

Schlussbericht

Gesamtverkehrsmodell Kanton Graubünden



Verkehrskreisel beim Obertor in Chur

Datum 2. Oktober 2012

Erstellt durch Michael Arendt, Philippe Oswald

Bezeichnung 1002_Verkehrsmodell_GR

Seite 1 von 91

Auftraggeber

Kanton Graubünden vertreten durch:
Tiefbauamt (TBA)
Amt für Natur und Umwelt (ANU)
CH-7001 Chur

Finanzielle Beteiligung

Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Abteilung Lärmbekämpfung
3000 Bern

Expertengruppe

Georg Thomann (ANU)
Norbert Danuser (ANU)
Hanspeter Lötscher (ANU)
Nicolin Ragaz (ANU)
Peter Stirnimann (TBA)
Peter Hartmann (Hartmann & Sauter)
Dominik Aeby (BAFU)

Auftragnehmer

Arendt Consulting

Hasenrainstrasse 65
CH-4102 Binningen/Basel
+41 (0)61 301 96 20
arendt@arendt.ch
www.arendt.ch

Bearbeitung

Michael Arendt, Dipl. Ing. ETH und MAS ETH MTEC/BWI, Projektleitung
Philippe Oswald, Dipl. Ing. ETH und lic. oec. HSG

Stand

Version 0.8, 2. Oktober 2012

Zitiervorschlag

Arendt, Michael (2012): Gesamtverkehrsmodell Kanton Graubünden. Erstellt im Auftrage des ANU und TBA.
Chur, Okt. 2012, 91 Seiten.

Download PDF

<http://www.anu.gr.ch>, Gesamtverkehrsmodell_GR_2010.pdf
(Eine gedruckte Version ist nicht erhältlich).

Inhalt

Management Summary.....	5
1. Ausgangslage	6
2. Ziel und Anforderungen.....	6
3. Datengrundlagen.....	7
4. Lösungsansatz und Methode	8
4.1 Überblick	8
4.2 Verkehrsmodellansatz und Vorgehen.....	9
4.3 Software.....	10
5. Systemabgrenzung	11
5.1 Perimeter.....	11
5.2 Zoneneinteilung	12
5.3 Landnutzung	12
6. Verkehrsangebot MIV	17
6.1 Strassennetz	17
6.2 Allgemeine Streckenattribute	19
6.3 Streckenattribute Kantonales Strassennetz GR	20
6.4 Kapazitäten	21
6.5 Abbiegewiderstände	22
6.6 Verkehrszählungen	22
7. Verkehrsangebot OeV	24
7.1 Linien und Haltestellen	24
7.2 Reisezeiten	25
7.3 Auswertungsmöglichkeiten	27
7.4 Zähldaten	28
8. Berechnung der Verkehrs nachfrage (Einheimische).....	29
8.1 Verkehrserzeugung	29
8.2 Verkehrsverteilung - Zielwahl	30
8.3 Verkehrsmittelwahl (Modalsplit)	31
8.4 Fahrtenmatrizen DWV (Binnenverkehr)	33
8.5 Aussenverkehr	35

9.	Modellierung des Tourismusverkehrs	36
9.1	Verkehrserzeugung	36
9.2	Fahrtenverteilung (wohin gehen die Feriengäste)	39
9.3	Modal Split	40
9.4	Fahrtenmatrizen Tourismus	40
9.5	Nutzen des Tourismusverkehrs für das Verkehrsmodell GR	40
10.	Umlegung	42
10.1	Umlegung der MIV-Fahrten	42
10.2	Umlegung ÖV-Fahrten	42
10.3	Verkehrsbelastung Güterverkehr	43
10.4	Verkehrsbelastungen in der Nacht (22 bis 6 Uhr)	44
11.	Kalibration und Validierung	45
11.1	Kalibration	45
11.2	Validierung Fahrtenmatrizen	46
12.	Verkehrszustand 2010 (Ist-Zustand)	50
12.1	Verkehrsnachfrage	50
12.1.1.	Personenverkehr	50
12.1.2.	Motorisierter Individualverkehr MIV	51
12.1.3.	Öffentlicher Verkehr	58
13.	Metadaten Verkehr 2010	68
14.	Mögliche Anwendungen mit Verkehrsmodell	71
15.	Modellaktualisierung mit neuen Erhebungen	73
15.1	Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010	73
15.2	Volkszählung 2010	74
16.	Anhang	75
16.1	ÖV-Linien	75
16.2	Modellparameter	81
16.3	Auswertungen aus Verkehrsmodell	85
	Abkürzungsverzeichnis	91

Management Summary

Der Bericht beschreibt den Aufbau und die Resultate des hochauflösten Gesamtverkehrsmodells Graubünden. Basierend auf hektargrossen Verkehrszonen werden aus Siedlungsdaten, Verkehrsnetzen des motorisierten Individualverkehrs (MIV) und des öffentlichen Verkehrs (ÖV) sowie Verkehrsverhaltensdaten Fahrtenmatrizen für den MIV und ÖV und den Langsamverkehr modelliert und auf die Verkehrsnetze umgelegt. Das Verkehrsverhalten wird mit State-of-the-art-Entscheidungsmodellen abgebildet. Damit kann die Ziel-, Verkehrsmittel- und Routenwahl der Fahrten korrekt abgebildet werden.

Zusätzlich ist ein Teilmodell erstellt worden, das den Verkehr durch temporär in Graubünden weilende Feriengäste abbildet. Damit wird die Güte des Modells wesentlich verbessert.

Es wird der Verkehrszustand 2010 für einen durchschnittlichen Tag abgebildet. Der Vergleich mit Zählwerten und weiteren verfügbaren Verkehrserhebungen zeigte beim MIV und ÖV eine sehr hohe Übereinstimmung (MIV: +/-10%, ÖV: +/-25% unkalibriert).

Mit dem Verkehrsmodell liegt ein Instrument vor, das neben den Verkehrsbelastungen auch eine Vielzahl von verkehrlichen (auch kleinräumigen) Wirkungen bis auf die Nebenstrassen herunter abbildet und für Verkehrsprognosen, Verkehrsanalysen und Projektbewertungen eingesetzt werden kann.

1. Ausgangslage

Im Zusammenhang mit der Lärmsanierung der National-, Kantons- und Gemeindestrassen braucht der Kanton Graubünden, vertreten durch das Tiefbauamt (TBA) und das Amt für Natur und Umwelt (ANU) (ANU) und das Bundesamt für Umwelt (BAFU) Verkehrsbelastungen auf allen befahrbaren Strassen des Kantons. Da erhobene Verkehrszahlen nur punktuell vorhanden sind, soll ein Verkehrsmodell für den ganzen Kanton Graubünden entwickelt werden. Die Firma Arendt Consulting hat dazu eine innovative Methode zur Ermittlung der Verkehrsbelastungen für das gesamte Strassennetz (Autobahnen bis Quartierstrassen) auf der Basis eines hoch aufgelösten netzbasierten Verkehrsmodells entwickelt. Bereits wurden mit diesem Ansatz die Verkehrsbelastungen für die Kantone BL, BS, AG, NE, FR, für die Agglomeration Lausanne und für das Land Liechtenstein ermittelt.

Das ANU, TBA und BAFU wollen auf dieser erfolgreichen Methode aufbauen und ein Verkehrsmodell als Tool für Verkehrsanalysen und zur Prüfung von Massnahmen zur Verfügung haben. Das Modell liefert den DTV bis in die Quartierstrassen - flächendeckend über den ganzen Kanton. Zusätzlich werden der öffentliche und der Langsamverkehr (LV) ausgewiesen.

2. Ziel und Anforderungen

Es sollen mit einem netzbasierten Verkehrsmodell die **Strassenverkehrsbelastungen** auf sämtlichen Strassen des Kantons Graubünden für den Ist-Zustand 2010 (DTV) konsistent berechnet und mit vorhandenen Verkehrszählungen validiert werden.

Der **öffentliche Verkehr** ist ebenfalls im Verkehrsmodell zu berücksichtigen. Er beeinflusst das Verkehrsaufkommen auf der Strasse direkt und indirekt (Modalsplit, Kapazitäten).

Verkehrsarten: Personenverkehr, schwere Fahrzeuge, Spitzenstundenverkehr, durchschnittlicher Tagesverkehr (DTV) und Nachtverkehr (22-6 Uhr).

Die **Resultate** (Verkehrsbelastungen auf dem digitalen Strassennetz von Tele Atlas und Belastungen des ÖV sind so aufzubereiten, dass sie dem ANU resp. dem BAFU elektronisch übergeben werden können (GIS-Format).

3. Datengrundlagen

Die Tabelle 1 gibt einen Überblick über die verwendeten Datengrundlagen für das Verkehrsmodell und ihre Bedeutung für den Aufbau. Die Datenaufbereitung erfolgte durch das Büro Hartmann & Sauter, Chur. Quelle Grundlagenbericht: Hartmann, P. (2012), Verkehrsmodell Graubünden 2010 – Mengengerüst.

Tabelle 1: Verwendete Datengrundlagen für den Aufbau des hektarfeinen Verkehrsmodells

Grundlage	Quelle	Bedeutung für die Studie
Erhebung Mikrozensus zum Verkehrsverhalten 2005. Verdichtungserhebung Kanton GR	Bundesamt für Statistik (BFS) Bundesamt für Raumentwicklung (ARE)	Wichtigste Grundlage zur Beschreibung des Verkehrsverhaltens der Bevölkerung. Daraus werden Mobilitätsraten, Fahrtzweckanteile, Distanzverteilung der Fahrten und Ankunfts- und Abfahrtszeiten ermittelt.
Verkehrszählungen 2010 auf dem Strassennetz GR.	• Zählungen DTV und ASP des ANU und TBA GR • Automatische Strassenverkehrszählung 2010, ASTRA Bern	Dienen der Überprüfung der Güte des Verkehrsmodells und der Kalibration des Ist-Zustandes auf den DTV.
Datenbank Strassenverkehr GR 2010	Amt für Natur und Umwelt GR	Alte Datenbank mit Verkehrszahlen und Anteilen Güterverkehr für Plausibilisierung der Resultate.
Digitales Strassennetz 09/2009	Tele Atlas	Das digitale Strassennetz dient der Darstellung der Verkehrsbelastung und der Ermittlung des Fahrtweges bei der Umlegung der Fahrtenmatrizen.
Liniennetzplan und Fahrpläne ÖV	RhB, SBB, Postauto, MGB, VBD Davos und Stadtbus Chur	Haltestellen und Linien zur Abbildung des öffentlichen Verkehrs und Erzeugung der Aufwandsmatrizen als Grundlage zur Abspaltung der ÖV-Fahrten (Modalsplit).
Verkehrszählungen öffentlicher Verkehr	RhB, SBB, Postauto GR, VBD Davos und Stadtbus Chur	Anzahl Ein- und Aussteiger pro Linie dient der Plausibilisierung der modellierten Verkehrs nachfrage beim ÖV.
Volkszählung 2000 und Statistik des jährlichen Bevölkerungsstandes 2010 (ESPOP)	Bundesamt für Statistik CH	Die Einwohner pro Hektare werden für die Verkehrserzeugung verwendet. Regionalisierungsgrad: Hektare.
Betriebszählung 2008	Bundesamt für Statistik CH	Die Beschäftigten pro Arbeitsstätte werden für die Verkehrserzeugung und Verkehrsanziehung verwendet. Regionalisierungsgrad: Hektare.
Fahrzeugbestand 2010	Grundlagenbericht Hartmann&Sauter	PW-Besitzquote wird beim Modalsplit-Modell verwendet.
Parkplätze bei den Bergbahnen	Grundlagenbericht Hartmann&Sauter	Örtlichkeiten und Kapazitäten. Dient der Berechnung des Verkehrs durch Feriengäste.
ÖV-Abonnemente nach Regionen 2005	Mikrozensus zum Verkehrsverhalten 2005. Bundesamt für Statistik	ÖV-Abo-Besitzquote wird beim Modalsplit-Modell verwendet.
Verkehrsmodellparameter für den öffentlichen Verkehr des Kantons Zürich 2003 - Modellbeschreibung	Volkswirtschaftsdirektion Kanton ZH, Amt für Verkehr, Zürich	Erhobene Parameter zum Verkehrsverhalten und für die Nutzenbewertung der Fahrten MIV, ÖV und LV.
Zweitwohnungen Gemeinden	Grundlagenbericht Hartmann&Sauter	Prozentanteile Zweitwohnungen als Grundlage zur Berechnung des Verkehrsaufkommens durch Feriengäste
Touristische Unterkünfte	Beherbergungsstatistik HESTA. Bundesamt für Statistik	Hotelübernachtungen zur Berechnung des Verkehrsaufkommens durch Feriengäste
Verkehrsaufkommen der touristischen Unterkünfte	Grundlagenbericht Hartmann&Sauter	Fahrten DTV pro Zweitwohnung und pro Bett Hotellerie zur Berechnung des Verkehrsaufkommens durch Feriengäste

4. Lösungsansatz und Methode

4.1 Überblick

Mit einem netzbasierten Verkehrsmodell werden die Fahrten zwischen allen besiedelten Hektaren im ganzen Kanton Graubünden abgebildet und auf ein hoch aufgelöstes digitales Strassenetz (Tele Atlas) umgelegt. Die Erstellung dieses Verkehrsmodells für den Kanton Graubünden baut vollständig auf vorhandenen Grundlagendaten und Statistiken des Kantons und des Bundes auf [siehe Kapitel 3].

Der Modellansatz und die einzelnen Arbeitsschritte sind in den folgenden Kapiteln beschrieben. Abbildung 1 zeigt die grundsätzliche Idee und den Lösungsansatz im Überblick. Im folgenden Kapitel wird der Verkehrsmodellansatz näher beschrieben.

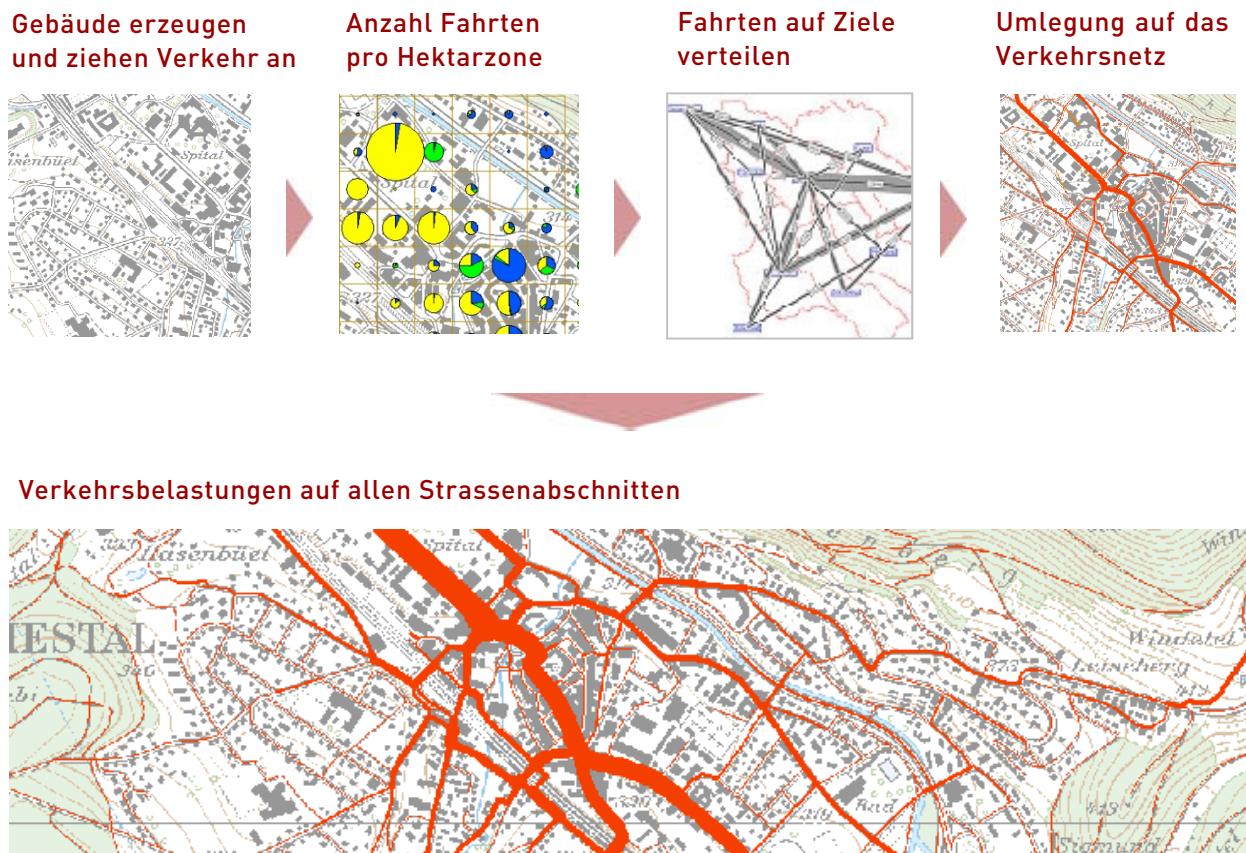


Abbildung 1: Generelles Vorgehen zur Ermittlung der Verkehrsbelastungen auf dem Strassen- und Schienennetz

4.2 Verkehrsmodellansatz und Vorgehen

In Abbildung 2 sind die wesentlichen Arbeitsschritte und das Vorgehen zur Erstellung des Verkehrsmodells dargestellt. Im nächsten Kapitel werden diese vertiefter erläutert.

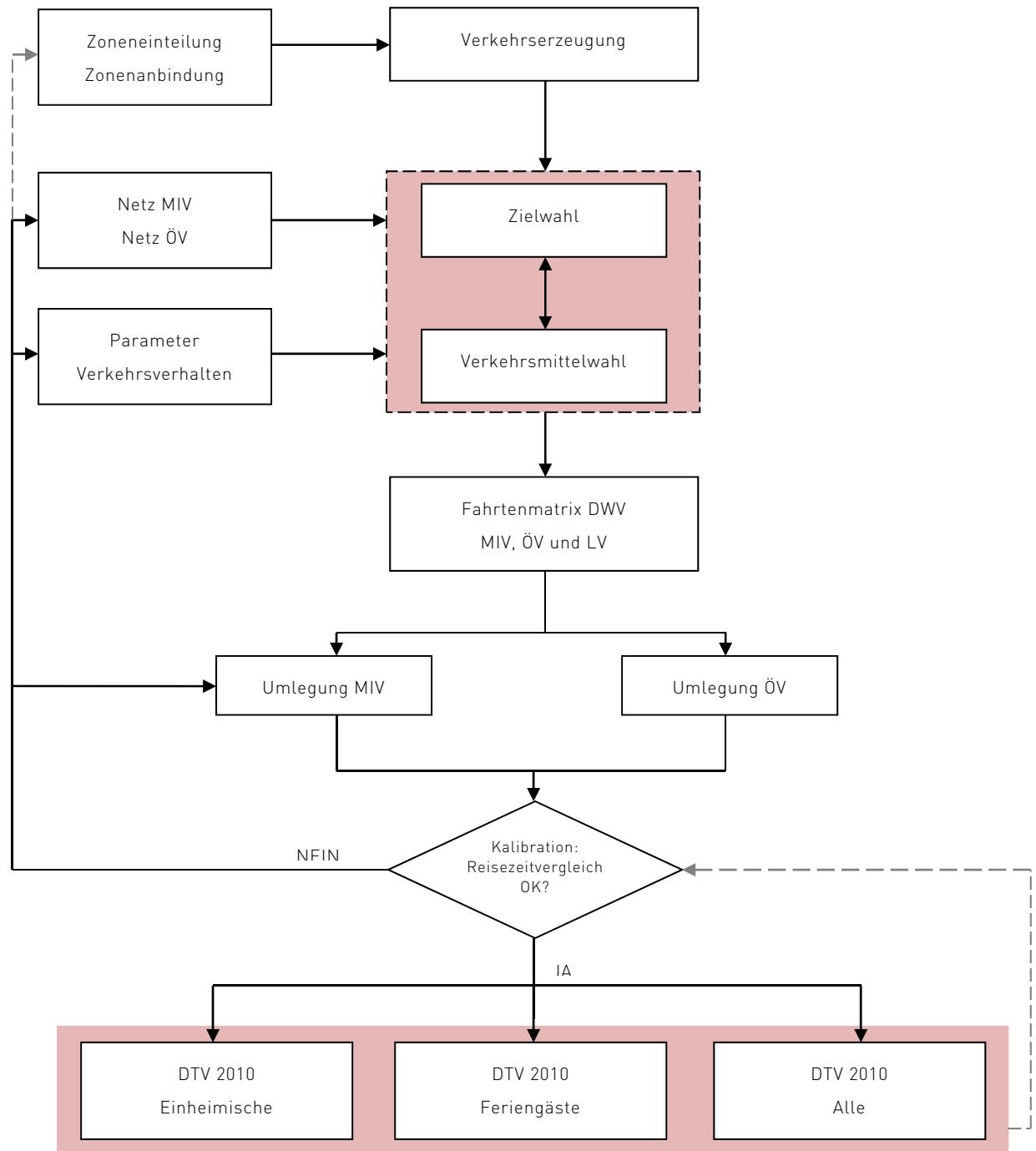


Abbildung 2: Verkehrsmodellaufbau und Prozess-Struktur

Für die Modellierung des Verkehrs werden zuerst die Verkehrsnetze für den MIV und den ÖV in einem GIS aufgebaut und die Strecken und Knoten attribuiert. Beim ÖV-Netz werden zusätzlich die Haltestellen und alle Linien auf das Schienen- und Strassennetz digitalisiert und die Reisezeiten und Intervalle den Linien zugespielt. Die Zugangswege zu den ÖV-Haltestellen erfolgen auf dem hoch aufgelösten Strassennetz.

Jede mit Einwohnern und/oder Arbeitsplätzen besiedelte Hektare ist eine Verkehrszone. Für jede dieser Zonen wird die täglich erzeugte Anzahl weggehender und angezogener Fahrten mithilfe der im Mikrozensus Verkehrsverhalten angegebenen Mobilitätsraten berechnet. Dabei wird nach Fahrtzwecken unterschieden.

Die so generierten Fahrten pro Zonen werden mit dem Zielwahlmodell auf die Zielzonen verteilt und mit dem Verkehrsmittelwahlmodell auf die vier Verkehrsträger MIV, ÖV, Velo und Fuss aufgeteilt. Die initialen Modellparameter dazu stammen aus dem Mikrozensus zum Verkehrsverhalten und einer Stated-preference-Erhebung im Raum Zürich¹, die Auskunft gibt über das Entscheidungsverhalten resp. den Präferenzen von Mobilitätsteilnehmern in Bezug auf die Wahl des Zielortes und des Verkehrsmittels.

Daraus werden anschliessend die Fahrtenmatrizen für den MIV, ÖV und Langsamverkehr abgeleitet und auf die Verkehrsnetze umgelegt. Die resultierenden Verkehrsbelastungen sowie die Distanzverteilungen der modellierten Fahrten werden mit Zähldaten und Kenngrössen des Mikrozensus zum Verkehrsverhalten überprüft und kalibriert.

Neben dem Modell für die einheimische Bevölkerung wird zusätzlich auch ein weiteres Verkehrsmodell für die Feriengäste erstellt. Grundlage dazu bilden die Hotels und Hotelübernachtungen sowie die Zweitwohnungen und deren Auslastung und die von den Feriengästen ausgewählten Zielorte.

4.3 Software

Als Bearbeitungstool setzen wir die Software TransCAD von der Firma Caliper (www.caliper.com) ein. Die kommerziell erhältliche Software TransCAD ist ein von amerikanischen Hochschulen entwickeltes, leistungsfähiges Werkzeug für den Aufbau von Verkehrsmodellen und zur Durchführung von Verkehrsanalysen. Es vereinigt zudem die üblichen GIS-Funktionalitäten mit Funktionen der Verkehrsplanung. Die Software ist bzgl. der Anzahl zu verarbeitenden Zonen, Knoten, Strecken und Anzahl Transportvorgänge unbeschränkt, was den Vorteil hat, dass ein Verkehrsmodell beliebig erweiterbar ist. Es ermöglicht die Integration des öffentlichen Verkehrs und Langsamverkehrs. Die Integration eines GIS hilft bei der Präsentation der Resultate und beim Plausibilisieren der Verkehrs- und Raumdaten enorm.

¹ Gesamtverkehrsmodell für den Personenverkehr des Kantons Zürich. Amt für Verkehr. Zürich 2010.

Hasenrainstrasse 65, CH – 4102 Binningen/Basel, Telefon +41 – 61 301 96 20, arendt@arendt.ch, www.arendt.ch

5. Systemabgrenzung

In diesem Kapitel werden der mit dem Verkehrsmodell abzubildende Perimeter und die Schnittstellen zum kantongrenzenüberschreitenden Verkehr festgelegt. Ausserdem wird die Raumeinteilung (Zonierung) und die Detailtiefe der verwendeten Strukturdaten definiert.

5.1 Perimeter

Das Verkehrsmodell bildet die Verkehrsbelastungen auf dem gesamten Kantonsgebiet Graubündens ab (Abbildung 3).

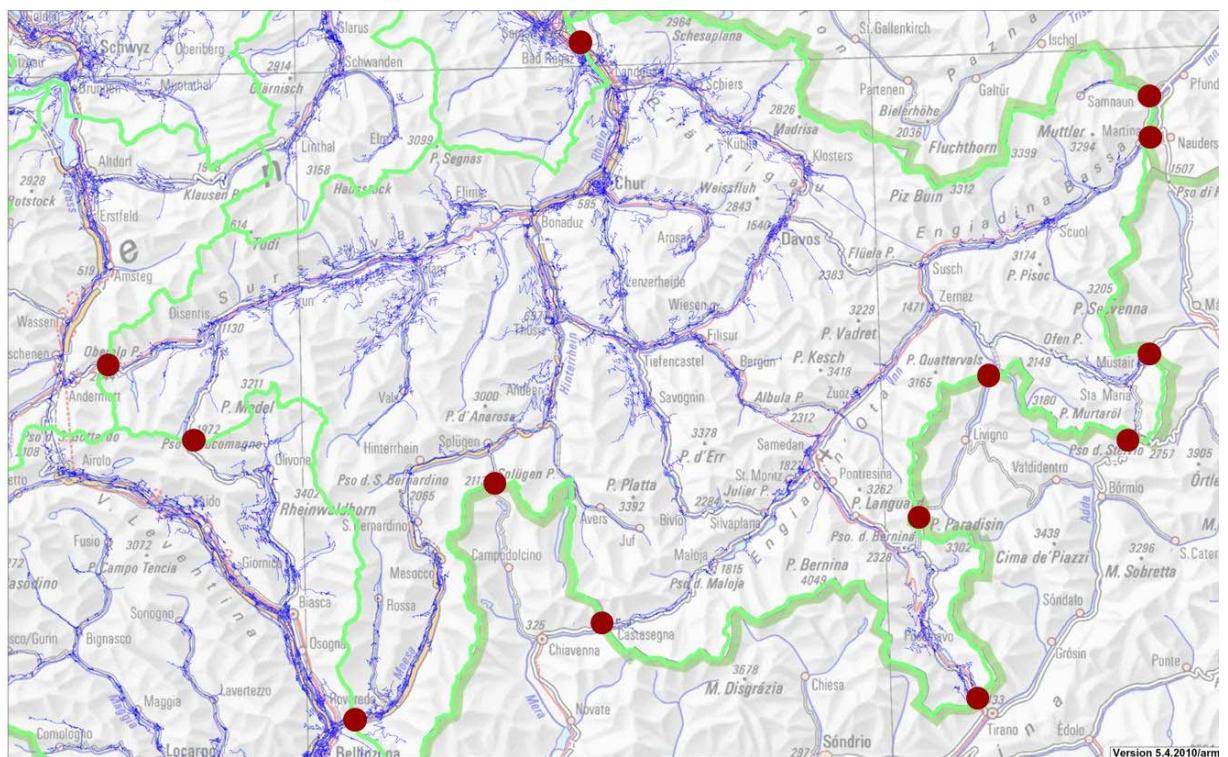


Abbildung 3: Modellierungsperimeter mit Verkehrseinspeisepunkten (dunkel-rote Punkte)

Verkehrsflüsse, die über die Kantongrenze führen, werden an der Kantongrenze mit sog. Aussenzonen ins Modell eingespielen. Diese Fahrten beginnen resp. enden im Modell an der Kantongrenze.

5.2 Zoneneinteilung

Jede besiedelte Hektare (100m x 100m) ist eine Verkehrszone. Jeder Zone wird die Anzahl Einwohner, Anzahl Haushalte, Anzahl Arbeitsplätze im Nichtdetailhandel und Anzahl Arbeitsplätze im Detailhandel zugespielt. Die Verkehrszenen werden an den nächstgelegenen Link des Strassennetzes senkrecht angebunden.

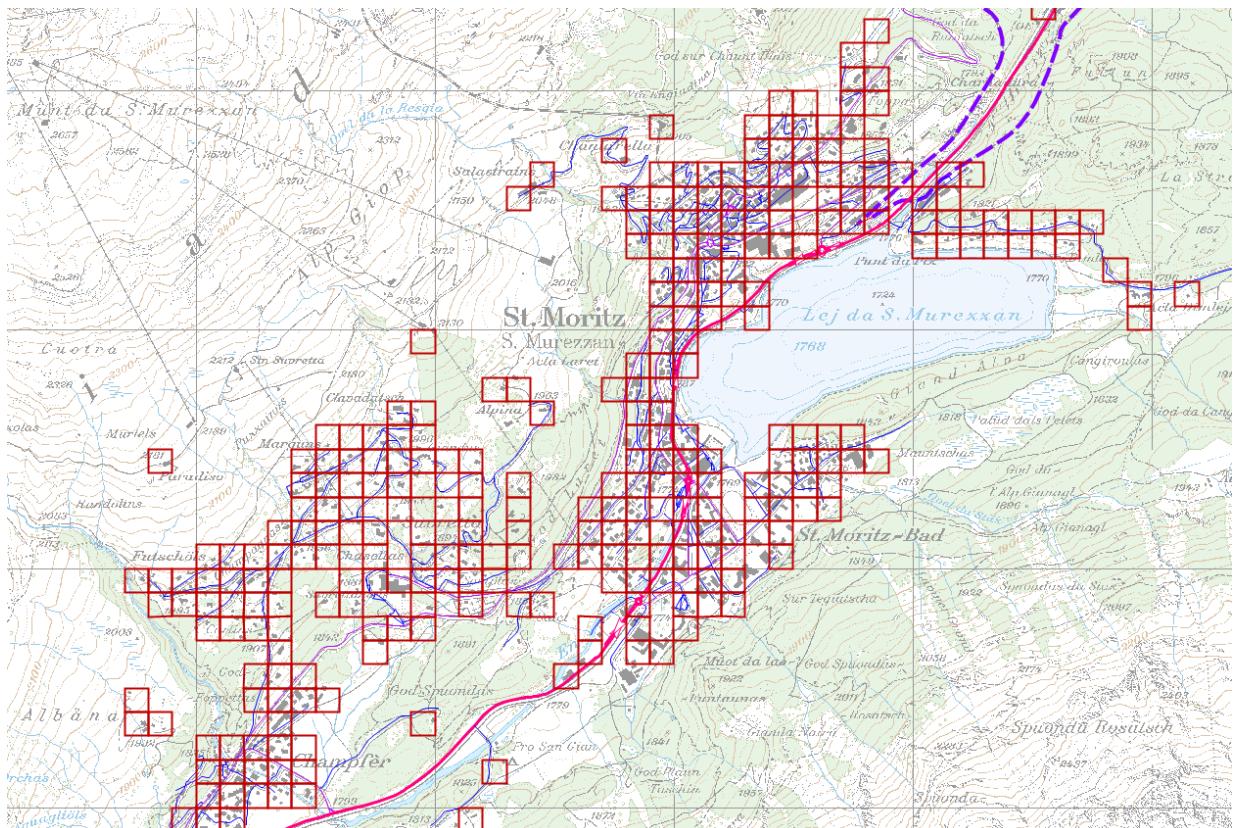


Abbildung 4: Zoneneinteilung (Ausschnitt von St. Moritz)

5.3 Landnutzung

Als Landnutzung wird hier die Funktion der besiedelten Hektarzonen verstanden. Diese Funktion wird durch die Strukturdaten beschrieben. Folgende Strukturdaten fliessen pro Hektare ins Modell ein:

- Einwohner
 - Haushalte
 - Arbeitsplätze im Detailhandel
 - Arbeitsplätze im Nicht-Detailhandel
 - Arbeitsplätze in der Branche Erziehung und Unterricht
 - Besitzquote Personenwagen
 - Besitzquote ÖV-Abonnemente (GA, Halbtax und Verbundabonnemente)

Zur Abbildung des Verkehrs durch Feriengäste werden berücksichtigt (siehe Kapitel 9):

- Hotelübernachtungen
- Zweitwohnungen
- Arbeitsplätze in Gastronomie und Hotels
- Parkplätze bei touristischen Anlagen

5.3.1. Einwohner und Arbeitsplätze

Die aus der Betriebszählung erhältlichen Daten zu den Einwohnern und Arbeitsplätzen werden auf die Hektarzonen aggregiert und dargestellt.

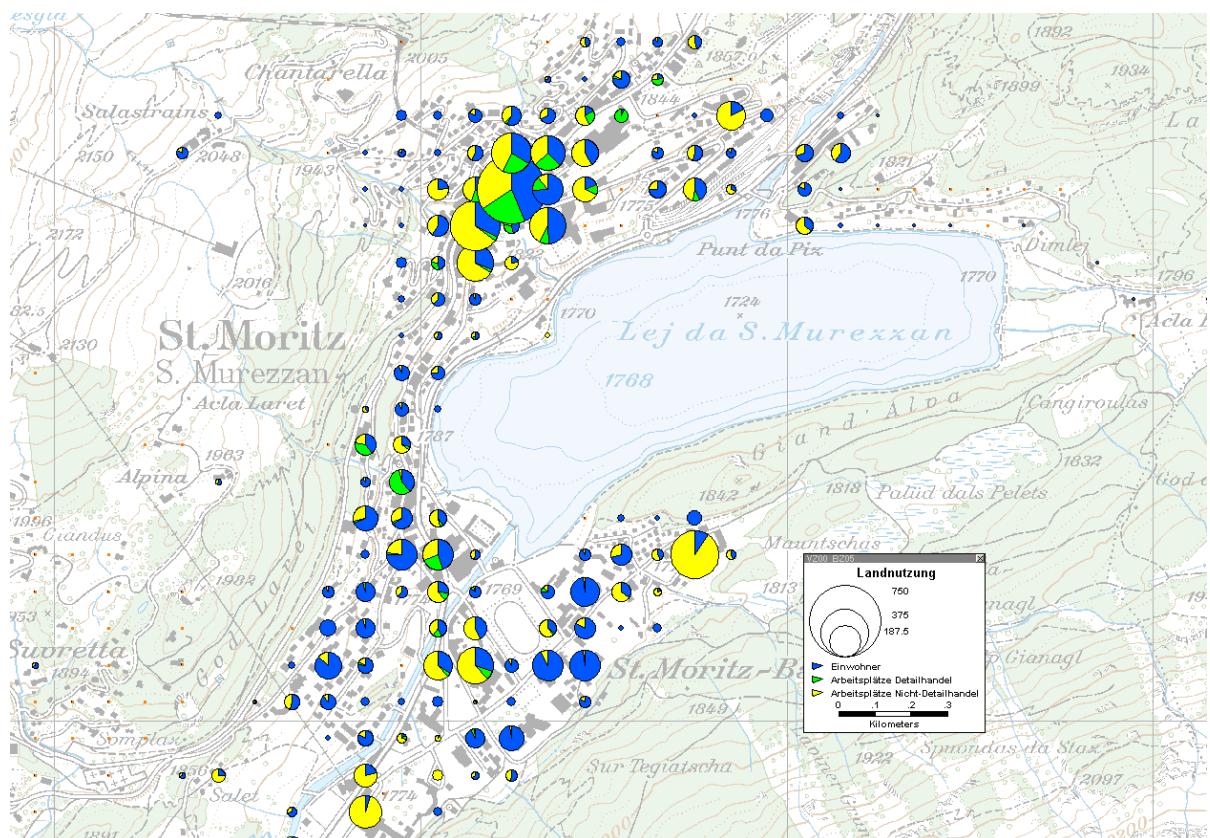


Abbildung 5: Hektarzonen mit Strukturdaten Einwohner und Arbeitsplätze (Ausschnitt St. Moritz)

Am Beispiel St. Moritz sieht man deutlich in grün die Standorte des Detailhandels und der restlichen Arbeitsplätze in gelb. In blau sind die Standorte der Wohngebäude sichtbar.

Zur Berechnung der Schulverkehre wurden weiter die Arbeitsplätze im Unterrichtswesen verortet und die Anzahl Arbeitsplätze hinzugefügt (Abbildung 6).

