



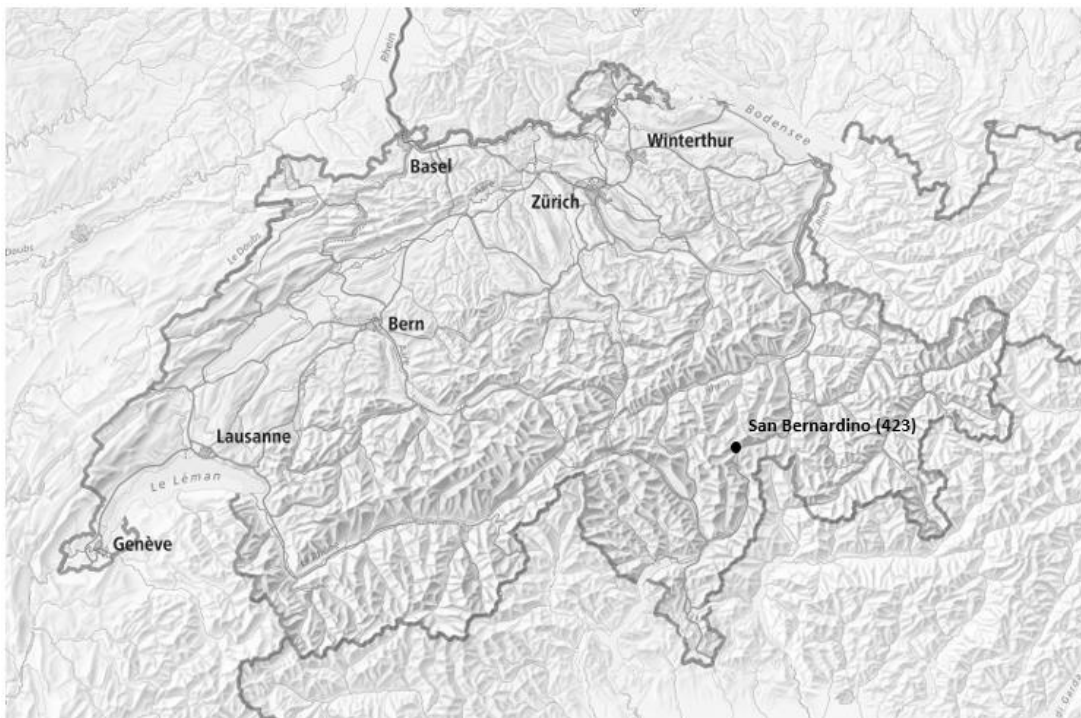
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication
DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

