!

```
proc surveymeans
  *Inputdatei;
  data=res_vehi
  *Populationstotal je Schicht;
  total=pop_tot
  *Analyse des Totals;
  nobs missing sum std;
  *Untersuchungsbereich (domain) angegeben?;
  %if &domain ne %then %do;
    domain aktiv*&domain;
  %end;
  %if &domain = %then %do;
    domain aktiv;
  %end;
  *Abklären welcher Datensatz als Input: Falls nicht Fahrzeugdatei (week): Klumpenstichprobe;
  %dsIsType(&datain, week, isWeek);
  %if not &isWeek %then %do; cluster ernr; %end;
  *Schichtungsvariable;
  strata stratvar;
  *Analysevariable sowie jene mit Residuen;
  var &var &var._res ;
  *Hochrechnungsgewicht;
  weight w_cale;
  *Export des Outputs;
  ods output domain= &dataout (where=(aktiv=1));
run;
```

7.3 Antwortquoten und Resultate

In diesem Abschnitt sollen die Antwortquoten der Erhebung sowie einige Resultate zur Anschauung der Methoden und der Genauigkeit dargestellt werden. Die offiziellen Resultate sind auf der Website des BFS publiziert und können von diesen hier abweichen.

Die Erhebung wird wie beschrieben auf Basis einer wöchentlich gezogenen Stichprobe durchgeführt. Die Resultate werden erst nach Ablauf eines Jahres publiziert, wobei Jahres- wie auch Quartals-Resultate interessieren.

Die Tabelle 29 der Antwortquoten zeigt im oberen Teil die Auswertung nach den Quartalen im Jahr 2008. Bei den Antwortausfällen werden wie ersichtlich drei Kategorien unterschieden (Keine Antwort/ Verweigert/unbrauchbar). Unter Befreit fallen Fahrzeuge, welche eigentlich nicht in der Stichprobe sein sollten wie jene des Militärs, Postautos etc. Im unteren Teil findet man eine Analyse für die 52 Wochenstichproben von 2008.

In Jahr 2008 konnten insgesamt 55% der Fragebogen (4'569 von 8'381 Fahrzeugen) für die Hochrechnung verwendet werden. Dieser Wert ist leicht höher als jener der GTE 2003 (49%). Dabei schwanken die wöchentlichen Antwortquoten zwischen 47% und 66%.

Tabelle 29 Antwortquoten GTE08: je Quartal und Woche

Quartal	Ok		Keine Antwort		Unbrauchbar		Verweigert		Befreit		Total	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
1	57.95	1'185	18.88	386	8.80	180	8.70	178	5.67	116	100	2'045
2	55.75	1'212	23.23	505	9.52	207	7.77	169	3.73	81	100	2'174
3	51.91	1'100	23.12	490	11.47	243	8.97	190	4.53	96	100	2'119
4	52.99	1'072	22.74	460	10.43	211	9.14	185	4.70	95	100	2'023
Total	54.65 ¹	4'569	22.02	1'841	10.06	841	8.64	722	4.64	388	100	8'361

¹ ist die jährliche durchschnittliche Antwortquote (=4'569/8'361)

Analyse je Woche (2008: Total 4×13=52 Wochen)

Minimum	47.27	71	11.63	20	5.19	7	4.22	7	1.74	3		135
Maximum	66.28	114	31.72	59	16.47	28	13.73	23	9.64	16		189
Mittelwert	54.71 ²	88	21.95	35	10.03	16	8.67	14	4.64	7		161

² ist der Mittelwert aller wöchentlichen Antwortquoten und kann - wie hier der Fall - von ¹ abweichen.

Die Tabellen 30 und 31 zeigen eine Analyse nach der Schicht. Aufgrund der Bernoulli-Ziehung weichen die effektiv gezogenen von den theoretisch geplanten Stichprobengrössen ab (cf. Tabelle 30). Im Mittel stimmen aber diese beiden Grössen überein wie es gemäss Theorie zu erwarten ist. Aufgrund der Schwankung in der kleinen Schicht 351 gegen unten, wurde gegen Ende Jahr entschieden, die theoretische Stichprobengrösse zu erhöhen. Dies soll gewährleisten, dass im Minimum immer eine akzeptable Netto-Stichprobengrösse erreicht wird. In der Altjahreswoche, wo allgemein weniger gefahren wird, wurde die Grösse von 11 auf 20 erhöht. Ab dem Jahr 2009 wird die theoretische Grösse der Schicht 351 für jede Woche 16 betragen.

Tabelle 30 Brutto-Stichprobengrösse GTE08: je Schicht

Schicht	Brutto Stichprobengrösse effektiv je Woche				theoretisch (Bernoulli)	
	Mittel	Min	Max	Total 2008	je Woche	Total 2008
351	11	4	22	571	11(22*)	583
352	60	45	83	3100	60	3120
353	29	14	40	1511	28	1456
354	35	23	48	1802	34	1768
381	26	17	39	1377	27	1404
Global	161	135	189	8361	160(171)	8331

* in Woche 52: von 11 auf 22 verdoppelt, ab 2009: 16

Tabelle 31 Antwortquoten GTE08: je Schicht

Schicht	Nettostichprobengrösse (Verwertbare FB + inaktive) Anzahl OK absolut je Woche				Anteil OK in %				GTE 2003
	Mittel	Min	Max	Total 2008	Mittel	Min	Max	Total 2008	Mittel in %
351	7	3	15	376	67.62	38.46	100.00	65.85	71.43
352	33	20	45	1737	56.15	44.44	70.69	56.03	50.00
353	16	6	24	844	55.73	32.00	80.00	55.86	47.17
354	18	11	30	952	53.00	34.09	73.53	52.83	44.84
381	13	5	22	660	47.99	22.73	75.86	47.93	44.05
Global	88	71	114	4569	54.71	47.27	66.28	54.65	49.20

Die Antwortquoten je Schicht können ebenfalls stark variieren, wobei bis auf die Schicht 381 die Antwortquoten im Mittel über 50% liegen. Mit Ausnahme der Schicht 351 sind die Antwortquoten besser als jene aus der GTE03.

Die Tabellen 32 und 33 zeigen einige Resultate der Erhebung²⁶. Die Genauigkeit dieser Resultate wird in der Regel mit dem Variationskoeffizienten (CV) oder der halben 95%-Vertrauensintervall Länge in Prozent (=doppelter CV) dargestellt. In den Tabellen der GTE wurde letzteres gewählt, wobei die Genauigkeit in den Spalten $\pm\%$ dargestellt sind. Die Genauigkeit der globalen Resultate nach Quartal beziehungsweise Gesamtgewichtsklassen sind Zufrieden stellend. Einzig in der Grössenklasse zwischen 3.5 und 7.5 Tonnen sind die Genauigkeiten ungenügend. Dies war jedoch schon bei der Erarbeitung des Plans klar (siehe Tabelle 9) und da es sich hier um eine sehr kleine Schicht handelt, ist der Einfluss auf die Gesamtschätzung jedoch gering. Die doppelten CV's sind für die Fahrleistung immer unter 0.5%. Da ja auf die Fahrleistung kalibriert wird, sieht man in diesen Schätzungen annähernd die Werte der LSVA. Die Werte der GTE08 unterscheiden sich jedoch von jenen der LSVA und die Varianzschätzung ist nicht Null, da die Fahrzeuge, die keine LSVA entrichten müssen, nicht in die Kalibrierung aber in die Hochrechnung einbezogen wurden.

Das für Eurostat definierte Ziel einer Genauigkeit von CV=5% (d.h. $\pm=10\%$) wird auch für das Transportgut und die Transportleistungen mehrheitlich eingehalten, obwohl bei letzteren die Ungenauigkeit etwas höher ist.