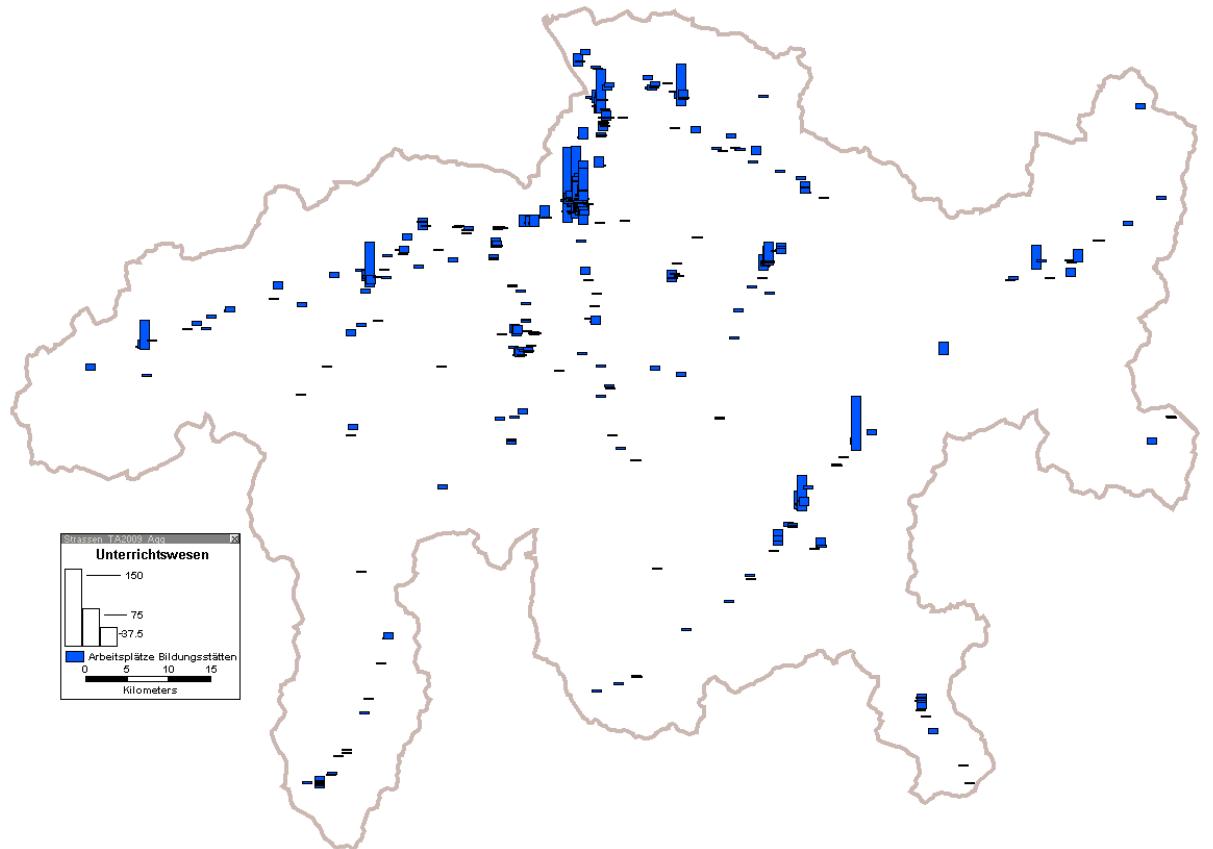


Abbildung 6: Anzahl Arbeitsplätze im Bereich Bildung und Erziehung
Quelle: Betriebszählung 2008, Bundesamt für Statistik

5.3.3. Besitz von Mobilitätswerkzeugen

Die unteren Abbildungen zeigen die Ausstattung der Bevölkerung mit Personenwagen und ÖV-Abonnementen (Verbundabonnemente). Da die Zahlen zum PW-Besitz lediglich pro Gemeinde (aus dem Fahrzeugbestand 2010) erhältlich sind, werden die Quoten auf die Hektaren innerhalb der jeweiligen Gemeinde übertragen.

Bei den ÖV-Abonnementen waren die Besitzquoten nicht gemeindescharf verfügbar. Anstelle dessen wurden die Besitzquoten für das Jahr 2010 aus dem Mikrozensus zum Verkehrsverhalten 2005 entnommen. Aufgrund der geringen Stichprobe lassen sich die Quoten jedoch nur für den Raum MACU, die Stadt Chur und das restliche Kantonsgebiet auswerten. Es wird angenommen, dass sich die Besitzquoten gegenüber dem Zustand 2010 nicht signifikant ändern (neueste Zahlen aus dem Mikrozensus 2010 bestätigen dies).

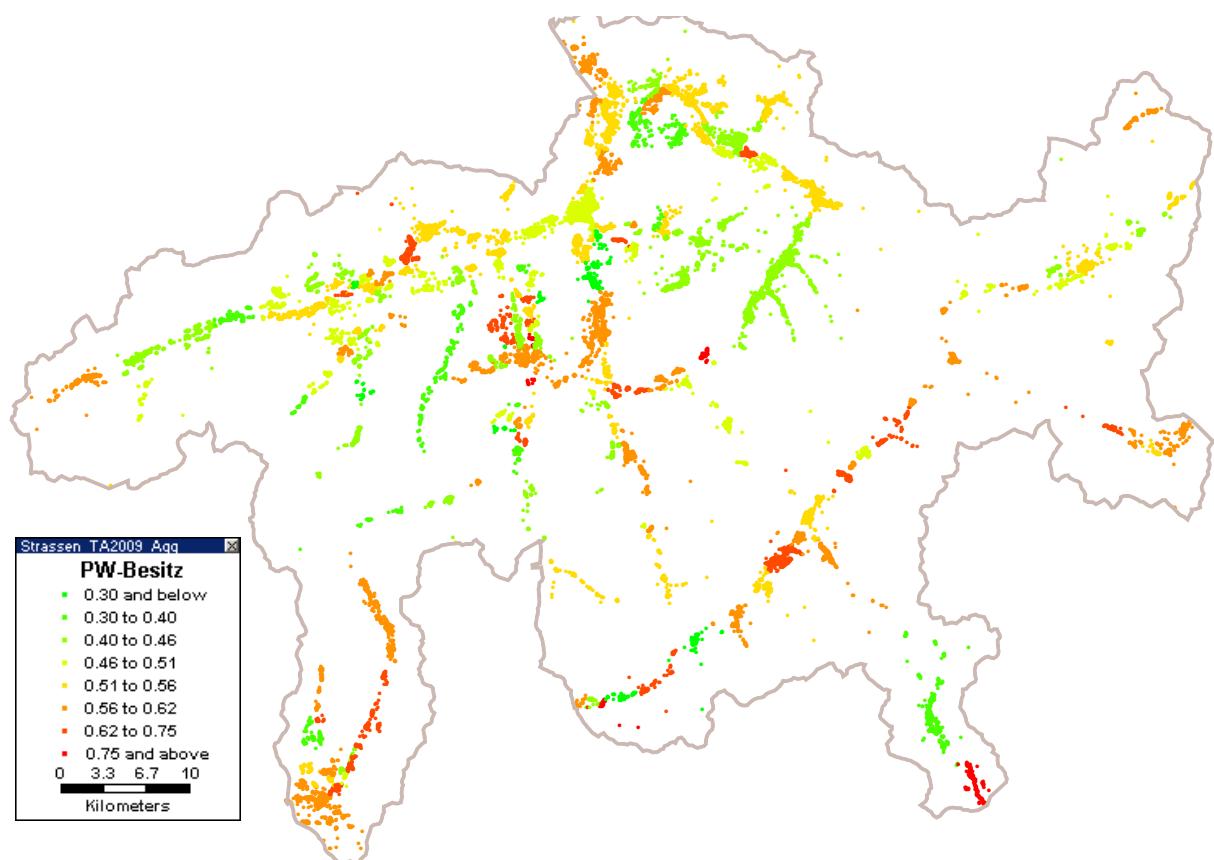


Abbildung 7: Besitzquoten von Personenwagen

Lesebeispiel: PW-Besitz = 0.56 heisst 56% der Einwohner besitzen einen PW

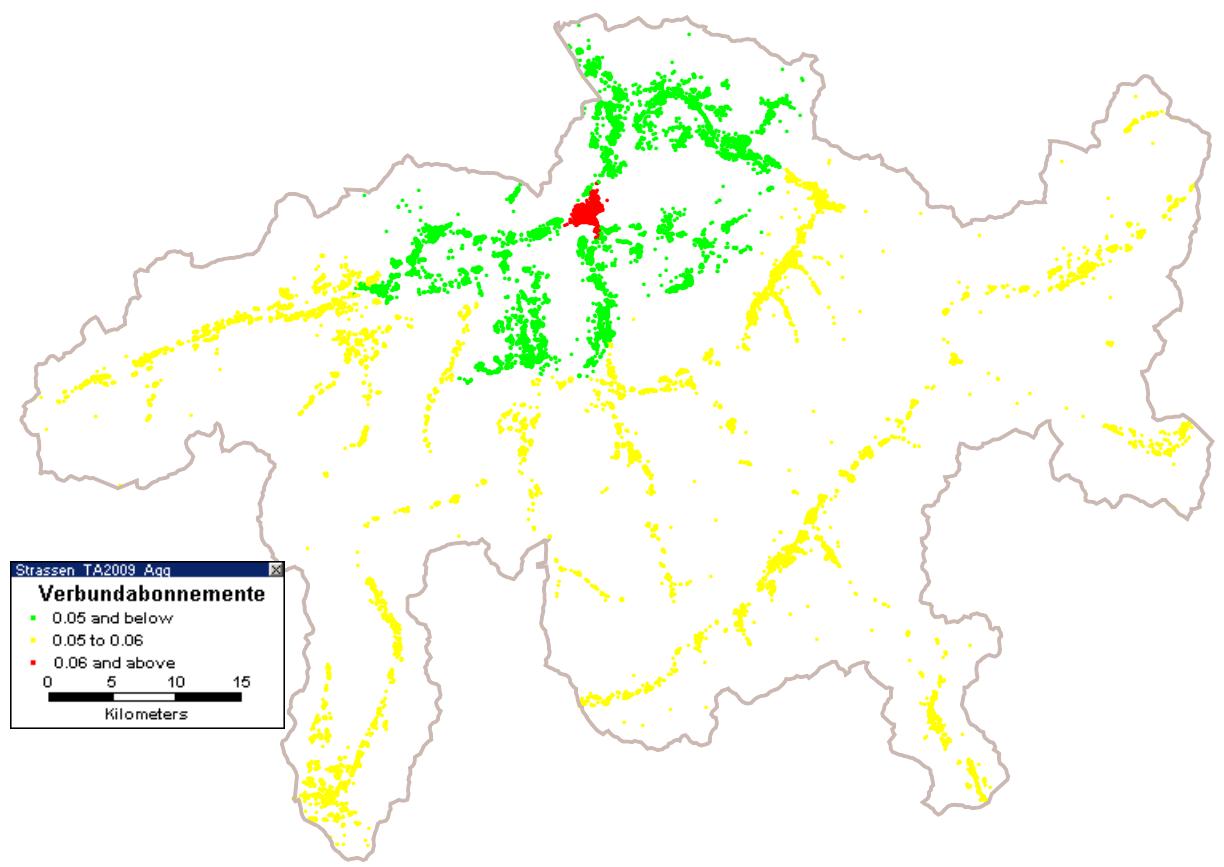


Abbildung 8: Besitzquoten von ÖV-Verbundabos

Lesebeispiel: ÖV-Abo = 0.06 heisst 6% der Einwohner besitzen ein ÖV-Verbundabo

Quelle: Mikrozensus zum Verkehrsverhalten 2005, Bundesamt für Statistik

6. Verkehrsangebot MIV

Das Verkehrsangebot für den motorisierten Individualverkehr besteht zur Hauptsache aus geocodierten Strecken, Knoten und Streckenattributen.

6.1 Strassennetz

Das Strassennetz entspricht dem Stand Ende 2010 und wurde auf der Basis des bis auf Quartierstrassen aufgelösten GIS-Netzes der Firma Tele Atlas erstellt (Geometrie und Topologie). Fehlende Strecken und Massnahmen die zwischen 2009 und 2011 realisiert worden sind, wurden nachcodiert (siehe Kp. 2 im Bericht Hartmann²).

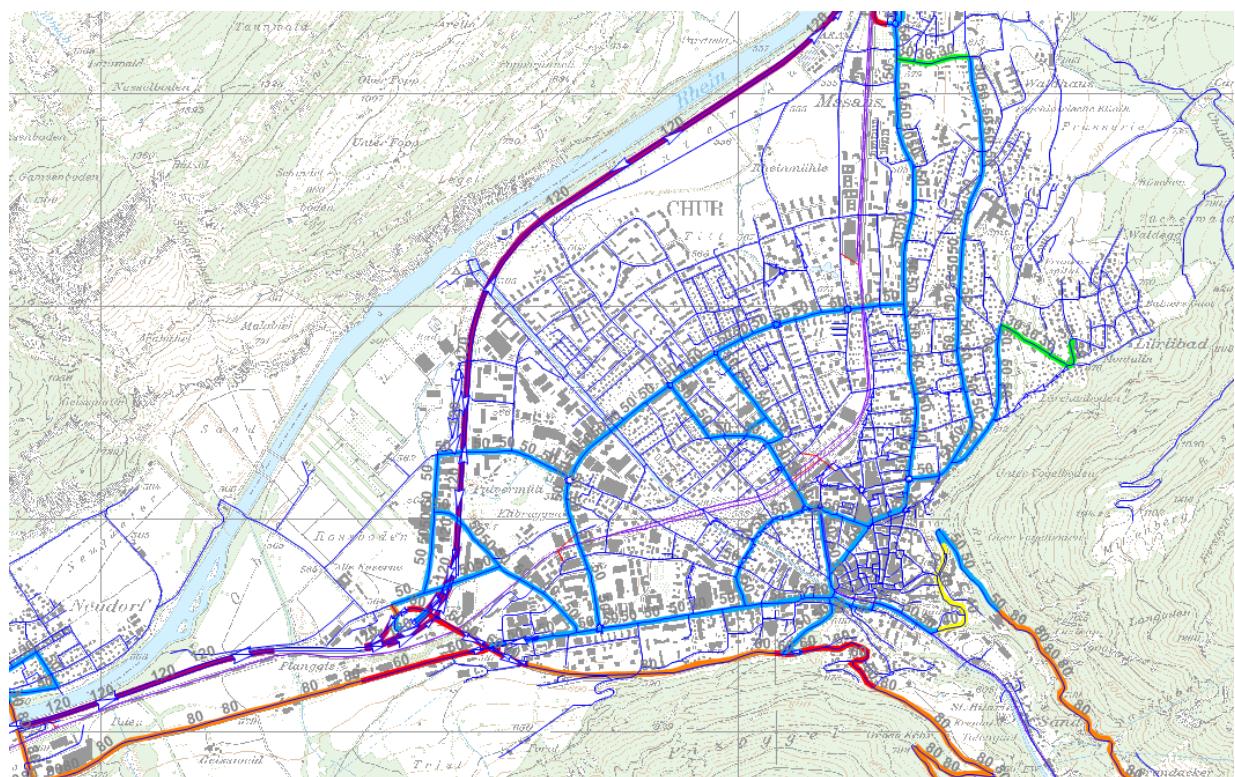


Abbildung 9: Strassennetz 2010, Ausschnitt Chur

² Verkehrsmodell Graubünden 2010 – Mengengerüst. Hartmann & Sauter. Chur, Februar 2012.

Hasenrainstrasse 65, CH – 4102 Binningen/Basel, Telefon +41 – 61 301 96 20, arendt@arendt.ch, www.arendt.ch

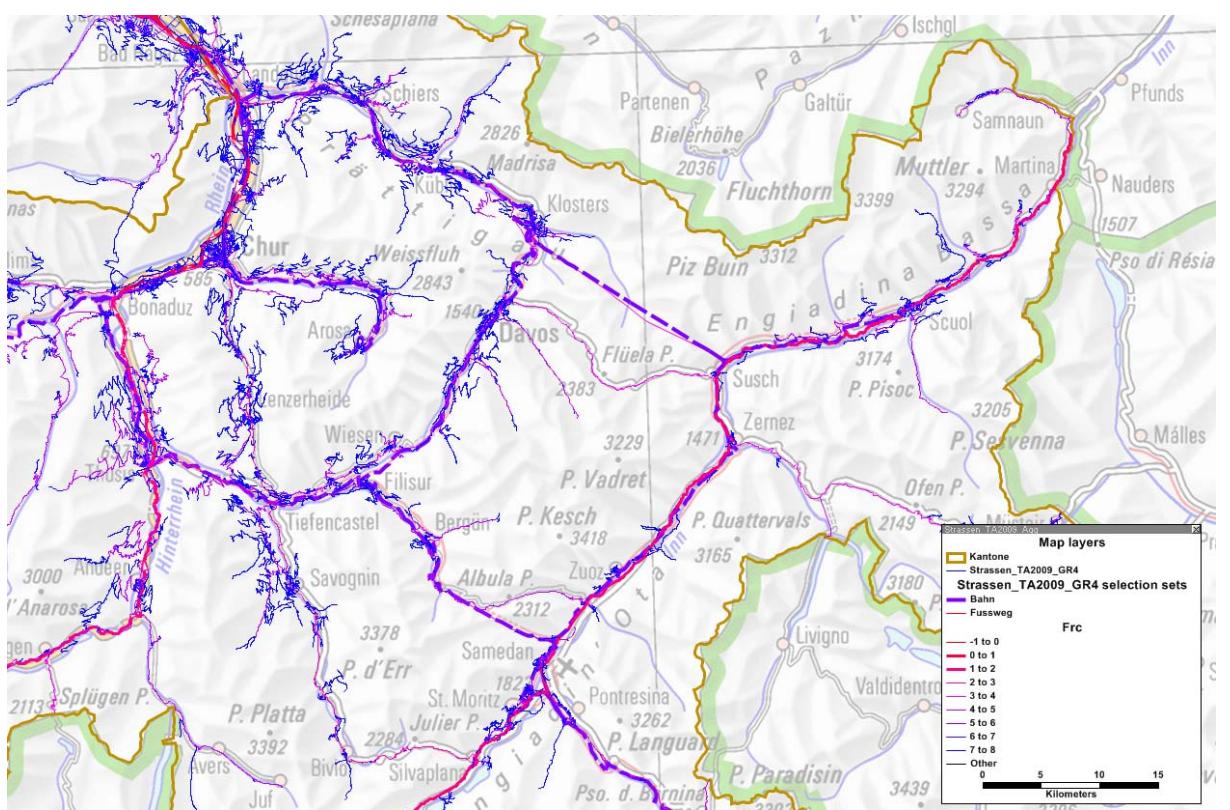


Abbildung 10: Strassennetz 2010, Ausschnitt Chur - Prättigau - Engadin

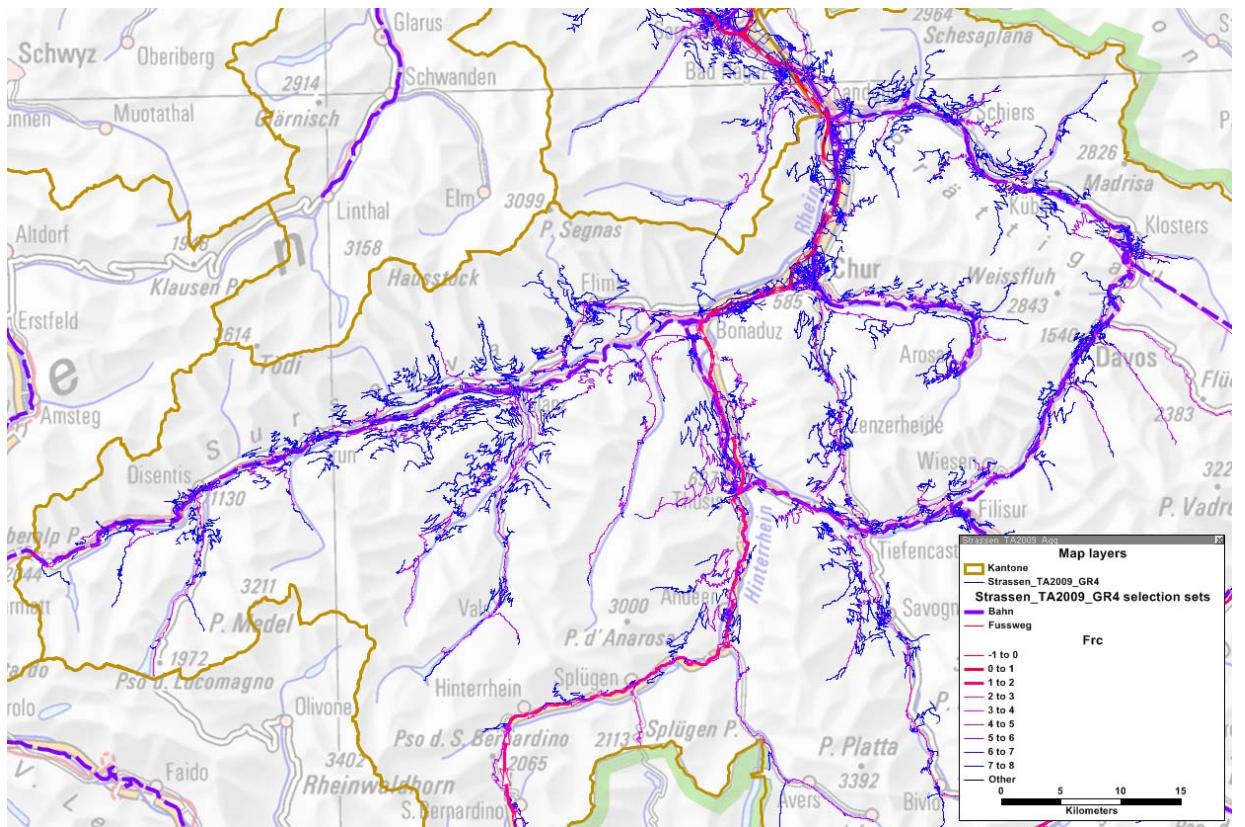


Abbildung 11: Strassennetz 2010, Ausschnitt Chur - Surselva

6.2 Allgemeine Streckenattribute

Folgende Attribute wurden den Strecken zugespielt resp. aus dem TeleAtlas-Netz übernommen:

1. **Streckenlänge** [m]: Die Länge des Links zwischen zwei Knoten
2. **Ausgangsgeschwindigkeit V_0** [km/h]: Die Geschwindigkeit, welche auf einem unbelasteten Netz in der Regel durchschnittlich gefahren wird. V_0 liegt auf vielen Strassenabschnitten unter der signalisierten Geschwindigkeit.
3. **Signalisierte Geschwindigkeit** [km/h]: Wurde aus dem Strassennetz des ANU übertragen.
4. **Fahrzeiten** [Minuten]: Berechnet aus Ausgangsgeschwindigkeit und Streckenlänge
5. **Streckenklaasse** (FRC: Functional Road Class)
6. **Einbahnstrassen**: signalisierte Einbahnstrassen
7. **Max. Tageskapazität** [Fahrzeuge/Tag]: siehe Kapitel 6.4
8. **Stundenkapazität** [Fahrzeuge/Stunde]: siehe Kapitel 6.4
9. **CR-Parameter α und β** zur Ermittlung der belastungsabhängigen Streckenkapazitäten: siehe Kapitel 6.4.

Streckenklaasse: Das TeleAtlas-Netz führt bereits eine Streckenklassierung. Das sog. Attribut FRC (Functional Road Class) typisiert die Strassenabschnitte entsprechend ihrer verkehrlichen Funktion in neun Klassen ein. Tabelle 2 zeigt diese Einteilung. Zusätzlich wurde eine Spalte mit den korrespondierenden Streckenklassen im nationalen Personenverkehrsmodell des Bundes (NPVM) hinzugefügt. Via Streckenklassen des NPVM lassen sich dann die Kapazitäten und CR-Parameter auf das Strassennetz übernehmen (siehe Kapitel 6.4).

Tabelle 2: Zuordnung „Functional Road Class“ des TeleAtlas-Netzes zur Linkklassierung im nationalen Personenverkehrsmodell NPVM

Strassentyp	FRC TeleAtlas	Streckentyp NPVM
Autobahn	0	10-15, 19-23, 29, 30-34
Autostrasse	1	16-18, 24, 25, 35, 36
Hauptstrasse, ausserorts	2, 3	40, 43-47, 60, 61, 70
Hauptstrasse, innerorts	4	71, 80, 83, 84, 86, 87
Verbindungsstrasse, innerorts	6	81, 85, 88

Strassentyp	FRC TeleAtlas	Streckentyp NPVM
Verbindungsstrasse, ausserorts	5	41, 42, 50-56, 62, 72-73
Sammelstrasse, ausserorts	7	57, 58, 63
Sammelstrasse, innerorts	7	81, 85, 88
Erschliessungsstrasse, ausserorts	7	57, 58, 63
Erschliessungsstrasse, innerorts	7	---
Rest	8	8, 9, 90-92

6.3 Streckenattribute Kantonales Strassennetz GR

Das Tiefbauamt des Kantons Graubünden besitzt und pflegt ein digitales Strassennetz mit den Kantons- und den Nationalstrassen. Daraus werden pro Streckenabschnitt die folgenden Attribute auf das Strassennetz des Verkehrsmodells übernommen:

- **Strasseneigentümer** nach TBA (Bund, Kanton, Übrige = Gemeindestrassen und Private)
- **Strassennummer**
- **Strassenkategorie**: Nationalstrasse, Hauptstrasse, Verbindungsstrasse, Restliche Strassen
- **Klassierung**: Innerorts, Ausserorts
- **Strassenname** gemäss TBA
- **Lärmtechnische Kategorie**: Hauptstrassen, Übrige Strassen

Als Grundlage für die Attribuierung wurden vom TBA folgende drei GIS-Layer des Strassennetzes und ein Straßenverzeichnis zur Verfügung gestellt:

- a) KSTN_INNERORTS: zeigt die Innerorts- und Ausserortsstrecken des kantonalen Strassennetzes auf.
- b) KSTN_STRASSEN_KAT: mit dem Attribut Strassenkategorien
- c) KSTN_EIGENTUM: mit den Eigentümerangaben Bund und Kanton
- d) Straßenverzeichnis des TBA (Strassenerhaltung) mit Strassennummer und „lärmtechnischen Kategorien“

Von jedem dieser drei Layer wurden zuerst die Strecken-ID auf das Strassennetz des Verkehrsmodells übernommen. Dazu wurde das Kantonale Strassennetz mit dem Verkehrsmodellnetz gematched. Mit einem Streckenbuffer wurde jedem Strassennetzlink des Verkehrsmodellnetzes der zugehörige Strassenlink des kantonalen Strassennetzes zugeordnet. Bei Attributswechseln zwischen zwei Strassenknoten mussten teilweise zuerst Zwischenknoten in das Strassennetz des Verkehrsmodells eingefügt werden. Anschliessend konnten die Strecken-ID übertragen und dann via diese IDs die weiteren Streckenattribute zugespielt werden.

Als Resultat liegt das Strassennetz als GIS-Layer mit den 6 oben genannten Attributen für jeden Strassenabschnitt vor. Die genaue Spaltenbezeichnung findet sich in der Metadatenbeschreibung in Kapitel 13.

6.4 Kapazitäten

Die Stundenkapazität bezeichnet die Anzahl Fahrzeuge, die theoretisch innerhalb einer Stunde den Strassenabschnitt passieren können. Die Streckenkapazitäten wurden aus dem nationalen Personenverkehrsmodell für jede Streckenkategorie (FRC) übernommen. Dazu diente die obige Zuordnungstabelle die den FRC-Klassen den entsprechenden Streckentyp aus dem NPVM zuordnet.

Die so erhaltene Streckenkapazität wurde anschliessend mit dem Faktor 13 auf Tageskapazitäten hochgerechnet (Quelle: Bundesamt für Raumplanung ARE. „Erstellung des nationalen Personenverkehrsmodells für den öffentlichen und privaten Verkehr – Modellbeschreibung“. Bern 2006).

CR-Funktion: Die Capacity-Restraint-Funktion bestimmt aufgrund der Streckenauslastung die effektiv gefahrene Geschwindigkeit und damit die Fahrzeit (oder die Zeitverluste) auf der Strecke. Diese belastungsabhängige Fahrzeit ist entscheidend für die korrekte Abbildung der Routenwahl. Die Zusammenhänge sind in der untenstehenden Formel beschrieben. Die Parameter α und β der CR-Funktionen wurden, wie die Kapazitäten, pro Streckenkategorie (FRC) aus dem NPVM übernommen (Tabelle 3).

$$t_{akt} = t_i \cdot \left[1 + \alpha^i \left(\frac{x_i}{C_i} \right)^{\beta^i} \right]$$

mit:

- t_i = Fahrzeit auf dem Link i bei unbelastetem Netz
- C_i = Streckenkapazität in max. Anzahl Fahrzeugen pro Zeiteinheit
- x_i = aktuelle Verkehrsbelastung auf der Strecke
- α = konstanter Parameter
- β = konstanter Parameter

Tabelle 3: Parameter der Capacity Restraint Funktion nach Strassentypen

Strassentyp	FRC (TeleAtlas)	alpha	beta
Autobahn	0	0.3	4.0
Autostrasse	1	0.4	3.6
Hauptstrasse, ausserorts	2; 3	1.0	3.4

Strassentyp	FRC (TeleAtlas)	alpha	beta
Hauptstrasse, innerorts	4	1.0	2.4
Verbindungsstrasse, innerorts	6	1.4	2.6
Verbindungsstrasse, ausserorts	5	1.4	2.6
Sammelstrasse, ausserorts	7	1.2	2.0
Sammelstrasse, innerorts	7	1.2	2.0
Erschliessungsstrasse, ausserorts	7	1.2	2.0
Erschliessungsstrasse, innerorts	7	1.2	2.0
Rest	8	--	--

6.5 Abbiegewiderstände

Mit Abbiegewiderständen lassen sich im Strassennetz Verzögerungen beim Abbiegen oder Abbiegeverbote berücksichtigen. Abbiegerestriktionen können bei folgenden Situationen nützlich sein:

- Abbiegungen die physisch nicht möglich oder behördlich verboten sind
- Signalisierte oder überlastete Knoten und daraus resultierende Verzögerung in die eine oder mehrere Richtungen.

Global wurden im Netz U-Wendemanöver verboten.

6.6 Verkehrszählungen

Verkehrszählungen sind die Grundlage zur Kalibration (Eichung) und Validierung des Verkehrsmodells. Auf dem gesamten Strassennetz konnten verlässliche Zähldaten von insgesamt 60 Zählstellen berücksichtigt werden auf den Autobahnen, Haupt- und Verbindungsstrassen. Diese Daten stammen aus ganzjährigen, automatischen Zählern und sind nahezu „exakt“. Weitere 21 Zähler mit sehr plausiblen Werten wurden ebenfalls berücksichtigt. Sie stammen aus nahezu automatischen Zählern oder betreffen Abschnitte, die nahe an automatischen Zählern liegen. Die restlichen Werte stammen aus periodischen Zählungen, die während 1-2 Wochen pro Jahr durchgeführt und dann auf Jahreswerte hochgerechnet werden. Diese Werte sind in der Datenqualität nicht vergleichbar mit Werten aus Dauerzählern und dienen daher generell nicht als Kalibrationsbasis, sondern als Vergleichsbasis für die Überprüfung der Qualität der modellierten Fahrtenmatrix.

In Abbildung 12 sind die für die Kalibration verwendeten Zählstellen zusammen mit einem Qualitätsattribut dargestellt.

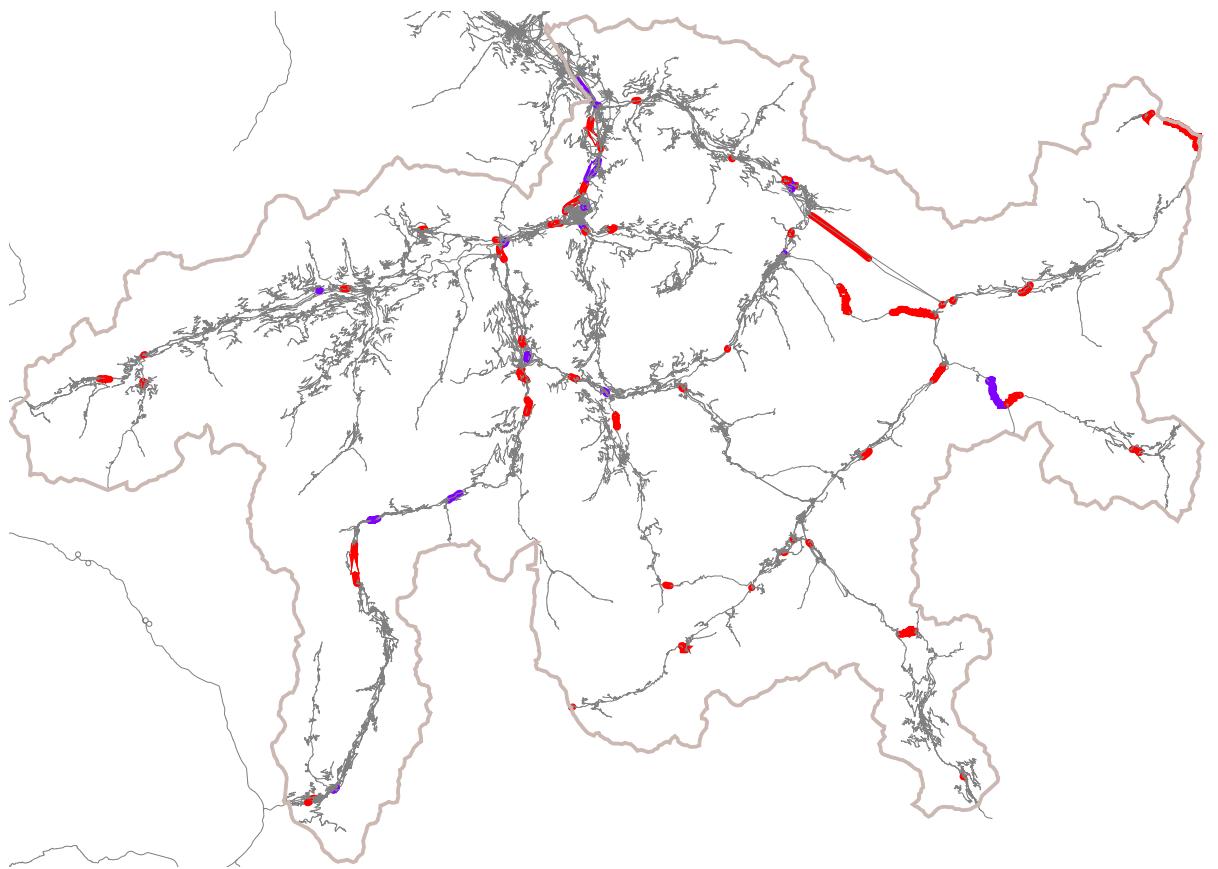


Abbildung 12: Strassenetz mit Zählstellen. Rot = "exakte" Werte, Violett = hochplausible Werte

7. Verkehrsangebot OeV

Das Verkehrsangebot des öffentlichen Verkehrs besteht aus dem ÖV-Netz und dem Fahrplan, der beschreibt, wann und wo und wie häufig eine ÖV-Linie startet und endet und welche Haltestellen sie bedient. Das Netz des öffentlichen Verkehrs ergänzt das Strassennetz. Es enthält im Wesentlichen folgende Elemente:

- **Haltestellen**
- **ÖV-Linien** (als auf das Strassennetz oder das Schienennetz geroutete Haltestellenabfolge); die beiden Richtungen einer Linie werden als separate Linie codiert
- **Reisezeiten** zwischen Haltestellen (aus Fahrplan)
- **Taktintervall** der ÖV-Kurse (aus Fahrplan)

Wichtige daraus ableitbare Angebotsgrössen des ÖV sind:

- Zugangsweg und **Zugangszeit** vom Startort zur ÖV-Haltestelle
- Mittlere **Startwartezeit**, ist abhängig vom Taktintervall resp. der Bedienungshäufigkeit der ÖV-Linie
- **Anzahl Umsteigen** zwischen ÖV-Linien
- **Umsteigewartezeit** beim Wechsel von ÖV-Linien (ist abhängig von der Taktfolge)
- **Fahrpreis** ÖV, aus durchschnittlichen Kilometerkosten

Das digitale und codierte ÖV-Netz mit Linien, Haltestellen und Reisezeiten erlaubt eine detaillierte Berechnung der Angebotskenngrössen und eine übersichtliche Darstellung der Belastungen (in Anzahl Personen, Personenzügen und in ÖV-Linienbussen) zusammen mit dem MIV und Langsamverkehr.

7.1 Linien und Haltestellen

Die ÖV-Linien (Busse und Bahn) werden in TransCAD direkt auf das digitale Strassennetz resp. Schienennetz geroutet. Damit entsteht ein integrales Verkehrsnetz. Den einzelnen Linien werden anschliessend das Taktintervall in der Abendspitze und ein über den ganzen Tag (6-20 Uhr) gemitteltes Taktintervall, die Anzahl Kurse sowie die Fahrzeiten zwischen den einzelnen Haltestellen zugewiesen. Die Verkehrszonens (jede Hektare) werden wie beim MIV senkrecht ans Strassennetz angebunden. Die Fusswege zu und von den Haltestellen erfolgen über das Strassennetz und werden dynamisch fahrtzielabhängig bei der Verkehrsumlegung ermittelt.

Die Verortung und die Namen der Haltestelle stammen aus der vom Bundesamt für Verkehr (BAV) zur Verfügung gestellten Liste über die Stationsnamen (Didok-Liste). Diese Liste kann auf der Webseite des BAV unter www.bav.admin.ch, Dokumentation/Verzeichnissen runtergeladen werden.