San Bernardino - 2013

Auswertung und Bearbeitung der WIM-Daten



Ittigen, 30.11.2017

Impressum

**Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
UVEK**

Bundesamt für Strassen ASTRA

Abteilung Strassennetze

Verkehr & Innovation Management

Überwachung des Strassenverkehrs

Dokument

Dokument WIM_2013_423

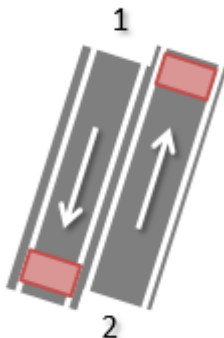
Version 1

Erschaffen am 30.11.2017 – MAF

Inhaltsverzeichnis

	Impressum	2
1	Datenblatt.....	4
2	Integrität der Daten	5
3	Statistikbearbeitung.....	6
3.1	Jährliche Stundenaufteilung	6
3.2	Jährliche Stundenaufteilung HV (> 10 Tonnen)	7
3.3	Tägliche Stundenverteilung.....	8
3.4	Fahrzeugerkennung	10
3.4.1	Nach Monat	10
3.4.2	Nach Anzahl Achsen	11
3.4.3	Nach Klasse SWISS10	11
3.4.4	Nach Gewichtskategorie	12
3.4.5	Dominierender Umriss	12
4	Vorlage nach Norm SN 640 320	13
4.1	Aufteilung zwischen den Fahrspuren	13
4.1	Äquivalenzfaktor nach Fahrzeugklassen	13
4.2	Äquivalenzfaktor nach Fahrzeugkategorien.....	13
4.3	Mittlerer Äquivalenzfaktor.....	14
4.4	Aktuelle äquivalente Verkehrslastklasse nach SN 640 324.....	14
4.5	Tendenz für die Schätzung der jährlichen Zuwachsrates	14
5	Charakteristik der Lastwagen	15
5.1	Charakteristik der Lastwagen-Kategorien.....	15
5.2	Globale Charakteristik der Proben	19
6	Vorlage nach Norm SIA 261	21
6.1	Vorlage der Last 1 nach SIA 261	21
6.1.1	Konzentrierte Last Q	21
6.1.2	Verteilte Last q	21
7	Tendenz.....	22
7.1	Entwicklung der jährlichen Stundenaufteilung	22
7.2	Entwicklung der Erkennung nach Monat	24
7.3	Entwicklung der Vorlage der Norm SN 640 320	25
7.3.1	Entwicklung der Äquivalenzfaktoren nach Fahrzeugklasse	25
7.3.2	Entwicklung der Äquivalenzfaktoren nach Fahrzeugkategorie	26
7.3.3	Entwicklung des mittleren Äquivalenzfaktors	26
7.3.4	Entwicklung der täglichen äquivalenten Verkehrslast.....	26
7.4	Entwicklung der Vorlage der Norm SIA 261	27
7.4.1	Entwicklung der Quantile der konzentrierten Last Q.....	27
7.4.2	Entwicklung der Quantile der verteilten Last q.....	28
8	Vertrauensebene	29
	Bibliografie.....	30

1 Datenblatt

Station	Kanton	RN	N° ASTRA	Filiale	UT	Richtung	Spur
San Bernardino	GR	A13	423	F5	V	(1)*	2
Lage							
				Spur 1 : Richtung Bellinzona Spur 2 : Richtung Chur			
Speicherung							
Art der Datei :			Tägliche Datei				
Format der Datei :			NoASTRAJAHRMONATTAG.erweiterung				
Ausbau der Datei :			*.V00, *.V01				
Filter Gewicht Fahrzeug :			> 2998 kg				
Einteilung SWISS :			SWISS10				
Datendatei							
Fehlende tägliche Dateien			15.05.2013 – 06.06.2013				
Potentieller Datenverlust							
Besondere Ereignis							
Entscheide							
Verknüpfung							
Name der Datei :			2013_423_concat.log				
Anzahl Speicherungen :			266'451				
Anzahl effektiver Tage :			342				