Die Tabelle 33 mit den Leistungen nach Warenart bzw. Frachtart zeigt, dass dort die Variationskoeffizienten im allgemeinen sehr hoch sein können. In den offiziellen Tabellen werden alle geschätzten Werte mit einem CV von über 50% in Klammern gesetzt und die Abweichung nicht publiziert. Diese Werte sind also mit Vorsicht zu geniessen.

Möchte man die Genauigkeit verbessern, müsste man die Stichprobengrösse vergrössern, oder eine bessere Ausschöpfung der Stichprobe anvisieren, d.h. eine bessere Antwortquote erreichen.

Tabelle 32 Resultate I: GTE08

GTE08: Leistungen nach Quartal						
Quartal	Transportgut in 1000 t	$\pm\%$	Transportleistung in 1000 tkm	$\pm\%$	Fahrleistung in Mio. Fzkm	$\pm\%$
Total	288'037.9	2.2	10'887'888.2	3.8	1'710.3	0.2
1	59'235.1	4.2	2'374'108.1	8.1	387.2	0.5
2	81'330.9	4.2	2'925'767.1	7.2	453.6	0.4
3	78'001.8	4.2	2'936'604.4	8.1	439.7	0.2
4	69'470.1	4.8	2'651'408.6	7.2	429.8	0.3

GTE08: Leistungen nach Gesamtgewicht						
Gesamtgewicht [t]	Transportgut in 1000 t	$\pm\%$	Transportleistung in 1000 tkm	$\pm\%$	Fahrleistung in Mio. Fzkm	$\pm\%$
Total	288'037.9	2.2	10'887'888.2	3.8	1'710.3	0.2
3.501-7.5	1'187.3	40.9	33'726.7	89.8	39.9	4.4
7.501-18	106'406.8	4.3	6'620'186.8	5.5	1'115.0	0.2
18.001-26	52'707.4	5.4	2'022'934.5	8.1	290.7	0.4
>26	127'736.5	2.5	2'211'040.2	5.1	264.7	0.2

²⁶Die offiziellen Resultate sind auf der Webseite des BFS unter den Thema 11 (Mobilität und Verkehr) bzw. diesem Link verfügbar: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/11/05/blank/dos/04/02.html>

Tabelle 33 Resultate II: GTE08

GTE08: Leistungen nach Warenart					
Warenart (NST 2007)		Transportgut in 1000 t ±%		Transportleistung in 1000 tkm ±%	
	Total	288'037.9	2.2	10'887'888.2	3.8
1	Erzeugnisse der Landwirtschaft, Jagd, Forstwirtschaft und Fischerei	18'660.5	10.6	1'103'322.0	11.9
2	Kohle, rohes Erdöl und Erdgas	351.4	54.9	9'886.0	69.1
3	Erze, Steine und Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse	106'657.7	6.0	1'813'334.5	6.5
4	Nahrungs- und Genussmittel	28'402.3	7.6	2'047'105.1	9.1
5	Textilien und Bekleidung; Leder und Lederwaren	1'181.6	33.2	90'667.0	49.4
6	Holz sowie Holz- und Korkwaren (ohne Möbel); Papier	5'062.9	15.7	365'175.9	19.1
7	Kokereierzeugnisse und Mineralölerzeugnisse	14'028.4	12.6	553'896.5	14.7
8	Chemische Erzeugnisse und Chemiefasern; Gummi- und Kunststoffwaren	5'593.9	15.4	489'193.5	18.1
9	Sonstige Mineralerzeugnisse (verarbeitete Baustoffe, Glas)	38'662.9	6.3	1'096'253.9	12.2
10	Metalle und Halbzeug daraus, Metallerzeugnisse (ohne Maschinen und Geräte)	7'790.4	15.2	578'350.0	15.7
11	Maschinen und Ausrüstungen, elektronische Geräte	2'202.1	19.1	156'776.6	33.6
12	Fahrzeuge	805.1	26.8	73'868.7	29.1
13	Möbel; sonstige Erzeugnisse	1'844.8	30.8	200'435.9	25.1
14	Sekundärrohstoffe; Abfälle	30'765.3	7.4	847'130.3	11.8
15	Post, Pakete	2'249.1	24.2	142'603.4	41.5
16	Geräte und Material für die Güterbeförderung	8'503.4	14.7	388'639.7	19.8
17	Zur Reparatur bewegte Fahrzeuge und sonstige nichtmarktbestimmte Güter	5'839.1	12.1	220'463.6	15.4
18	Sammelgut	7'580.4	16.0	624'011.1	15.7
19	Nicht identifizierbare Waren	801.3	40.1	49'183.6	48.5
20	Sonstige Güter	1'055.3	23.2	37'590.9	42.8

GTE08: Transportgut nach Frachtart					
Frachtart		Transportgut in 1000 t ±%		Transportleistung in 1000 tkm ±%	
	Total	288'037.9	2.2	10'887'888.2	3.8
0	Flüssige Massengüter	35'439.9	7.1	1'062'332.9	11.5
1	Trockene Massengüter	120'521.6	5.5	2'554'456.5	7.3
2	Grosscontainer und andere grosse Behälter	33'323.4	8.7	871'467.9	11.5
3	Andere Behälter	11'338.9	8.5	324'604.4	17.6
4	Palettisierte Güter	55'967.9	5.5	4'254'039.5	6.7
5	Gebündelte Güter	6'325.9	17.1	446'424.7	18.4
6	Transport von Fahrzeugen mit eigenem Antrieb	3'590.6	16.3	139'875.7	18.2
7	Transport von Fahrzeugen ohne eigenen Antrieb	626.6	37.7	20'561.2	53.7
8	Lebende Tiere	727.4	32.2	60'587.5	32.8
9	Übrige Frachtarten	20'175.6	12.1	1'153'537.9	12.1

Anhang

A Analyse der Datenaufbereitung GTE03

A.1 Antwortausfälle

Tabelle 34 Anzahl Antwortausfälle aufgrund von fehlenden Angaben zu den Fahrkilometer für die gesamte Erhebungswoche.

unit_miss	Anz. Fz	%
0	6599	66.05
1	3392	33.95
Total	9991	100.00

Tabelle 35 Anzahl Fahrzeuge mit Daten in der GTE03 und der LSVA in derselben Erhebungswoche ($woche_i^{G,L} = 1$).

$woche_i^{G,L}$	Anz. Fz	%
unit_miss=1	3392	33.95
0	256	2.56
1	6343	63.49
Total	9991	100.00

Tabelle 36 Merkmalsausfälle in den gefahrenen Kilometern und Angaben zum Gewicht.

Merkmalsausfälle (Tage) in der GTE03

km-Angaben

n_miss_km = Anzahl Tage, an welchen mindestens eine Fahrt keine km-Angaben aufweist.
n_miss_km=0, wenn für alle Fahrten km-Angaben vorhanden sind.

Frequency Percent Row Pct Col Pct	Table of unit_miss by n_miss_km								
	unit_miss	n_miss_km							Total
		0	1	2	3	4	5	7	
	0	5641	804	114	18	12	10	0	6599
		56.46	8.05	1.14	0.18	0.12	0.1	0	66.05
85.48		12.18	1.73	0.27	0.18	0.15	0		
100		100	100	100	100	100	0		
1	0	0	0	0	0	0	3392	3392	
	0	0	0	0	0	0	33.95	33.95	
	0	0	0	0	0	0	100		
	0	0	0	0	0	0	100		
Total	5641	804	114	18	12	10	3392	9991	
	56.46	8.05	1.14	0.18	0.12	0.1	33.95	100	

Gewichtsangaben

n_miss_gewicht = Anzahl Tage, an welchen mindestens für ein Transportgut das Gewicht fehlend ist
(., oder 99999).

n_miss_gewicht=0, wenn für alle Transportgüter aller Fahrten ein Gewicht vorhanden ist.