Abbildung 13 zeigt den Gesamtüberblick über alle abgebildeten ÖV-Linien im Kanton Graubünden, in Abbildung 14 sieht man einen vergrösserten Ausschnitt der ÖV-Linien in Chur zusammen mit den Haltestellen und Abbildung 15 verdeutlicht einen Umsteigeknoten zwischen Bus und Bahn mit Fusswegen.

7.2 Reisezeiten

Die Reisezeit für einen ÖV-Weg besteht aus dem Fussweg vom Startort zur Haltestelle, der Wartezeit an der Haltestelle, der Fahrzeit mit dem ÖV von der Starthaltestelle bis zur Zielhaltestelle und dem Abgangsweg zum Zielort. Die Zu- und Abgangszeiten zu Fuss werden bei der Umlegung in TransCAD über die Streckengeometrie direkt berechnet. Die Fahrzeiten zwischen zwei Haltestellen könnten aus dem Fahrplan zugeordnet werden. Hier wurde ein vereinfachter Ansatz gewählt, indem zuerst aus dem Fahrplan für jeden ÖVKurs die Kurslaufzeit von der Start- bis Endhaltestelle ermittelt und über die Linienlänge eine mittlere Liniengeschwindigkeit berechnet wurde. Über die Distanz zwischen zwei Haltestellen liess sich schlussendlich die Fahrzeit zwischen zwei Haltestellen berechnen und dem ÖV-Netz zuordnen. Als weiteres Attribut könnte auch das Risiko für Verzögerungen (d.h. reduzierte Pünktlichkeit, durch Fahrzeitverlängerung infolge von Stau) bei Buslinien hinzugefügt werden. Es sagt aus wie viel Prozent der ÖV-Fahrten eine Verspätung gegenüber der Fahrplanzeit von z.B. 10 Minuten am Zielort aufweisen.

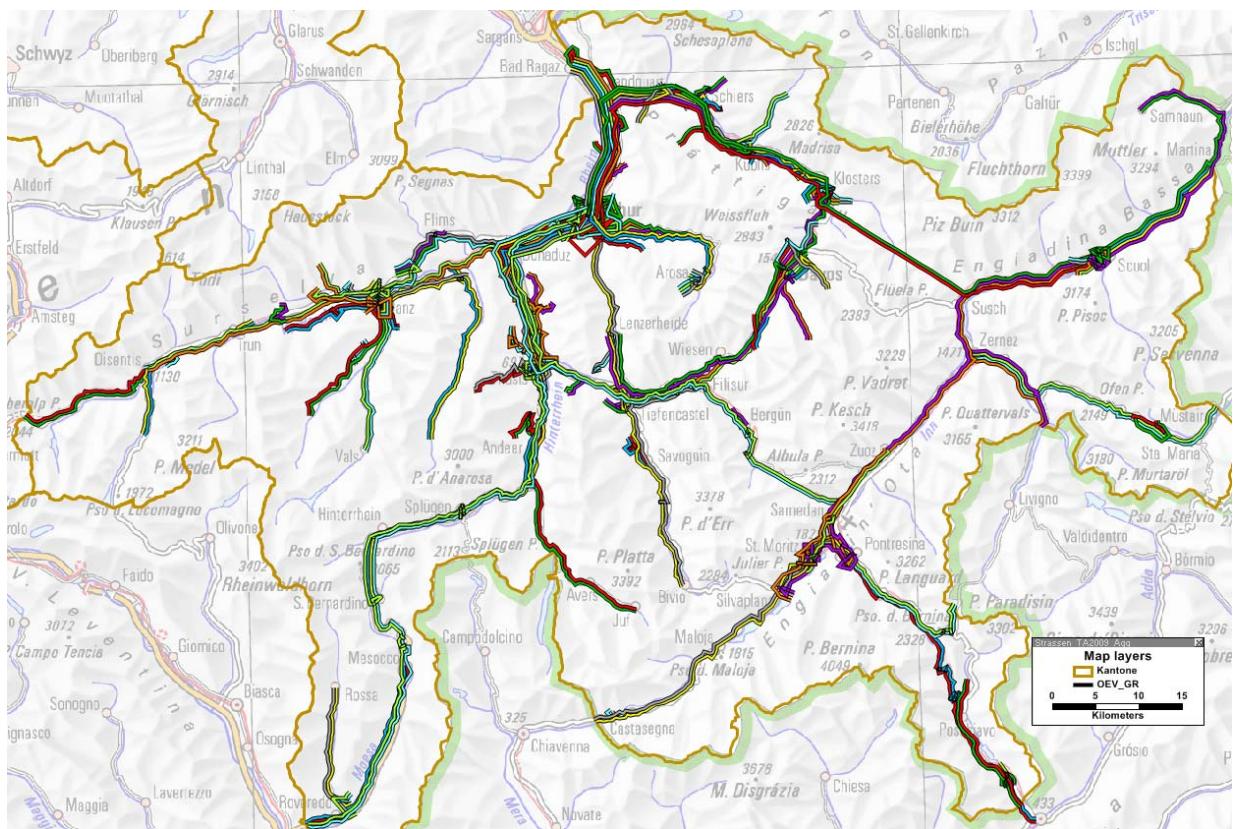


Abbildung 13: ÖV-Netz mit rund 600 Bus- und Bahnlinien (Überblick)



Abbildung 14: ÖV-Netz in Chur inkl. städtischer Buslinien

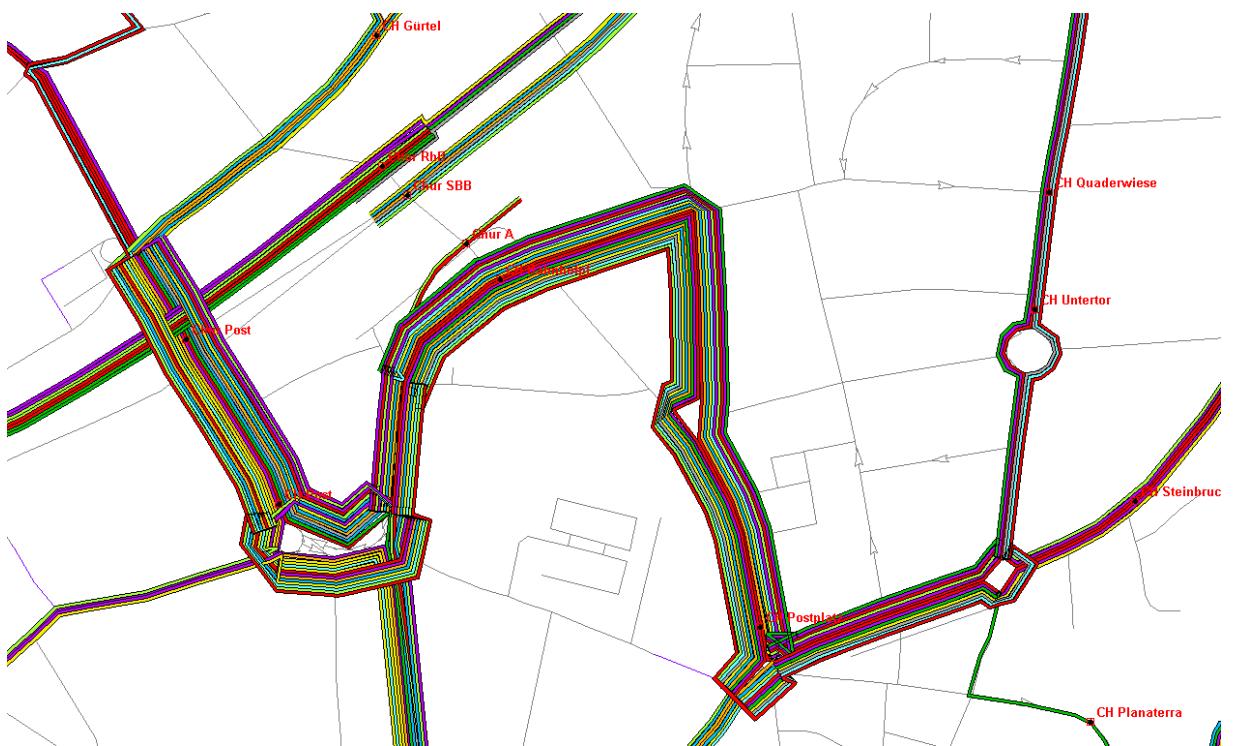


Abbildung 15: ÖV-Netz Chur im Bereich Bahnhofplatz mit Umsteigebeziehungen zw. Bahn und Bus

7.3 Auswertungsmöglichkeiten

Das modellierte ÖV-Angebot bietet eine ganze Reihe von Auswertungsmöglichkeiten. In Tabelle 4 sind die Kennzahlen der modellierten Haltestellen und Linien nach Betreibern zusammengefasst.

Tabelle 4: Anzahl modellierte ÖV-Linien nach Betreiber

Betreiber	Anzahl Linien	Anzahl Haltestellen
Postauto	142	
RhB	20	
Autobus Chur	18	
VBD (Davos)	16	
Klosters	10	
SBB	6	
Arosa	4	
MGB	2	
SM	2	
Total	226	2'532

Eine Liste mit allen modellierten Linien befindet sich im Anhang 16.1.

Weitere linien- und haltestellenspezifische Auswertungen sind möglich, nachdem die Fahrtenmatrizen auf das ÖV-System umgelegt worden sind. Es können dann insbesondere die Anzahl Ein- und Aussteiger an jeder Haltestelle in der Summe oder für jede Linie oder die Anzahl Fahrgäste zwischen zwei Haltestellen, ebenfalls differenziert nach Linien (Abbildung 16) ausgegeben werden.

Dataview8 - report										
ROUTE	TYPE	BOARD	ALIGHT	PAXMILES	PAXHOURS					
B_1_EmsChemie_CH_Lachen	Route Field	1459.30	1459.30	2866.34	194.03					
B_1_Felsberg_CH_Lachen	Route Field	1806.56	1806.56	2723.75	215.17					
B_1_Lachen_CH_EmsChemie	Route Field	1529.20	1529.20	3095.55	215.47					
B_1_Lachen_CH_Felsberg	Route Field	1947.35	1947.35	2575.17	224.56					
B_1_Lachen_CH_Rhäzüns	Route Field	949.84	949.84	2280.06	146.14					
B_1_Prätsch_Unts_Hörn	Route Field	129.48	129.48	157.97	15.27					
B_1_Rhäzüns_CH_Lachen	Route Field	795.18	795.18	1575.86	99.05					
B_201_GrüschBhf_Seeweis	Route Field	97.49	97.49	237.26	14.51					
B_201_Seeewis_GrüschBhf	Route Field	94.17	94.17	257.98	15.78					

Dataview9 - TASN_ONO										
STOP	ROUTE	On	Off	WalkAccessOn	DirectTransferOn	WalkTransferOn	DirectTransferOff	WalkTransferOff	EgressOff	
1625	14	67.0479	10.5226	67.0479	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	10.5226	
1621	14	22.7789	4.4643	22.7725	0.0064	0.0000	0.0000	0.0000	4.4643	
1617	14	103.3643	36.1231	103.3643	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	36.1231	
1613	14	156.3271	40.8725	156.3271	0.0000	0.0000	0.0064	0.0000	40.8661	
1609	14	58.0900	75.4842	58.0900	0.0000	0.0000	25.4806	0.0000	50.0036	
86	14	0.0000	565.6611	0.0000	0.0000	0.0000	0.0809	555.8251	9.7551	
2076	35	68.1391	0.0000	25.3070	42.8321	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
2070	35	11.3638	8.7153	11.3638	0.0000	0.0000	1.6922	0.0000	7.0232	
2062	35	19.5600	4.8321	3.6723	15.8877	0.0000	0.0014	0.0000	4.8307	
2067	35	0.3990	1.3353	0.3990	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.3353	
2085	35	1.4813	2.1410	1.4813	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.1410	
2111	35	0.9550	45.9154	0.9550	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	45.9153	
2109	35	0.3574	13.0374	0.3382	0.0192	0.0000	0.0000	0.0000	13.0374	
2107	35	0.0000	26.2690	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	26.2690	

Abbildung 16: Auswertebeispiel für Ein- und Aussteiger pro Haltestelle (STOP) und Linie (ROUTE)

7.4 Zähldaten

Für den Grossteil der ÖV-Linien waren Verkehrszählungen verfügbar. Die RhB hat für ihre Linien Zählungen in Form von Abschnittsbelastungen (Anzahl Reisende zwischen zwei Haltestellen) abgegeben. Die restlichen Betreiber lieferten die Anzahl Ein- und Aussteiger pro Linie und Tag.

Die Zahlen zu den Ein- und Aussteigern wurden in TransCAD an die Linien gehängt. Abschnittsbelastungen konnten den Resultate-Tabellen aus der Umlegung abschnittsweise hinzugefügt werden.

Die Zähldaten werden bei der Plausibilisierung der berechneten ÖV-Verkehrsnachfrage verwendet.

8. Berechnung der Verkehrsnachfrage (Einheimische)

Nachdem die Verkehrsangebote modelliert und die Landnutzungsdaten aufbereitet sind, können nun die Fahrtenmatrizen für den MIV, ÖV und Langsamverkehr (Fuss- und Velowege) der im Kanton Graubünden wohnhaften Bevölkerung berechnet werden. In diesem Kapitel werden die Herleitung und die verschiedenen Modellschritte näher erläutert, und die Resultate vorgestellt.

8.1 Verkehrserzeugung

Als Verkehrserzeugung wird die Berechnung des Verkehrsaufkommens einer Hektarzone (100m x 100m), also die Gesamtzahl aller Wege bezeichnet, die von einer Verkehrszone ausgehen (Quellverkehr) resp. die von dieser Zone angezogen (Zielverkehr) werden. Das Erzeugungsmodell stellt die Quellverkehrssummen, also die Randsummen der Fahrtenmatrizen je Verkehrszone und Fahrtzweck bereit. Es wird zwischen heimgebundenen und nicht heimgebundenen Wegen unterschieden. Unter heimgebundenen Wegen versteht man Wege, die ihren Ausgangs bzw. Endpunkt an der Wohnadresse haben. Nicht heimgebundene Wege hingegen beginnen an anderen Orten.

Die Quantifizierung erfolgt über Mobilitätsraten pro Haushalt bzw. Arbeitsplatz. Die Mobilitätsrate sagt aus, wie viele Wege ein durchschnittlicher Haushalt bzw. ein Arbeitsplatz pro Tag getrennt nach Fahrtzwecken erzeugt. Zur deren Ermittlung wird die Verkehrserhebung „Mikrozensus 2005 zum Verkehrsverhalten“ der Bundesämter für Statistik und Raumentwicklung ausgewertet (Abbildung 17).

Verkehrsproduktion pro Haushalt				
$10.83 \cdot \text{Fahrten Total} = 2.71 \cdot \text{HBW} + 1.08 \cdot \text{HBS} + 4.87 \cdot \text{HBNW} + 2.17 \cdot \text{NHB}$				
Verkehrsattraktion				
	HBW	HBS	HBNW	NHB
Pro Arbeitsplatz im Detailhandel	2.55	12.00	1.30	
Pro Arbeitsplatz im Nicht-Detailhandel	2.55	1.00	1.10	
Pro Haushalt	0.00	1.00	0.15	
Pro Unterrichtsperson und Ausbildungsstätte		19.00		
Legende				
HBW:	Anzahl Fahrten Wohnen-Arbeiten			
HBS:	Anzahl Fahrten Wohnen - Schule			
HBNW:	Anzahl Fahrten Wohnen-Nichtarbeiten			
NHB:	Anzahl Fahrten Nichtwohnen-Nichtwohnen			

Abbildung 17: Verkehrserzeugungs- und Verkehrsanziehungsraten nach Fahrtzwecken

Ein Haushalt mit durchschnittlich 2.17 Einwohnern in Graubünden produziert demnach an Werktagen täglich 10.83 Fahrten, davon 2.71 Fahrten von zuhause zur Arbeit, 1.08 Fahrten von zuhause zur Schule, 4.87 Freizeit- und Einkaufsfahrten mit Start von zuhause und 2.17 Fahrten, die weder Zuhause beginnen noch dort enden (z.B. am Mittag vom Arbeitsplatz im Laden etwas einkaufen gehen, etc.).

Arbeitsplätze und Haushalte ziehen auch Verkehr an (Verkehrsattraktion): Pro Arbeitsplatz im Detailhandel entstehen pro Tag durchschnittlich total 15.85 Personenfahrten: 2.55 davon sind Pendlerfahrten, 12.0 Fahrten mit Fahrtzweck Freizeit oder Einkaufen (HBNW) und 0.15 Fahrten für Dienstleistungserbringung (Handwerker, Post etc.). Pro Haushalt 1.15 Personenfahrten: 1 Fahrt mit dem Zweck HBNW (z.B. Besuche) und 0.15 Fahrten NHB für z.B. Dienstleistungserbringung. Bei den Ausbildungsfahrten zieht eine Lehrperson im Erziehungs- und Bildungswesen durchschnittlich 19 Fahrten an.

Ausgangspunkt nicht heimgebundener Wege sind die aufgesuchten Ziele bei den heimgebundenen Wegen. Das Quellverkehrsaufkommen nicht heimgebundener Fahrten einer Zone ergibt sich daher aus der Gesamtanzahl der nicht heimgebundenen Wege beim betrachteten Weg und dem relativen Anteil der Zone am Zielverkehr bei den heimgebundenen Wegen.

8.2 Verkehrsverteilung - Zielwahl

Mit einem Verteilungsmodell (Zielwahlmodell) wird das oben berechnete Verkehrsaufkommen für jeden Fahrtzweck auf die Fahrtziele verteilt. Daraus entsteht die Fahrtenmatrix. Dabei werden die von einer Quellzone aus erreichbaren potenziellen Ziele zueinander bewertet. Die Attraktivität einer Zone als potenzielles Ziel eines Weges wird durch das Zielpotenzial beschrieben, das sich aus den Strukturdaten errechnet (Arbeitsplätze, Haushalte und Unterrichtspersonen Schule). Für die Verkehrsverteilung (Zielwahl) wird ein gekoppeltes Gravitationsmodell eingesetzt. Es gilt:

$$T_{ij} = a_i \cdot P_i \cdot b_j \cdot A_j \cdot f(d_{ij})$$

wobei:

$$\sum_j T_{ij} = P_i$$

$$\sum_i T_{ij} = A_j$$

Mit
 T_{ij} = Verkehrsaufkommen produziert in Verkehrszone i und angezogen durch Zone j
 P_i = Verkehrsaufkommen produziert in Verkehrszone i
 A_j = Verkehrsaufkommen angezogen in Verkehrszone j
 a_i = Ausgleichsfaktor für Zeile i
 b_j = Ausgleichsfaktor für Spalte j

und der Widerstandsfunktion mit d_{ij} =Generalisierte Kosten:

$$f(d_{ij}) = a \cdot d_{ij}^{-b} \cdot e^{-c \cdot (d_{ij})}$$

Der Wegwiderstand d_{ij} eines Weges besteht aus den generalisierten Reisekosten zwischen Quelle und Ziel des Weges unterschieden nach Fahrtzweck und Verkehrsmittel. Die Komponenten des Wegwiderstands sind unten beispielhaft für den Pendlerweg (HBW) aufgeführt:

$$Gen.Kosten_MIV = (Fahrzeit_h) * 7.86Fr. + (Dist_km) * 0.15Fr.$$

$$Gen.Kosten_ÖV = (Fahrzeit_h) * 7.2Fr. + (Zugangszeit_h) * 19.7Fr. + (\text{ÖV_Preis_Fr.}) \\ + (\text{Umsteigezahl}) * 2.1Fr. + (\text{ÖV_Intervall_h}) * 3.1Fr.$$

$$Gen.Kosten_Fuss/Velo = (Fahrzeit_h) * 7.86Fr. + 2.5Fr.$$

Die generalisierten Kosten für die restlichen Fahrtzwecke und die zugehörigen Parameter a, b und c des Verteilungsmodells findet man im Anhang 16.2.1.

Die in den generalisierten Kostenfunktionen verwendeten Parameter (Zahlungsbereitschaften in Franken) werden normalerweise aus Stated-preference-Erhebungen über das Verkehrsverhalten geschätzt. Für Graubünden lag keine solche Erhebung vor. Daher wurden diese Parameter aus einer entsprechenden Erhebung des Kantons Zürichs³ übernommen und auf die Verhältnisse in Graubünden angepasst. Die Parameteranpassung erfolgt bei der Justierung des Teilmodells Verkehrsmittelwahl, siehe auch Kapitel 11.

Die Parameter a, b, c der Widerstandsfunktionen wurden so geschätzt, dass die Distanzverteilung der generierten Fahrten der Distanzverteilung der im Mikrozensus zum Verkehrsverhalten erhobenen Fahrten entspricht (siehe Anhang 16.2.1).

Da bei der Verkehrsverteilung (Zielwahl) das Verkehrsmittel noch nicht bestimmt ist, müssen auch die Wegwiderstände über alle Verkehrsmittel in eine Widerstandsfunktion aggregiert werden. Die Summierung der generalisierten Kosten über alle Verkehrsmittel lautet folgendermassen (Logsum):

$$C_{alle_Modi} = -\frac{1}{\lambda} * \ln [e^{-\lambda * C_{MIV}} + e^{-\lambda * C_{OEV}} + e^{-\lambda * C_{VELO}} + e^{-\lambda * C_{FUSS}}]$$

Mit C = generalisierte Kosten, lambda = Wert zwischen 0.1 und 1.0

8.3 Verkehrsmittelwahl (Modalsplit)

In diesem Schritt erfolgt die Ermittlung der relativen Verkehrsmittelanteile Zone zu Zone für jeden Fahrtzweck. Anschliessend erfolgt die Aufteilung des im obigen Schritt berechneten Fahrtenaufkommens für jede Quell-Ziel-Beziehung auf die in dieser Verkehrsrelation verfügbaren Verkehrsmittel.

³ Gesamtverkehrsmodell für den Personenverkehr des Kantons Zürich. Amt für Verkehr. Zürich 2010.

Basis für die Ermittlung der relativen Verkehrsmittelanteile bilden die aus dem modellierten ÖV-Angebot ermittelte Verbindungsqualität und die Präferenzen der Benutzergruppen. Die Ermittlung der Verkehrsmittelanteile erfolgt mit einem Multinominalen Logit-Modell:

$$P_n(i) = \frac{e^{U_{ni}}}{\sum_{j \in C_n} e^{U_{nj}}}$$

mit:

$P_n(i)$ = Wahrscheinlichkeit mit der eine Person n die Verkehrsmittelalternative i wählt

U_{ni} = Nutzen der Alternative i für die Person n

C_n = Set möglicher Verkehrsmittelalternativen für die Person n (hier: MIV, ÖV, Velo und Fuss)

Bei der Ermittlung des Nutzens U eines Verkehrsmittels werden alle Komponenten des Weges von der Quelle bis zum Ziel berücksichtigt:

- Zu- und Abgangszeit
- Fahrzeit im Fahrzeug
- Kosten
Pkw-Lenker: entfernungsabhängige Fahrtkosten, Parkkosten am Zielort
ÖV: Fahrtkosten (kilometerabhängig)
- Startwartezeit bei der ÖV-Haltestelle
- Umsteigehäufigkeit
- Umsteigegehzeit
- Umsteigewartezeit
- Intervall (Bedienungshäufigkeit durch ÖV)

und zusätzlich die Besitzverhältnisse von Mobilitätswerkzeugen:

- GA-Besitz (als Prozentanteil der Einwohner in der Verkehrszone)
- Halbtax-Abo-Besitz
- Verbundabo-Besitz

Die Parameter der Nutzenfunktionen unterscheiden sich je nach Fahrtzweck. Die Nutzenfunktion für den Fahrtzweck Pendeln zur Arbeit (HBW) wird als Beispiel wie folgt definiert:

Nutzen U_{PW} = Konstante_PW + Fahrzeit_PW * $\beta_{Fahrzeit_PW}$ + Preis_PW * β_{Preis_PW} + PW-Besitz * $\beta_{PW-Besitz}$

Nutzen $U_{ÖV}$ = Fahrzeit_OeV * $\beta_{Fahrzeit_OeV}$ + Preis_OeV * β_{Preis_OeV} + Zugangszeit * $\beta_{Zugangszeit}$ + Umsteigezahl * $\beta_{Umsteigezahl}$ + Intervall * $\beta_{Intervall}$ + GA-Besitz * β_{GA} + Halbtaxabo-Besitz * $\beta_{Halbtax}$

Nutzen U_{Velo} = Konstante_Velo + Fahrzeit_Velo * $\beta_{Fahrzeit_Velo}$

Nutzen U_{Fuss} = Konstante_Fuss + Gehzeit_Fuss * $\beta_{Gehzeit_Fuss}$

Die Parameter der Nutzenfunktionen für die restlichen Fahrtzwecke findet man in der Tabelle 5. Da für Graubünden keine erhobenen Modellparameter vorlagen, wurden diejenigen des Raums Zürich (Quelle: Ge-

samtverkehrsmodell für den Personenverkehr des Kantons Zürich. Amt für Verkehr. Zürich 2010) verwendet und auf die Verhältnisse von Graubünden angepasst (siehe auch Kapitel 11).

Tabelle 5: *Modal-Split-Modell: Verwendete Variablen und Parameter nach Verkehrszwecken*

Variable		Modell Parameter (β)				
		Alle Fahrtzwecke	HBW	HBS	HBNW	NHB
Fuss	Konstante	3.73	4.03	4.03	3.37	3.73
	Fahrzeit (h)	-1.91	-2.57	-2.57	-1.52	-1.91
Velo	Konstante	1.76	2.24	2.24	1.24	1.76
	Fahrzeit (h)	-2.05	-2.81	-2.81	-1.56	-2.05
MIV	Konstante	0.85	-0.01	-0.837	1.07	0.85
	Fahrzeit (h)	-0.89	-1.65	-1.65	-0.98	-0.89
	Preis (Fr.)	-0.05	-0.21	-0.21	-0.07	-0.05
	PW-Besitz	2.11	2.5	2.5	1.54	2.11
ÖV	Fahrzeit (h)	-0.61	-1.51	-1.51	-0.73	-0.61
	Preis (Fr.)	-0.05	-0.21	-0.21	-0.07	-0.05
	Zugangszeit (h)	-2.09	-4.13	-4.13	-1.22	-2.09
	Intervall (h)	-0.45	-0.64	-0.64	-0.51	-0.45
	Umsteigezahl	-0.3	-0.45	-0.45	-0.34	-0.3
	GA-Besitz	2.74	3.1	3.1	2.24	2.74
	Halbtax-Besitz	1.07	0.99	0.99	1.07	1.07
	Verbund-Abos	2.61	2.98	2.98	2.19	2.61
	Anzahl Beobachtungen	19'788	7'506	7'717	7'470	
	Adj, rho ²	0.35	0.37	0.27	0.32	

8.4 Fahrtenmatrizen DWV (Binnenverkehr)

Nach das Verkehrsaufkommen pro Zone verteilt und die Verkehrsmittelwahl bestimmt wurde, liegen nun die Fahrtenmatrizen für die Fahrtzwecke HBW, HBS, HBNW und NHB vor aufgeteilt nach den Verkehrsträgern MIV, ÖV, Velo und Fuss. Diese Matrizen bilden den Binnenverkehr des Kantons Graubünden ab und können für die Umlegung auf die Verkehrsnetze verwendet werden (siehe Kapitel 10).

In Tabelle 6 sind die Eckzahlen der modellierten Fahrtenmatrizen aufgelistet. An einem durchschnittlichen Werktag macht die einheimische Bevölkerung rund 665'000 Fahrten im Binnenverkehr (Start- und Zielort im Kanton GR). Davon werden 280'000 Fahrten mit dem Auto unternommen, 270'000 Wege sind zu Fuss und etwas mehr als 55'000 unternehmen ihre Fahrt mit dem ÖV oder dem Velo.

Tabelle 6: Modellierte Anzahl Personenfahrten nach Verkehrsmittel und Fahrtzwecken 2010
(Binnenverkehr Graubünden, ohne Tourismusverkehr, DWV)

	MIV	ÖV	FUSS	VELO	ALLE	%
	Fahrten	Fahrten	Fahrten	Fahrten	Fahrten	
Alle Fahrtzwecke	288'166	56'376	268'894	57'437	670'873	100
HBW (Arbeit)	92'968	11'425	45'857	18'428	168'678	25
HBS (Ausbildung)	6'555	10'936	40'403	12'288	70'182	11
HBNW (Freizeit/Einkauf)	122'940	24'091	122'785	18'347	288'163	43
NHB (Rest)	65'703	9'924	59'849	8'374	143'850	21

Legende: HBW: Wohnort-Arbeiten, HBS: Wohnort-Ausbildung
HBNW: Wohnort-Freizeit/Einkaufen, NHB: Nicht heimatgebundene Fahrten

Vergleicht man die Anteile in Prozent zwischen den modellierten Fahrten und den Fahrten aus Mikrozensus zum Verkehrsverhalten, so zeigt sich, dass die gesamte Anzahl der Fahrten sehr genau reproduziert werden konnte. Es ergeben sich nur ganz geringe Abweichungen von meist unter einem Prozentpunkt (Tabelle 7). Dies weist auf die hohe Qualität des Verkehrsmodells hin.

Tabelle 7: Vergleich der modellierten Fahrten mit den Verkehrsmittel- und Fahrtzweckanteilen aus dem Mikrozensus 2005 (nur Binnenverkehrsfahrten)

Modellierte Fahrten	MIV	ÖEV	FUSS	VELO	ALLE
HBW	55%	7%	28%	10%	100%
HBS	9%	16%	58%	17%	100%
HBNW	44%	9%	41%	6%	100%
NHB	47%	6%	42%	5%	100%
TOTAL	43%	9%	40%	8%	

Fahrten Mikrozensus	MIV	ÖEV	FUSS	VELO	ALLE
HBW	55%	7%	27%	11%	100%
HBS	9%	16%	58%	18%	100%
HBNW	43%	8%	43%	6%	100%
NHB	46%	7%	42%	6%	100%
TOTAL	43%	8%	40%	9%	

8.5 Aussenverkehr

Unter dem Aussenverkehr versteht man die Fahrten, die über die Kantonsgrenze hinausgehen, das heisst Fahrten, deren Start- oder Zielort ausserhalb des Kantons Graubünden liegt. Zusätzlich fällt darunter auch der Transitverkehr (weder Start noch Ziel der Fahrt liegt im Kanton).

Die Fahrten über die Kantonsgrenze werden nicht aus Strukturdaten modelliert, sondern werden aus dem nationalen Verkehrsmodell übernommen und zur Matrix des Binnenverkehrs hinzugaddiert. Da die Fahrten aus dem nationalen Personenverkehrsmodell NPVM nur gemeindescharf aufgelöst waren, wurde bei jeder Aussenzone (Zone auf Kantonsgrenze als Verkehrseinspeisepunkt) und für jeden Fahrtzweck eine Distanzverteilung der Quell- und Ziel-Fahrten aus dem NPVM ermittelt. Anschliessend wurde das Verkehrsaukommen bei jeder Aussenzone entsprechend dieser Distanzverteilung auf die Hektarzonen verteilt.

Die Verkehrsmengen des Aussenverkehrs für den MIV und ÖV sind in der Tabelle 8 zusammengestellt.

Tabelle 8: *Modellierte Anzahl Personenfahrten nach Verkehrsart 2010
(Aussenverkehr bezogen auf Kanton Graubünden, DWV)*

Verkehrsart	MIV	ÖV	TOTAL
	Fahrten	Fahrten	Fahrten
Zielverkehr (Aussen-GR)	45'750	9'230	54'980
Quellverkehr (GR-Aussen)	45'750	9'230	54'980
Transitverkehr	11'334	23	11'357
Total Aussenverkehr	102'834	18'483	121'317

9. Modellierung des Tourismusverkehrs

Der Verkehr der Hotel- und Zweitwohnungsgäste an ihrem Ferienort hat dort sicher einen bedeutenden Anteil am Gesamtverkehr. Bisher ist dieser Verkehr in den Modellen nicht gesondert berücksichtigt worden, im Rahmen dieses Projektes kann dank der hektarfeinen Zonierung und der Verfügbarkeit einiger touristischer Daten auch auf dieser feinen Ebene erstmals der Versuch unternommen werden, den touristischen Verkehr zu berechnen. Es geht dabei nicht um die Hin- bzw. Wegfahrt zum Touristenort, sondern um die Fahrten, welche die Touristen während ihres Aufenthaltes am Ferienort zurücklegen. Der touristische Verkehr wird für einen Durchschnittstag berechnet, damit er mit dem DTV konsistent ist. Dargestellt wird zunächst die Verkehrserzeugung getrennt nach Hotel und Zweitwohnungen, anschliessend werden die Fahrtziele und das benutzte Verkehrsmittel des touristischen Verkehrs beschrieben.

9.1 Verkehrserzeugung

Die Verkehrserzeugung gibt an, wie viele Wege in einem Hotel bzw. in einer Zweitwohnung erzeugt bzw. angezogen werden.

9.1.1. Zweitwohnungen (ZW)

Nachfolgende Abbildung 18 zeigt das Berechnungsschema zur Ermittlung der Anzahl Gästefahrten pro Zweitwohnung und Tag.

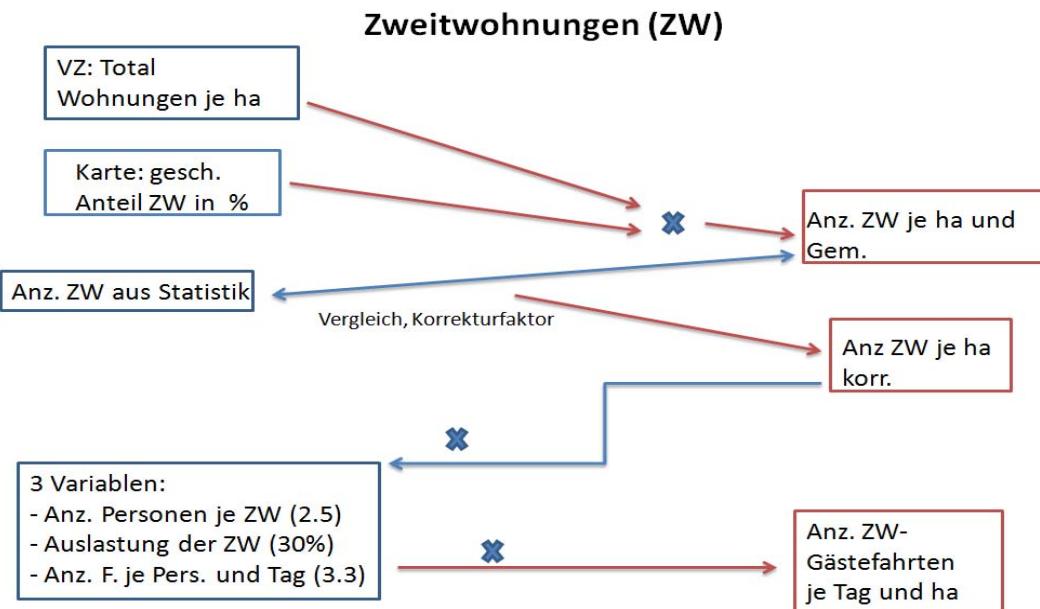


Abbildung 18: Schema zur Berechnung der Verkehrserzeugung der Zweitwohnungen
VZ: Volkszählung, ZW: Zweitwohnungen, ha: Hektarzone

Ausgehend von der Wohnungsanzahl nach ha (aus der Gebäudezählung) sind die Prozentanteile der Zweitwohnungen gemäss dem Anhang zum Bericht Hartmann & Sauter zum Verkehrsmodell GR 2010 jeweils für Teilgebiete (d.h. für mehrere ha zusammen) einer Gemeinde geschätzt worden (siehe Beispiel in nächster Abbildung 19); damit lässt sich die Anzahl der Zweitwohnungen einer Gemeinde berechnen und mit der Statistik vergleichen und bereinigen, woraus sich der korrigierte Wert der Anzahl Zweitwohnungen je Gemeinde und ha ergibt.