**Bemerkung : 1 Richtung gespeichert. Die realen Richtungen (Bellinzona – Chur) sind von den Spuren (Spur 1 – Spur 2).*

2 Integrität der Daten

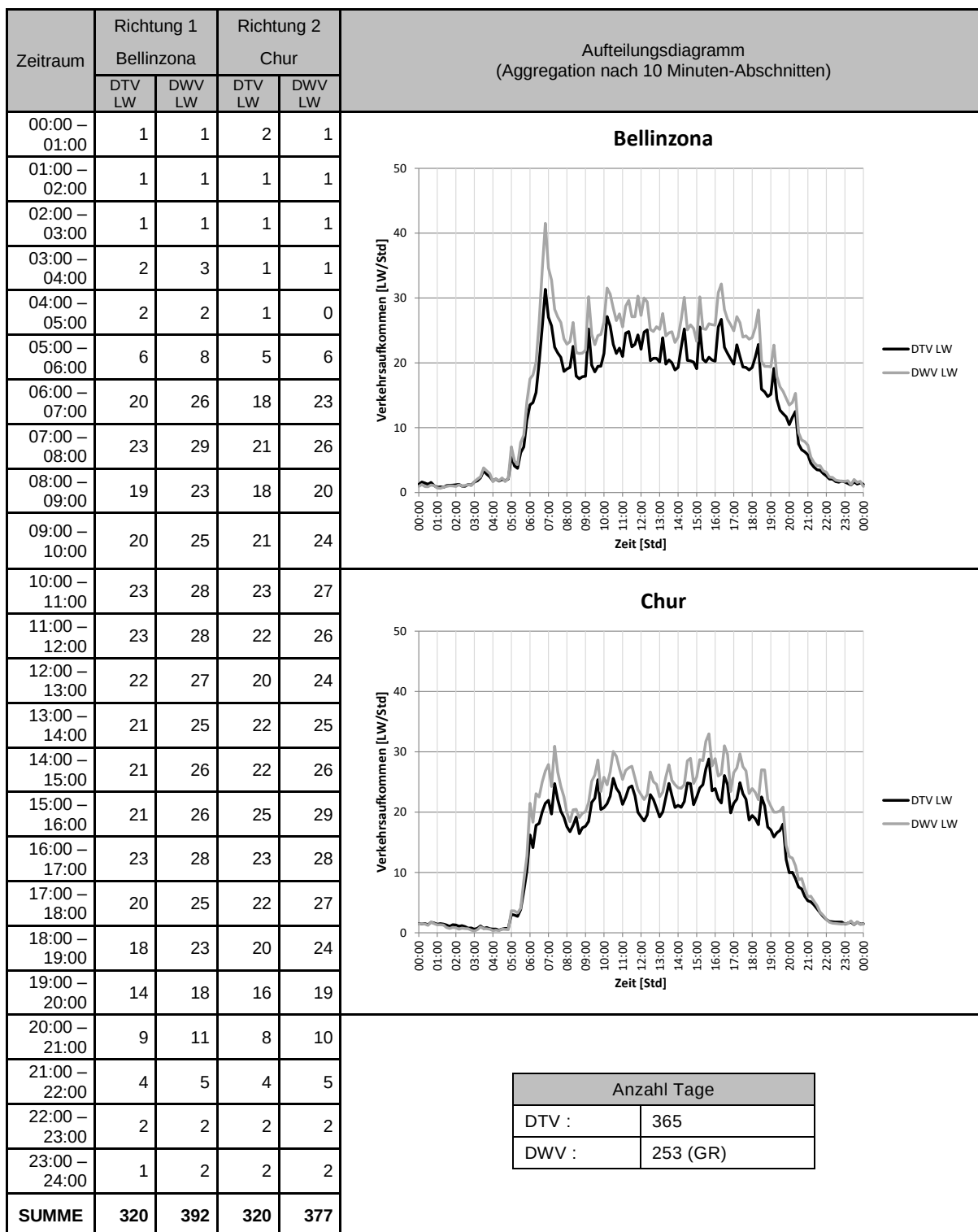
Referenzdokument : [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11]

Datenfilter (Vorgehensweise Schritt nach Schritt)	
1)	Fahrzeuge unter 3.5 Tonnen (43'742 Einträge).
2)	222'317 Einträge Richtung D1. 392 Einträge Richtung D2.
3)	Gesamtlänge nichtig (38 Einträge).
4)	Gesamtlänge über 26.00m (398 Einträge).
5)	Gewicht nichtig auf einer der Achsen (10 Einträge).
6)	Abstand unter 60cm (2'985 Einträge).
7)	Gesamtgewicht über 65 Tonnen (70 Einträge, ohne mobile Kräne).
8)	Gewicht auf einer Achse über 18 Tonnen (9 Einträge, ohne mobile Kräne).
9)	Gesamtlänge unter 4.00m (76 Einträge).
<i>Entscheide</i>	
1)	Ausschluss. (2013_423_u3500.log).
2)	Ausschluss der Richtungsspeicherungen D2 (1 Richtung gespeichert, siehe Bemerkung Kap.1)
3)	Ausschluss.
4)	Ausschluss.
5)	Ausschluss.
6)	Ausschluss.
7)	Ausschluss.
8)	Ausschluss.
9)	Ausschluss.
<i>Datei</i>	
Name der Datei der Statistikbearbeitung :	2013_423.log
Anzahl Einträge :	218'731
Name der Ausschlussdatei :	2013_423_exclus.log
Anzahl Einträge :	3'978

Auf einer Gesamtmenge von 266'451 Einträgen, wurden 43'742 aufgrund ihrer Zugehörigkeit den leichten Fahrzeugen (< 3.5 Tonnen) getrennt und 3'978 Einträge (1.79%) wurden aufgrund ihrer potentieller Unstimmigkeit mit den Daten ausgeschlossen.