Frequency Percent Row Pct Col Pct	Table of unit_miss by n_miss_gewicht									
	unit_miss	n_miss_gewicht							Total	
		0	1	2	3	4	5	6		7
	0	5006	670	229	186	197	268	33	10	6599
		50.11	6.71	2.29	1.86	1.97	2.68	0.33	0.1	66.05
75.86		10.15	3.47	2.82	2.99	4.06	0.5	0.15		
100		100	100	100	100	100	100	0.29		
1	0	0	0	0	0	0	0	3392	3392	
	0	0	0	0	0	0	0	33.95	33.95	
	0	0	0	0	0	0	0	100		
	0	0	0	0	0	0	0	99.71		
Total	5006	670	229	186	197	268	33	3402	9991	
	50.11	6.71	2.29	1.86	1.97	2.68	0.33	34.05	100	

A.2 Antwortverhalten

Tabelle 37 Signifikante Variablen, die einen Einfluss auf das Antwortverhalten der Fahrzeuge FAZ=35 haben.

FAZ=35

The LOGISTIC Procedure

Model Fit Statistics		
Criterion	Intercept Only	Intercept and Covariates
AIC	15471.426	15275.254
SC	15478.746	15319.174
-2 Log L	15469.426	15263.254

Testing Global Null Hypothesis: BETA=0			
Test	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq
Likelihood Ratio	206.1719	5	<.0001
Score	200.4212	5	<.0001
Wald	189.0939	5	<.0001

Type 3 Analysis of Effects			
Effect	DF	Wald Chi-Square	Pr > ChiSq
gege_cl2	2	176.6396	<.0001
lkra_r	1	10.6099	0.0011
anh_r	1	5.9401	0.0148
fzalt_cl2	1	6.3652	0.0116

B Stichprobenplan

B.1 Einfluss der Annahmen

Abbildung 10 Grafik links: Nettostichprobengröße (net_samp_size) in Bezug auf das maximal erlaubte Gewicht (max_gew), nach der Kalibrierung, wenn ein $cv = 0.0255$ vorgegeben ist.

Grafik rechts: Simulation der Bruttostichprobengröße (samp_size) in Bezug auf eine relative Veränderung der Antwortausfallrate gegenüber der GTE03 (num_resp_coeff).

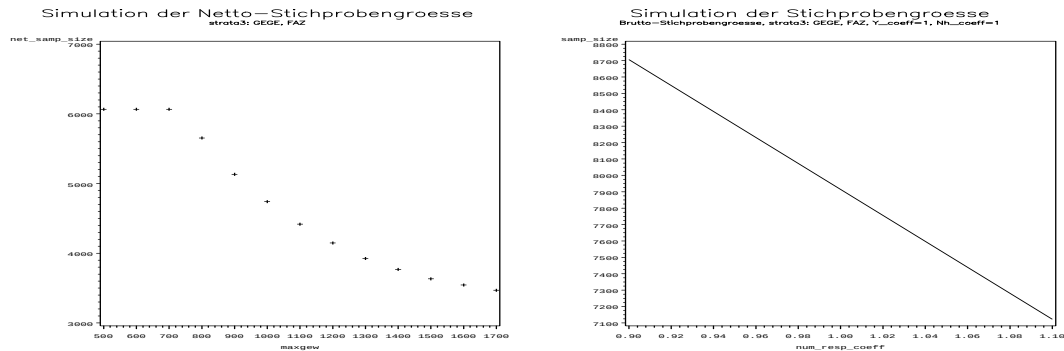
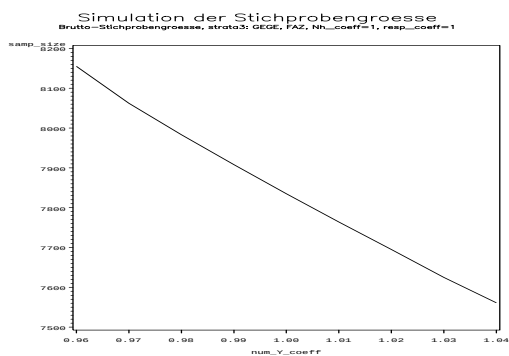


Abbildung 11 Bruttostichprobengröße (samp_size) in Bezug auf eine relative Veränderung der Populationsgröße gegenüber der GTE03 (num_Nh_coeff) und des Transportguts (num_Y_coeff), wenn ein $cv = 0.0255$ vorgegeben ist.



B.2 Ziehperiodizität

Abbildung 12 Entwicklung der Anzahl Fahrzeuge des Stichprobenrahmens (MOFIS) während der GTE03. sem_gte entspricht der Woche. Die Woche 51 wurde mit der Woche 50 eingesetzt.

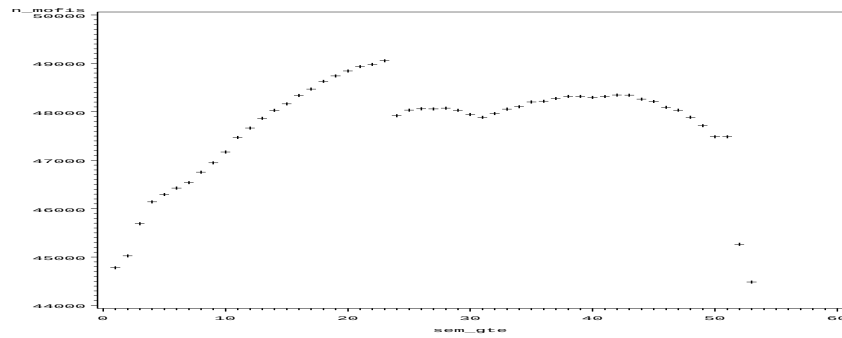


Abbildung 13 Entwicklung der Anzahl 'überlebender' Fahrzeuge gegenüber der Vorwoche des Stichprobenrahmens (MOFIS) während der GTE03. sem_gte entspricht der Woche, p_ueber1 entspricht dem Prozentualen Anteil der Überlebenden. Die Woche 51 wurde mit der Woche 50 eingesetzt.

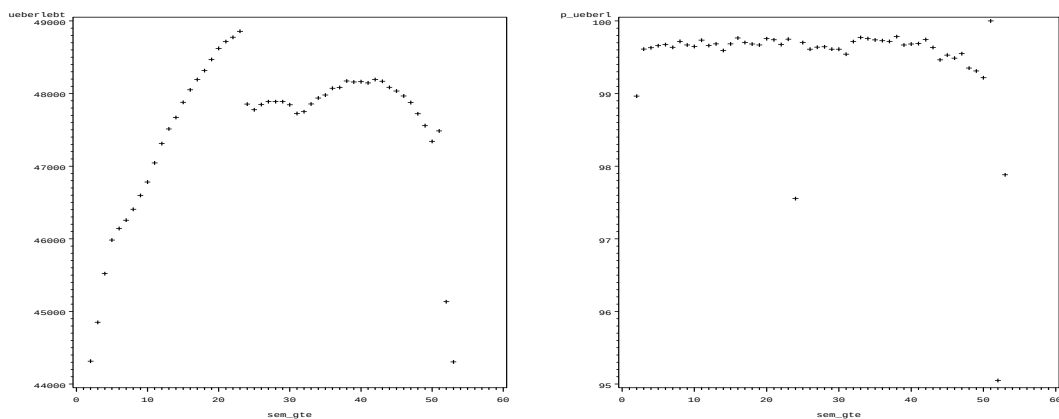


Abbildung 14 Entwicklung der Anzahl ausgeschiedener Fahrzeuge gegenüber der Vorwoche des Stichprobenrahmens (MOFIS) während der GTE03. sem_gte entspricht der Woche, p_gest entspricht dem Prozentualen Anteil der ausgeschiedenen Fahrzeuge. Die Woche 51 wurde mit der Woche 50 eingesetzt.