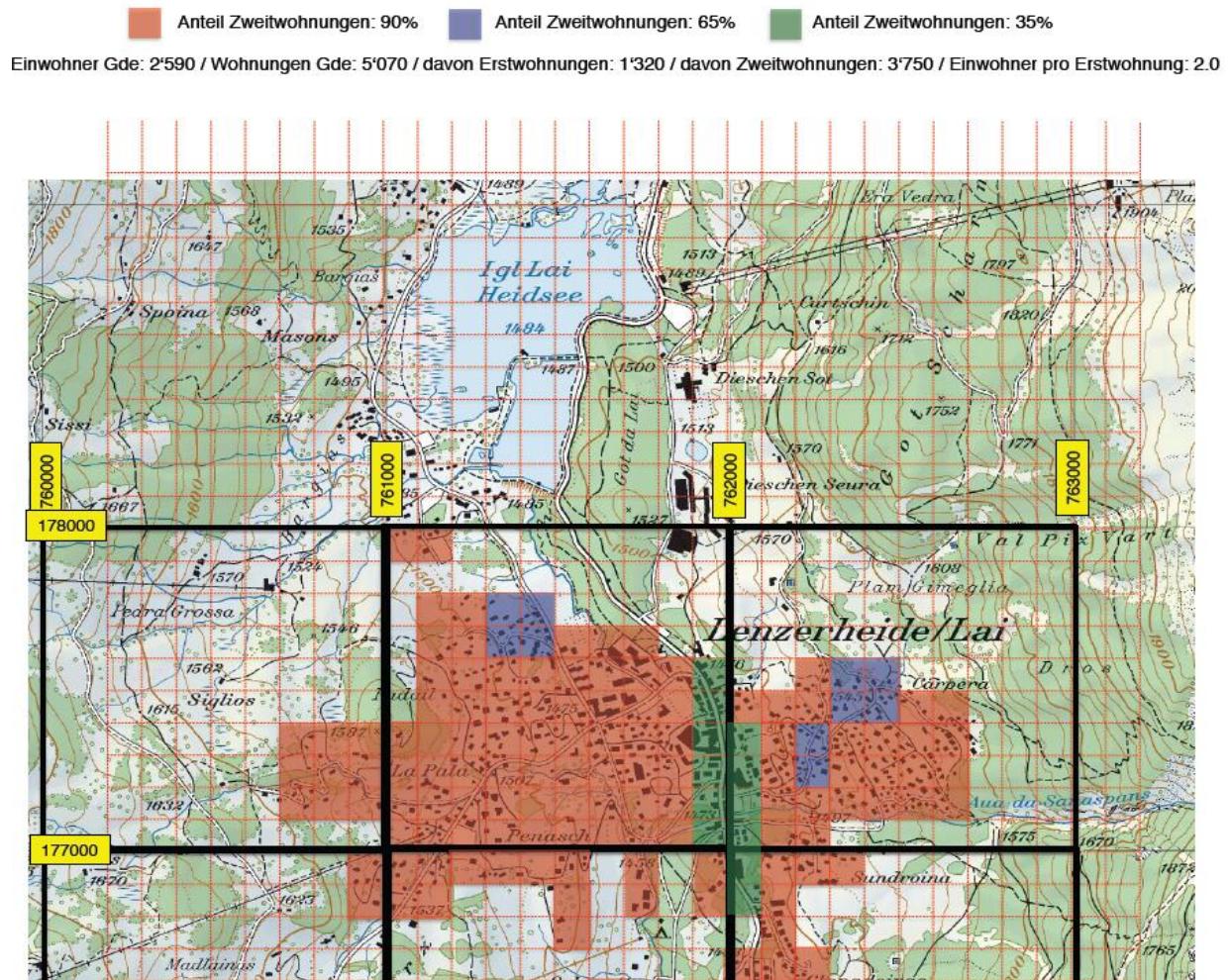


Abbildung 19: Schätzung Zweitwohnungs-Anteil je ha am Beispiel Lenzerheide

Nachfolgend müssen die 3 Variablen Anzahl Personen je Zweitwohnung, durchschnittliche Auslastung der Zweitwohnung und Anzahl Fahrten je Person und Tag mangels Datengrundlagen aufgrund von Plausibilitätsüberlegungen grob abgeschätzt werden. Aus der Multiplikation dieser 3 Variablen mit der Anzahl Zweitwohnungen je ha resultiert die Verkehrserzeugung je ha.

9.1.2. Hotel

Die Herleitung der Anzahl Fahrten der Hotelgäste pro Hektarzone und Tag kann dem Berechnungsschema in Abbildung 20 entnommen werden. Ausgangspunkt zur Berechnung der hotelbezogenen touristischen Fahrten bildet die Hotelübernachtungsstatistik des Kantons GR, die die Übernachtungen nach Monaten und Gemeinden auflistet (Quelle: HESTA, Bundesamtes für Statistik).

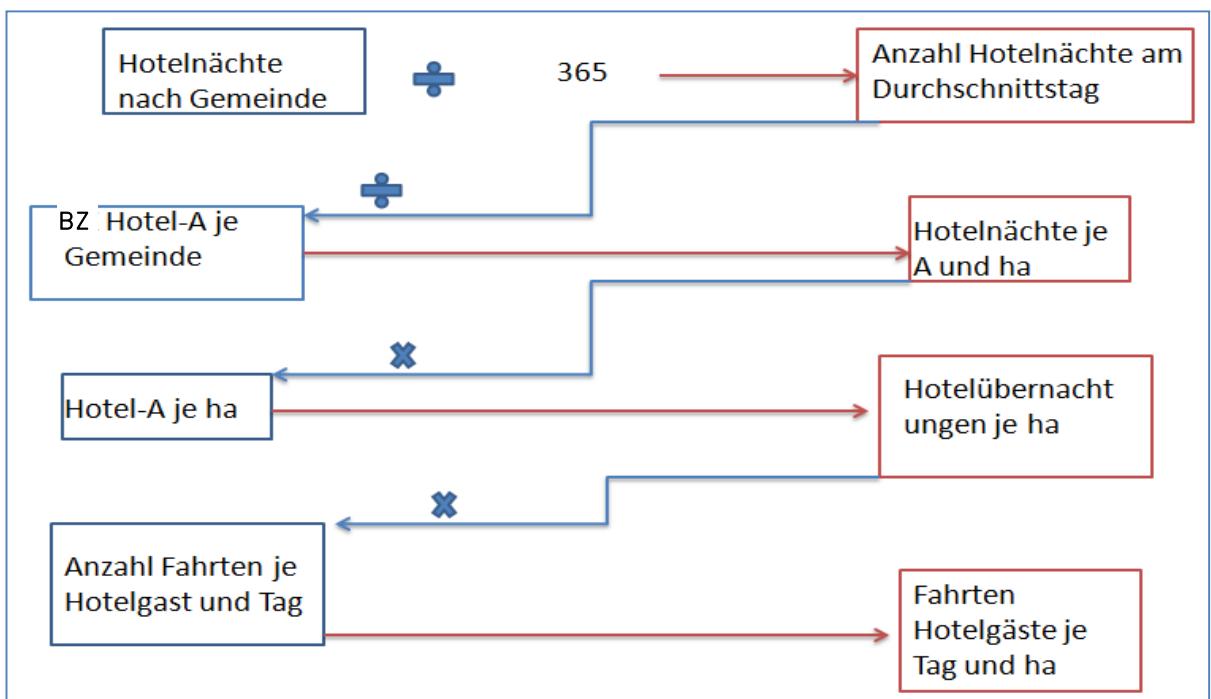


Abbildung 20: Schema zur Berechnung der Verkehrserzeugung der Hotels
BZ: Betriebszählung, A: Hotel-Angestellte, ha: Hektarzone

Mit der Division der Jahressumme durch 365 wird die Anzahl Übernachtungen am Durchschnittstag je Gemeinde berechnet. Aus der Betriebsstatistik des Bundes sind weiter die Angestellten in Hotels je ha (und damit auch je Gemeinde) bekannt, woraus sich die Rate Anzahl Übernachtung je Angestellten (für jede Gemeinde) und weiter die Anzahl Hotelübernachtungen je ha bilden lassen. Schliesslich ergibt die Multiplikation mit der Anzahl Fahrten je Hotelgast und Tag die Verkehrserzeugung je ha.

9.1.3. Ergebnisse

In nachfolgender Abbildung 21 sind die Berechnungsergebnisse eines Durchschnittstages für Davos grafisch dargestellt.

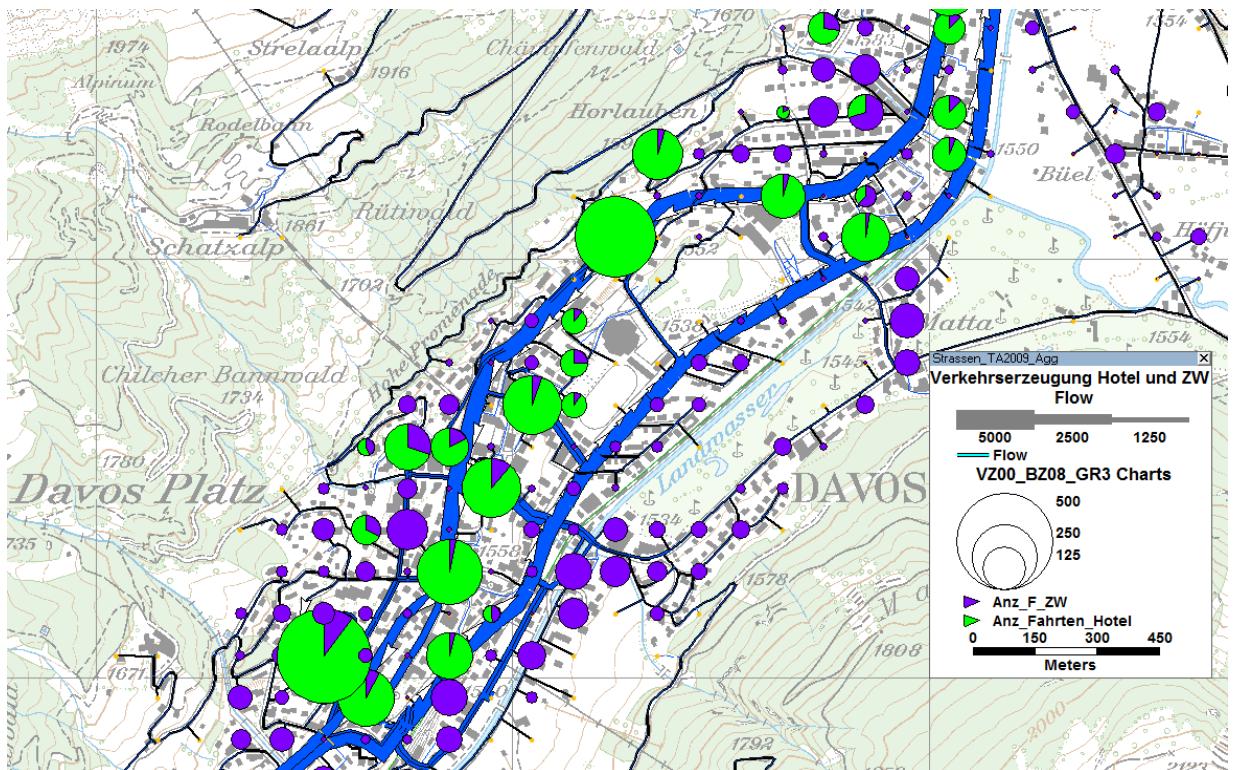


Abbildung 21: Verkehrserzeugung Hotel (grün) und Zweitwohnungen (ZW) (violett), Beispiel Davos

Dank der ha-Zonierung werden die Standorte der Hotels und der Zweitwohnungen in Abhängigkeit der Anzahl erzeugter Fahrten für einen Durchschnittstag gut sichtbar. Die Berechnung für einen Spitzentag im Winter ist nicht durchgeführt worden, könnte aber mit diesem Modellansatz auch berechnet werden.

9.2 Fahrtenverteilung (wohin gehen die Feriengäste)

Nachdem nun die Anzahl der durch die Unterkünfte in Hotels und Zweitwohnungen ausgelösten Fahrten bekannt ist, stellt sich die Frage, welche Ziele die Touristen anfahren. Da hierzu keine Unterlagen oder Erhebungen vorliegen, mussten vereinfachende Annahmen getroffen werden. Als Ziele sind die grossen Parkplätze von Bergbahnen etc., die Läden des Detailhandels sowie die Gastronomiebetriebe gewählt worden. Dies ist eine Vereinfachung, weil Touristen auch an kleinere Parkplätze bei Wanderwegen, Aussichtspunkten, Bergseen etc. hinfahren. Weitere Ziele wie Museen, Hallenbäder/Sportzentren wurden indirekt über die Gastronomie berücksichtigt, die naturgemäß bei solchen Zielorten ebenfalls vorhanden sind. Insgesamt betrachtet ist die „Fehlerquelle“ bei der Zielwahl (und auch beim Modal Split) sicher grösser als bei der Verkehrserzeugung.

9.3 Modal Split

Für die Bestimmung des benutzten Verkehrsmittels lagen ebenfalls keine Erhebungen für den Feriengäste-verkehr vor. Vereinfachend wurde das Verkehrsmittelwahl-Verhalten von Einheimischen bei Einkaufs- und Freizeitfahrten angenommen. Die resultierenden Fuss- und Velowege wurden zum Schluss vereinfachend dem MIV zugeordnet, da Feriengäste (sofern sie mit dem Auto angereist sind) praktisch alle Wege mit dem Auto resp. ÖV unternehmen. Der ÖV-Anteil wurde nicht angepasst.

9.4 Fahrtenmatrizen Tourismus

Im Kanton Graubünden finden täglich rund 170'000 Personenfahrten durch Feriengäste statt. Davon wird jede 18. Fahrt mit dem ÖV unternommen (Tabelle 9).

Tabelle 9: *Modellierte Anzahl Personenfahrten pro Tag MIV und ÖV durch Feriengäste 2010*

	MIV	ÖV	TOTAL
	Fahrten	Fahrten	Fahrten
Total Tourismus GR	270'736	15'918	286'654

9.5 Nutzen des Tourismusverkehrs für das Verkehrsmodell GR

Beim Vergleich der mit dem Modell berechneten Verkehrsbelastungen (noch OHNE Berücksichtigung des Tourismusverkehrs) mit den Zählwerten zeigte sich namentlich in den touristischen Gebieten, dass die Modellwerte deutlich zu tief waren, während sie beispielsweise in Chur schon gut mit den Zählungen übereinstimmten.

Im nächsten Schritt wurde der Tourismusverkehr zum Verkehr der Einheimischen addiert; dies führte dazu, dass die berechneten Modellbelastungen nun auch in den touristischen Gebieten nur noch eine geringe Abweichung von 5-15% zu den Zählungen aufweisen. Daraus lassen sich zwei Konsequenzen ableiten:

1. Der von uns berechnete Tourismusverkehr weist dank der Verwendung von plausiblen Annahmen eine sehr vernünftige Größenordnung auf.
2. Mit dem Tourismusverkehr konnte die Modellqualität des Verkehrsmodells GR entscheidend verbessert werden.

Ohne Tourismusverkehr hätte der fehlende Verkehr durch eine automatische Querschnittskalibration der Fahrtenmatrix (komplexes mathematisches Verfahren, bei welchem die Matrizen verändert werden, bis die berechneten Belastungen besser mit Zählwerten übereinstimmen) ermittelt werden müssen. Da sich dabei die Matrizen mehr oder weniger zufällig verändern, sinkt die Modellqualität, was spürbar wird, wenn Analy-

sen durchgeführt werden, die auf eine möglichst genaue Matrixstruktur angewiesen sind (z.B. Spinnen, Fahrten in ein zu untersuchendes Teilgebiet etc.).

10. Umlegung

Mit dem Teilmodell „Umlegung“ werden aus den Fahrtenmatrizen die Verkehrsmengen auf dem Strassen- und auf dem Schienennetz berechnet. Als Input dazu werden die oben erstellten Fahrtenmatrizen, die Netztopologie, Streckencharakteristiken und Streckenperformance-Funktionen (sog. CR-Funktionen, zur Berechnung der belastungsabhängigen Durchflussgeschwindigkeit) und beim ÖV die Verbindungsqualitäten zwischen Start- und Zielort benötigt.

10.1 Umlegung der MIV-Fahrten

Vor der Umlegung der MIV-Fahrten auf das Strassennetz muss die aus dem Modalsplit-Modell erhaltene Tages-Matrix von Personenfahrten in PW-Fahrten umgerechnet werden. Dazu werden die Matrizen pro Fahrtzweck in 24 Stundenmatrizen aufgeteilt und jede Stundenscheibe über den Besetzungsgrad in Fahrzeugfahrten umgerechnet und auf den Tag aufsummiert. Die Besetzungsgrade nach Tagesstunden stammen aus dem Mikrozensus zum Verkehrsverhalten. Die dazu verwendeten Annahmen und Parameter sind im Anhang 16.2.2 „Parameter zur Konvertierung der Tagesmatrix in Stundenmatrizen“ dokumentiert. Der mittlerer Besetzungsgrad der Fahrten beträgt im Durchschnitt über alle Fahrzeuge 1.54 Personen pro Fahrzeug, getrennt nach Fahrtzwecken ergeben sich folgende Werte: HBW: 1.24, HBNW: 1.75, NHB: 1.75.

Die so erhaltene Fahrtenmatrix 2010 wird noch mit der Matrix des Aussenverkehrs ergänzt (Kapitel 8.5) und auf das Strassennetz umgelegt. Dazu wird die „Stochastic User Equilibrium“ Methode verwendet. Diese Methode berücksichtigt, dass Reisende nicht die perfekte Information über den Verkehrszustand haben und/oder Fahrtwiderstände (Distanz und Zeit) unterschiedlich wahrnehmen. Damit wird bei der Umlegung nicht nur die attraktivste Route belastet, sondern es erhalten ebenfalls die weniger attraktiven Routen entsprechend Verkehr. Bei Stauerscheinungen wird somit ein Teil des Verkehrs dynamisch auf Ausweichrouten umgelegt.

10.2 Umlegung ÖV-Fahrten

Bei der ÖV-Umlegung werden die Fahrten von der Quellzone zur Zielzone auf die verschiedenen ÖV-Verbindungen (resp. ÖV-Routen) umgelegt. Die Qualität der Routen wird zuerst bewertet, und die Fahrten entsprechend der Attraktivität der Routen auf diese anteilmässig umgelegt. Die Attraktivität einer ÖV-Route ist abhängig von der Reisezeit, der Zugangszeit zur Haltestelle, der Wartezeit an der Haltestelle, dem Intervall, dem Fahrpreis und der Anzahl Umsteigevorgänge sowie anderer Angebotscharakteristiken wie z.B. der Pünktlichkeit. Die Gewichtung der einzelnen Angebotsmerkmale durch die ÖV-Nutzer stammen normalerweise aus einer Stated-preference-Erhebung, die die Reaktionsweisen der ÖV-Nutzer bzgl. Veränderungen beim ÖV-Angebot ermittelt und bewertet. Da für Graubünden solche Parameter nicht verfügbar waren, wurde hier auf die Erhebung aus dem Raum Zürich zurückgegriffen (Tabelle 10).

Die Parameter zeigen, dass bei der Wahl der „besten“ Verbindung vor allem die Zugangszeit und die Fahrtzeit mit dem ÖV am stärksten negativ gewichtet werden, gefolgt vom Intervall (Bedienungshäufigkeit). Umsteigevorgänge und der Preis fallen am wenigsten stark ins Gewicht bei der Wahl der optimalen ÖV-Verbindung. Letzteres zeigt, dass in Graubünden an Umsteigepunkten vielerorts schlanke Anschlüsse an die ÖV-Linien bestehen und der Ticketpreis durch die Monats- und Jahreskarten mit Pauschalpreis bei der einzelnen Fahrt kaum mehr wahrgenommen wird.

Tabelle 10: Routenwahlmodell: Parameter nach Verkehrszwecken (Quelle: Verkehrsmodell Kanton Zürich)

Variable		Modell Parameter (β)				
		Alle Fahrtzwecke	HBW	HBS	HBNW	NHB
ÖV	Fahrzeit (h)	-7.537	-7.128	-7.128	-7.116	-7.537
	Preis (Fr.)	-0.724	-0.766	-0.766	-0.747	-0.724
	Zugangszeit (h)	-8.036	-8.251	-8.251	-8.635	-8.036
	Intervall (h)	-3.705	-3.924	-3.924	-3.539	-3.705
	Umsteigezahl	-1.357	-1.261	-1.261	-0.32	-1.357
	Umsteigezeit (h)	-1.701	-3.087			
Anzahl Beobachtungen		5'617	1'647	1'647	2191	5'617
Adj, rho ²		0.312	0.344	0.344	0.317	0.312

10.3 Verkehrsbelastung Güterverkehr

Für die Berechnung der Belastungen durch schwere Güterfahrzeuge (Lastwagen, Last- und Sattelzüge) und Lieferwagen konnte im Rahmen dieses Auftrags kein eigenes Verkehrsmodell aus Strukturdaten aufgebaut werden. Damit die Verkehrsbelastungen dieser Fahrzeuge dennoch auf dem Netz abgebildet werden können, verwenden wir hier die Güterverkehrsmatrizen aus dem Nationalen Güterverkehrsmodell (NGVM) des UVEK⁴. Mit dem NGVM wurde die Gesamtheit des schweren Güterverkehrs auf der Strasse und Schiene modelliert. Das Modell bildet die Binnenfahrten zwischen den Schweizer Gemeinden, sowie den Import- und Exportverkehr zwischen den Schweizer Gemeinden und den ausländischen Gebieten (NUTS3-Zonen) ab. Die Daten zum Transitverkehr werden aus den vom Bund durchgeföhrten alpen- und grenzquerenden Erhebungen übernommen. Die vorliegenden (kalibrierten) Fahrtenmatrizen beziehen sich auf das Basisjahr 2008.

Die Fahrtenmatrizen mit den schweren Güterfahrzeugen und den Lieferwagen aus dem Nationalen Güterverkehrsmodell werden zuerst auf die Hektarzonen des Verkehrsmodells Graubünden disaggregiert. Die Aufspaltung erfolgte dabei nach folgenden Proportionen:

$$\begin{aligned} \text{Produktion_ha} &= 0.357 * \text{Anzahl_Haushalte} + 0.263 * \text{Arbeitsplätze_Detailhandel} + 0.034 * \text{Arbeitsplätze_Rest} \\ \text{Attraktion_ha} &= 0.357 * \text{Anzahl_Haushalte} + 0.263 * \text{Arbeitsplätze_Detailhandel} + 0.034 * \text{Arbeitsplätze_Rest} \end{aligned}$$

Die Gewichte für die Verteilung auf die Haushalte und Arbeitsplätze wurden mangels Parametern in der Schweiz dem Quick Response Freight Manual des U.S. Department of Transportation in Washington entnommen. Die mit obiger Formel erzeugten Fahrten pro Hektare werden über die Gemeinden aufsummiert und mit der Anzahl Fahrten pro Gemeinde aus dem nationalen Güterverkehrsmodell verglichen und auf die Gemeindewerte des NGVM normiert. Damit erhält man für jede Hektarzone einen Anteilwert. Dieser wird mit der Anzahl pro Gemeinde ankommender und abfahrender Güterfahrten des NGVM multipliziert. Als Resultat erhält man die auf Hektarzonen disaggregierte Fahrtenmatrix des NGVM für den schweren Güterverkehr und den Lieferwagenverkehr.

⁴ Bundesamt für Raumentwicklung ARE (2011). Nationales Güterverkehrsmodell des UVEK, Basismodell 2005: Modellbeschrieb und Validierung.

Die so erhaltenen Fahrtenmatrizen werden anschliessend aufs Strassennetz umgelegt und mit Zähldaten verglichen. Im letzten Schritt werden die Matrizen auf die verfügbaren Zähldaten (resp. auf die in % angegebenen Verkehrsmengen zum Schwerverkehr aus dem ANU-Strassennetz) hochgerechnet resp. kalibriert. Diese kalibrierte Matrix wird anschliessend nochmals auf das Strassennetz umgelegt und die Belastungen der schweren Fahrzeuge und der Lieferwagen den Strecken als eigenes Attribut zugeordnet. Die so erhaltenen Belastungen für den Schwerverkehr und Lieferwagenverkehr dürften etwas genauer sein als über die Berechnung mit einem pauschalen Prozentsatz vom DTV und können daher für Lärmberechnungen verwendet werden.

Die synthetisch erzeugten Matrizen für den schweren Güterverkehr und Lieferwagenverkehr sollte jedoch nur mit Vorsicht weiter verwendet werden, da ihre Struktur v.a. im kleinräumigen Bereich möglicherweise ungenügend ist und ihre Qualität ohne weitere Erhebungsdaten nicht überprüft werden kann. Mit der Matrix lassen sich jedoch die Wirkungen strassenseitiger Massnahmen auf das Routenwahlverhalten abbilden.

10.4 Verkehrsbelastungen in der Nacht (22 bis 6 Uhr)

Bei den oben berechneten Tagesmatrizen (0-24h) für den Personenverkehr (Einheimische und Tourismus) werden die Fahrtenanteile für die 8 Nachtstunden von 22 bis 6 Uhr abgespalten und die resultierenden Fahrten in der Nacht auf das Strassennetz umgelegt.

Die Anteilematrizen für die Nachtstunden werden pro Fahrtzweck aus dem Mikrozensus zum Verkehrsverhalten abgeleitet. Durch die Berücksichtigung der Ankunfts- und Abfahrtszeiten werden auch die Lastrichtungen / Nichtlastrichtungen bei den Strassenbelastungen korrekt abgebildet. Insgesamt bleibt mit dieser Methode die Konsistenz zur Tagesmatrix (0-24h) vollständig gewahrt.

Der Nachtanteil bei den Schweren Güterfahrzeugen und bei den Lieferwagen wird pauschal mit 7% des durchschnittlichen täglichen Güterverkehrs berücksichtigt. Die 7% wurden aus den im Kanton GR vorhandenen dauerhaften schweizerischen automatischen Strassenverkehrszählungen mit Fahrzeugklassierung (ASTRA) entnommen.

Zusätzlich wurden die nach 22 Uhr verkehrenden ÖV-Linienbusse auf das Strassennetz umgelegt und als Streckenbelastungen ausgewiesen. Diese können beispielsweise für die Lärmberechnungen den Schweren Güterfahrzeugen hinzugerechnet werden.

11. Kalibration und Validierung

In diesem Kapitel werden das Vorgehen und die Ergebnisse der Modellevaluierung präsentiert. Mit der Validierung wird im Wesentlichen geprüft, ob die modellierten Verkehrsbelastungen den Werten aus Verkehrszählungen und die Fahrlängenverteilungen den Resultaten aus Erhebungen entsprechen. Durch die Kalibration (Justierung) werden dann die Parameter und Konstanten der Teilmodelle verändert, bis die Verkehrsmodellresultate den erhobenen Verkehrsdaten entsprechen.

11.1 Kalibration

Vor der Kalibration mussten sämtliche Fehler in der Netzcodierung zuerst korrigiert werden. Dies betraf einerseits die Netztopologie mit niveaungleichen Knoten (z.B. Strasse über Autobahn), die fälschlicherweise im TeleAtlas-Netz zu einem Knoten zusammengeführt wurden und andererseits Streckenattribute wie Geschwindigkeiten und Kapazitäten.

Für die Aufteilung der Fahrten nach Verkehrsmittel wurden wie erwähnt die Parameter aus dem kantonalen Zürcher Modell angewendet (Kapitel 8.3). Die dort verwendeten Konstanten für die Nutzenfunktionen des Fuss- und Veloverkehrs mussten angepasst werden. Beim Fussverkehr wurde die Konstante leicht erhöht um mehr kurze Fusswege zu erhalten und beim Veloverkehr wurde sie leicht reduziert, damit nicht zu viele (kurze) Velofahrten berechnet werden.

Die modellierten MIV-Fahrten über die Alpenpässe ins Engadin wurden mit dem Faktor 2.5 dividiert. Diese Reduktion war notwendig, da nicht alle Pässe das ganze Jahr offen sind und die Barrieren-Wirkung eines Passes im Verkehrsmodell nicht explizit berücksichtigt werden konnte. Zudem wurde die Reisezeit durch den Vereina-Tunnel (Autoverlad) um 25 Minuten erhöht. Diese Erhöhung soll die durchschnittliche Wartezeit beim Verlad, die Verladezeiten und die zu bezahlenden Kosten als zusätzlichen, im Modell nicht berücksichtigten, Widerstand repräsentieren.

Kalibration auf DTV: Die modellierte MIV-Matrix repräsentiert den durchschnittlichen Werktagerverkehr. Da für weitere Anwendungen (wie z.B. die Verkehrslärmberrechnung) oft DTV-Werte verwendet werden, erstellten wir für den MIV auch einen Verkehrszustand für einen durchschnittlichen Tag (DTV). Hierzu wurde die DWV-Matrix auf die rund 121 verlässlichen DTV-Zählwerte kalibriert (hochgerechnet). Damit liegt eine MIV-Matrix für den durchschnittlichen Tagesverkehr 2010 vor. Bei der Kalibration werden alle Fahrten, also Binnen-, Ziel- und Quellverkehre und Transitfahrten des Kantons Graubünden kalibriert. Diese Matrix wird erneut auf das Strassennetz umgelegt womit man schlussendlich die Netzbelastrungen für den DTV 2010 erhält.

Beim ÖV wird neben den Korrekturen beim ÖV-Netz keine weitere Kalibration vorgenommen. Der ÖV wird als durchschnittlicher Werktagsverkehr (Montag-Freitag) ausgewiesen.

11.2 Validierung Fahrtenmatrizen

Für die Validierung der Modellresultate werden folgende erhobenen Daten herangezogen:

- Fahrtlängenverteilungen aus der Erhebung Mikrozensus zum Verkehrsverhalten
- Verfügbare Verkehrszählungen auf der Strasse (ganzjährig)
- Anzahl Ein- und Aussteiger pro ÖV-Linie resp. Abschnittsbelastungen zwischen zwei Haltestellen

11.2.1. Fahrtlängenverteilung

Die Überprüfung der Matrixstruktur erfolgt mit einem Vergleich der Fahrtlängenverteilung der modellierten Fahrtenmatrix mit den Fahrtlängen aus dem Mikrozensus zum Verkehrsverhalten. Dieser Vergleich ist für die vier Fahrtzwecke und vier Verkehrsträger in Abbildung 22 bis Abbildung 24 dargestellt:

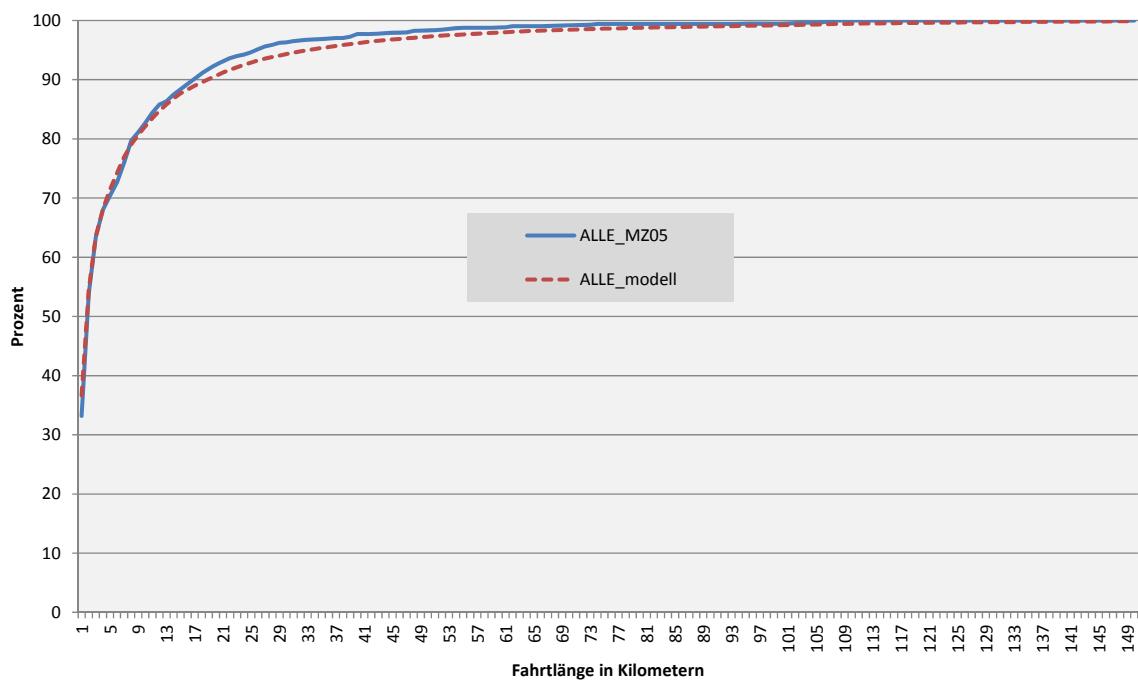


Abbildung 22: Fahrtlängenverteilung aller Fahrten im Binnenverkehr Graubünden (MIV, ÖV, Velo und Fuss): Vergleich Modellresultate mit Erhebung Mikrozensus zum Verkehrsverhalten 2005

Es kann festgestellt werden, dass die hier modellierten Fahrtenmatrizen die gleiche Struktur haben wie die Matrizen aus dem Mikrozensus zum Verkehrsverhalten. Sowohl bei den Fahrtzwecken als auch für die einzelnen Verkehrsmittel MIV, ÖV, Velo und Fuss weisen die berechneten Matrizen grosse Ähnlichkeiten mit den Fahrten aus dem Mikrozensus auf.

Die Stichprobengrösse ist beim Mikrozensus bei gewissen Distanzklassen sehr gering, sodass bei den Summenkurven der Fahrtlängenverteilung Sprünge auftreten. Dies ist jedoch meist erst bei längeren Fahrten der Fall. Die Summenkurven steigen zu Beginn sehr steil an. Dies zeigt, dass die meisten Fahrten eher kurze Fahrten sind, was auch durch den Mikrozensus bestätigt wird.

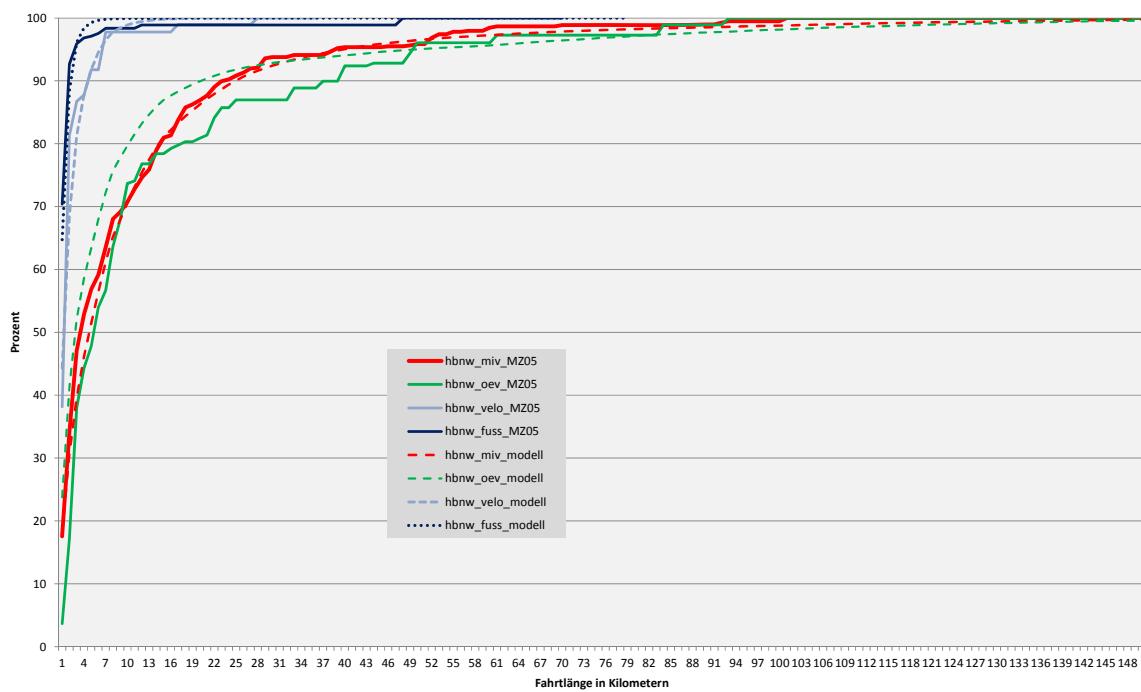


Abbildung 23: Fahrlängenverteilung Einkaufs- und Freizeitfahrten (HBNW):
Vergleich Modellresultate mit Erhebung Mikrozensus zum Verkehrsverhalten 2005

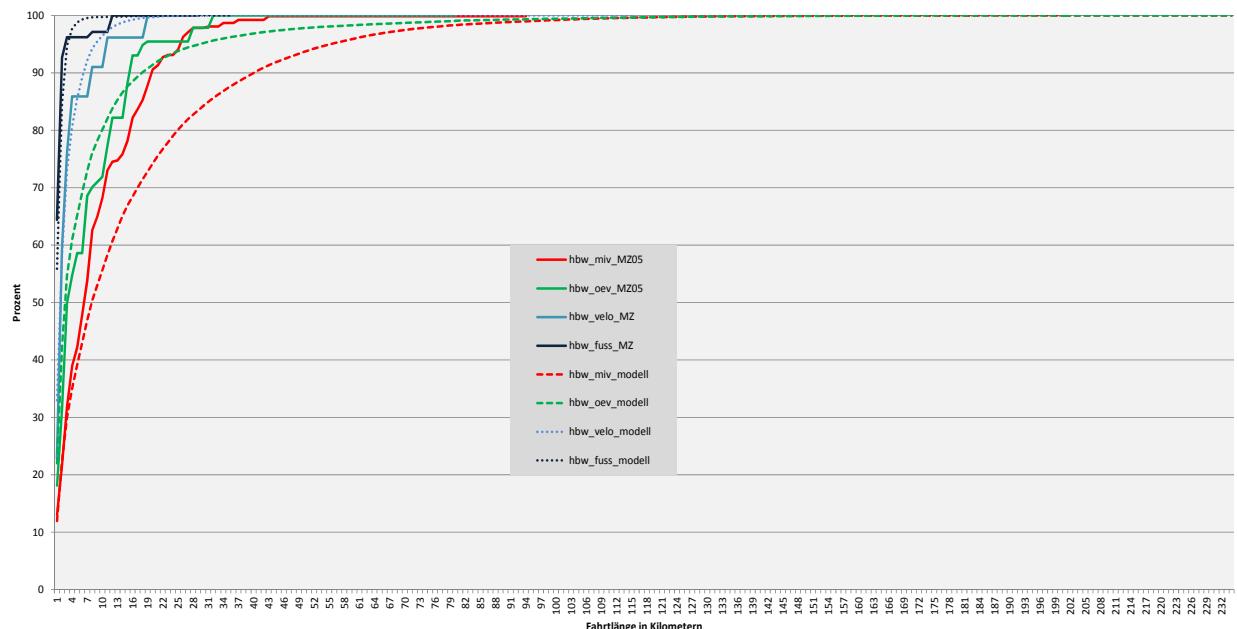


Abbildung 24: Fahrlängenverteilung Pendlerfahrten (IHBW):
Vergleich Modellresultate mit Erhebung Mikrozensus zum Verkehrsverhalten 2005

11.2.2. Querschnittsbelastungen MIV

Die Güte des geschätzten Verkehrsmodells lässt sich auch zeigen, indem man die modellierten Verkehrsbelastungen mit den erhobenen Zählungen vergleicht. Der Vergleich der modellierten Personenverkehrsbelastungen mit Zählungen aus den 121 hochplausiblen (Dauer)zählstellen, zeigt eine sehr gute Übereinstimmung bei den 24h-Tageswerten. Die Abweichung gegenüber den Zählwerten ist überall meist deutlich unter 10% (Abbildung 25).