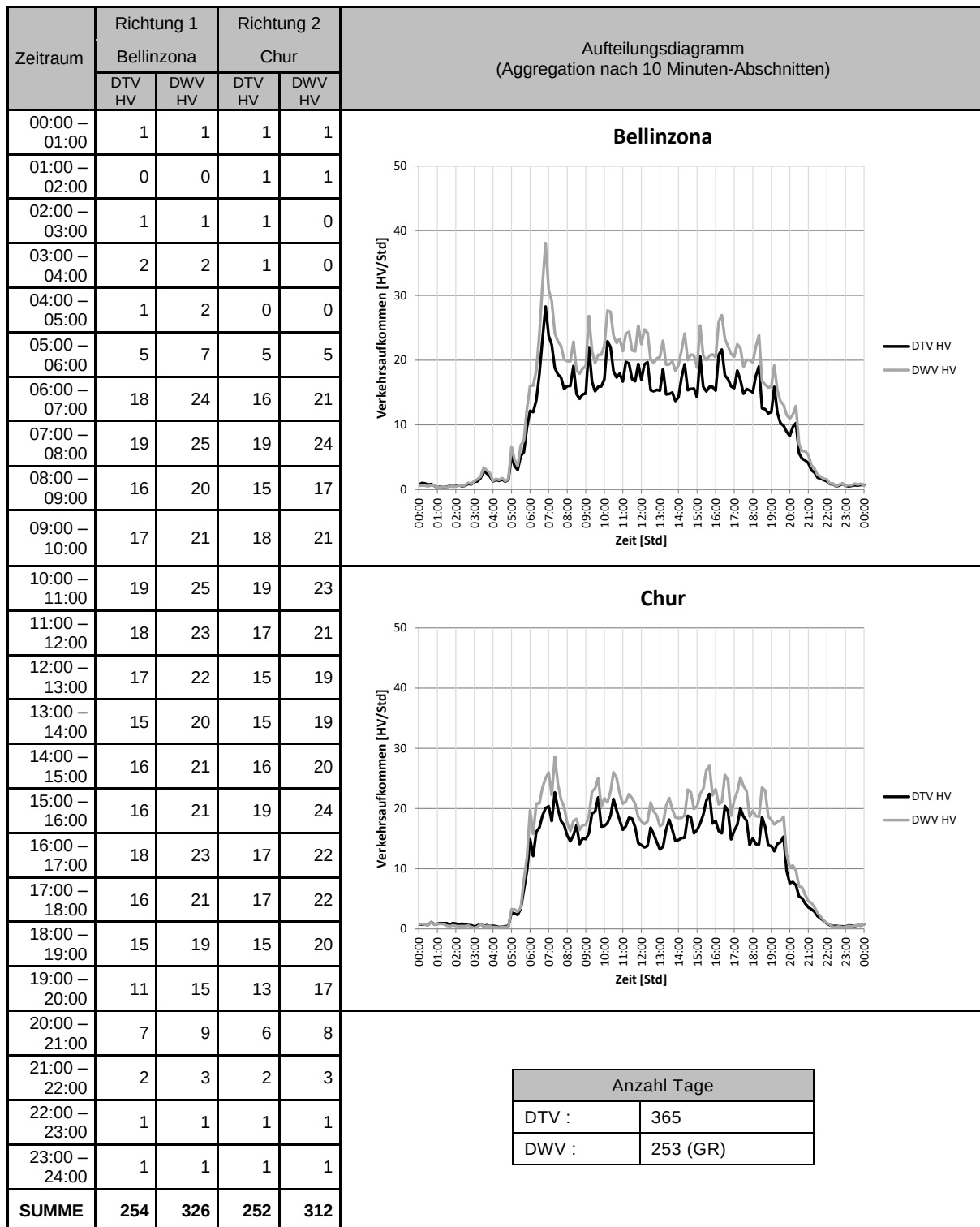
3 Statistikbearbeitung

3.1 Jährliche Stundenaufteilung



Bemerkung : Die Berechnung der Stundenaufteilungen zieht die Integrität der Daten in Betracht (fehlende Tage und Datenverluste).