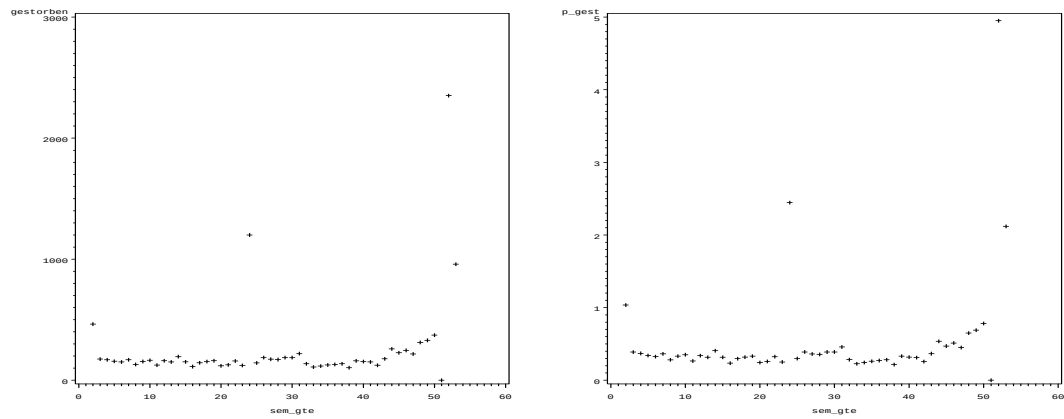
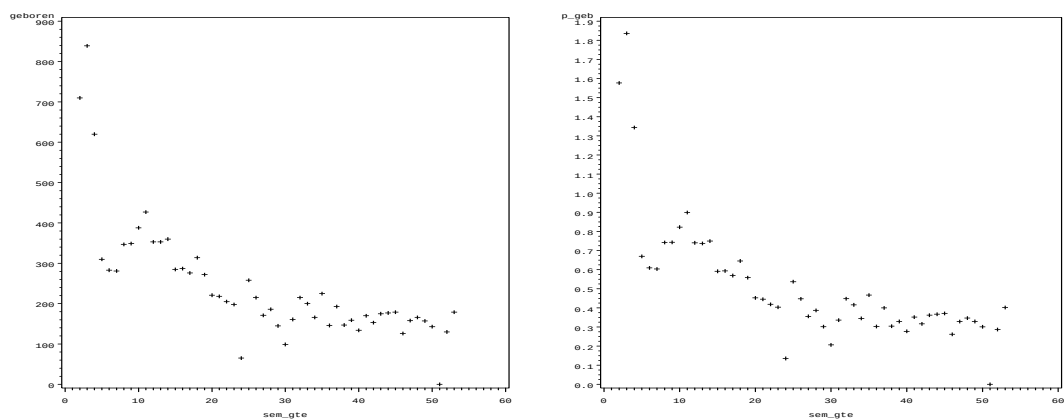


Abbildung 15 Entwicklung der Anzahl neu immatrikulierten Fahrzeuge gegenüber der Vorwoche des Stichprobenrahmens (MOFIS) während der GTE03. sem_gte entspricht der Woche, p_geb entspricht dem Prozentualen Anteil der neu immatrikulierten Fahrzeuge an der Anzahl Fahrzeuge der aktuellen Woche. Die Woche 51 wurde mit der Woche 50 eingesetzt.



C Datenaufbereitung 2008

C.1 Deterministische Einsetzungsverfahren

Leerfahrten und Frachtart

```
/* Deterministische Einsetzung der Variablen 'leer': */
f_leer=0;
/* Ein Warencode 'Gebrauchte und leere Verpackungen' ist nie eine Leerfahrt:*/
if ware=94 and leer ne 0 then do; leer=0; f_leer=1; end;
/* Falls Angaben zu Gewicht, Ware und Fracht vorhanden sind, handelt es sich */
/* nicht um eine Leerfahrt:*/
if leer in (., 1) and gewicht>0 and ware>0 and fracht ne . then do; leer=0; f_leer=1; end;
/* Sind alle Angaben fehlend, aber eine Distanz wurde angegeben, handelt es */
/* sich um eine Leerfahrt: */
if leer=0 and fahrt_dist>0 and gewicht in (0,.) and ware=. and fracht=.
then do; leer=1; f_leer=1; end;
/* Deterministische Einsetzung (Löschung) der Variablen 'fracht' bei leerfahrten: */
f_fracht=0;
if leer=1 and ware=. and gewicht in (0,.) and fracht ne .
then do; fracht=.; gewicht=.; f_fracht=1; end;
```

C.2 Simulation der Einsetzungsverfahren mit der GTE03

Abbildung 16 Auswirkungen verschiedener Einsetzungsmethoden mit der GTE03: Mittelwert mit Zufallsabweichung ($_m$), Median mit Zufallsabweichung ($_med$), zwei Nächster-Nachbar-Einsetzungsmethoden. 'ton' bezeichnet den publizierten Wert.

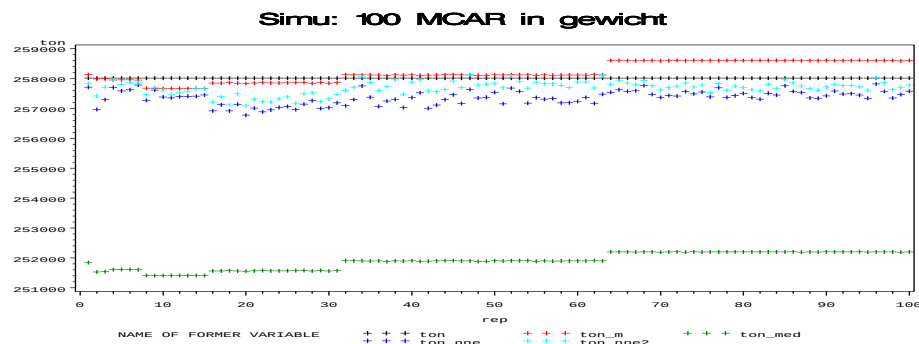


Abbildung 17 Auswirkungen verschiedener Einsetzungsmethoden mit der GTE03: Mittelwert mit Zufallsabweichung ($_m$), Median mit Zufallsabweichung ($_med$), zwei Nächster-Nachbar-Einsetzungsmethoden. 'ton_inl' bezeichnet den publizierten Wert.

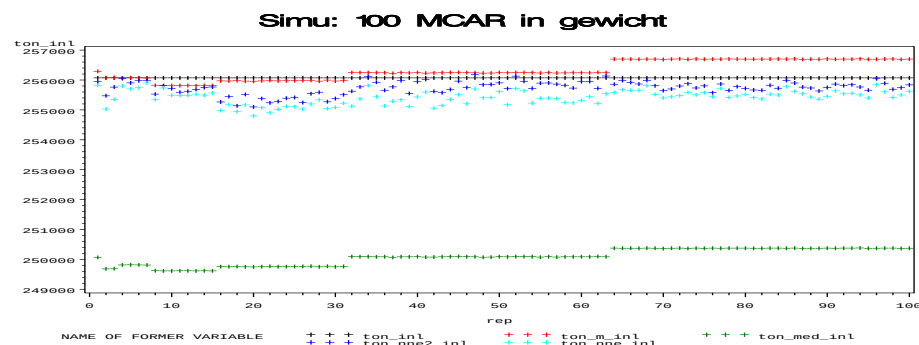
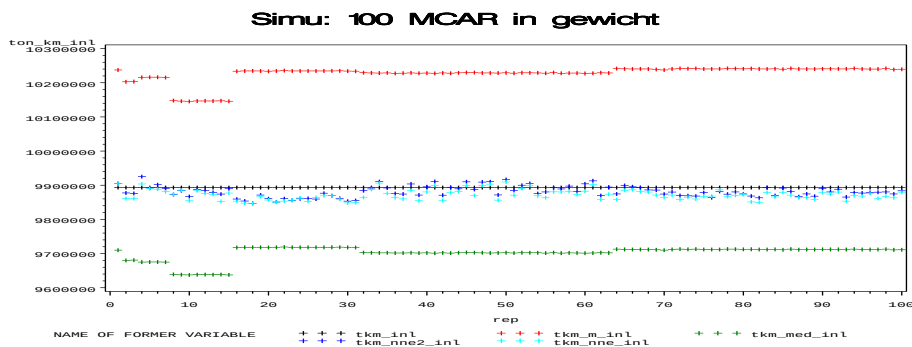


Abbildung 18 Auswirkungen verschiedener Einsetzungsmethoden mit der GTE03: Mittelwert mit Zufallsabweichung ($_m$), Median mit Zufallsabweichung ($_med$), zwei Nächster-Nachbar-Einsetzungsmethoden. 'tkm_inl' bezeichnet den publizierten Wert.