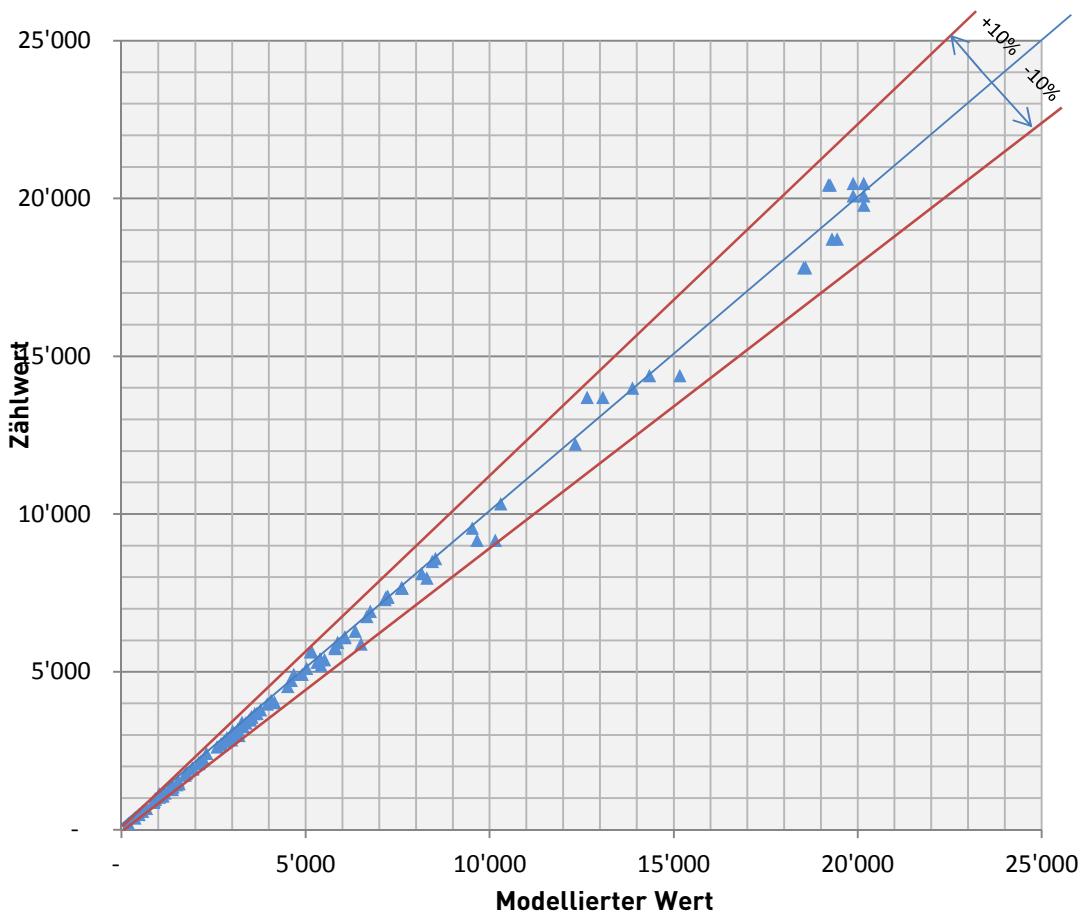


Abbildung 25: Vergleich der Zählwerte in Anzahl Fahrzeugen mit modellierten Werten, DTV 2010, kalibriert, ohne Güterverkehr

11.2.3. Linienauslastungen beim ÖV

Zur Überprüfung der Güte des ÖV-Modells lagen Fahrgasterhebungen für etwa Dreiviertel aller Linien vor. Bis auf die RhB gaben die ÖV-Betreiber die Anzahl Fahrgäste pro Tag und Linie bekannt. Diese Zahlen wurden mit den Anzahl Einsteigern pro Linie im Modell verglichen. Abbildung 26 zeigt den Vergleich zwischen den modellierten und den erhobenen Werten für 151 ÖV-Linien. Die Abweichungen variieren zwischen 0% und max. 25%. Dies ist ein sehr gutes Resultat. Die prozentualen Abweichungen sind zwar etwas grösser als beim MIV, man darf aber nicht vergessen, dass die ÖV-Statistiken meist aus Stichprobenerhebungen hochgerechnet wurden und nicht aus Dauerzählstellen resultieren.

In Davos kommen die modellierten Werte jedoch nur knapp an das (während vier Wochen) gezählte Tagesminimum heran. Wir vermuten, dass in Davos die Touristen den ÖV überdurchschnittlich benutzen oder die Zählwerte übers ganze Jahr nicht auf den DTV gemittelt wurden. Die Benutzung durch Einheimische dürfte im Modell korrekt abgebildet sein, wie man in analogen (Tourismus-)Regionen sehen kann.

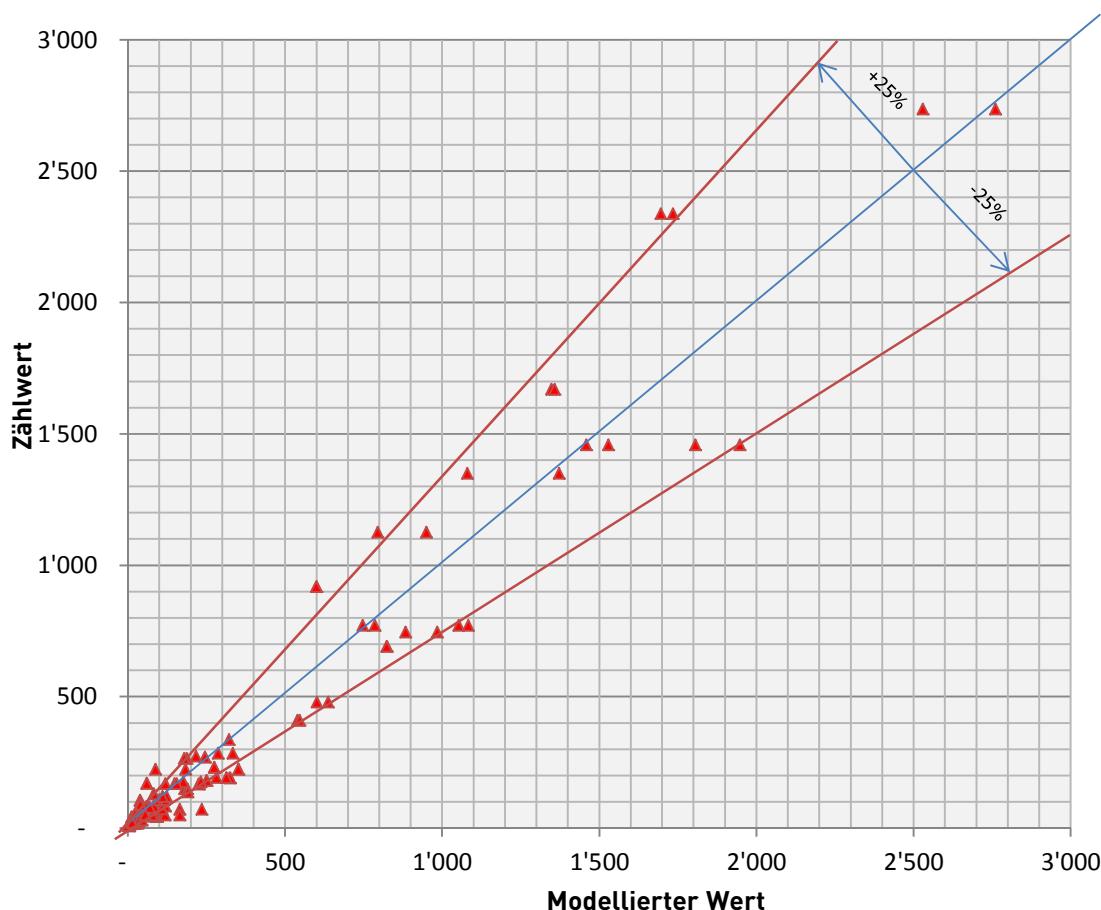


Abbildung 26: Vergleich der Zählwerte in Anzahl Fahrgästen pro Linie und Tag mit modellierten Werten, DWV 2010

12. Verkehrszustand 2010 (Ist-Zustand)

Der modellierte Verkehrszustand 2010 besteht aus dem geocodierten Strassennetz und den Streckenbelastungen in Anzahl Fahrzeugen. Neben dem belasteten Strassennetz liegt auch eine Quelle-Ziel-Matrix mit den Fahrten für das Jahr 2010 vor. Diese kann für weitere (auch kleinräumige) Anwendungen und Analysen eingesetzt werden.

Weiter unten wird die Verkehrsnachfrage 2010 in Fahrten und Fahrleistungen (Fzkm) und als Verkehrsbelastungen auf dem ganzen Verkehrsnetz von Graubünden dargestellt.

12.1 Verkehrsnachfrage

12.1.1. Personenverkehr

Im Folgenden wird die modellierte Verkehrsnachfrage in Personenfahrten und die Verkehrsleistung in Personenkilometern für den Kanton Graubünden dargestellt. Dabei wird unterschieden nach benutztem Verkehrsmittel MIV und ÖV und den Verkehrsarten Binnen-, Ziel-, Quell-, und Transitverkehr.

Personenfahrten

Im Kanton Graubünden finden täglich rund 665'000 Personenfahrten im MIV statt und rund 97'000 Personen benutzen den ÖV. Darin enthalten sind die Fahrten der einheimischen Bevölkerung und der Feriengäste. Knapp 85 % der MIV-Fahrten sind Binnenfahrten mit Start- und Zielort in Graubünden und 13 % Ziel- und Quellverkehr über die Kantonsgrenze. Der Transitverkehrsanteil beträgt lediglich knapp 2 %.

Tabelle 11: Personenfahrten pro Tag nach Verkehrsart und Verkehrsmittel, DTV 2010 kalibriert, inkl. Tourismusverkehr durch Feriengäste, ohne Güterverkehr

	MIV		ÖV		Summe MIV+ÖV		Anteil ÖV
	Fahrten	%	Fahrten	%	Fahrten	%	
Alle Verkehrsarten	664'453	100	96'523	100	760'976	13	
Binnenverkehr GR	561'618	85	78'040	81	639'658	12	
Ziel-, Quellverkehr GR	91'499	13	18'460	19	109'959	16	
Transit durch GR	11'334	2	23	0	11'357	0	

Verkehrsleistung (Personenkilometer)

Die erbrachte Verkehrsleistung beim MIV beträgt im ganzen Kantonsgebiet täglich 7.285 Mio. Personenkilometer. Der grösste Anteil von 62 % wird im Binnenverkehr erbracht. Dort liegt die mittlere Distanz einer Fahrt bei rund 8 Kilometern. 29 % aller Fahrten werden durch Ziel- und Quellverkehre erzeugt mit einer mittleren Fahrtlänge von knapp 23 Kilometer (bezogen auf die Strecke im Kanton GR).

Auch beim ÖV wird der grösste Anteil der Fahrten ebenfalls im Binnenverkehr zurückgelegt, mit einer durchschnittlichen Fahrtlänge von 12.5 km. ÖV-Fahrten sind also im Schnitt rund 4.5 km länger als MIV-Fahrten.

Tabelle 12: Verkehrsleistung nach Verkehrsart und Verkehrsmittel in Mio. Pkm, DTV 2010, kalibriert

	MIV		ÖV		Summe MIV+ÖV		Anteil ÖV
	Mio. Pkm	%	Mio. Pkm	%	Mio km	%	
Alle Verkehrsarten	7.285	100	1.569	100	8.854	18	
Binnenverkehr GR	4.516	62	0.978	62	5.494	18	
Ziel-, Quellverkehr	2.080	29	0.588	37	2.668	22	
Transit durch GR	0.689	9	0.003	1	0.707	0	

12.1.2. Motorisierter Individualverkehr MIV

Der motorisierte Individualverkehr MIV setzt sich zusammen aus den Fahrten mit PW, Lieferwagen und schweren Güterfahrzeugen. Im Folgenden werden die Eckwerte der Fahrleistungen auf dem Strassennetz von Graubünden und die Verkehrsbelastungen in Anzahl Fahrzeugen auf dem Strassennetz als Verkehrsbelastungen für den durchschnittlichen Tagesverkehr DTV ausgewiesen.

Fahrleistungen in Fzkm

Die Fahrleistungen auf dem gesamten Strassennetz nach Strassen- und Fahrzeugkategorien sind in Tabelle 13 zusammengestellt. Die tägliche Fahrleistung auf dem Strassennetz von Graubünden beträgt 5.38 Mio. Fahrzeugkilometer. 42 % der Fahrzeugkilometer fallen auf den Nationalstrassen und 37 % auf den Hauptstrassen an. Rund 21 % der Fahrleistungen verteilen sich auf die restlichen Strassen (Verbindungsstrassen und restliche Strassen).

*Tabelle 13: Fahrleistungen nach Strassenkategorien und Verkehrsart, DTV 2010, im Kanton Graubünden.
 →Strassenkategorisierung gemäss Tiefbauamt Kanton GR
 →Schwere Güterfahrzeuge, ohne ÖV-Linienbusse*

Strassenkategorie	Personenwagen	Lieferwagen	Schwere	Total
			Güterfahrzeuge	
	Fzkm	Fzkm	Fzkm	Fzkm
Alle Strassen	4'718'256	446'850	215'431	5'380'537
Nationalstrassen	1'920'266	237'502	123'899	2'281'667
Hauptstrassen	1'783'880	151'492	71'120	2'006'492
Verbindungsstrassen	613'296	38'261	13'190	664'747
Restliche Strassen	400'814	19'595	7'222	427'631

Verkehrsbelastungen 2010, DTV, alle Fahrzeuge

In den folgenden sechs Grafiken (Abbildung 27 bis Abbildung 35) sind für ausgewählte Gebiete die Verkehrsbelastungen des durchschnittlichen Tagesverkehrs 2010 aller Fahrzeuge auf dem Strassennetz als Belastungsbalken dargestellt.

Die vollständigen Resultate mit den Verkehrsbelastungen auf dem ganzen Strassennetz des Kantons Graubünden wird als GIS-Layer im Format Shape dem Amt für Natur und Umwelt (ANU) sowie dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) abgegeben.

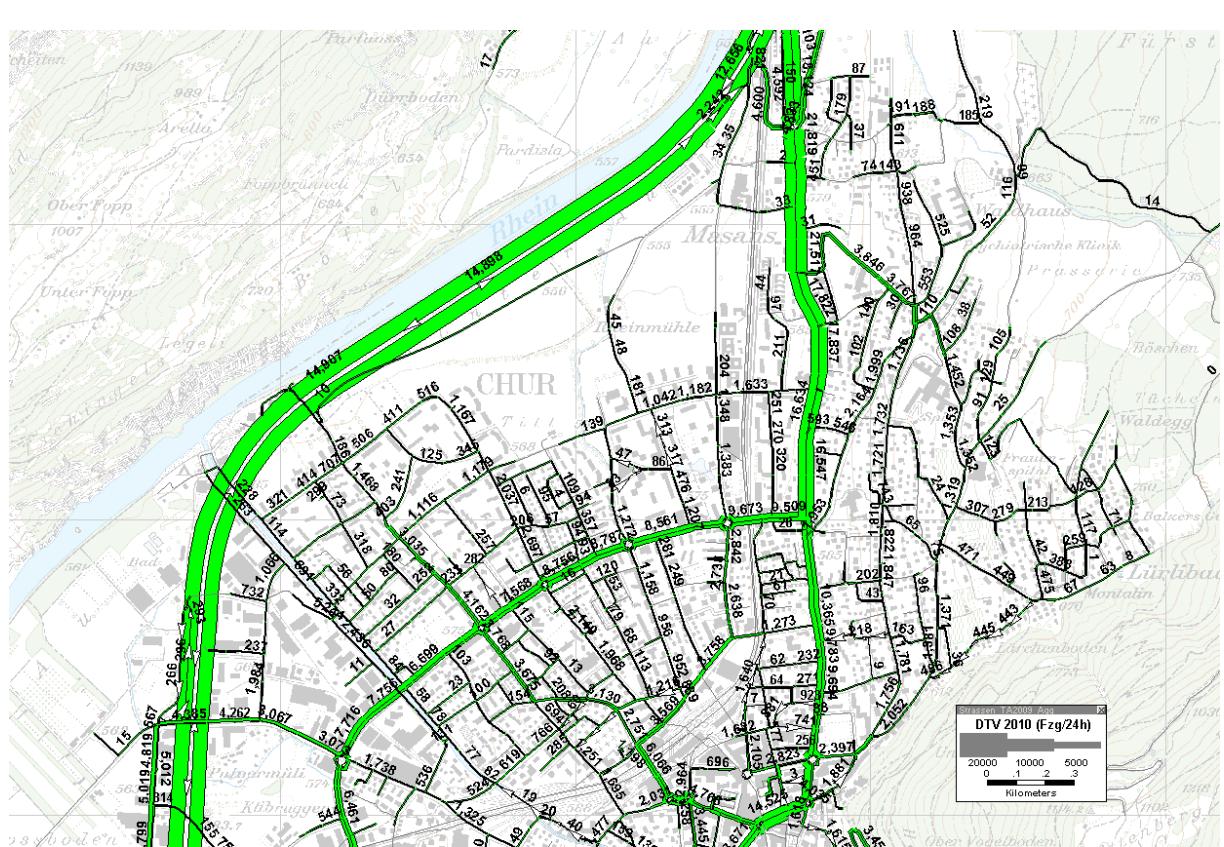


Abbildung 27: Chur Nora: Verkehrsbelastungen in Anzahl Fahrzeugen, Zustand 2016 (DTV, 0-24 Uhr)

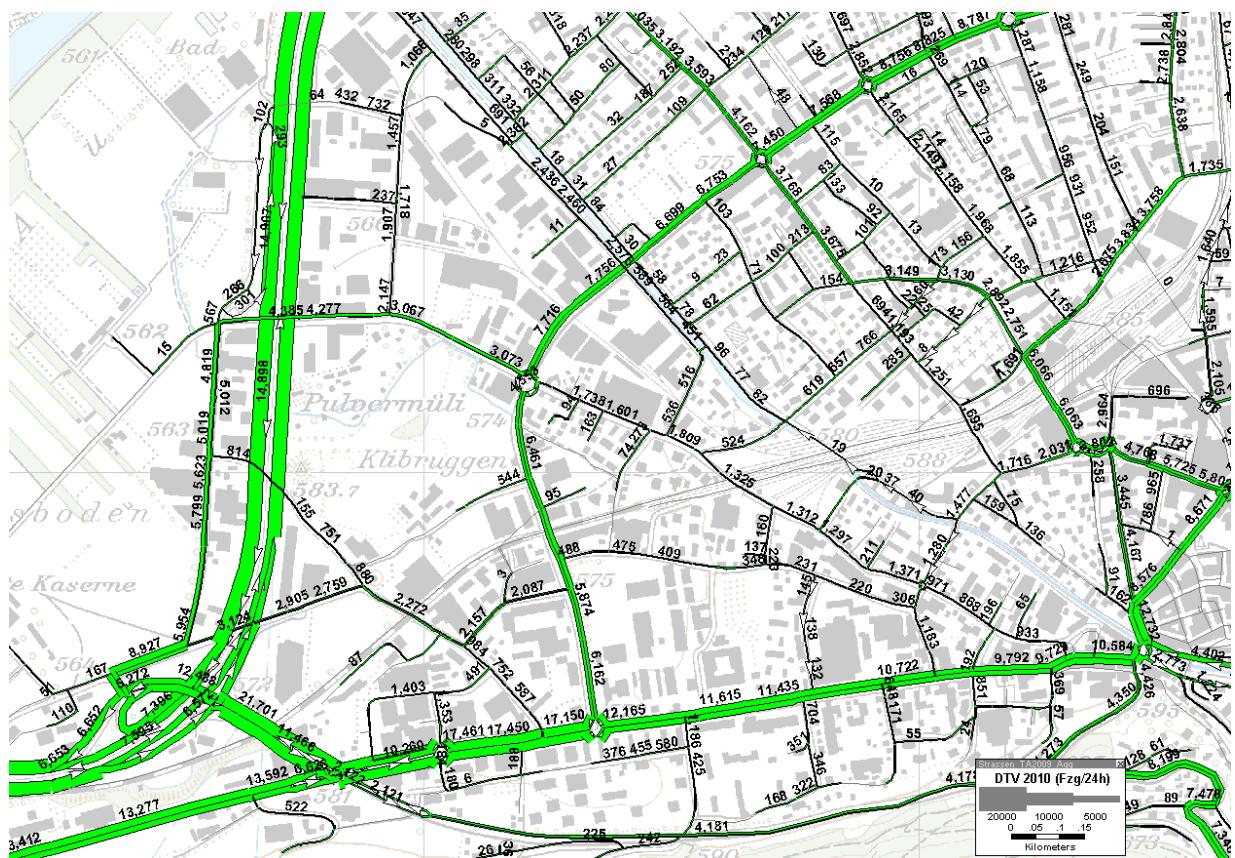


Abbildung 28: Chur Süä-West: Verkehrsbelastungen in Anzahl Fahrzeugen Zustand 2010 (DTV, 0-24 Uhr)

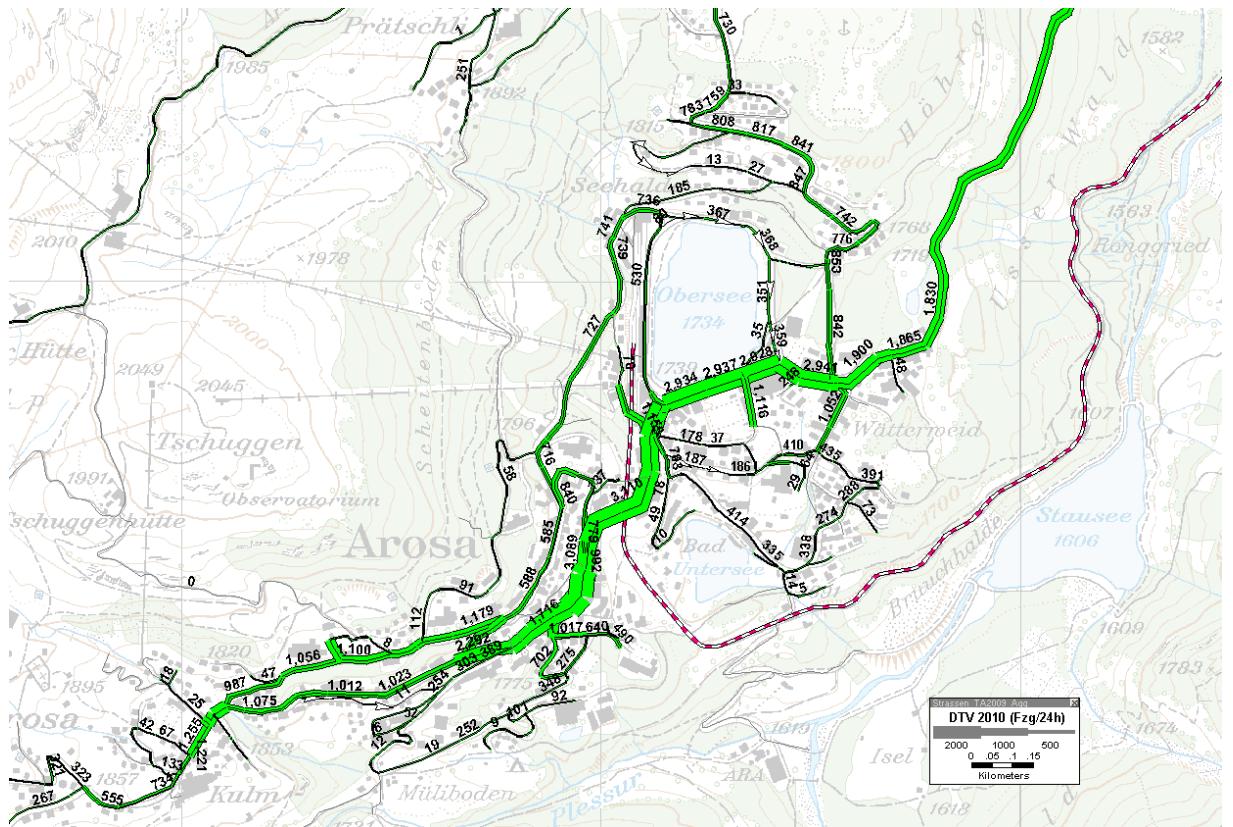


Abbildung 29: Arosa: Verkehrsbelastungen in Anzahl Fahrzeugen, Zustand 2010 (DTV, 0-24 Uhr)

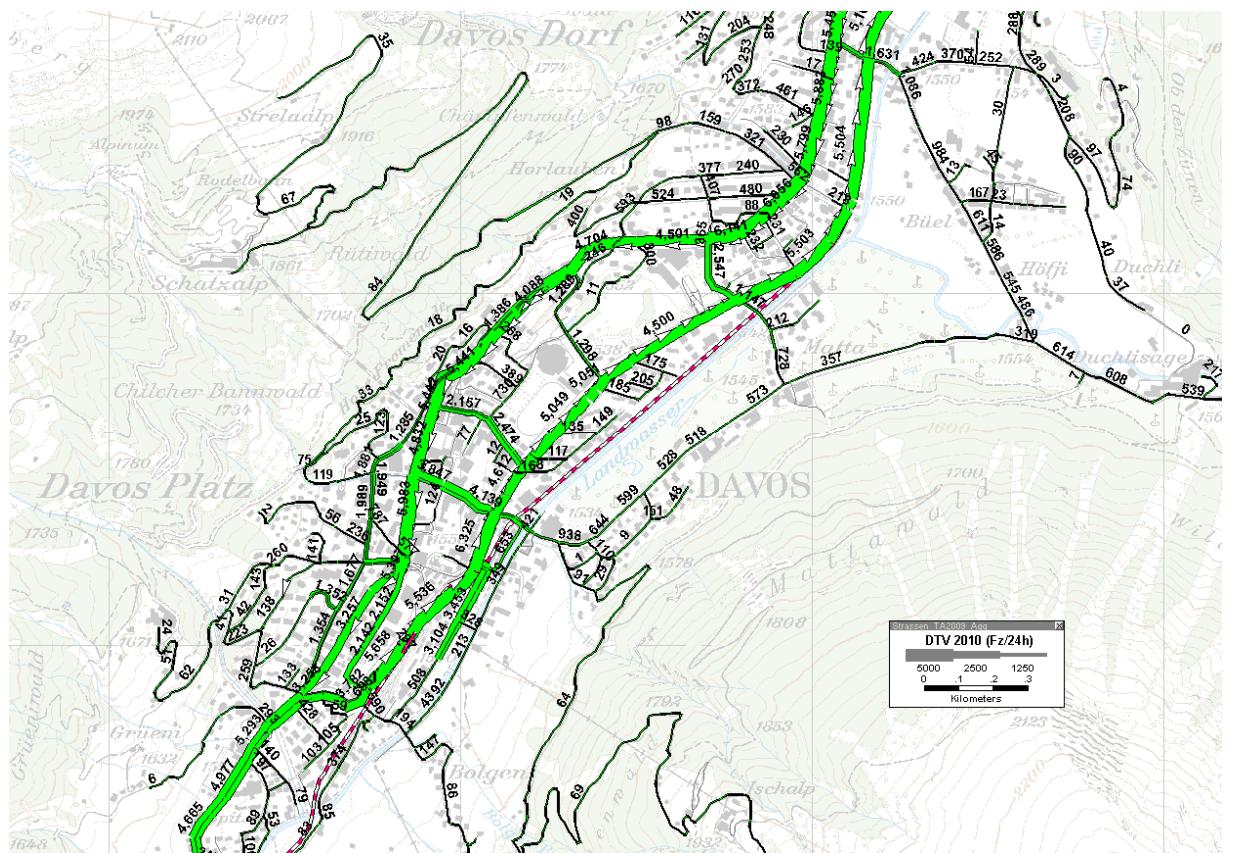


Abbildung 30: Davos: Verkehrsbelastungen in Anzahl Fahrzeugen, Zustand 2010 (DTV, 0-24 Uhr)

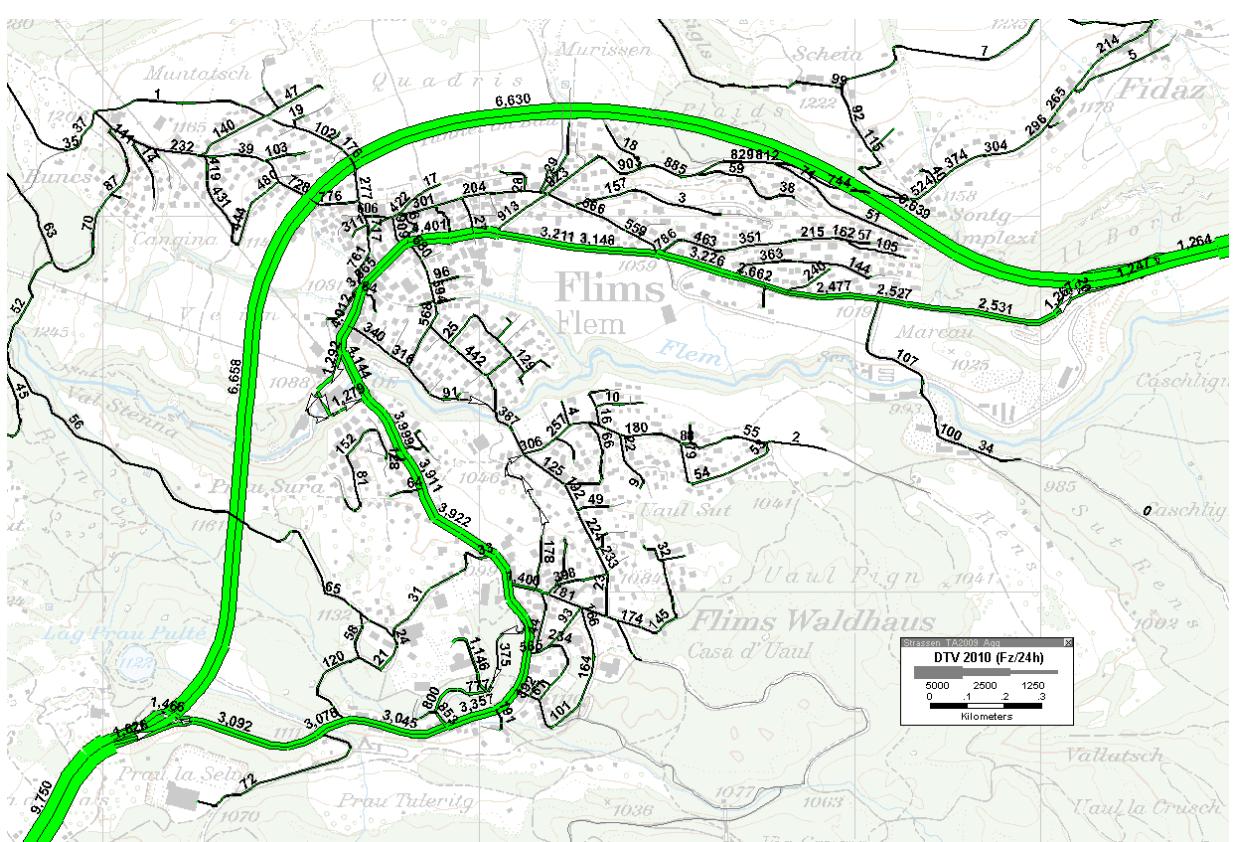


Abbildung 31: Flims: Verkehrsbelastungen in Anzahl Fahrzeugen, Zustand 2010 (DTV, 0-24 Uhr)

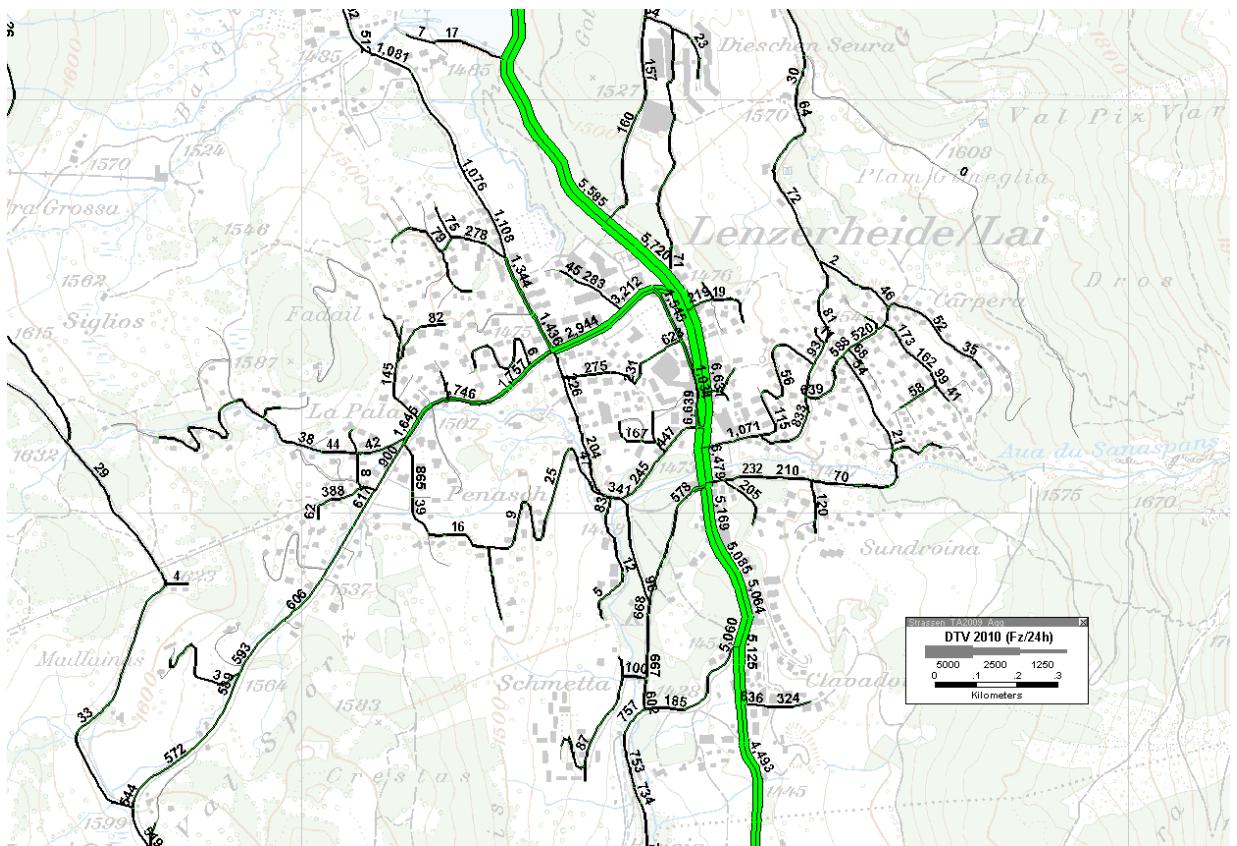


Abbildung 32: Lenzerheide: Verkehrsbelastungen in Anzahl Fahrzeugen, Zustand 2010 (DTV, 0-24 Uhr)