3.2 Jährliche Stundenaufteilung HV (> 10 Tonnen)

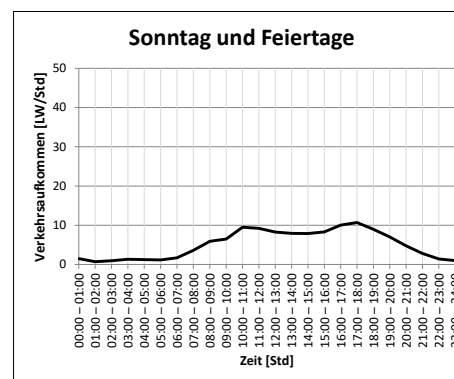
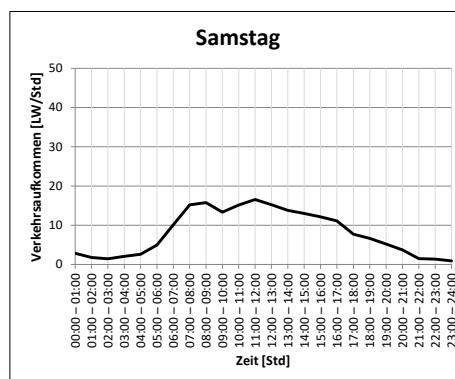
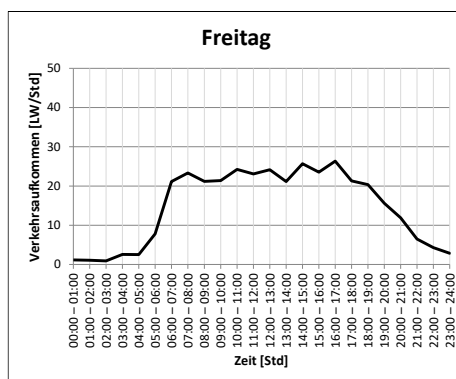
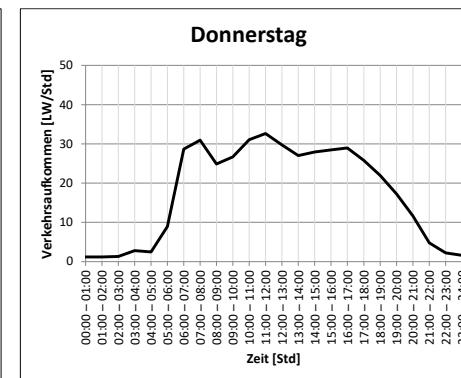
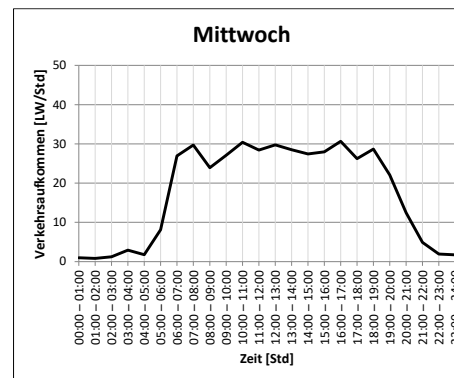
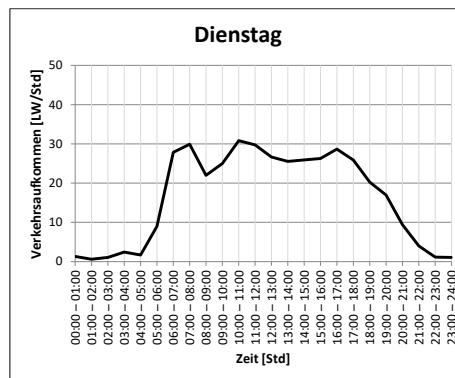
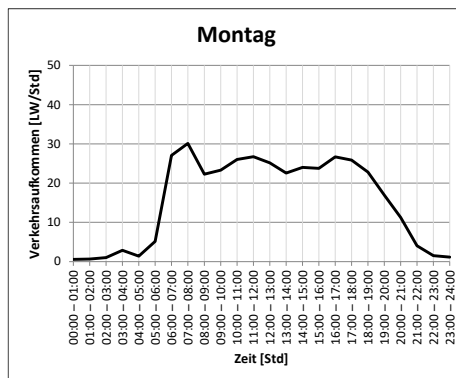


Bemerkung : Die Berechnung der Stundenaufteilungen zieht die Integrität der Daten in Betracht (fehlende Tage und Datenverluste).