C.3 Merkmalsausfälle

Vor den Einsetzungen

Tabelle 38 Anzahl Antwortausfälle nach der manuellen Bearbeitung der ersten 28 Wochen. Ausfall=1 bedeutet, dass das Fahrzeug nicht in der Population der GTE08 war. Die Antwortausfälle beziehen sich auf die Variablen leer, ware, fracht, gewicht und fahrt_dist.

Ausfall vs. fehlende Angabe

Kein Ausfall: ausfall=0; miss_status=Anzahl vorhandene Angaben

The FREQ Procedure

Frequency Percent Row Pct Col Pct	Table of ausfall by miss_status					
	ausfall	miss_status				
		1	2	3	4	5
0		287	252	466	3571	51997
		0.51	0.45	0.82	6.31	91.83
		0.51	0.45	0.82	6.31	91.91
		100.00	99.60	99.79	99.83	99.92
1		0	1	1	6	40
		0.00	0.00	0.00	0.01	0.07
		0.00	2.08	2.08	12.50	83.33
		0.00	0.40	0.21	0.17	0.08
Total		287	253	467	3577	52037
		0.51	0.45	0.82	6.32	91.90

Nach deterministischen Einsetzungen

Tabelle 39 Anzahl Antwortausfälle nach den deterministischen Einsetzungen der ersten 14 Wochen.

Ausfall vs. fehlende Angabe

Kein Ausfall: ausfall=0; miss_status=Anzahl vorhandene Angaben

The FREQ Procedure

Frequency Percent Row Pct Col Pct	Table of ausfall by miss_status			
	ausfall	miss_status		
		3	4	5
0		10	613	21913
		0.04	2.72	97.24
		0.04	2.72	97.24
		100.00	100.00	100.00
Total		10	613	21913
		0.04	2.72	97.24

Nach stochastischen Einsetzungen

Tabelle 40 Anzahl Antwortausfälle nach den stochastischen Einsetzungen der ersten 14 Wochen. Ausfall=1 bedeutet, dass das Fahrzeug nicht in der Population der GTE08 war.

Ausfall vs. fehlende Angabe

Kein Ausfall: ausfall=0; miss_status=Anzahl vorhandene Angaben

The FREQ Procedure

Frequency Percent Row Pct Col Pct	Table of ausfall by miss_status		
	ausfall	miss_status	
		4	5
0		4	22532
		0.02	99.98
		0.02	99.98
		100.00	100.00
Total		4	22532
		0.02	99.98

C.4 Tagesausfallgewichtung

Abbildung 19 Vergleich des Quotienten (Stichprobengewicht $\times$ Tagesausfallgewicht)/Stichprobengewicht und demselben Quotienten nach der Kalibrierung.

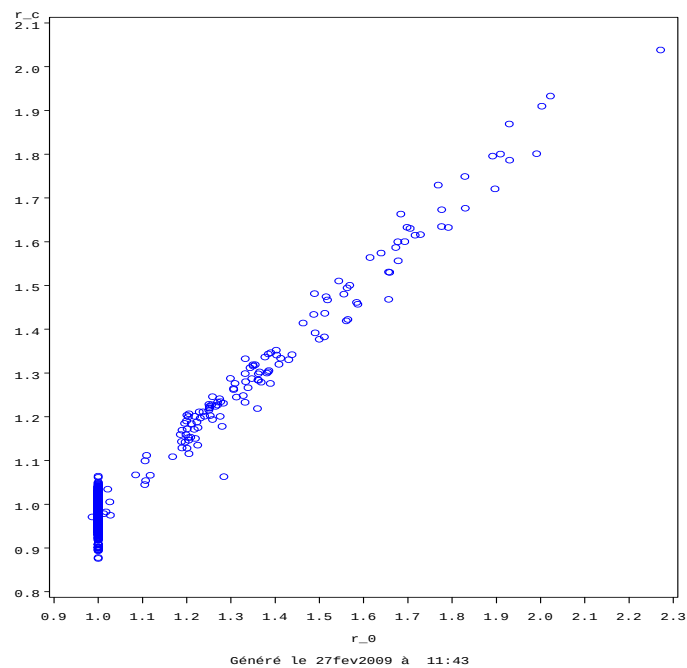


Abbildung 20 Distances parcourues selon le rapport $u_c = \frac{w_c^{sans}}{w_c^{corr}}$, où w_c^{sans} est le poids d'extrapolation sans la correction pour les journées manquantes et w_c^{corr} est le poids d'extrapolation avec cette correction.

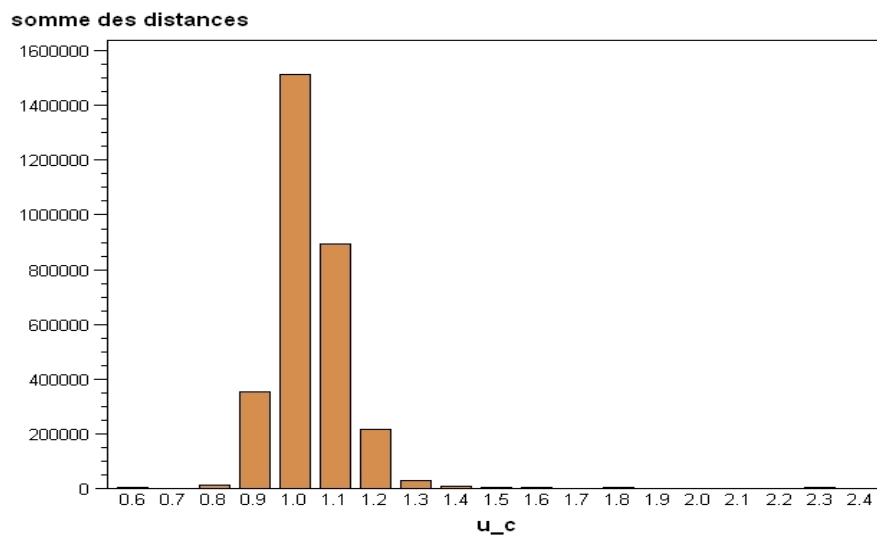


Tabelle 41 Prestation pour l'année 2008 avec et sans l'estimation des jours manquants. La correction pour les journées manquantes est dénoté par 'corr.', le nombre de véhicules par '# veh.', 'vkm' sont des kilomètres véhicule et 'tkm' des tonnes-kilomètres.

	#	Prest circ tot		Prest circ vide		March transport		Prest transport	
corr.	veh.	mio vkm	±%	mio vkm	±%	en 1000 t	±%	en 1000 tkm	±%
Sans	4'414	1'711.8	0.2	468.5	3.5	291'720.2	2.2	10'872'306.9	3.8
Avec	4'569	1'710.3	0.2	467.0	3.5	288'037.9	2.2	10'887'888.2	3.8

Tabelle 42 Prestation pour l'année 2008 avec des véhicules avec des jours manquants

	Prest circ tot	Prest circ vide	March transport	Prest transport
	mio vkm	mio vkm	en 1000 t	en 1000 tkm
Total	1'710.3	467.0	288'037.9	10'887'888.2
Original	1659.0	452.5	279597.2	10576442.0
Corrigé	51.3	14.5	8440.6	311446.2
Part corr	3.0%	3.1%	2.9%	2.9%

Tabelle 43 Description des valeurs de $u_c = \frac{w_c^{sans}}{w_c^{corr}}$, où w_c^{sans} est le poids d'extrapolation sans la correction pour les journées manquantes et w_c^{corr} est le poids d'extrapolation avec cette correction.