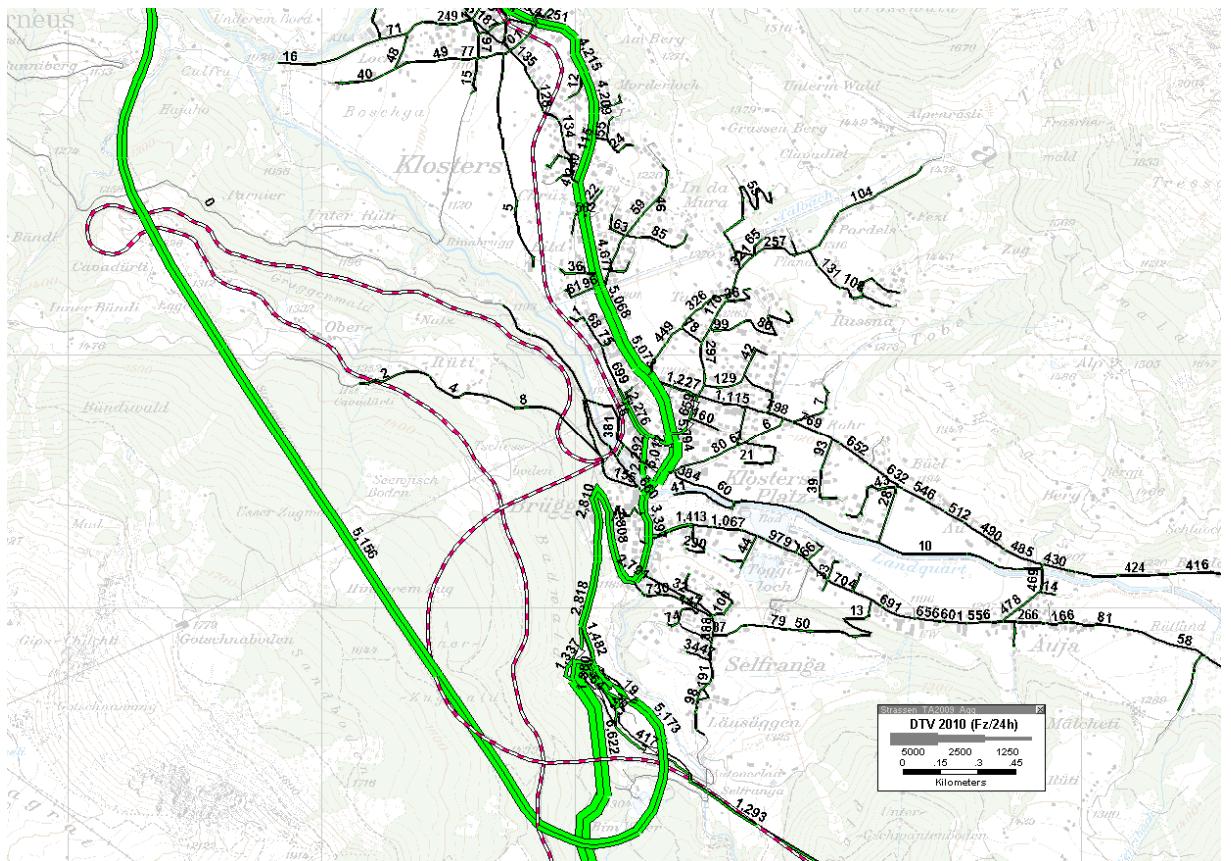


Abbildung 33: Klosters: Verkehrsbelastungen in Anzahl Fahrzeugen, Zustand 2010 (DTV, 0-24 Uhr)

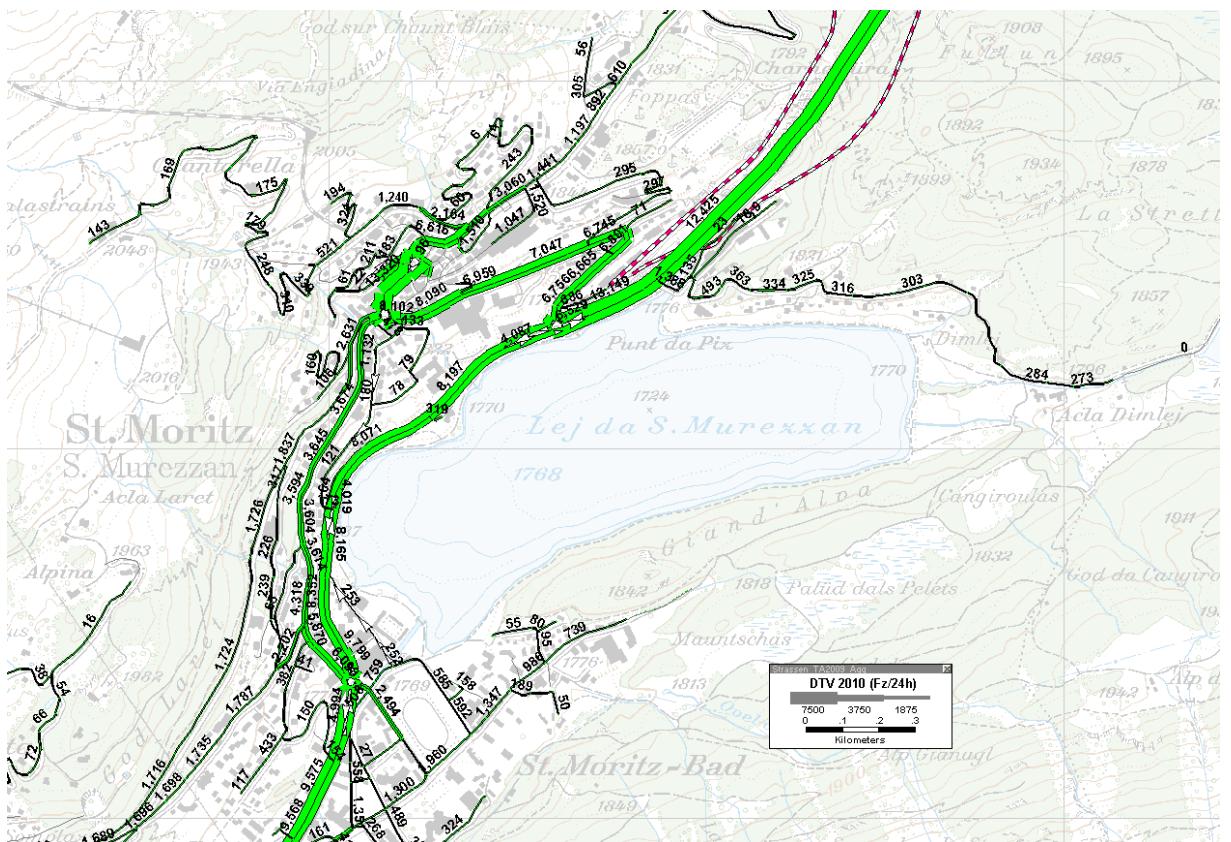


Abbildung 34: St. Moritz: Verkehrsbelastungen in Anzahl Fahrzeugen, Zustand 2010 (DTV, 0-24 Uhr)

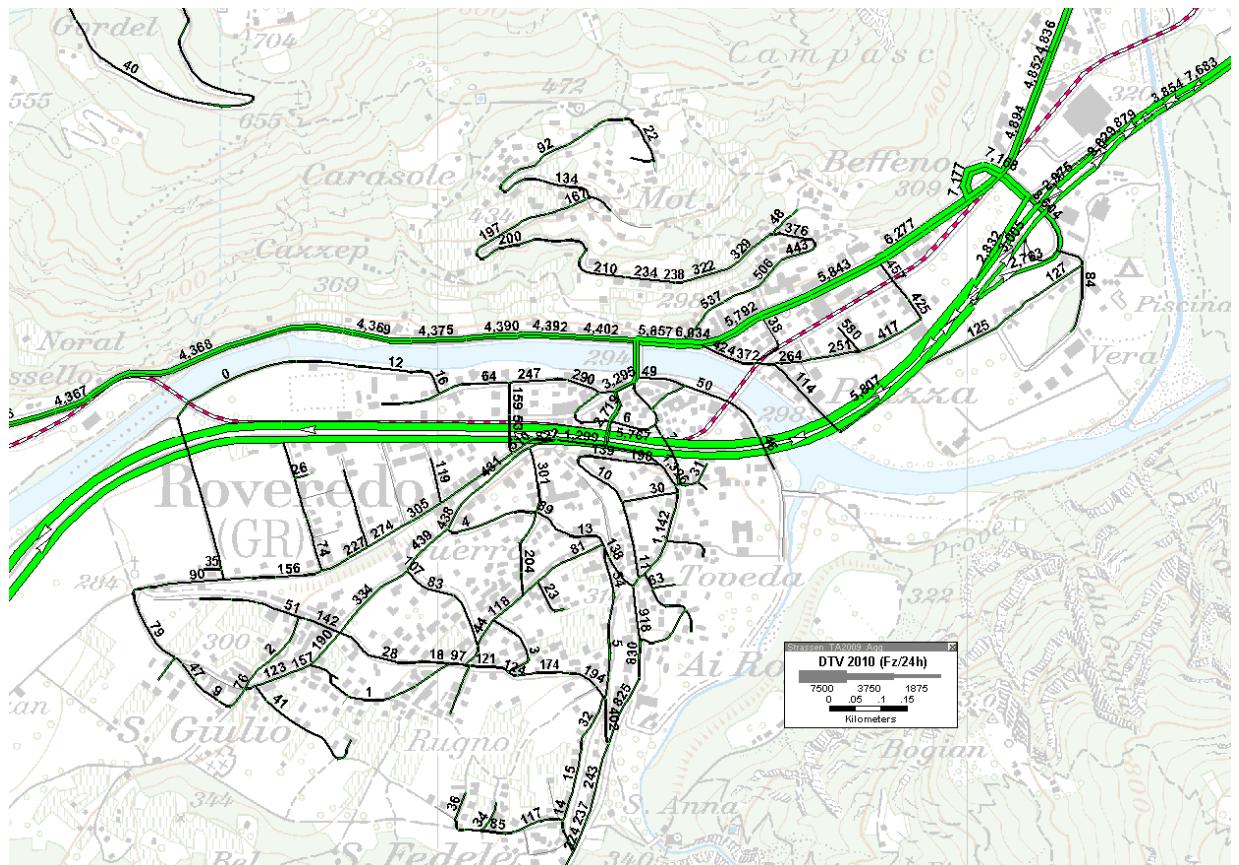


Abbildung 35: Roveredo: Verkehrsbelastungen in Anzahl Fahrzeugen, Zustand 2010 (DTV, 0-24 Uhr)

12.1.3. Öffentlicher Verkehr

Bei Fahrten mit dem ÖV werden erstens die Fusswege von und zu den Haltestellen aufs Netz umgelegt und zweitens die Fahrten im Bus resp. im Zug zwischen den ÖV-Haltestellen. Neben dem ÖV-Aufkommen pro Streckenabschnitt werden auch die ein- und aussteigenden Passagiere an den Haltestellen und die Fahrgäste pro ÖV-Linie berechnet. Ergänzt werden diese Resultate mit öv-linienspezifischen Auslastungsprofilen, die das Fahrgastaufkommen pro Linie und Linienabschnitt darstellen. Damit hat man Informationen über die Auslastung der Busse und Züge zwischen den Haltestellen.

Verkehrsbelastungen zwischen Haltestellen

Die ÖV-Verkehrsbelastungen sind in Abbildung 36 bis Abbildung 42 dargestellt.

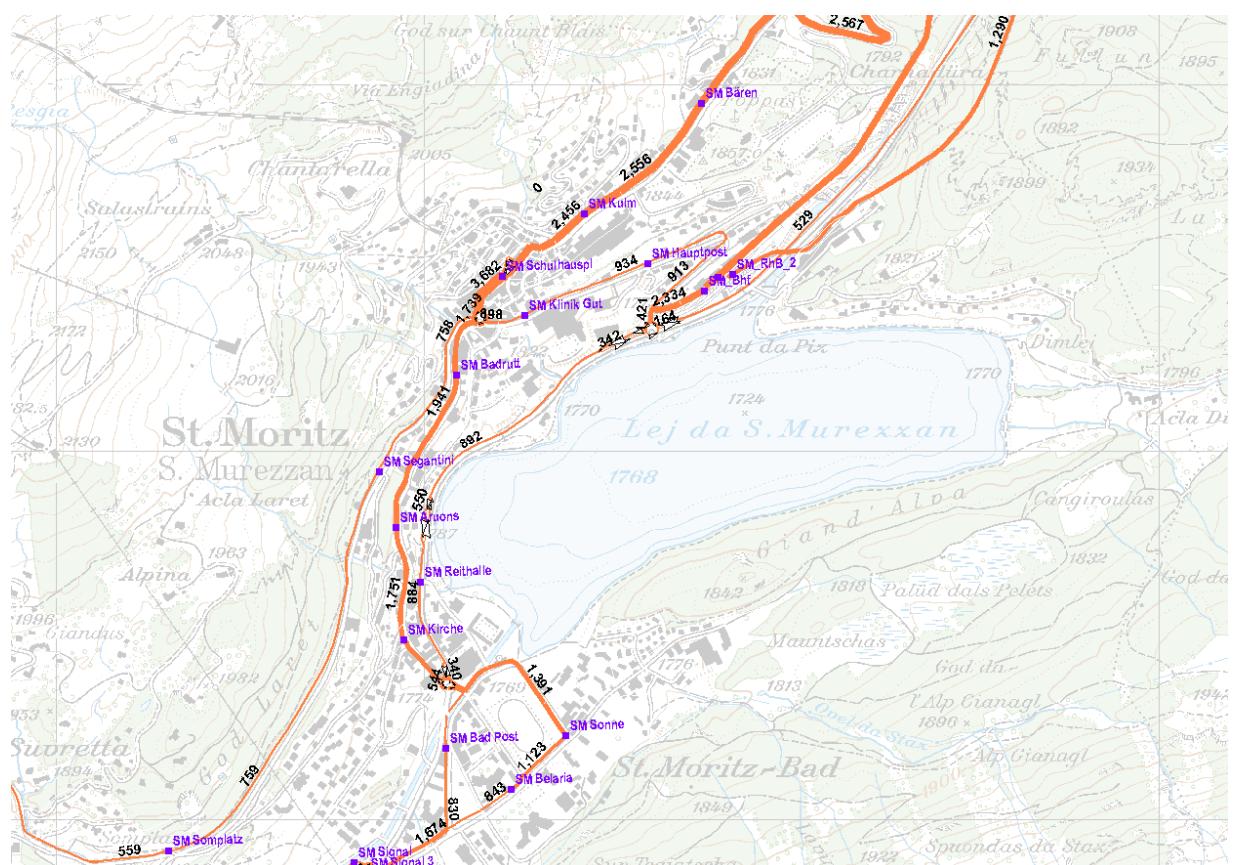


Abbildung 36: St. Moritz: Verkehrsbelastungen im ÖV in Anzahl Personen pro Tag (DWV 2010)

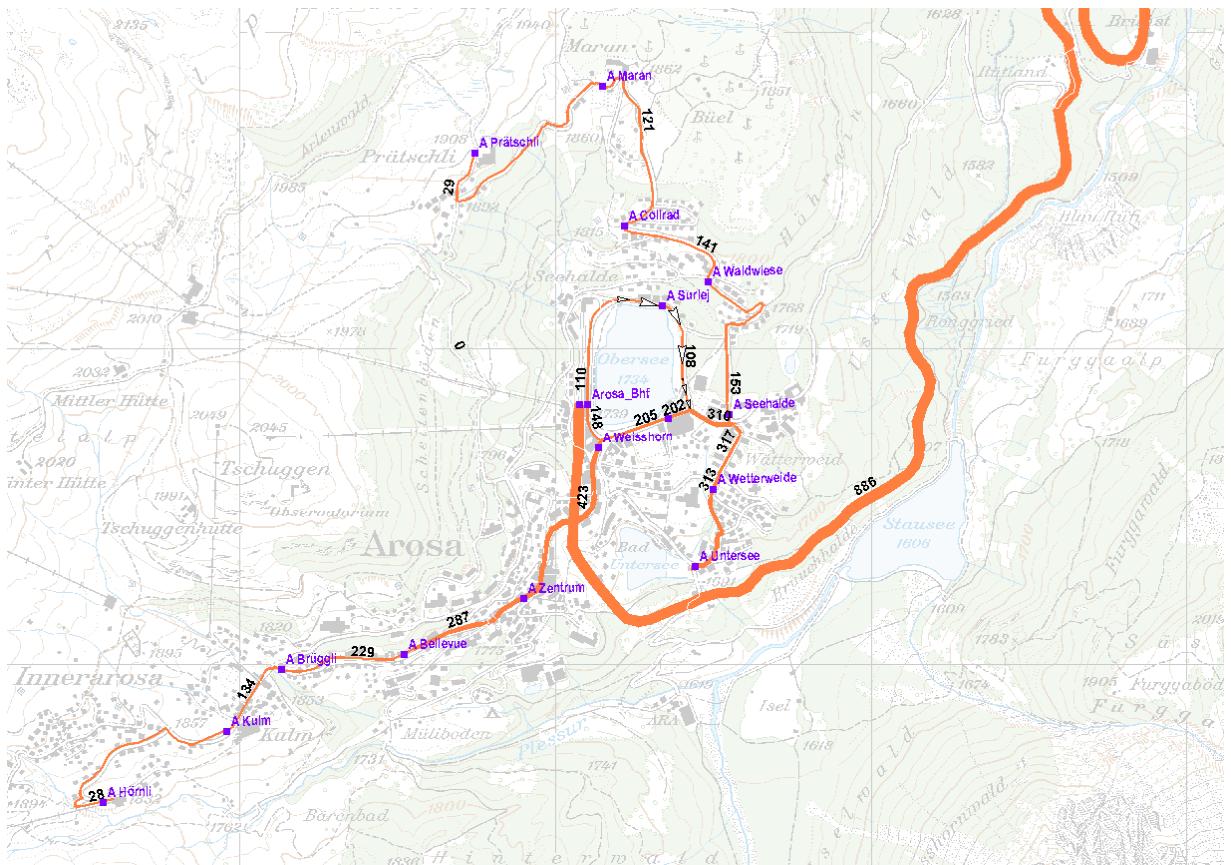


Abbildung 37: Arosa: Verkehrsbelastungen im ÖV in Anzahl Personen pro Tag (DWV 2010)

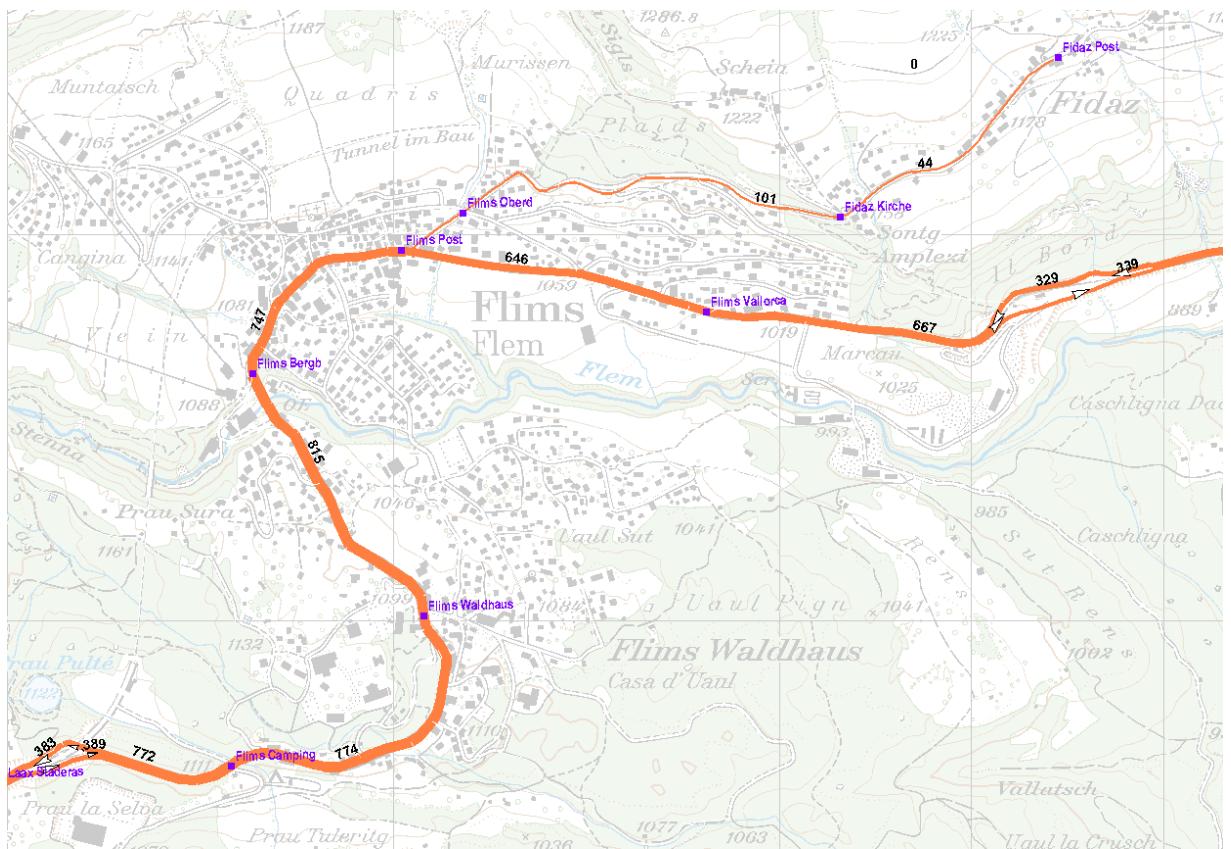


Abbildung 38: Flims: Verkehrsbelastungen im ÖV in Anzahl Personen pro Tag (DWV 2010)

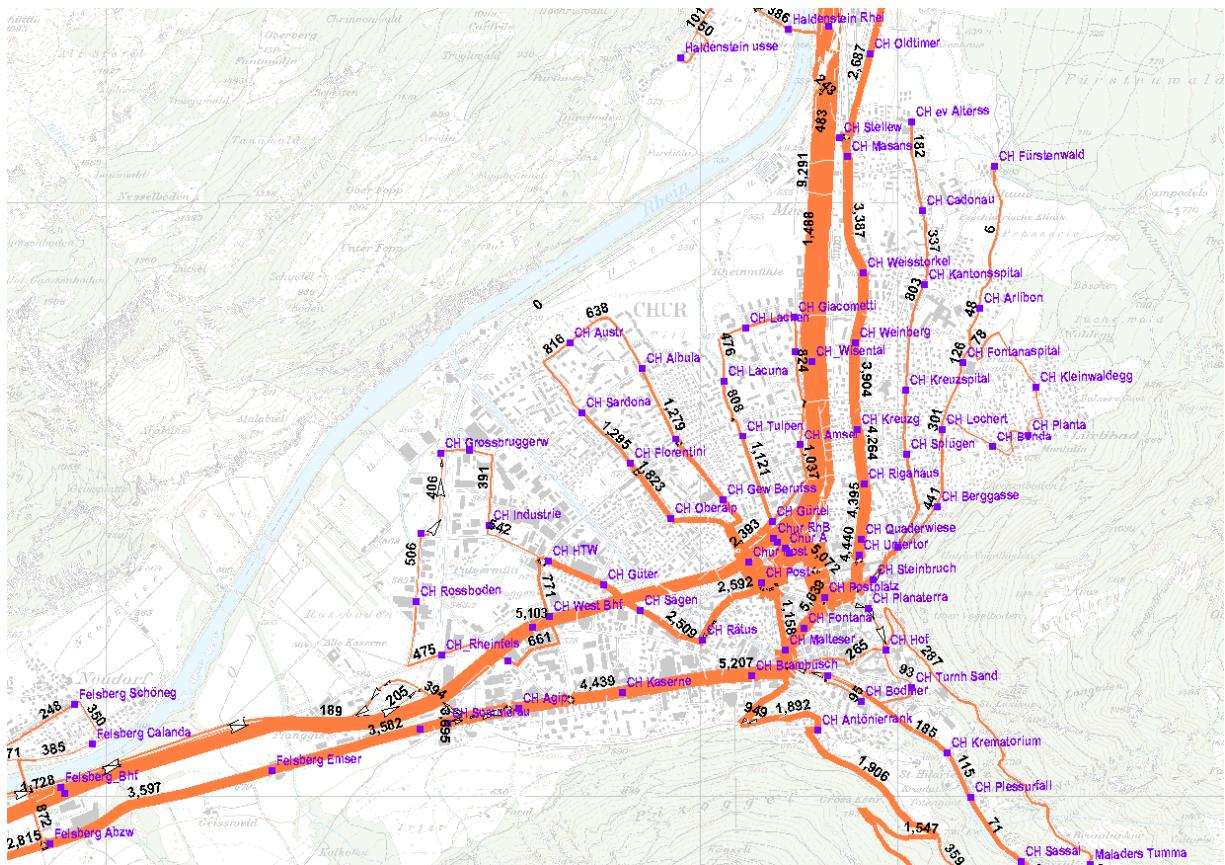


Abbildung 39: Chur: Verkehrsbelastungen im ÖV in Anzahl Personen pro Tag (DWW 2010)

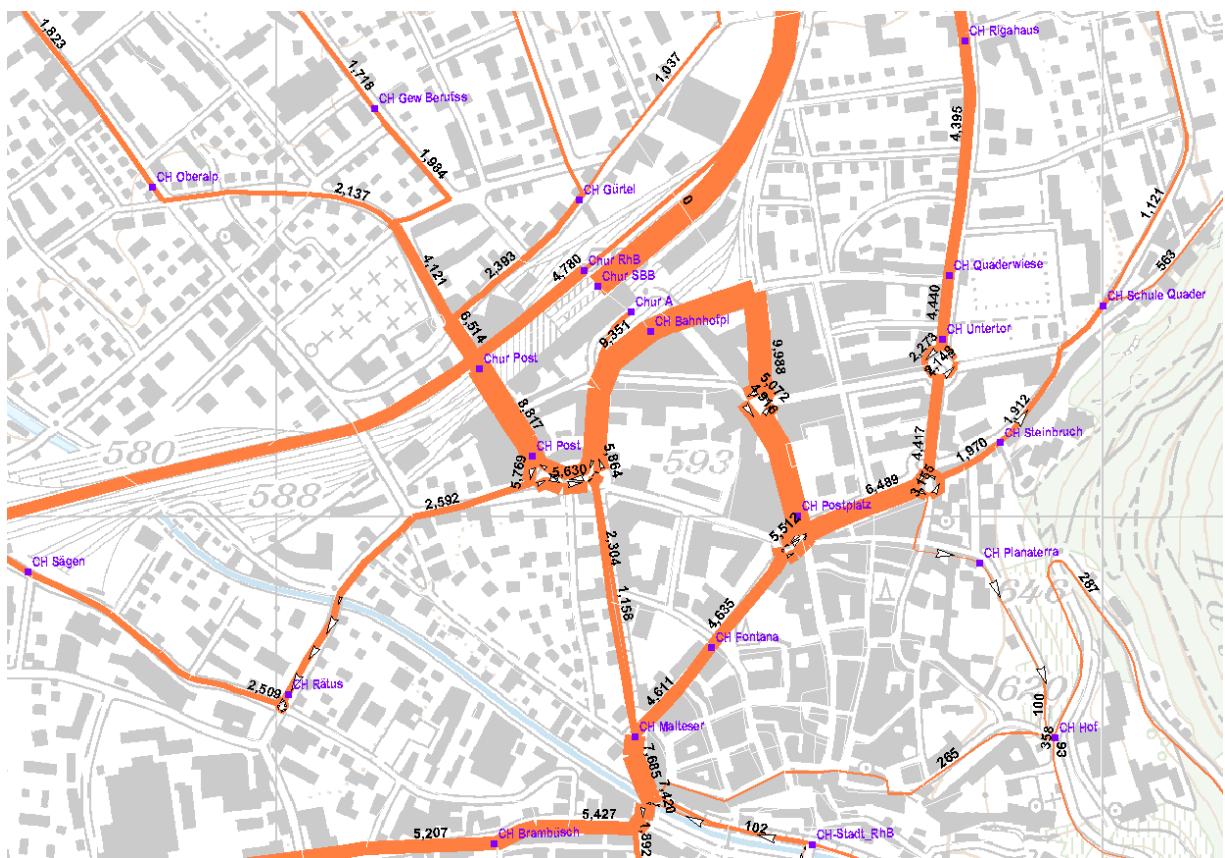


Abbildung 40: Chur-Zentrum: Verkehrsbelastungen im ÖV in Anzahl Personen pro Tag (DWV 2010)

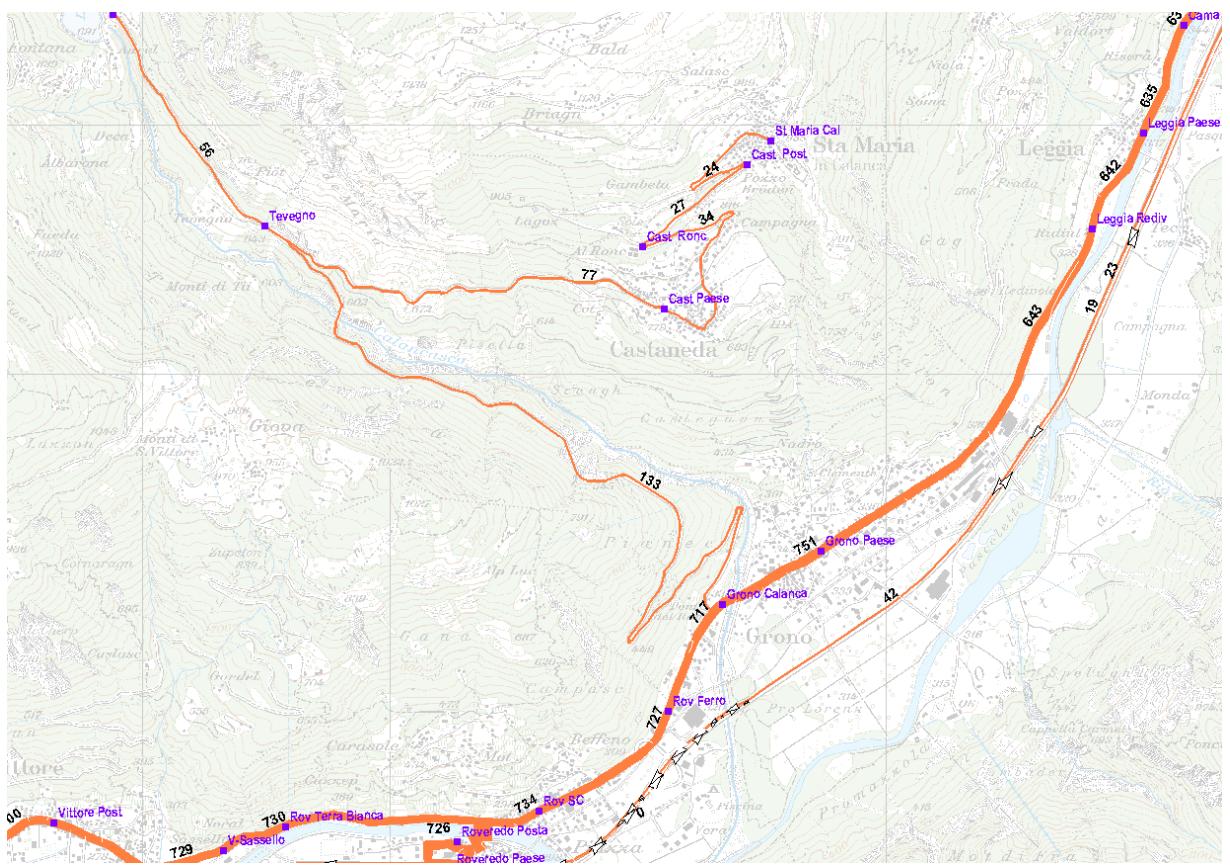


Abbildung 41: Grono u. U.: Verkehrsbelastungen im ÖV in Anzahl Personen pro Tag (DWV 2010)

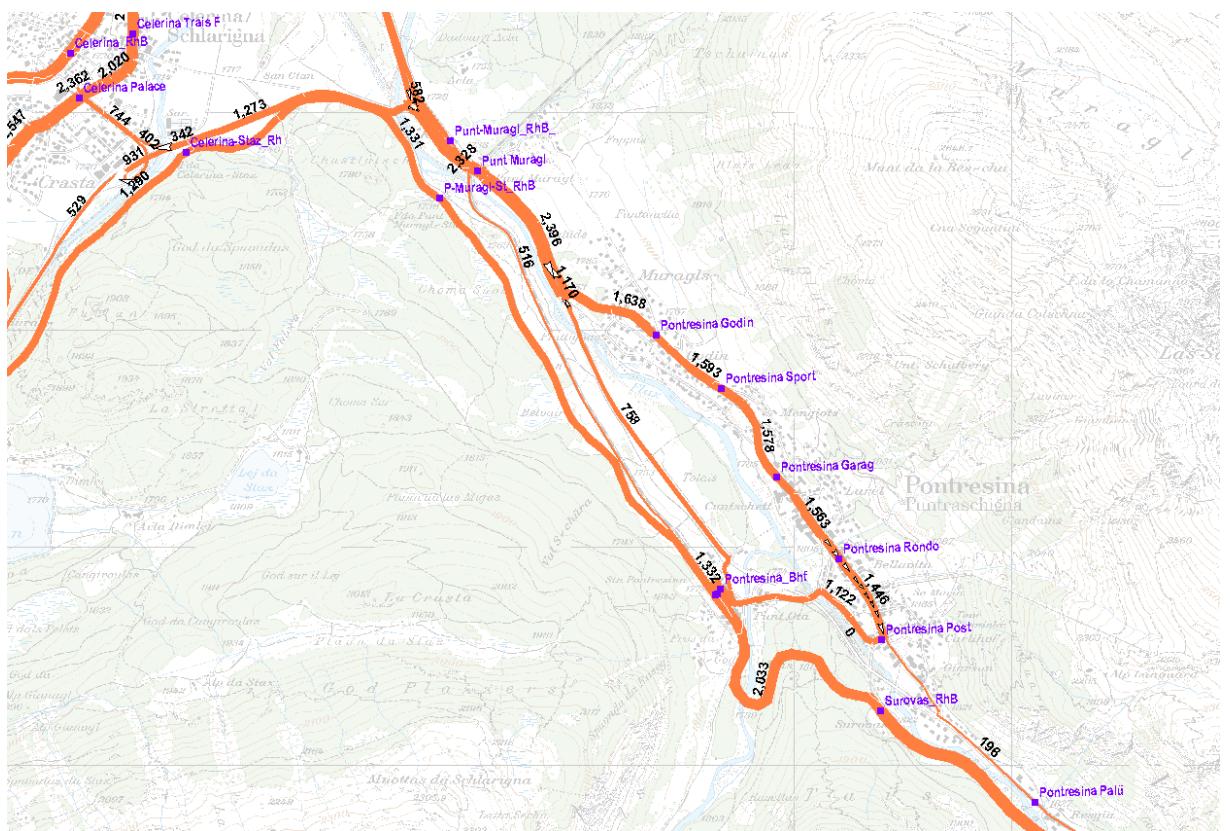


Abbildung 42: Pontresina: Verkehrsbelastungen im ÖV in Anzahl Personen pro Tag (DWV 2010)

Fahrgäste pro ÖV-Linie

In Tabelle 14 sind die transportierten Fahrgäste (Summe der Anzahl Einsteiger) der einzelnen Buslinien (Auszug Chur) aufgeführt, für einen durchschnittlichen Werktag. Der Vergleich der modellierten Werte mit vorliegenden Zählwerten ist in den letzten 3 Spalten abgebildet.

Eine Liste mit allen Linien und den Anzahl Einsteigern ist im Anhang 16.3.1 zu finden.

*Tabelle 14: Passagieraufkommen pro ÖV-Linie (Ausschnitt Stadtbus Chur AG) – Modellwerte und Zählwerte
Abweichung in % in letzter Spalte.
Lesebsp: 100=keine Abweichung, 105=5% mehr im Modell, 92=8% weniger im Modell.*

Route_ID	Route_Name	Side	[Linienlänge]	Liniengeschw	Betreiber	FG_ON_tot_model	FG_Zählung
607	B_1_EmsChemie_CH_Lachen	R	11.09	23.77	Chur	1,532	1,458
610	B_1_Felsberg_CH_Lachen	R	8.83	20.37	Chur	1,912	1,458
725	B_1_Lachen_CH_EmsChemie	R	10.79	23.12	Chur	1,609	1,458
726	B_1_Lachen_CH_Felsberg	R	9.54	18.46	Chur	2,062	1,458
730	B_1_Lachen_CH_Rhäzüns	R	16.74	25.11	Chur	1,007	1,125
609	B_1_Rhäzüns_CH_Lachen	R	17.07	25.60	Chur	835	1,125
646	B_2_Bondastr_CH_ObereAu	R	7.23	17.35	Chur	1,172	771
634	B_2_Fürstenwald_CH_ObereAu	R	7.36	19.21	Chur	1,121	771
727	B_2_ObereAu_CH_Bondastrasse	R	5.43	15.52	Chur	793	771
723	B_2_ObereAu_CH_Fürstenwald	R	5.56	18.54	Chur	836	771
731	B_3_Austrasse_CH_Haldenstein	R	7.05	21.16	Chur	953	746
729	B_3_Austrasse_CH_Untervaz	R	15.60	24.63	Chur	2,617	2,736
655	B_3_Haldenstein_CH_Austrasse	R	6.80	20.40	Chur	1,047	746
649	B_3_Untervaz_CH_Austrasse	R	15.26	24.09	Chur	2,947	2,736
722	B_4_Austrasse_CH_Ev-Alterss	R	5.33	16.00	Chur	1,882	2,338
400	B_4_Ev-Alterss_CH_Austrasse	R	5.37	16.12	Chur	1,797	2,338
724	B_9_CH_Meiersboden	R	3.48	20.89	Chur	139	--
626	B_9_Meiersboden_CH	R	3.48	20.86	Chur	263	--

Einsteiger/Aussteiger

Das Verkehrsaufkommen beim ÖV lässt sich auch an jeder Haltestelle z.B. als Summe der Anzahl Ein- und Aussteiger im Modell angeben. In Abbildung 43 ist die Situation der Anzahl Einsteiger in Chur dargestellt. Diese Summe aller Einsteiger setzt sich zusammen aus Zusteigern und aus Umsteigern, die an der entsprechenden Haltestelle die ÖV-Linie wechseln.