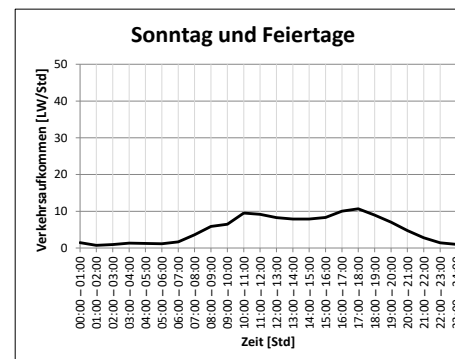
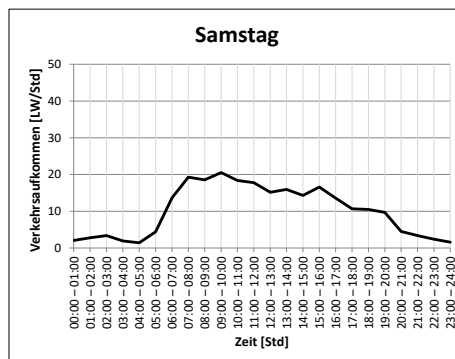
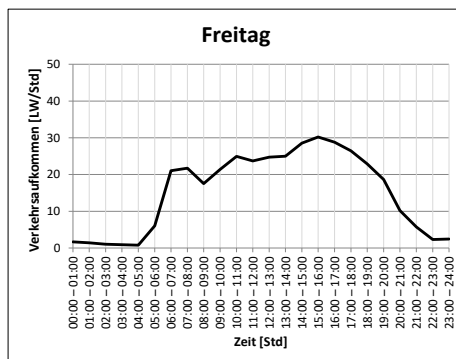
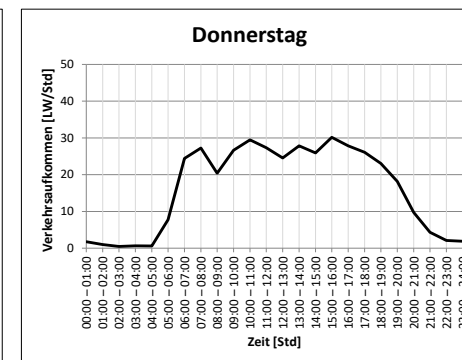
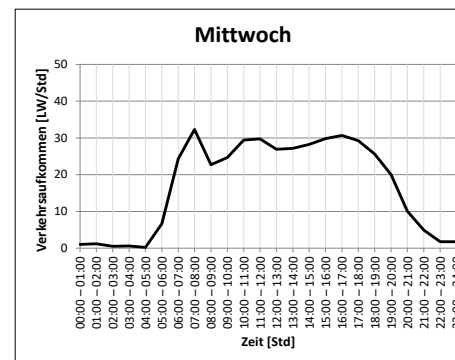
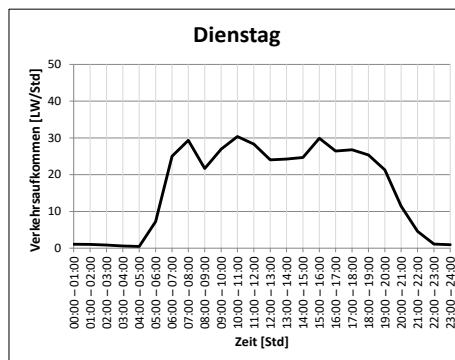
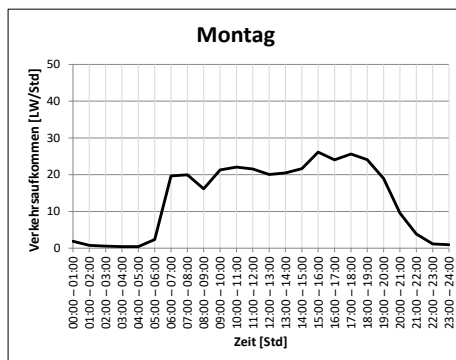
3.3 Tägliche Stundenverteilung

Tage	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag	Sonntag und Feiertage
Anzahl (GR)	50	52	51	49	51	52	60