Mesures		Quantiles	
Mean	1.050826	100% Max	2.301836
Median	1.036682	99%	1.35439
Std Dev	0.09765	75% Q3	1.098375
		25% Q1	0.985442
		1%	0.882626
		0% Min	0.634306

Tabelle 44 Part de chaque type de marchandise par rapport au total des marchandises transportées pour les véhicules avec correction et sans correction (tonnes transportées). La troisième colonne représente la part de chaque type de marchandise effectuée par les véhicules avec correction.

	Ok	corr.	Part des véhicules corr.
0	0.05%	0.00%	0.0%
11	2.52%	1.06%	1.3%
12	1.22%	0.17%	0.4%
13	0.25%	0.22%	2.5%
14	0.39%	0.48%	3.6%
15	2.23%	0.28%	0.4%
21	8.57%	9.62%	3.3%
22	1.00%	0.59%	1.7%
31	0.00%	0.00%	0.0%
32	0.11%	0.57%	13.7%
33	3.56%	2.98%	2.5%
41	0.01%	0.00%	0.0%
42	1.94%	2.18%	3.3%
51	36.82%	43.64%	3.5%
52	1.26%	3.80%	8.4%
53	13.21%	6.42%	1.4%
61	0.15%	0.00%	0.0%
62	1.22%	0.26%	0.6%
63	0.71%	0.25%	1.1%
64	0.04%	0.17%	11.2%
71	0.75%	1.03%	4.0%
72	0.75%	1.12%	4.3%
73	0.28%	0.23%	2.4%
74	0.41%	0.40%	2.8%
75	1.64%	0.61%	1.1%
76	0.42%	0.09%	0.6%
77	0.26%	0.07%	0.8%
78	0.39%	0.04%	0.3%
81	0.28%	0.10%	1.0%
82	10.55%	15.13%	4.2%
91	0.13%	0.14%	3.1%
92	1.91%	1.66%	2.6%
93	0.75%	1.91%	7.2%
94	2.97%	2.25%	2.2%
95	2.65%	2.11%	2.3%
96	0.22%	0.44%	5.6%
97	0.38%	0.00%	0.0%

Tabelle 45 Part de chaque catégorie d'émission par rapport au total des kilomètres parcourus pour les véhicules avec correction et sans correction (véhicules kilomètres). La troisième colonne représente la part des prestations de chaque catégorie d'émission effectuée par les véhicules avec correction.

	Ok	Estimé	Part des estimés
.	0.29%	0.00%	0.0%
0	3.14%	4.02%	3.8%
1	2.30%	2.64%	3.4%
2	12.86%	13.93%	3.2%
3	47.69%	41.04%	2.6%
4	10.52%	7.64%	2.2%
5	23.21%	30.74%	3.9%

Tabelle 46 Part de chaque strate par rapport au total des prestations de transport pour les véhicules avec correction et sans correction (tonnes kilomètres). La troisième colonne représente la part des prestations de chaque strate d'émission effectuée par les véhicules avec correction.

	Ok	Estimé	Part des estimés
352	0.23%	0.27%	3.4%
353	22.64%	21.12%	2.7%
354	15.64%	10.76%	2.0%
355	20.00%	25.63%	3.6%
3738	41.49%	42.22%	2.9%

Literatur

- ASTRA (2007). Strassen und Verkehr: Zahlen und Fakten 2006. Bericht, Bundesamt für Strassen ASTRA, Bern-Ittingen.
- Baudenbacher, M. und Evéquoz, R. (2006a). Leistungen der Sachtransportfahrzeuge: Aktualisierte Zeitreihen bis 2005. BFS Aktuell, Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.
- Baudenbacher, M. und Evéquoz, R. (2006b). Leistungen der Sachtransportfahrzeuge: Ergebnisse der Erhebungen 2003 und aktualisierte Zeitreihen. BFS Aktuell, Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.
- Deville, J.-C. and C.-E. Särndal (1992). Calibration estimators in survey sampling. *Journal of the American Statistical Association* (87), 376–382.
- Eurostat (2004). *VERORDNUNG (EG) Nr. 642/2004 DER KOMMISSION vom 6. April 2004 über Genauigkeitsanforderungen für die nach der Verordnung (EG) Nr. 1172/98 des Rates über die statistische Erfassung des Güterkraftverkehrs erhobenen Daten*. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften.
- Eurostat (2005). *Methodik für die Statistik des Güterkraftverkehrs: Referenzhandbuch für die Durchführung der Verordnung Nr. 1172/98 des Rates über die statistische Erfassung des Güterkraftverkehrs*. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften.
- Hidiroglou, M. and J. Berthelot (1986, June). Statistical editing and imputation for periodic business surveys. *Survey Methodology* 12(1), 73–83. Statistics Canada.
- INSEE (2004). *La macro CALMAR V2.0*. PARIS: Institut National de la Statistique et des Études Économiques.
- Luzi, O. et al. (2007, August). *EDIMBUS-RPM*.
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/quality/ess_practices/methodology.
- Salamin, P.-A. (2009). Calibration. Training Course on Advanced Methods of Survey Sampling (12.-16.10). Interne Unterlagen, BFS, Neuchâtel.
- Särndal, C.-E., B. Swensson, and J. Wretman (1997). *Model Assisted Survey Sampling*. New York: Springer.

Methodenberichte des Dienstes Statistische Methoden des BFS
Rapports de méthodes du Service de méthodes statistiques de l'OFS
Methodology reports published by the SFSO's Statistical Methods Unit