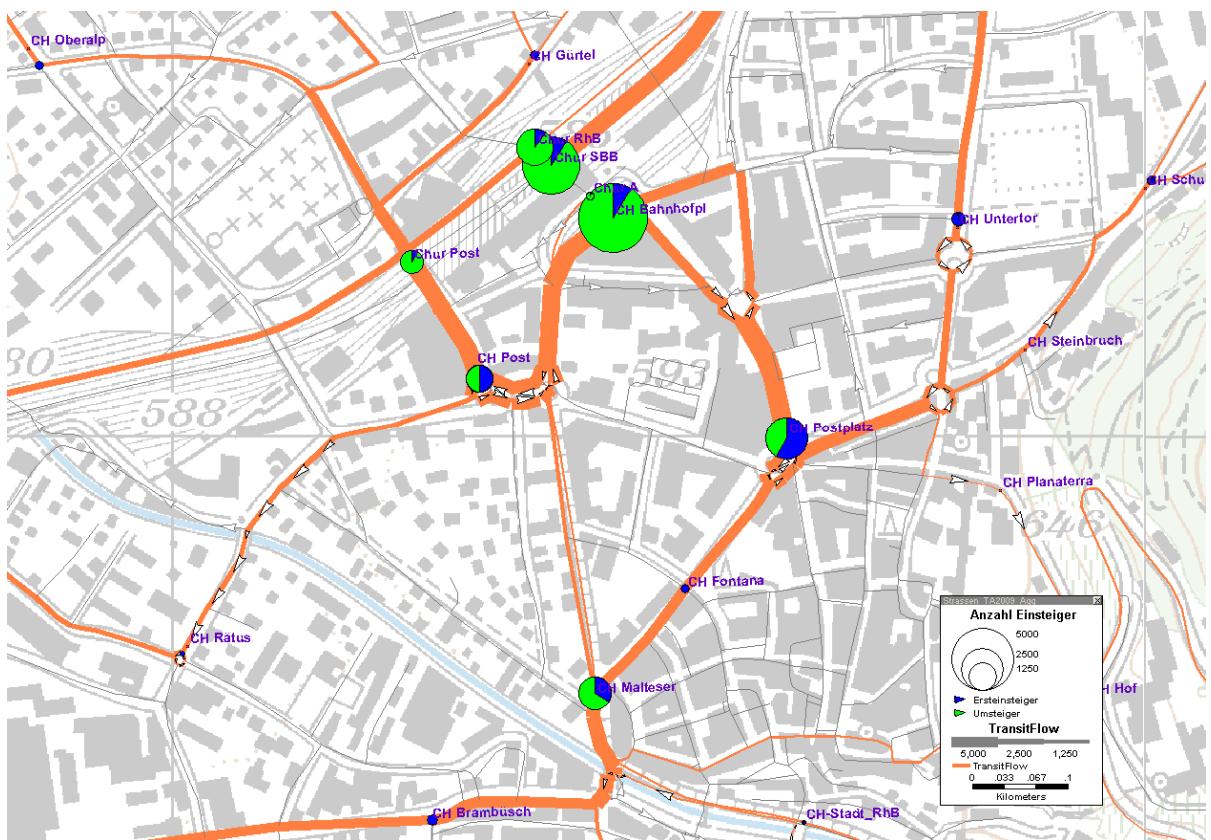


Abbildung 43: Chur: Einsteiger und Umsteiger in Anzahl Personen an Haltestellen pro Werktag 2010

Die Tabelle 15 zeigt einen Auszug der Haltestellen mit der Anzahl Ein- und Aussteigern pro Tag.

Tabelle 15: Total Einsteiger (BOARD) und Aussteiger (ALIGHT) an Haltestellen pro Werktag 2010

ROUTE	TYPE	BOARD	ALIGHT
CH Fontana	Stop Field	202.34	154.69
CH Fontanaspital	Stop Field	48.15	38.80
CH Fürstenwald	Stop Field	2.98	2.68
CH Gew Berufss	Stop Field	314.38	184.12
CH Giacometti	Stop Field	3.17	226.18
CH Gürtel	Stop Field	226.05	125.77
CH Güter	Stop Field	111.90	98.76
CH HTW	Stop Field	650.73	529.61
CH Halbmil	Stop Field	7.00	7.00
CH Hof	Stop Field	19.72	27.38
CH Industrie	Stop Field	151.18	0.31
CH Kantonsspital	Stop Field	250.14	279.41
CH Kaserne	Stop Field	619.59	561.30
CH Krematorium	Stop Field	37.44	32.91
CH Kreuzg	Stop Field	287.48	239.24
CH Kreuzspital	Stop Field	117.33	147.26
CH Lachen	Stop Field	475.71	566.71
CH Lacuna	Stop Field	332.78	0.01
CH Lochert	Stop Field	57.56	31.83
CH Malteser	Stop Field	1602.21	1579.68
CH Masans	Stop Field	355.61	279.67
CH Meiersboden	Stop Field	14.53	14.52
CH ObAu	Stop Field	391.50	384.41
CH Oberalp	Stop Field	224.51	204.63
CH Oldtimer	Stop Field	91.97	98.20
CH Planaterra	Stop Field	1.53	4.46
CH Planggis	Stop Field	105.90	107.37
CH Plessurfall	Stop Field	23.10	21.48
CH Post	Stop Field	1091.73	1290.18
CH Postplatz	Stop Field	2789.87	2596.29
CH Rabiosbr	Stop Field	19.62	19.61
CH Raschären	Stop Field	27.72	217.89

Auslastungsprofile für ÖV-Linien

Mit dem Verkehrsmodell kann für jede ÖV-Linie ein Auslastungsprofil erstellt werden. In Abbildung 44 ist beispielhaft ein solches Profil für die Stadt-Buslinie 3 Chur Austrasse - Untervaz abgebildet. Auf der horizontalen Achse sind die Streckenabschnitte angegeben und auf der vertikalen Achse die Anzahl Passagiere die auf diesem Abschnitt im Bus sind. Die Auslastung erreicht bei etwas über 1000 Personen pro Tag das Maximum. Auf dieser Linie verkehren pro Tag 52 Kurse. Damit ergibt sich eine durchschnittliche Busauslastung über den ganzen Tag von rund 19 Personen auf diesem Abschnitt.

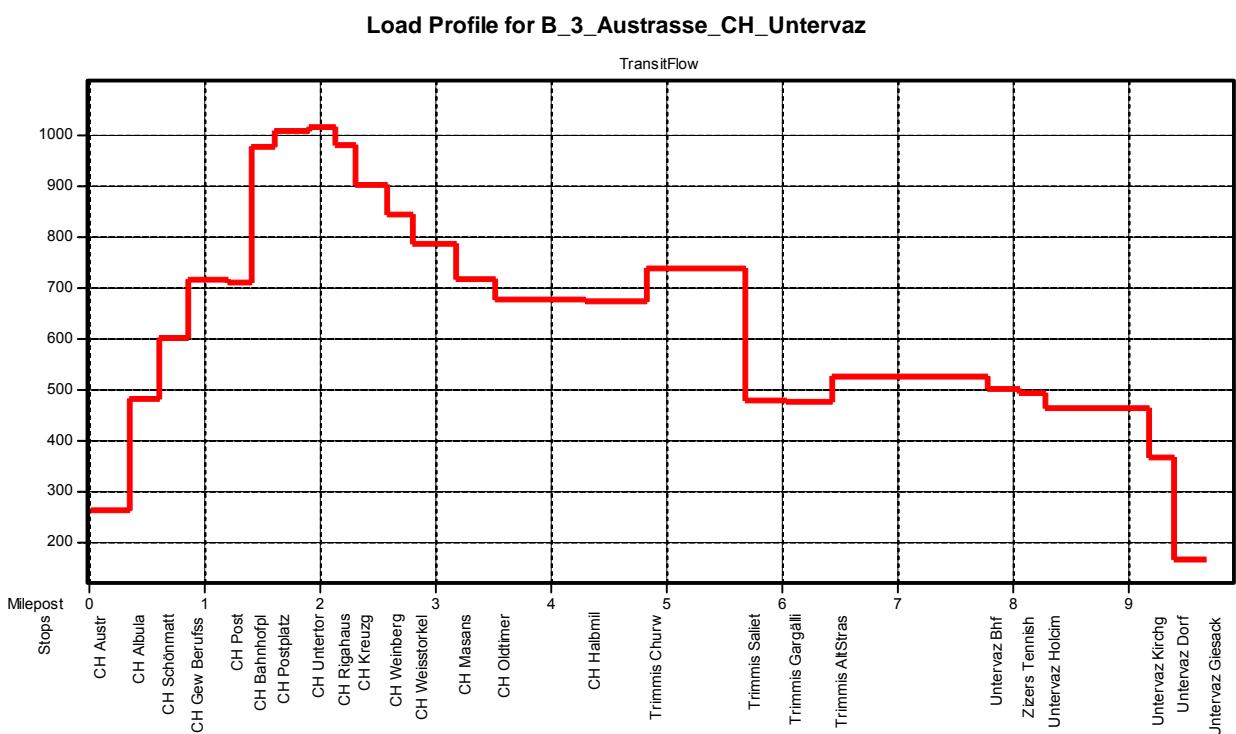


Abbildung 44: Auslastungsprofil für die Buslinie 3 Richtung Austrasse-Untervaz, DWV 2010

Fusswege von/zu den ÖV-Haltestellen

Abbildung 45 und Abbildung 47 zeigen die Fusswegebelastungen auf dem Strassennetz, die durch Fusswege von und zu den ÖV-Haltestellen entstehen. Gut erkennbar ist das jeweilige Einzugsgebiet um die Haltestellen. Mit solchen Analysen lassen sich beispielsweise die Haltestellenslage und Haltestellenabstände optimieren.

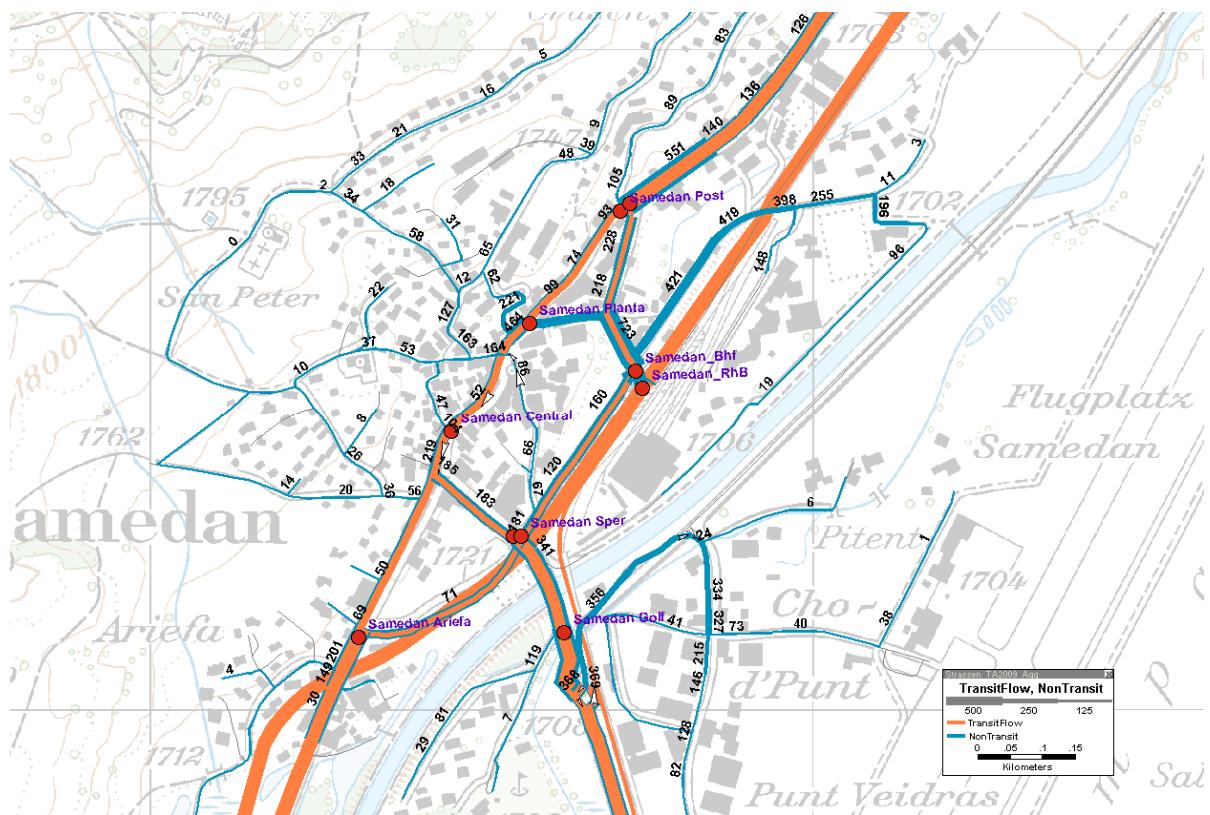


Abbildung 45: Samedan: Belastungsplan mit Fusswegen von/zu den ÖV-Haltestellen in Anzahl Personen

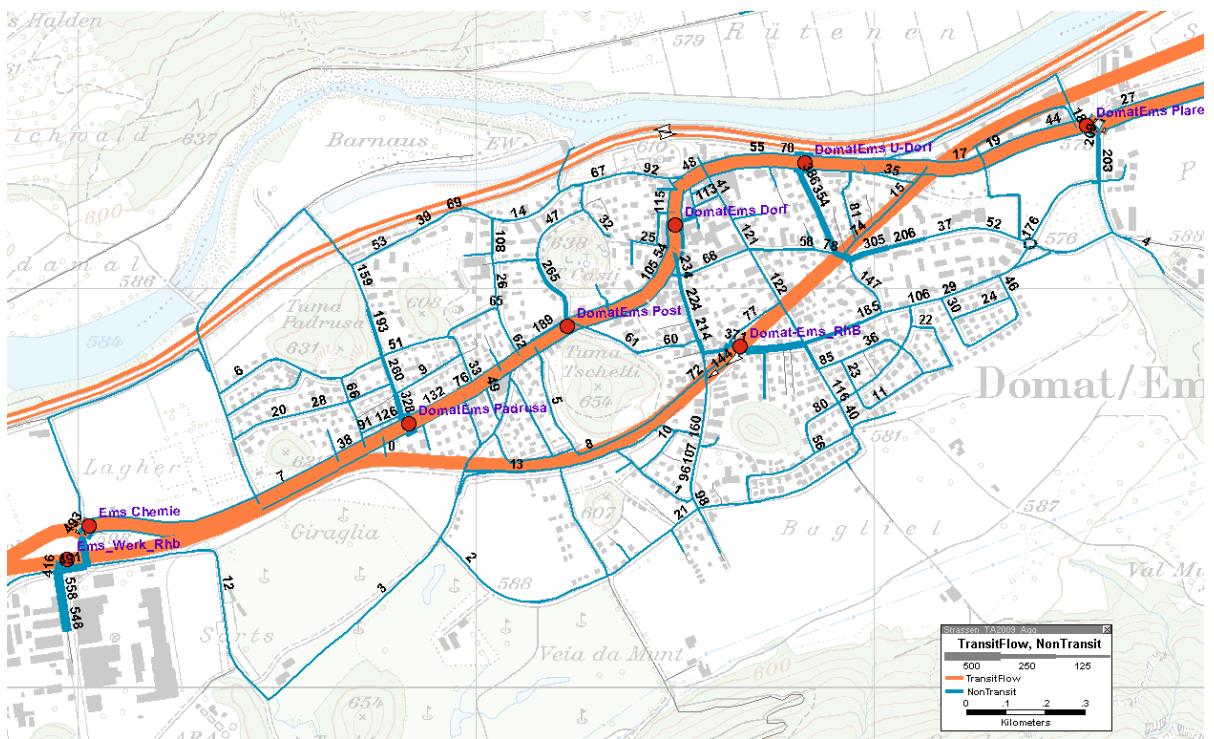


Abbildung 46: Domat/Ems: Belastungsplan mit Fusswegen von/z zu den ÖV-Haltestellen in Anzahl Personen

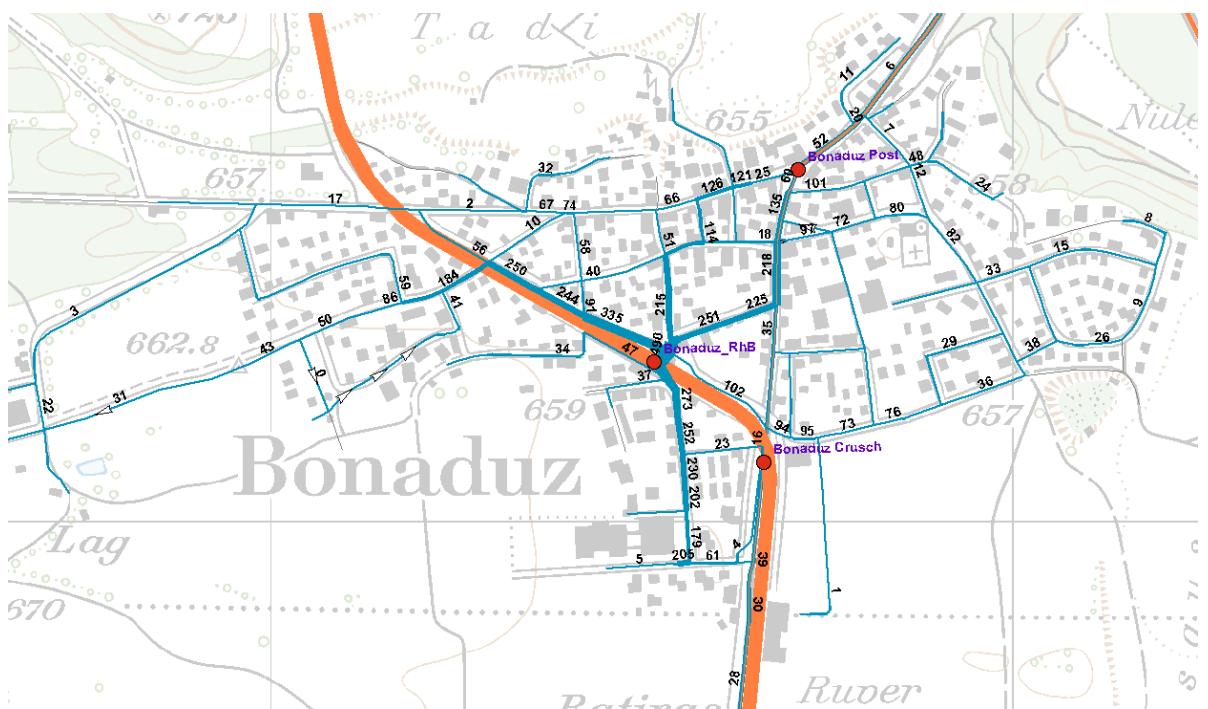


Abbildung 47: Bonaduz: Belastungsplan mit Fusswegen von/z zu den ÖV-Haltestellen in Anzahl Personen

13. Metadaten Verkehr 2010

Die oben modellierten Verkehrsdaten wurden geocodiert aufbereitet und auf ein digitales Strassennetz (Shape-File) resp. Knotenfile abgelegt. Dies ermöglicht die direkte Weiterbearbeitung in geografischen Informationssystemen (GIS).

Die Spaltenbezeichnungen für die berechneten Verkehrsbelastungen für den Tages- und Nachtverkehr für den MIV und ÖV sowie die Streckenattributen des digitalen Strassennetzes sind in Tabelle 16 näher beschrieben, ÖV-Passagiere pro Haltestelle in Tabelle 17. In Tabelle 18 sind die Attribute der Zonendaten beschrieben

Tabelle 16: Metadaten Strecken zu den berechneten Verkehrsdaten für Graubünden 2010

Spalte	Bedeutung	Stand
ID	Strecken ID	
Length	Länge Polyline der Strecke in km	
Dir	Betriebsrichtung, 0=beide Richtungen aktiv, 1 oder-1=Einbahn	
ID_ARENDE	Strecken ID neu durchnummert von 1 bis xxx	2012
ID_TA2009	Strecken ID TeleAtlas, Originalnummern	2010
ID_BAHN	Strecken ID Schiene	2010
NAME	Strassenname	2010
DTV10	Durchschnittliche Anzahl Fahrzeuge pro Tag (0-24 Uhr), alle Fahrzeuge, beide Richtungen. DTV10 = DTPV10 + DTLIV10 + DTSNV10 + DTLBUS10	2010
DTPV10	Durchschnittliche Anzahl Personalfahrzeuge pro Tag (0-24 Uhr), inkl. Motorräder und Reisecars, beide Richtungen	2010
DTLIV10	Durchschnittliche Anzahl Lieferwagen pro Tag (0-24 Uhr), beide Richtungen	2010
DTSNV10	Durchschnittliche Anzahl schwere Nutzfahrzeuge pro Tag (0-24 Uhr), beide Richtungen	2010
PERS_OEV	Durchschnittliche Anzahl Personen im ÖV pro Werktag (0-24 Uhr), → Zahlen stammen aus dem OEV-Verkehrsmodell	2010
DTLBUS10	Anzahl ÖV-Linienbusse pro Tag (0-24 Uhr), beide Richtungen	2010
COUNT_DTV	Zählwerte MIV, beide Richtungen, alle Fahrzeuge, DTV	2010
DTPV_2206	Durchschnittliche Anzahl Personalfahrzeuge pro Nacht (22-6 Uhr), inkl. Motorräder und Reisecars, beide Richtungen	2010
DTLIV_2206	Durchschnittliche Anzahl Lieferwagen pro Nacht (22-6 Uhr), beide Richtungen	2010

Spalte	Bedeutung	Stand
DTSNV_2206	Durchschnittliche Anzahl schwere Nutzfahrzeuge pro Nacht (22-6 Uhr), beide Richtungen, ohne ÖV-Linienbusse	2010
DTLBUS_2206	Anzahl ÖV-Linienbusse pro Nacht (22-06), beide Richtungen	2010
FRC	<p>Streckenklasse gem. Attributierung TeleAtlas:</p> <ul style="list-style-type: none"> 0: motorway, freeway, or other major road 1: major road less important than a motorway 2: other major road 3: secondary road 4: local connecting road 5: local road of high importance 6: local road 7: local road of minor importance 	2010
ONEWAY	FT=Einbahn (von-nach), TF=Einbahn (nach-von)	2010
TIME0	Durchschnittliche Reisezeit auf dem Streckenabschnitt, im schwach belasteten Netz.	2010
V_SIGNAL	Signalisierte Geschwindigkeit. Die Werte wurden vom Kanton Graubünden (ANU) als Shapelylayer abgegeben und aufs TeleAtlas-Netz übertragen.	2010
CAPA24	Max. StreckenkapaZität in Anz. Fahrzeugen pro Tag	2010
CAPA_h	Max. StreckenkapaZität in Anz. Fahrzeugen pro Stunde	2010
KTST_Eig	Strasseneigentümer. Quelle: Tiefbauamt Graubünden, Kantonales Strassenetz Graubünden	2010
KTST_Num	Strassennummer. Quelle: Tiefbauamt Graubünden, Kantonales Strassenetz Graubünden	2010
KTST_Kat	Strassenkategorie: Nationalstrasse, Hauptstrasse, Verbindungsstrasse, Übrige_Strassen Quelle: Tiefbauamt Graubünden, Kantonales Strassenetz Graubünden	2010
KTST_Klass	Strassenklasse: innerorts, ausserorts Quelle: Tiefbauamt Graubünden, Kantonales Strassenetz Graubünden	2010
KTST_Nam	Strassenname Quelle: Tiefbauamt Graubünden, Kantonales Strassenetz Graubünden	2010
KTST_Beg	Strassenbeginn Quelle: Tiefbauamt Graubünden, Kantonales Strassenetz Graubünden	2010
KTST_End	Strassenende Quelle: Tiefbauamt Graubünden, Kantonales Strassenetz Graubünden	2010
Laermkat	Lärmkategorie ANU: Hauptstrassen, übrige Strassen Quelle: Kantonales Amt für Natur und Umwelt, Graubünden	2010

Tabelle 17: Metadaten „Strassenknoten“ für die Ein- und Aussteiger an ÖV-Haltestellen

Spalte	Bedeutung	Stand
ID	Knoten ID (interne Nummerierung)	
Longitude	Longitude	
Latitude	Latitude	
ON_MODEL	Anzahl Einsteiger ÖV, durchschnittlicher Werktag (Mo-Fr), modelliert	2010
OFF_MODEL	Anzahl Aussteiger ÖV, durchschnittlicher Werktag (Mo-Fr), modelliert	2010

Tabelle 18: Metadaten Verkehrszenen für Graubünden 2010

Spalte	Bedeutung	Stand
ID	ID der Zone resp. Hektare	2010
HH10_2.17	Anzahl Haushalte 2010 in der Zone mit durchschnittlich 2.17 Personen	2010
B08VZTRE	Anzahl Arbeitsplätze 2010 im Detailhandel	2010
B08VZTNRE	Anzahl Arbeitsplätze 2010 im Nicht-Detailhandel	2010
B08VZTUNT	Anzahl Arbeitsplätze 2010 Bereich Erziehung und Unterricht. NOGA: 08088501-04	2010
B08VZTBEH	Anzahl Arbeitsplätze 2010 in der Branche Beherbergung. NOGA: 08085501-04	2010
B08VZTGAST	Anzahl Arbeitsplätze in der Branche Gastronomie. NOGA: 08085601-04	2010
B08_Hotel_Be	Anzahl Hotelbetten 2010	2010
PW-Besitz	Besitzquote an PWs 2010 pro Einwohner	2010
GA-Besitz	Besitzquote an Generalabonnementen 2010 pro Einwohner	2010
Htax-Besitz	Besitzquote an Generalabonnementen 2010 pro Einwohner	2010
AnderAbos	Besitzquote an Monats-Jahresabonnementen 2010 pro Einwohner	2010
HBS_P	Anzahl aus der Wohnzone gehende Wege: Wohnen-Schule	2010
HBS_A	Anzahl durch Ausbildungsstätte angezogene Wohnen-Schule-Wege	2010
Tot_F_ZWundHotel	Anzahl durch Touristen in Hotels und Zweitwohnungen produzierte Fahrten	2010
ZoneType	1=Besiedelte Zone, 2=Aussenzone an der Perimetergrenze	2010
GEM_NO	Gemeindenummer (gem. BFS)	2010

14. Mögliche Anwendungen mit Verkehrsmodell

Im Folgenden ist eine Auswahl von typischen Massnahmen aufgeführt, die sich mit dem Verkehrsmodell Graubünden modellieren lassen und mit dem die verkehrlichen Auswirkungen abgeschätzt werden können.

Grundsätzlich lassen sich mit dem Verkehrsmodell alle Massnahmen abbilden, die einen Einfluss auf die Verkehrserzeugung, die Zielwahl, die Verkehrsmittelwahl und auf die Routenwahl haben.

Massnahmen MIV

- Netz
 - Veränderung der Kapazität durch Ausbau oder Rückbau
 - Kreisel anstelle Kreuzung
 - Neue Strasse (z.B. Umfahrung, neue Erschliessung von Gewerbegebieten, etc.)
- Verkehrsregime
 - Einbahnstrasse (neu oder Richtung umkehren)
 - Abbiegeverbote
 - Fussgängerzone
 - Veränderung der Geschwindigkeit (z.B. Tempo-30-Zonen)
 - Staulängenabschätzung

Massnahmen ÖV

- Neue Linie, Linie aufheben
- Taktintervall verändern, Zusatzlinien
- Haltestelle aufheben, verschieben oder neu einrichten
- Neues ÖV-Angebotskonzept
- Prioritätsmassnahmen zugunsten des ÖV (Wirkung: Fahrzeitreduktion)
- Preismassnahmen
- Fahrtenmatrix Haltestelle zu Haltestelle aus gezählten ein- und Aussteigern

Massnahmen Siedlung

- Neue Wohnsiedlung mit x-Einwohnern
- Gewerbe- und Industriegebiete mit x-Arbeitsplätzen
- Einkaufszentren
- Neue Schulstandorte
- Umstrukturierungen (z.B. alte Industrien in Wohnen)
- Innere Verdichtung
- Park&Ride Evaluationen
- Erreichbarkeitsanalysen

Verkehrsprognosen

- Auswirkungen neuer Netze
- Auswirkungen neuer siedlungsstruktureller Veränderungen
- Was passiert, wenn alle vorhandenen Bauzonen ausgefüllt werden?
- Verkehrszustand 2030

15. Modellaktualisierung mit neuen Erhebungen

Zurzeit als das Verkehrsmodell Graubünden aufgebaut wurde, lagen noch keine Resultate vor aus den soeben (1. Quartal 2012) erschienenen Erhebungen Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010 und der Volkszählung 2010. Es stellt sich daher die Frage, ob die verkehrlichen Kenngrössen die als Input ins Verkehrsmodell eingeflossen sind sich signifikant unterscheiden von den Resultaten aus früheren Erhebungen und damit ein Aktualisierungsbedarf des Verkehrsmodells besteht. Zur Prüfung dieser Frage werden im Folgenden die wichtigsten verkehrlichen Kenngrössen der Mikrozensen 2000, 2005 und 2010 verglichen und interpretiert. Die Volkszählung 2010 wird mit der Volkszählung 2000 verglichen und die Differenzen interpretiert.

15.1 Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010

Das Verkehrsmodell Graubünden verwendete die Kenngrössen Mittlere Tagesdistanz, Anzahl Wege und den Besetzungsgrad der Personenwagen aus dem Mikrozensus Verkehr und Mobilität 2005 als wesentlichen Input für die Modellerstellung. In Tabelle 19 findet man diese Kenngrössen für die Jahre 2000, 2005 und 2010 im Vergleich. Dazu diente folgende Quelle: Hartmann&Sauter, Chur, Mobilität in Graubünden, Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010 GR, Entwurf vom 30. Mai 2012.

Tabelle 19: Verkehrliche Kenngrössen aus den Mikrozensen 2000, 2005 und 2010 im Vergleich

	2000		2005		2010	
	Mittelwert	Sdv +/-	Mittelwert	Sdv +/-	Wege	Sdv +/-
Mittlere Tagesdistanz, km	40.5	5.8	34.9	3.9	35.9	3.0
Besetzungsgrad PW	1.59	--	1.54	--	1.56	0.04
Anzahl Wege /Tag /Pers.						
Arbeit	2.1	0.2	1.9	0.2	1.9	0.2
Einkauf	0.7	0.1	0.5	0.1	0.6	0.02
Freizeit	1.4	0.1	1.4	0.1	1.3	0.1

Sdv: Standardabweichung, umgerechnet in die jeweilige Einheit der Kenngrösse

Der Vergleich in der obigen Tabelle zeigt, dass die fürs Verkehrsmodell verwendeten Inputgrössen sich zwischen 2005 und 2010 nicht signifikant verändert haben. Zwar stieg der Mittelwert bei den Tagesdistanzen um 1 km von 34.9 km auf 35.9 km, allerdings liegt die Standardabweichung und damit die Unsicherheit des wirklichen Mittelwerts bei +/- 3 km. Analoges kann beim Besetzungsgrad der Personenwagen festgestellt werden und bei den Wegfrequenzen pro Tag. **Damit stimmt das Verkehrsmodell auch mit den aktuellen Resultaten des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010 im Rahmen der Unsicherheit überein.**

15.2 Volkszählung 2010

Die Volkszählung liefert die Angaben zur Struktur und räumlichen Verteilung der Bevölkerung. Die Zählung wurde nach 10 Jahren im Jahr 2010 wieder durchgeführt und im Jahr 2012 veröffentlicht. Da diese aktuelle Zählung bei der Verkehrsmodellerstellung noch nicht vorlag, wurde die alte Volkszählung 2000 zusammen mit den Einwohnerzahlen 2010 pro Gemeinde (aus der ESPOP) verwendet. Der bekannte Bevölkerungszuwachs pro Gemeinde zwischen 2000 und 2010 wurde proportional auf die Hektaren aus der Volkszählung 2000 verteilt und die Einwohner diesen Hektaren hinzuaddiert. Gegenüber der aktuellen Volkszählung ergibt sich damit ein Fehler in der räumlichen Verteilung in Gemeindegebieten mit neuen Siedlungen und damit neu entstandenen besiedelten Hektaren.

Dieser Fehler wirkt sich im Verkehrsmodell allerdings nur im kleinräumigen Bereich der zwischen 2000 und 2010 neu entstandenen Siedlungsgebieten aus. Dort kann es punktuell zu einer Unterschätzung der Verkehrsbelastungen, meist auf den Gemeinestrassen, kommen. Da die Summe der Einwohner pro Gemeinde korrekt für 2010 wiedergegeben ist, werden auch die Fahrten aus und in eine Gemeinde und damit auch auf den Hauptverkehrsachsen richtig abgebildet.

Ein Verkehrsmodellaktualisierung mit Berücksichtigung der hektarfeinen Volkszählungsdaten 2010 bringt in denjenigen Gemeinden eine Verbesserung, die sich bzgl. Einwohnern in den letzten Jahren stark entwickelt haben. Allerdings lohnt sich ein solcher Update erst, wenn auch die neuen Resultate aus der Betriebszählung 2011 vorliegen und miteinbezogen werden können. Diese werden ca. Herbst 2013 vom Bundesamt für Statistik veröffentlicht.

16. Anhang

16.1 ÖV-Linien

Linien_Name	Linien-länge [km]	Linien-geschw.	Intervall ASP	Intervall DWV	Betreiber
B_2_Hörnli_Untersee_P	6.66	16.64	60	60	Arosa
B_1_Prätsch_Unts_Hörn	6.66	16.64	60	60	Arosa
B_2_Hörnli_RhB_Prätsc	6.22	15.55	60	60	Arosa
B_2_Präts_RhB_Hörnli	6.24	15.60	60	60	Arosa
B_2_ObereAu_CH_Fürstenwald	5.56	18.54	30	30	Chur
B_9_CH_Meiersboden	3.48	20.89	30	30	Chur
B_3_Haldenstein_CH-Austrasse	6.80	20.40	30	30	Chur
B_3_Austrasse_CH_Haldenstein	7.05	21.16	30	30	Chur
B_4_Austrasse_CH_Ev-Altersss	5.33	16.00	10	10	Chur
B_4_Ev-Altersss_CH_Austrasse	5.37	16.12	10	10	Chur
B_2_ObereAu_CH_Bondastrasse	5.43	15.52	30	30	Chur
B_3_Untervaz_CH_Austrasse	15.26	24.09	15	15	Chur
B_3_Austrasse_CH_Untervaz	15.60	24.63	15	15	Chur
B_1_Lachen_CH_EmsChemie	10.79	23.12	30	15	Chur
B_1_Lachen_CH_Rhäzüns	16.74	25.11	60	60	Chur
B_1_Lachen_CH_Felsberg	9.54	18.46	20	60	Chur
B_1_EmsChemie_CH_Lachen	11.09	23.77	30	15	Chur
B_1_Rhäzüns_CH_Lachen	17.07	25.60	60	60	Chur
B_1_Felsberg_CH_Lachen	8.83	20.37	20	60	Chur
B_9_Meiersboden_CH	3.48	20.86	30	30	Chur
B_2_Bondastr_CH_ObereAu	7.23	17.35	30	30	Chur
B_2_Fürstenwald_CH_ObereAu	7.36	19.21	30	30	Chur
B_1_DS-Spital_DS-Dorf	3.46	17.30	30	30	Davos
B_1_DS-Dorf_DS-Spital	3.46	17.30	30	30	Davos
B_2_DS-Platz_DS-Dorf	3.45	17.24	30	30	Davos
B_2_DS-Dorf_DS-Platz	3.44	17.22	30	30	Davos
B_13_Dischma_DS-Dorf	6.12	30.60	60	120	Davos
B_13_DS-Dorf_Dischma	6.12	30.60	60	120	Davos
B_10_DS-GlarisBhf_Monstein	4.36	21.79	60	60	Davos
B_10_Monstein_DS-GlarisBhf	4.36	21.79	60	60	Davos
B_8_Sertig_DS-Platz	9.77	23.45	60	60	Davos
B_8_DS-Platz_Sertig	9.77	23.45	60	60	Davos
B_1_DS-Spital_DS-Laret	8.47	22.10	30	30	Davos
B_3_DS-Dorf_Platz_DS-Dorf	6.24	17.03	30	30	Davos
B_4_DS-Stilli_Platz_Dorf_DS-Stil	7.84	18.81	30	30	Davos
B_7_DS-Dorf_Glaris	10.19	27.78	30	30	Davos
DS_7_Glaris_DS-Dorf	10.17	27.74	30	30	Davos
B-1_DS-Laret_DS-Spital	8.47	22.10	30	30	Davos
B_002_Samedan_Pontresina_SM-Bhf_	22.57	38.69	30	60	Engadin

Linien_Name	Linien-länge [km]	Linien-geschw.	Intervall ASP	Intervall DWV	Betreiber
B_002_Surlej_SM-Bhf_Pontr_Sameda	22.01	37.73	30	60	Engadin
B_006_SM-Signal_SamedanSp	19.42	38.83	30	30	Engadin
B_006_SamedanSp_SM-Signal	19.26	38.52	30	30	Engadin
B_002_Pontresina_Surlej	17.46	26.19	30	60	Engadin
B_002_Surlej_Pontresina	17.83	26.75	30	60	Engadin
B_2_KL-Bhf_Monbiel	3.91	19.57	60	60	Klosters
B_2_Monbiel_KL-Bhf	3.91	19.57	60	60	Klosters
B_224_Küblis_Klosters	14.30	26.82	60	120	Klosters
B_224_Klosters_Küblis	14.38	26.97	60	120	Klosters
B_4_KL-Bhf_Selfranga	1.68	16.82	60	60	Klosters
B_4_Selfranga_KL-Bhf	2.15	21.46	60	60	Klosters
B_3_KL-Bhf_Aeuja	2.50	21.39	60	60	Klosters
B_3_Aeuja_KL-Bhf	2.97	25.43	60	60	Klosters
B_7_KL-Bhf_Russna	1.99	13.30	180	180	Klosters
B_7_Russna_KL-Bhf	1.99	13.30	180	180	Klosters
Z_R_Disentis_Oberalp	19.00	31.66	60	60	MGB
Z_R_Oberalp_Disentis	19.00	24.78	60	60	MGB
B_013_Igis_CH	13.81	31.87	30	10000	Post
B_021_LQ_Mastrils	3.73	13.18	60	60	Post
B_021_Mastrils_LQ	3.68	12.97	60	60	Post
B_023_LQ_Igis	3.46	20.78	30	30	Post
B_023_Igis_LQ	3.28	19.68	30	30	Post
B_184_Lenzerh_Vaz	6.50	38.98	60	60	Post
B_184_Vaz_Lenzerh	6.50	29.98	60	60	Post
B_573_Tiefenc_Stierva	7.24	31.01	120	120	Post
B_573_Stierva_Tiefenc	7.24	31.01	120	120	Post
B_572_Tiefenc_AlvaneuPost	8.68	34.73	60	120	Post
B_572_Tiefenc_Filisur	10.68	35.61	120	120	Post
B_572_Filisur_Tiefenc	10.68	37.70	120	120	Post
B_572_AlvaneuPost_Tiefenc	8.67	37.16	60	120	Post
B_423_RueunSta_Pigniu	6.54	20.65	180	180	Post
B_423_Pigiu_RueunSta	6.54	26.16	180	180	Post
B_201_GrüschBhf_Seewis	5.26	26.32	120	120	Post
B_201_Seewis_GrüschBhf	5.26	26.32	120	120	Post
B_211_Schiers_Fanas	5.03	23.22	60	120	Post
B_211_Fanas_Schiers	5.03	23.22	60	120	Post
B_832_Fuldera_Lü	8.28	41.42	120	120	Post
B_832_Lü_Fuldera	8.28	41.42	120	120	Post
B_632_Promontogno_Soglio	3.26	16.28	60	120	Post
B_632_Soglio_Promontogno	3.26	16.28	60	120	Post
B_712_Brusio_Selvapiana	4.06	17.42	120	120	Post
B_712_Selvapiana_Brusio	4.06	17.42	120	120	Post
B_711_Brusio_Viano	5.10	17.00	180	180	Post

Linien_Name	Linien-länge [km]	Linien geschw.	Intervall ASP	Intervall DWV	Betreiber
B_711_Viano_Brusio	5.11	17.04	180	180	Post
B_013_CH_Igis	13.54	42.75	30	10000	Post
B_182_CH_Bivio	55.68	30.37	60	60	Post
B_182_Bivio_CH	55.88	30.48	60	60	Post
B_025_Says_Trimmis	5.94	23.77	90	90	Post
B_025_Trimmis_Says	5.94	23.77	90	90	Post
B_481_Disentis_Medel	9.43	35.35	120	120	Post
B_482_Disentis_Cavandras	7.00	28.02	180	180	Post
B_482_Cavardiras_Disentis	7.00	24.72	180	180	Post
B_442_Luven_Illanz	4.22	25.32	60	180	Post
B_442_Illanz_Luven	4.22	25.32	60	180	Post
B_202_Valzeina_GrüschBhf	6.99	23.28	120	120	Post
B_202_GrüschBhf_Valzeina	6.99	23.28	120	120	Post
B_223_Küblis_Conters	4.00	21.80	60	120	Post
B_223_Conters_Küblis	4.00	21.80	60	120	Post
B_591_Stuls_Bergün	5.74	18.12	180	180	Post
B_911_Ftan_Scuol	5.94	22.28	60	60	Post
B_911_Scuol_Ftan	5.92	22.18	60	60	Post
B_581_Savognin_Salouf	9.37	23.42	60	60	Post
B_581_Salouf_Savognin	9.37	23.42	60	60	Post
B_443_Morissen_Degen	5.07	14.49	180	180	Post
B_443_Degen_Morissen	5.07	14.49	180	180	Post
B_082_Fidaz_Falera	10.04	20.78	60	120	Post
B_082_Falera_Fidaz	10.00	20.68	60	120	Post
B_214_Schiers_Pany	10.91	24.25	120	180	Post
B_214_Pany_Schiers	10.91	24.25	120	180	Post
B_216_Grono_St-Maria	8.89	21.34	60	120	Post
B_216_St-Maria_Grono	8.89	21.34	60	120	Post
B_041_CH_Castiel	8.67	24.77	120	120	Post
B_041_Castiel_CH	8.69	20.86	120	120	Post
B_042_CH_Tschiertschen	11.26	25.99	60	120	Post
B_042_Tschiertschen_CH	11.22	25.90	60	120	Post
B_481_Medel_Disentis	9.43	28.28	120	120	Post
B_461_TavanasaSta_Brigels	6.36	19.09	60	60	Post
B_461_Brigels_TavanasaSta	6.36	19.09	60	60	Post
B_403_Illanz_Versam	12.14	34.67	120	120	Post
B_403_Versam_Illanz	12.14	34.67	120	120	Post
B_422_Illanz_Ladir	6.02	18.05	60	180	Post
B_422_Ladir_Illanz	6.02	18.05	60	180	Post
B_421_Illanz_Siat	9.61	27.47	60	120	Post
B_421_Siat_Illanz	9.61	23.07	60	120	Post
B_424_Illanz_Andiast	12.37	29.69	60	120	Post
B_424_Andiast_Illanz	12.37	27.50	60	120	Post

Linien_Name	Linien-länge [km]	Linien geschw.	Intervall ASP	Intervall DWV	Betreiber
B_511_TH_Cazis_Rhäzüns	12.82	36.63	60	60	Post
B_511_Rhäzüns_Cazis_TH	12.91	36.88	60	60	Post
B_532_Präz_TH	12.19	29.26	60	120	Post
B_532_TH_Präz	12.22	29.33	60	120	Post
B_591_Bergün_Stuls	5.74	17.21	180	180	Post
B_022_LQ_Ragaz	15.98	25.91	60	60	Post
B_022_Ragaz_LQ	16.01	25.97	60	60	Post
B_213_Schiers_Schuders	9.41	18.82	120	120	Post
B_213_Schuders_Schiers	9.41	18.82	120	120	Post
B_212_Schiers_Stels	8.49	14.55	120	180	Post
B_212_Stels_Schiers	8.49	14.55	120	180	Post
B_815_Zernez_Livignio	16.38	32.76	120	120	Post
B_815_Livignio_Zernez	16.42	32.83	120	120	Post
B_214_Bellinzona_Mesocco	24.59	42.15	30	60	Post
B_214_Mesocco_Bellinzona	24.59	42.15	30	60	Post
B_041_CH_Peist	15.74	24.85	120	120	Post
B_222_Küblis_S-Antönien	12.70	23.10	120	120	Post
B_222_S-Antönien_Küblis	12.70	23.10	120	120	Post
B_705_Pontresina_Forcola-Livigni	22.71	38.93	120	120	Post
B_705_Forcola-Livignio_Pontresin	22.70	38.92	120	120	Post
B_215_Grono_Rossa	18.51	27.77	120	120	Post
B_215_Rossa_Grono	18.51	27.77	120	120	Post
B_041_Peist_CH	15.76	23.64	120	120	Post
B_441_Vrin_Illanz	21.49	26.86	60	120	Post
B_441_Illanz_Vrin	21.49	26.86	60	120	Post
B_221_Küblis_Furna	15.00	19.15	120	180	Post
B_221_Furna_Küblis	15.00	19.15	120	180	Post
B_512_Rhäzüns_Sils_TH	18.35	25.02	60	60	Post
B_512_TH_Sils_Rhäzüns	18.35	25.02	60	60	Post
B521_Obermutten_TH	15.21	19.84	180	180	Post
B_521_TH_Obermutten	15.14	22.15	180	180	Post
B_702_Percosta_Campocologno	19.55	26.65	120	120	Post
B_702_Campocologno_Percosta	19.61	26.74	120	120	Post
B_571_Tiefenc_Alvaschein	2.48	29.82	120	120	Post
B_571_Alvaschein_Tiefenc	2.44	29.34	120	120	Post
B_501_502_Trans_Feldis	15.01	17.66	120	180	Post
B_501_502_Feldis_Trans	15.01	17.66	120	180	Post
B_203_GrüschBhf_Fanas	2.68	32.19	180	180	Post
B_203_Fanas_GrüschBhf	2.68	32.19	180	180	Post
B_183_Lenzerh_DavosPl-Bhf	36.71	40.79	60	60	Post
B_183_DavosPl-Bhf_Lenzerheide	37.07	41.19	60	60	Post
B_522_531_Tschappina_TH_Rongelle	19.16	22.99	60	120	Post
B_522_531_Rongellen_TH_Tschappin	19.11	22.93	60	120	Post

Linien_Name	Linien-länge [km]	Linien geschw.	Intervall ASP	Intervall DWV	Betreiber
B_401_VersamBhf_Thalkirch	27.09	25.40	120	120	Post
B_401_Thalkirch_VersamBhf	27.09	25.40	120	120	Post
B_811_Zernez_MalsBhf	40.42	36.20	60	60	Post
B_811_MalsBhf_Zernez	40.42	36.20	60	60	Post
B_405_451_Riein_Illanz_Obersaxen	26.40	26.40	60	120	Post
B_405_451_Obersaxen_Illanz_Riein	26.40	26.40	60	120	Post
B_411_431_Vals_Illanz_Falera	31.73	30.71	60	60	Post
B_411_431_Falera_Illanz_Vals	31.73	28.85	60	60	Post
B_471_TrunSta_Schlans	2.81	21.10	60	120	Post
B_471_Schlans_TrunSta	2.81	21.10	60	120	Post
B_851_GuardaStn_Guarda	2.41	18.05	30	60	Post
B_851_Guarda_GuardaStn	2.41	18.05	30	60	Post
B_004_Castasegna_Maloja_SM-Bhf	40.55	30.41	60	60	Post
B_004_SM-Bhf_Maloja_Castasegna	40.54	30.40	60	60	Post
B_81_CH-Laax	27.06	28.49	60	60	Post
B_81_Laax_CH	27.19	28.62	60	60	Post
B_921_Scuol_Martina	19.20	41.15	120	120	Post
B_921_Scuol_Samnaun	39.03	31.23	120	120	Post
B_921_Martina_Scuol	19.25	41.25	120	120	Post
B_921_Samnaun_Scuol	39.05	31.24	120	120	Post
B_912_Tarasp_Scuol	6.74	23.78	60	60	Post
B_912_Scuol_Tarasp	6.76	23.86	60	60	Post
B_551_552_Mathon_Andeer_Juf	44.50	28.71	120	120	Post
B_541_TH_S-Bernardino	46.62	48.22	60	120	Post
B_551_552_Juf_Andeer_Mathon	44.50	28.71	120	120	Post
B_541_S-Bernardino_TH	46.87	48.48	60	120	Post
B_171_Chur_Bellinzona	112.85	56.42	60	120	Post
B_171_Bellinzona_Chur	113.07	56.54	60	120	Post
B_023_LQ_Untervaz-Bhf	6.70	21.15	30	30	Post
B_023_Untervaz-Bhf_LQ	6.70	21.16	30	30	Post
Z_RE_CH_Albula_SM	89.33	44.67	60	60	RhB
Z_RE_SM_Albula_CH	89.33	44.67	60	60	RhB
Z_R_Scuol_Vereina_CH	84.41	43.66	60	60	RhB
Z_R_CH_Vereina_Scuol	84.41	43.66	60	60	RhB
Z_R_SM_Bernina_Tirano	60.74	25.13	60	60	RhB
Z_R_Tirano_Bernina_SM	60.74	25.13	60	60	RhB
Z_R_Filisur_DS	19.42	46.62	60	60	RhB
Z_R_DS_Filisur	19.42	46.62	60	60	RhB
Z_S_CH_TH	27.45	47.05	60	60	RhB
Z_S_TH_CH	27.45	47.05	60	60	RhB
Z_S_Schiers_CH_Rhäzüns	40.00	43.63	60	60	RhB
Z_S_Rhäzüns_CH_Schiers	40.00	43.63	60	60	RhB
Z_RE_LQ_DS	50.09	44.20	60	60	RhB

Linien_Name	Linien-länge [km]	Linien-geschw.	Intervall ASP	Intervall DWV	Betreiber
Z_RF_DS_LQ	50.09	44.20	60	60	RhB
Z_R_CH_Arosa	25.74	25.31	60	60	RhB
Z_R_Arosa_CH	25.74	24.13	60	60	RhB
Z_R_CH_Disentis	59.11	47.29	60	60	RhB
Z_R_Disentis_CH	59.11	47.29	60	60	RhB
Z_R_Pontresina_Scuol	56.93	42.17	60	60	RhB
Z_R_Scuol_Pontresina	56.93	42.17	60	60	RhB
Z_IC_BS_CH	19.96	85.56	60	60	SBB
Z_IR_BS/SG_CH	19.96	74.86	30	30	SBB
Z_R_BadRagaz_CH	19.96	79.85	60	60	SBB
Z_IC_CH_BS	19.96	85.56	60	60	SBB
Z_IR_CH_BS/SG	19.96	74.86	30	30	SBB
Z_R_CH_BadRagaz	19.96	79.85	60	60	SBB
B_003_SM-Bhf_SM-Signal	3.80	22.82	15	30	SM
B_003_SM-Signal_SM-Bhf	3.88	17.91	15	30	SM

16.2 Modellparameter

16.2.1. Technische Angaben zum Verteilungsmodell

$$T_{ij} = a_i \cdot P_i \cdot b_j \cdot A_j \cdot f(d_{ij})$$

wobei:

$$\sum_j T_{ij} = P_i$$
$$\sum_i T_{ij} = A_j$$

Mit
 T_{ij} = Verkehrsaufkommen produziert in Verkehrszone i und angezogen durch Zone j
 P_i = Verkehrsaufkommen produziert in Verkehrszone i
 A_j = Verkehrsaufkommen angezogen in Verkehrszone j
 a_i = Ausgleichsfaktor für Zeile i
 b_j = Ausgleichsfaktor für Spalte j

und der Widerstandsfunktion mit d_{ij} =Generalisierte Kosten:

$$f(d_{ij}) = a \cdot d_{ij}^{-b} \cdot e^{-c(d_{ij})}$$

und folgenden Parametern:

Fahrtzweck	a	b	c
HBW	96'811	2.7	0
HBS	643	6.0	0
HBNW	23'173	3.5	0
NHB	2'607	3.5	0

16.2.2. Parameter zur Konvertierung der Tagesmatrix in Stundenmatrizen

Die Tabellen mit den Prozentanteilen der Fahrten die in jeder Stunde entstehen, basiert auf Auswertungen der Erhebung „Mikrozensus zum Verkehrsverhalten 2005“.

HOUR	% FLOW ALL	% FLOW HBW	% FLOW HBS	% FLOW HBNW	% FLOW NHB
0	0.88	0.28	0.28	1.5	0.4
1	0.31	0.05	0.05	0.57	0.09
2	0.25	0.05	0.05	0.44	0.08
3	0.2	0.15	0.15	0.3	0
4	0.21	0.53	0.53	0.13	0
5	0.7	1.75	1.75	0.33	0.06
6	3.35	8.76	8.76	1.06	0.81
7	7.25	18.15	18.15	2.62	2.05
8	5.38	7.75	7.75	4.87	3.48
9	4.93	1.66	1.66	7.08	5.19
10	5.17	1.13	1.13	7.5	5.97
11	7.16	7.95	7.95	6.1	8.75
12	7.6	9.19	9.19	3.19	15.13
13	7.97	9.63	9.63	5.23	12.22
14	5.75	1.76	1.76	6.64	7.51
15	6.54	3.95	3.95	7.57	8.2
16	7.67	6.48	6.48	8.15	7.85
17	9.11	9.12	9.12	9.26	7.89
18	6.66	5.83	5.83	7.97	5.01
19	4.74	2.67	2.67	6.81	3.41
20	2.81	1.18	1.18	4.35	1.93
21	2.02	0.89	0.89	3.06	1.47
22	2	0.66	0.66	3.12	1.58
23	1.34	0.43	0.43	2.15	0.92

Legende:

Spalte	Beschreibung
HOUR	Tagesstunde in der die Fahrt stattfindet
% FLOW ALL	Prozentanteil aller Fahrten die in dieser Stunde stattfinden
% FLOW HBW	Prozentanteil der HBW- Fahrten die in dieser Stunde stattfinden
% FLOW HBS	Prozentanteil der HBS- Fahrten die in dieser Stunde stattfinden
% FLOW HBNW	Prozentanteil der HBNW- Fahrten die in dieser Stunde stattfinden
% FLOW NHB	Prozentanteil der NHB- Fahrten die in dieser Stunde stattfinden

HOUR	DEP_ALL	RET_ALL	DEP_HBW	RET_HBW	DEP_HBS	RET_HBS	DEP_HBNW	RET_HBNW	DEP_NHB	RET_NHB
0	0.44	0.44	0.01	0.32	0.01	0.32	0.75	0.75	0.2	0.2
1	0.16	0.16	0.02	0.05	0.02	0.05	0.29	0.29	0.05	0.05
2	0.13	0.13	0.02	0.01	0.02	0.01	0.22	0.22	0.04	0.04
3	0.1	0.1	0.14	0.07	0.14	0.07	0.15	0.15	0	0
4	0.11	0.11	0.58	0.07	0.58	0.07	0.06	0.06	0	0
5	0.35	0.35	3.28	0.06	3.28	0.06	0.16	0.16	0.03	0.03
6	1.67	1.67	12	0.05	12	0.05	0.53	0.53	0.4	0.4
7	3.62	3.62	15.2	0.09	15.2	0.09	1.31	1.31	1.01	1.01
8	2.68	2.68	3.96	0.13	3.96	0.13	2.43	2.43	1.73	1.73
9	2.46	2.46	0.95	0.16	0.95	0.16	3.54	3.54	2.6	2.6
10	2.59	2.59	0.47	0.41	0.47	0.41	3.75	3.75	2.98	2.98
11	3.58	3.58	0.3	6.75	0.3	6.75	3.05	3.05	4.38	4.38
12	3.8	3.8	4.6	8.67	4.6	8.67	1.59	1.59	7.57	7.57
13	3.98	3.98	6.01	0.88	6.01	0.88	2.61	2.61	6.11	6.11
14	2.88	2.88	0.58	0.94	0.58	0.94	3.32	3.32	3.76	3.76
15	3.27	3.27	0.35	3.54	0.35	3.54	3.79	3.79	4.1	4.1
16	3.48	3.48	0.46	5.82	0.46	5.82	4.08	4.08	3.93	3.93
17	4.56	4.56	0.37	8.82	0.37	8.82	4.63	4.63	3.95	3.95
18	3.33	3.33	0.25	6.61	0.25	6.61	3.99	3.99	2.51	2.51
19	2.36	2.36	0.19	3.24	0.19	3.24	3.41	3.41	1.7	1.7
20	1.41	1.41	0.12	1.32	0.12	1.32	2.17	2.17	0.97	0.97
21	1.01	1.01	0.1	0.76	0.1	0.76	1.53	1.53	0.74	0.74
22	1	1	0.04	0.73	0.04	0.73	1.56	1.56	0.78	0.78
23	0.67	0.67	0	0.5	0	0.5	1.08	1.08	0.46	0.46

Legende:

Spalte	Beschreibung
HOUR	Tagesstunde in der die Fahrt startet
DEP_ALL	Prozentanteil aller Fahrten die in dieser Stunde starten
RET_ALL	Prozentanteil aller Fahrten die in dieser Stunde ankommen
DEP_HBW	Prozentanteil der HBW-Fahrten die in dieser Stunde starten
RET_HBW	Prozentanteil der HBW-Fahrten die in dieser Stunde ankommen
DEP_HBS	Prozentanteil der HBS-Fahrten die in dieser Stunde starten
RET_HBS	Prozentanteil der HBS-Fahrten die in dieser Stunde ankommen
DEP_HBNW	Prozentanteil der HBNW-Fahrten die in dieser Stunde starten
RET_HBNW	Prozentanteil der HBNW-Fahrten die in dieser Stunde ankommen
DEP_NHB	Prozentanteil der NHB-Fahrten die in dieser Stunde starten
RET_NHB	Prozentanteil der NHB-Fahrten die in dieser Stunde ankommen

HOUR	OCCADJ_HBW	OCCADJ_HBS	OCCADJ_HBNW	OCCADJ_NHB	OCCADJ_ALL
0	0.07	0.07	0.08	1.02	0.29
1	-0.2	-0.2	0.12	1.35	0.38
2	0.3	0.3	0.09	2.35	0.26
3	-0.2	-0.2	0.53	1.06	0.5
4	0.04	0.04	0.06	-0.18	-0.13
5	-0.06	-0.06	0.52	-0.65	-0.31
6	-0.03	-0.03	-0.33	-0.32	-0.34
7	0.05	0.05	-0.11	-0.28	-0.22
8	0.01	0.01	-0.19	-0.37	-0.2
9	0.05	0.05	-0.25	-0.25	-0.12
10	0.1	0.1	-0.1	-0.29	-0.03
11	0.05	0.05	-0.19	-0.09	-0.09
12	-0.02	-0.02	-0.09	0.13	-0.08
13	0.03	0.03	0.19	0.04	0.05
14	-0.07	-0.07	-0.01	-0.11	0.04
15	0.03	0.03	0.02	0.07	0.13
16	0.04	0.04	0	0.13	0.09
17	-0.03	-0.03	0.07	0.04	0.02
18	-0.05	-0.05	0.12	0.11	0.06
19	-0.04	-0.04	0.16	0.12	0.19
20	0.01	0.01	0.22	0.3	0.27
21	0.29	0.29	0.25	0.28	0.34
22	-0.14	-0.14	-0.1	0.55	0.07
23	-0.04	-0.04	0.08	0.49	0.19

Legende:

Spalte	Beschreibung
HOUR	Tagesstunde in der die Fahrt startet
OCCADJ_HBW	Absoluter Anpassungsfaktor Besetzungsgrad für HBW-Fahrten
OCCADJ_HBS	Absoluter Anpassungsfaktor Besetzungsgrad für HBS-Fahrten
OCCADJ_HBNW	Absoluter Anpassungsfaktor Besetzungsgrad für HBNW-Fahrten
OCCADJ_NHB	Absoluter Anpassungsfaktor Besetzungsgrad für NHB-Fahrten
OCCADJ_ALL	Absoluter Anpassungsfaktor Besetzungsgrad für alle Fahrten

Fahrtzweck	Besetzungsgrad in Personen pro Auto
Alle Fahrtzwecke	1.54
HBW	1.24
HBS	1.26
HBNW	1.75
NHB	1.75

16.3 Auswertungen aus Verkehrsmodell

16.3.1. Anzahl Fahrgäste pro ÖV-Linie (DWV)

Linien_Name	Betreiber	Einsteiger modelliert	Einsteiger Zählung
B_2_Hörnli_Untersee_P	Arosa	160	
B_1_Prätsch_Unts_Hörn	Arosa	239	
B_2_Hörnli_RhB_Prätsc	Arosa	154	
B_2_Präts_RhB_Hörnli	Arosa	151	
B_4_Ev-Alterss_CH_Austrasse	Chur	1'797	2'338
B_1_EmsChemie_CH_Lachen	Chur	1'532	1'458
B_1_Rhäzüns_CH_Lachen	Chur	835	1'125
B_1_Felsberg_CH_Lachen	Chur	1'912	1'458
B_9_Meiersboden_CH	Chur	263	
B_2_Fürstenwald_CH_ObereAu	Chur	1'121	771
B_2_Bondastr_CH_ObereAu	Chur	1'172	771
B_3_Untervaz_CH_Austrasse	Chur	2'947	2'736
B_3_Haldenstein_CH-Austrasse	Chur	1'047	746
B_4_Austrasse_CH_Ev-Alterss	Chur	1'882	2'338
B_2_ObereAu_CH_Fürstenwald	Chur	836	771
B_9_CH_Meiersboden	Chur	139	
B_1_Lachen_CH_EmsChemie	Chur	1'609	1'458
B_1_Lachen_CH_Felsberg	Chur	2'062	1'458
B_2_ObereAu_CH_Bondastrasse	Chur	793	771
B_3_Austrasse_CH_Untervaz	Chur	2'617	2'736
B_1_Lachen_CH_Rhäzüns	Chur	1'007	1'125
B_3_Austrasse_CH_Haldenstein	Chur	953	746
B_8_Sertig_DS-Platz	Davos	147	
B_8_DS-Platz_Sertig	Davos	126	
B_1_DS-Spital_DS-Dorf	Davos	214	3'260
B_1_DS-Spital_DS-Laret	Davos	484	3'260
B_1_DS-Dorf_DS-Spital	Davos	234	3'260
B_2_DS-Platz_DS-Dorf	Davos	241	741
B_2_DS-Dorf_DS-Platz	Davos	233	741
B_3_DS-Dorf_Platz_DS-Dorf	Davos	397	1'587
B_4_DS-Stilli_Platz_Dorf_DS-Stil	Davos	552	1'961
B_7_DS-Dorf_Glaris	Davos	476	2'147
DS_7_Glaris_DS-Dorf	Davos	426	2'147
B_13_Dischma_DS-Dorf	Davos	68	413
B_13_DS-Dorf_Dischma	Davos	76	413
B_1_DS-Laret_DS-Spital	Davos	495	3'260
B_10_DS-GlarisBhf_Monstein	Davos	32	170
B_10_Monstein_DS-GlarisBhf	Davos	39	170
B_002_Pontresina_Surlej	Engadin	1'186	
B_002_Surlej_Pontresina	Engadin	1'061	

Linien_Name	Betreiber	Einsteiger modelliert	Einsteiger Zählung
B_002_Surlej_SM-Bhf_Pontr_Sameda	Engadin	1'078	
B_002_Samedan_Pontresina_SM-Bhf_	Engadin	1'392	
B_006_SamedanSp_SM-Signal	Engadin	1'805	
B_006_SM-Signal_SamedanSp	Engadin	2'045	
B_2_Monbiel_KL-Bhf	Klosters	73	
B_3_KL-Bhf_Aeuja	Klosters	81	
B_3_Aeuja_KL-Bhf	Klosters	159	
B_4_KL-Bhf_Selfranga	Klosters	34	
B_4_Selfranga_KL-Bhf	Klosters	103	
B_224_Küblis_Klosters	Klosters	332	
B_224_Klosters_Küblis	Klosters	338	
B_2_KL-Bhf_Monbiel	Klosters	88	
B_7_KL-Bhf_Russna	Klosters	13	
B_7_Russna_KL-Bhf	Klosters	11	
Z_R_Oberalp_Disentis	MGB	532	
Z_R_Disentis_Oberalp	MGB	533	
B_021_LQ_Mastrils	Post	256	71
B_021_Mastrils_LQ	Post	184	71
B_023_LQ_Igis	Post	337	337
B_023_Igis_LQ	Post	784	337
B_184_Lenzerh_Vaz	Post	105	84
B_184_Vaz_Lenzerh	Post	108	84
B_571_Tiefenc_Alvaschein	Post	20	22
B_571_Alvaschein_Tiefenc	Post	20	22
B_573_Tiefenc_Stierva	Post	33	19
B_573_Stierva_Tiefenc	Post	34	19
B_581_Savognin_Salouf	Post	122	169
B_581_Salouf_Savognin	Post	111	85
B_572_Tiefenc_AlvaneuPost	Post	95	43
B_572_Tiefenc_Filisur	Post	40	43
B_572_Filisur_Tiefenc	Post	33	43
B_572_AlvaneuPost_Tiefenc	Post	99	43
B_401_VersamBhf_Thalkirch	Post	88	105
B_401_Thalkirch_VersamBhf	Post	76	105
B_443_Morissen_Degen	Post	26	25
B_443_Degen_Morissen	Post	26	25
B_423_RueunSta_Pigniu	Post	6	8
B_423_Pigiu_RueunSta	Post	7	8
B_471_TrunSta_Schlans	Post	27	18
B_471_Schlans_TrunSta	Post	27	18
B_201_GrüschBhf_Seewis	Post	129	102
B_201_Seewis_GrüschBhf	Post	126	102
B_211_Schiers_Fanas	Post	133	61

Linien_Name	Betreiber	Einsteiger modelliert	Einsteiger Zählung
B_211_Fanas_Schiers	Post	115	61
B_213_Schiers_Schuders	Post	45	35
B_213_Schuders_Schiers	Post	52	35
B_212_Schiers_Stels	Post	31	32
B_212_Stels_Schiers	Post	39	32
B_214_Schiers_Pany	Post	156	84
B_214_Pany_Schiers	Post	125	84
B_811_Zernez_MalsBhf	Post	312	231
B_811_MalsBhf_Zernez	Post	312	231
B_815_Zernez_Livignio	Post	116	50
B_815_Livignio_Zernez	Post	115	50
B_832_Fuldera_Lü	Post	12	36
B_832_Lü_Fuldera	Post	12	36
B_851_GuardaStn_Guarda	Post	46	86
B_851_Guarda_GuardaStn	Post	46	86
B_632_Promontogno_Soglio	Post	35	29
B_632_Soglio_Promontogno	Post	35	29
B_712_Brusio_Selvaplana	Post	16	43
B_712_Selvaplana_Brusio	Post	16	43
B_711_Brusio_Viano	Post	7	10
B_711_Viano_Brusio	Post	7	10
B_215_Grono_Rossa	Post	32	54
B_215_Rossa_Grono	Post	31	54
B_216_Grono_St-Maria	Post	42	45
B_216_St-Maria_Grono	Post	41	45
B_041_CH_Castiel	Post	51	82
B_041_Castiel_CH	Post	54	82
B_041_CH_Peist	Post	150	82
B_041_Peist_CH	Post	121	82
B_042_CH_Tschertschen	Post	192	149
B_042_Tschertschen_CH	Post	203	149
B_025_Says_Trimmis	Post	28	24
B_025_Trimmis_Says	Post	40	48
B_481_Medel_Disentis	Post	52	89
B_481_Disentis_Medel	Post	52	89
B_482_Disentis_Cavandras	Post	27	32
B_482_Cavardiras_Disentis	Post	27	32
B_461_TavanasaSta_Brigels	Post	83	170
B_461_Brigels_TavanasaSta	Post	82	170
B_405_451_Riein_Illanz_Obersaxen	Post	282	168
B_405_451_Obersaxen_Illanz_Riein	Post	285	168
B_403_Illanz_Versam	Post	34	54
B_403_Versam_Illanz	Post	40	54

Linien_Name	Betreiber	Einsteiger modelliert	Einsteiger Zählung
B_442_Luven_Illanz	Post	67	46
B_442_Illanz_Luven	Post	65	46
B_441_Vrin_Illanz	Post	336	181
B_441_Illanz_Vrin	Post	335	181
B_422_Illanz_Ladir	Post	115	82
B_422_Ladir_Illanz	Post	109	82
B_421_Illanz_Siat	Post	126	108
B_421_Siat_Illanz	Post	135	108
B_424_Illanz_Andiast	Post	271	274
B_424_Andiast_Illanz	Post	233	137
B_203_GrüschBhf_Fanas	Post	0	10
B_203_Fanas_GrüschBhf	Post	31	19
B_202_Valzeina_GrüschBhf	Post	29	17
B_202_GrüschBhf_Valzeina	Post	31	33
B_222_Küblis_S-Antönien	Post	160	120
B_222_S-Antönien_Küblis	Post	141	120
B_223_Küblis_Conters	Post	56	48
B_223_Conters_Küblis	Post	56	48
B_183_Lenzerh_DavosPl-Bhf	Post	261	176
B_183_DavosPl-Bhf_Lenzerheide	Post	200	176
B_522_531_Tschappina_TH_Rongelle	Post	163	169
B_522_531_Rongellen_TH_Tschappin	Post	170	169
B_591_Bergün_Stuls	Post	14	22
B_591_Stuls_Bergün	Post	14	22
B_911_Ftan_Scuol	Post	316	270
B_911_Scuol_Ftan	Post	276	270
B_705_Pontresina_Forcola-Livigni	Post	157	
B_705_Forcola-Livignio_Pontresin	Post	148	
B_702_Percosta_Campocologno	Post	62	51
B_702_Campocologno_Percosta	Post	64	51
B_551_552_Mathon_Andeer_Juf	Post	93	130
B_023_LQ_Untervaz-Bhf	Post	1'189	337
B_023_Untervaz-Bhf_LQ	Post	1'057	337
B_221_Küblis_Furna	Post	175	49
B_221_Furna_Küblis	Post	136	49
B_182_Bivio_CH	Post	1'435	1'670
B_182_CH_Bivio	Post	1'412	1'670
B_013_Igis_CH	Post	878	280
B_551_552_Juf_Andeer_Mathon	Post	89	130
B_521_TH_Obermutten	Post	47	30
B521_Obermutten_TH	Post	39	30
B_511_Rhäzüns_Cazis_TH	Post	320	192
B_171_Chur_Bellinzona	Post	412	

Linien_Name	Betreiber	Einsteiger modelliert	Einsteiger Zählung
B_171_Bellinzona_Chur	Post	428	
B_541_TH_S-Bernardino	Post	342	284
B_541_S-Bernardino_TH	Post	270	284
B_004_Castasegna_Maloja_SM-Bhf	Post	657	479
B_004_SM-Bhf_Maloja_Castasegna	Post	687	479
B_921_Martina_Scuol	Post	110	223
B_921_Scuol_Martina	Post	280	223
B_912_Tarasp_Scuol	Post	257	265
B_912_Scuol_Tarasp	Post	384	265
B_511_TH_Cazis_Rhäzüns	Post	310	192
B_532_TH_Präz	Post	144	72
B_532_Präz_TH	Post	113	79
B_512_TH_Sils_Rhäzüns	Post	499	410
B_512_Rhäzüns_Sils_TH	Post	576	410
B_501_502_Feldis_Trans	Post	33	31
B_501_502_Trans_Feldis	Post	33	31
B_81_Laax_CH	Post	1'445	1'349
B_411_431_Falera_Illanz_Vals	Post	694	918
B_411_431_Vals_Illanz_Falera	Post	718	918
B_082_Fidaz_Falera	Post	336	191
B_81_CH-Laax	Post	1'135	1'349
B_082_Falera_Fidaz	Post	354	191
B_214_Mesocco_Bellinzona	Post	859	691
B_214_Bellinzona_Mesocco	Post	855	691
B_921_Scuol_Samnaun	Post	520	223
B_921_Samnaun_Scuol	Post	511	223
B_022_LQ_Ragaz	Post	1'012	
B_022_Ragaz_LQ	Post	914	
B_013_CH_Igis	Post	1'404	
Z_R_CH_Disentis	RhB	1'754	
Z_R_Disentis_CH	RhB	1'750	
Z_S_CH_TH	RhB	1'014	
Z_S_TH_CH	RhB	1'037	
Z_S_Schiers_CH_Rhäzüns	RhB	1'648	
Z_S_Rhäzüns_CH_Schiers	RhB	1'851	
Z_RE_LQ_DS	RhB	1'977	
Z_RE_DS_LQ	RhB	1'958	
Z_R_Filisur_DS	RhB	188	
Z_R_DS_Filisur	RhB	214	
Z_RE_CH_Albulaa_SM	RhB	2'267	
Z_RE_SM_Albulaa_CH	RhB	2'321	
Z_R_Pontresina_Scuol	RhB	1'014	
Z_R_Scuol_Pontresina	RhB	1'066	

Linien_Name	Betreiber	Einstiger modelliert	Einstiger Zählung
Z_R_Scuol_Vereina_CH	RhB	2'372	
Z_R_CH_Vereina_Scuol	RhB	2'517	
Z_R_SM_Bernina_Tirano	RhB	1'502	
Z_R_Tirano_Bernina_SM	RhB	1'490	
Z_R_CH_Arosa	RhB	756	
Z_R_Arosa_CH	RhB	789	
Z_IC_BS_CH	SBB	1'859	
Z_IR_BS/SG_CH	SBB	3'718	
Z_R_BadRagaz_CH	SBB	2'249	
Z_IC_CH_BS	SBB	1'831	
Z_IR_CH_BS/SG	SBB	3'660	
Z_R_CH_BadRagaz	SBB	2'134	
B_003_SM-Bhf_SM-Signal	SM	805	
B_003_SM-Signal_SM-Bhf	SM	844	

Abkürzungsverzeichnis

ANU	Amt für Umwelt und Natur
ASP	Abendspitzenstunde
DTV	Durchschnittlicher täglicher Verkehr
GIS	Geografisches Informationssystem
HBNW	Quelle-Ziel-Fahrten: Wohnen-Freizeit/Einkaufen
HBS	Quelle-Ziel-Fahrten: Wohnen-Schule
HBW	Quelle-Ziel-Fahrten: Wohnen-Arbeiten
LV	Langsamverkehr = Velo- und Fussverkehr
MACU	Modellvorhaben „Agglomeration Chur und Umgebung“
MGB	Matterhorn Gotthard Bahn
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MSP	Morgenspitzenstunde
NHB	Quelle-Ziel-Fahrten: Nichtwohnen-Nichtwohnen (nichtheimgebundene Fahrten)
NPVM	Nationales Personenverkehrsmodell des Bundes
ÖV	Öffentlicher Verkehr
RhB	Rhätische Bahn
TBA	Tiefbauamt
VBD	Verkehrsbetriebe Davos
VZ	Volkszählung des Bundesamtes für Statistik