- Kilchmann, D., Potterat, J., Genoud, S. (2011). Gütertransporterhebung 2008. Stichprobenplan, Datenaufbereitung, Gewichtung und Schätzverfahren. Bestellnummer: 338-0062
- Graf, E. (2010). Enquête suisse sur la santé 2007. Plan d'échantillonnage, pondérations et analyses pondérées des données. Numéro de commande: 338-0061
- Eichenberger P., Hulliger B., Potterat J. (2010). Describing the Anticipated Accuracy of the Swiss Population Survey. Order number: 338-0060
- Graf, E. (2010). Étude empirique de l'attrition du Panel Suisse de Ménages : vers une caractérisation du profil du non-répondant. Numéro de commande: 338-0059
- Graf, E. (2009). Weightings of the Swiss Household Panel: SHP_I wave 9, SHP_II wave 4, SHP_I et SHP_II combined. Order number: 338-0058
- Graf, E. (2009). Pondérations du Panel Suisse de Ménages: PSM_I vague 9, PSM_II vague 4, PSM_I et PSM_II combinés. Numéro de commande: 338-0057-05
- Qualité, L., Tillé, Y. (2009). Estimation de la précision d'évolutions dans l'enquête sur la valeur ajoutée. Numéro de commande: 338-0056
- Renaud, A., Panchard, C. et Potterat, J. (2008). Statistique de l'emploi. Révision 2007 : méthodes d'estimation. Numéro de commande: 338-0055
- Graf, E. (2008). Pondérations du PSM. PSM_I vague 8, PSM_II vague 3, PSM_I et PSM_II combinés. Numéro de commande: 338-0054
- Andrade, B., Graf, M. (2008). Enquête suisse sur la structure des salaires 2006. Aspects méthodologiques du modèle des salaires SSalarium". Numéro de commande: 338-0053
- Renaud, A. (2008). Statistique de l'emploi. Révision 2007 : cadre de sondage et échantillonnage. Numéro de commande: 338-0052
- Graf, E. (2008). Pondérations du SILC pilote. SILC_I vague 2, SILC_II vague 1, SILC_I et SILC_II combinés. Numéro de commande: 338-0051
- Kilchmann, D. (2008). Statistik der sozialmedizinischen Institutionen 1999-2004 und Krankenhausstatistik 1999-2002. Einsetzungen für fehlende Daten. Bestellnummer: 338-0050
- Renaud, A. (2008). Technologies de l'information et de la communication. Estimations sur la base de la statistique de la valeur ajoutée. Numéro de commande: 338-0049
- Assoulin, D. (2007). Wertschöpfungsstatistik. Einsetzungsversuche für fehlende Antworten grosser Unternehmen. Bestellnummer: 338-0048
- Kilchmann, D. (2007). Beherbergungsstatistik Campingplätze. Stichprobenrahmen und Schätzverfahren 2005/06. Bestellnummer: 338-0047
- Gabler, S., Häder, S. (2007). Haushalts- und Personenerhebungen. Machbarkeit von Random Digit Dialing in der Schweiz. Bestellnummer: 338-0046
- Ferrez, J., Graf, M. (2007). Enquête suisse sur la structure des salaires. Programmes R pour l'intervalle de confiance de la médiane. Numéro de commande: 338-0045
- Renaud, A. (2007). Harmonisation de la scolarité obligatoire en Suisse (HarmoS). Design général de l'enquête et échantillon des écoles. Numéro de commande: 338-0044
- Potterat, J. (2007). Betriebszählung 2005. Statistische Methoden zur Schätzung der provisorischen Ergebnisse. Bestellnummer: 338-0043
- Hulliger, B. (2006). Umweltschutzausgaben der Unternehmen 2003, Stichprobenplan, Datenaufbereitung und Schätzverfahren. Bestellnummer: 338-0042

Renfer, J.-P. (2006). Enquête sur les chiffres d'affaires du commerce de détail. Plan d'échantillonnage et méthodes d'estimation. Numéro de commande: 338-0041

Salamin, P.-A. (2006). Statistique de l'aide sociale dans le domaine de l'asile. Plan de sondage et extrapolations pour l'enquête pilote 2005. Numéro de commande: 338-0040

Renaud, A. (2006). Statistique suisse des bénéficiaires de l'aide sociale. Pondération des communes 2004. Numéro de commande: 338-0039

Graf, M. (2006). Swiss Earnings Structure Survey 2002-2004. Compositional data in a stratified two-stage sample: Analysis and precision assessment of wage components. Order number: 338-0038

Potterat, J. (2006). Pensionskassenstatistik 2004. Statistische Methoden zur Schätzung der provisorischen Ergebnisse. Bestellnummer: 338-0037

Potterat, J. (2006). Kosten und Nutzen der Berufsbildung aus Sicht der Betriebe im Jahr 2004. Stichprobenplan, Gewichtung und Schätzverfahren. Bestellnummer: 338-0036

Kilchmann, D. (2006). Vierteljährliche Wohnbaustatistik. Stichprobenplan, statistische Datenaufarbeitung und Schätzverfahren 2005. Bestellnummer: 338-0035

Kilchmann, D. (2006). Erhebung über Forschung und Entwicklung in der schweizerischen Privatwirtschaft 2004. Bereinigung der Stichprobe, Ersatz fehlender Werte und Schätzverfahren. Bestellnummer: 338-0034

Kilchmann, D., Eichenberger, P., Potterat, J. (2005). Volkszählung 2000. Statistische Einsetzungsverfahren Band 2. Bestellnummer: 338-0033

Kilchmann, D., Eichenberger, P., Potterat, J. (2005). Volkszählung 2000. Statistische Einsetzungsverfahren Band 1. Bestellnummer: 338-0032

Graf, M., Matei, A. (2005). Enquête suisse sur la structure des salaires 2002. La précision du salaire brut standardisé médian. Numéro de commande: 338-0031

Graf, E., Renfer, J.-P. (2005). Enquête suisse sur la santé 2002. Plan d'échantillonnage, pondération et estimation de la précision. Numéro de commande: 338-0030

Potterat, J. (2005). Mietpreis-Strukturerhebung 2003. Gewichtung und Schätzverfahren. Bestellnummer: 338-0029

Potterat, J. (2005). Landwirtschaftliche Betriebszählung 2003. Schätzverfahren für die Zusatzerhebung. Bestellnummer: 338-0028

Renaud, A. (2004). Coverage estimation for the Swiss population census 2000. Estimation methodology and results. Order number: 338-0027

Kilchmann, D. (2004). Revision des Schweizerischen Lohnindex. Schätzmethoden der Lohnindizes und deren Varianzschätzer. Bestellnummer: 338-0026

Graf, M. (2004). Enquête suisse sur la structure des salaires 2002. Plan d'échantillonnage et extrapolation pour le secteur privé. Numéro de commande: 338-0025

Renaud, A. (2004). Analyse de données d'enquêtes. Quelques méthodes et illustration avec des données de l'OFS. Numéro de commande 338-0024

Renaud, A., Potterat, J. (2004). Estimation de la couverture du recensement de la population de l'an 2000. Echantillon pour l'estimation de la sous-couverture (P-sample) et qualité du cadre de sondage des bâtiments. Numéro de commande: 338-0023

Graf, M. (2004). Fusion de données. Etude de faisabilité. Numéro de commande: 338-0022

Potterat, J. (2003). Mietpreis-Strukturerhebung 2003. Entwicklung des Stichprobenplans und Ziehung der Stichprobe. Bestellnummer: 338-0021

Potterat, J. (2003). Landwirtschaftliche Betriebszählung 2003. Stichprobenplan der Zusatzerhebung. Bestellnummer: 338-0020.

Renaud, A. (2003). Estimation de la couverture du recensement de la population de l'an 2000. Echantillon pour l'estimation de la sur-couverture (E-sample). Numéro de commande: 338-0019

- Hulliger, B. (2003). Bereinigung der Stichprobe, Ersatz fehlender Werte und Schätzverfahren. Erhebung über F+E in der schweizerischen Privatwirtschaft 2000. Bestellnummer: 338-0018
- Renfer, J.-P. (2003). Enquête 2000 sur la recherche et le développement dans l'économie privée en Suisse. Plan d'échantillonnage. Numéro de commande: 338-0017
- Potterat, J. (2003). Kosten und Nutzen der Berufsbildung aus Sicht der Betriebe. Schätzverfahren. Bestellnummer: 338-0016
- Graf, M., Matei, A. (2003). Stratégie de choix des modèles de désaisonnalisation. Application aux séries de l'emploi total. Numéro de commande: 338-0015
- Potterat, J., Salamin, P.A. (2002). Betriebszählung 2001. Methoden für die Datenbereinigung. Bestellnummer: 338-0014
- Renaud, A. (2002). Programme international pour le suivi des acquis des élèves (PISA). Plans d'échantillonnage pour PISA 2000 en Suisse. Numéro de commande: 338-0013
- Renfer, J.-P. (2002). Enquête 2001 sur les coûts et l'utilité de la formation des apprentis du point de vue des établissements. Plan d'échantillonnage. Numéro de commande: 338-0012
- Potterat, J., Salamin, P.A. (2002). Betriebszählung 2001. Stichprobenplan und Schätzverfahren für die provisorischen Ergebnisse. Bestellnummer: 338-0011
- Graf, M. (2002). Enquête suisse sur la structure des salaires 2000. Plan d'échantillonnage, pondération et méthode d'estimation pour le secteur privé. Numéro de commande: 338-0010
- Renaud, A., Eichenberger P. (2002). Estimation de la couverture du recensement de la population de l'an 2000. Procédure d'enquête et plan d'échantillonnage de l'enquête de couverture. Numéro de commande: 338-0009
- Kilchmann, D., Hulliger, B. (2002). Stichprobenplan für die Obstbaumzählung 2001. Bestellnummer: 338-0008
- Graf, M. (2002). Passage du concept établissement au concept entreprise. Numéro de commande: 338-0007
- Salamin, P.A. (2001). La technique de la double enquête pour la statistique du transport routier de marchandise. Numéro de commande: 338-0006
- Peters, R., Renfer, J.-P. et Hulliger, B. (2001). Statistique de la valeur ajoutée 1997-1998. Procédure d'extrapolation des données. Numéro de commande: 338-0005
- Potterat, J., Hulliger, B. (2001). Schätzung der Sägereiproduktion mit der Sägerei-Erhebung PAUL. Bestellnummer: 338-0004
- Graf, M. (2001). Désaisonnalisation. Aspects méthodologiques et application à la statistique de l'emploi. Numéro de commande: 338-0003
- Hüsler, J., Müller, S. (2001). Schlussbericht Betriebszählung 1995 (BZ 95), Mehrfach imputierte Umsatzzahlen. Bestellnummer: 338-0002
- Renaud, A. (2001). Statistique suisse des bénéficiaires de l'aide sociale. Plan d'échantillonnage des communes. Numéro de commande: 338-0001
- Hulliger, B., Eichenberger, P. (2000). Stichprobenregister für Haushalterhebungen: Umstellung auf Telefonnummern ohne Namen und Adressen, Abläufe für Erstellung und Stichprobenziehung. Bestellnummer: 338-0000
- de Rossi, F.-X. (1998). Méthodes statistiques pour le compte routier suisse.
- Hulliger, B., Kassab, M. (1998). Evaluation of Estimation Methods for the Survey on Environment Protection Expenditures of Swiss Communes.
- Salamin, P.A. (1998). Etablissement d'une clef de passage pondérée entre l'ancienne (NGAE 85) et la nouvelle nomenclature (NOGA 95) générale des activités économiques.
- Peters, R. (1998). Extrapolation des données de l'enquête de structure sur les loyers.

- Bender, A., Hulliger, B. (1997). Enquête suisse sur la population active: rapport de pondération pour 1996.
- Salamin, P.A. (1997). Evaluation de la Statistique de l'emploi.
- Peters, R. (1997). Etablissement du plan d'échantillonnage pour l'enquête 1996 sur la recherche et le développement dans l'économie privée en Suisse.
- Peters, R. (1997). Enquête 1996 sur la structure des salaires en Suisse: établissement du plan d'échantillonnage.
- Peters, R. (1996). Pondération des données de l'enquête sur la famille en Suisse.
- Comment, T., Hulliger, B., Ries, A. (1996). Gewichtungsverfahren für die Schweizerische Arbeitskräfteerhebung (1991-1995).
- Hulliger, B. (1996). Haushalterhebung Familie 1994: Stichprobenplan, Stichprobenziehung und Reservestichproben.
- Peters, R., Hulliger, B. (1996). Schätzverfahren für die Lohnstruktur-Erhebung 1994 / Procédure d'estimation pour l'enquête de 1994 sur la structure des salaires.
- Peters, R. (1996). Schéma de pondération des indices PAUL.
- Hulliger, B., Peters, R. (1996). Enquête sur le comportement de la population suisse en matière de transport en 1994: plan d'échantillonnage et pondération.
- Hulliger, B. (1996). Gütertransportstatistik 1993: Schätzverfahren mit Kompensation der Antwortausfälle.
- Salamin, P.A. (1995). Estimation des flux pour le module II des comptes globaux du marché de travail.
- Peters, R. (1995). Enquête de structure sur les loyers: établissement d'un plan d'échantillonnage stratifié.
- Hulliger, B. (1995). Konjunktuelle Mietpreiserhebung: Stichprobenplan und Schätzverfahren.
- Schwendener, P. (1995). Verbrauchserhebung 1990 - Vertrauensintervalle.
- Peters, R., Hulliger, B. (1994). La technique de pondération des données: application à l'enquête suisse sur la santé.
- Hulliger, B., Peters, R. (1994). Enquête sur la structure des salaires en Suisse: stratégie d'échantillonnage pour le secteur privé.

Publikationsprogramm BFS

Das Bundesamt für Statistik (BFS) hat – als zentrale Statistikstelle des Bundes – die Aufgabe, statistische Informationen breiten Benutzerkreisen zur Verfügung zu stellen.

Die Verbreitung der statistischen Information geschieht gegliedert nach Fachbereichen (vgl. Umschlagseite 2) und mit verschiedenen Mitteln:

Diffusionsmittel

Individuelle Auskünfte

Das BFS im Internet

Medienmitteilungen zur raschen Information
der Öffentlichkeit über die neusten Ergebnisse

Publikationen zur vertieften Information

Online Datenrecherche (Datenbanken)

Kontakt

032 713 60 11

info@bfs.admin.ch

www.statistik.admin.ch

www.news-stat.admin.ch

032 713 60 60

order@bfs.admin.ch

www.statdb.bfs.admin.ch

Nähere Angaben zu den verschiedenen Diffusionsmitteln im Internet unter der Adresse www.statistik.admin.ch → Dienstleistungen → Publikationen Statistik Schweiz

Methodenberichte des Dienstes Statistische Methoden

Die Methodenberichte beschreiben die mathematischen und statistischen Methoden, die den Resultaten und Analysen der öffentlichen Statistik zu Grunde liegen. Sie enthalten ausserdem die Evaluation und Entwicklung von neuen Methoden im Hinblick auf eine zukünftige Anwendung. Diese Publikationen sollen einerseits die verwendeten Methoden dokumentieren, um Transparenz und Wissenschaftlichkeit sicher zu stellen, und sie sollen andererseits die Zusammenarbeit mit den Hochschulen und der Wissenschaft fördern.

Zur Illustration der beschriebenen mathematischen Konzepte, werden im Bericht numerische Resultate aufgeführt. Diese sind allerdings nicht als offizielle Resultate der betreffenden Erhebungen zu verstehen. Ebenfalls können die tatsächlich angewendeten Methoden leicht von den hier beschriebenen abweichen.

Die Methodenberichte sind auf der Internetseite des BFS in elektronischer Form verfügbar.

Seit dem Jahr 2008 wird die Gütertransporterhebung infolge des bilateralen Statistikabkommens mit der EU kontinuierlich durchgeführt, mit dem Ziel vierteljährliche und jährliche Resultate zu produzieren. Die Umstellung der Produktion von jährlichen Resultaten, die alle fünf Jahre produziert wurden, auf dieses neue System erforderte Anpassungen und Optimierungen des Stichprobenplans, der Datenaufbereitung, der Gewichtung und der Schätzverfahren.

Neu wurde für die Gütertransporterhebung ein geschichteter Stichprobenplan verwendet, wobei dadurch die Stichprobengrösse gegenüber der Erhebung 2003 um rund 35% reduziert werden konnte. Dabei wurden die Genauigkeitsvorgaben für die jährlichen Schätzungen von Eurostat berücksichtigt, und zudem Bedingungen an die Stichprobengrösse, die Koordination, die Antwortquote und an die Gewichtung in den Stichprobenplan mit einbezogen.

In der Gütertransporterhebung 2008 konnte die erwartete Schätzgenauigkeit erreicht werden. Dies rührt unter anderem daher, dass die Antwortquoten, die beim Stichprobenplan angenommen wurden, im Allgemeinen erreicht wurden.

Bestellnummer

338-0062

Bestellungen

Tel.: 032 713 60 60

Fax: 032 713 60 61

E-Mail: order@bfs.admin.ch

Preis

gratis

ISBN 978-3-303-00448-7