Richtung 1 : Bellinzona (Aggregation nach Stunde)



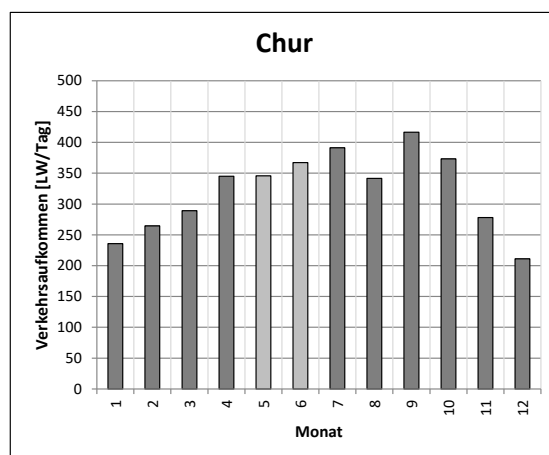
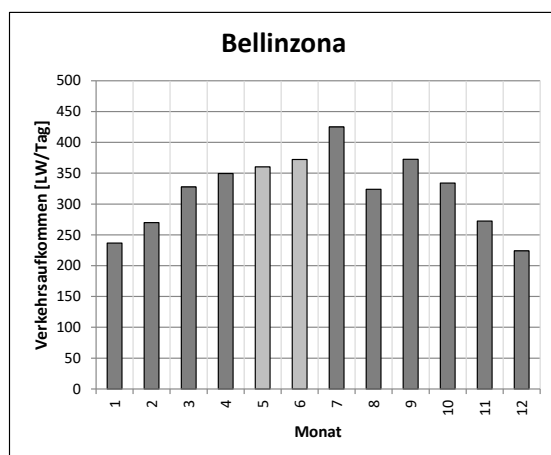
Richtung 2 : Chur (Aggregation nach Stunde)



3.4 Fahrzeugerkennung

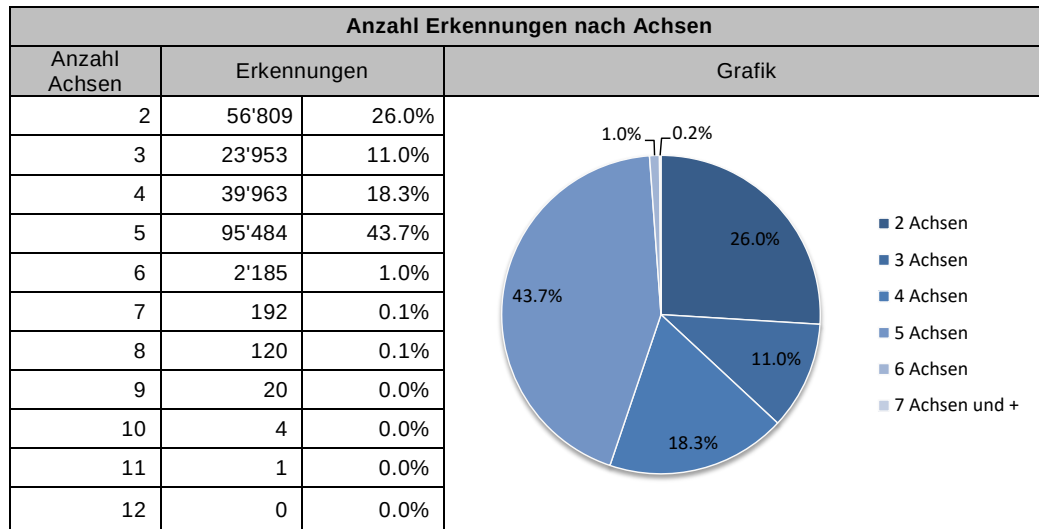
3.4.1 Nach Monat

Anzahl Erkennungen nach Monat		
Monat	Richtung 1 : Bellinzona	Richtung 2 : Chur
Januar	7'333	7'306
Februar	7'552	7'407
März	10'162	8'967
April	10'480	10'353
Mai	5'045	4'838
Juni	8'936	8'813
Juli	13'175	12'131
August	10'041	10'591
September	11'173	12'498
Oktober	10'356	11'572
November	8'159	8'346
Dezember	6'946	6'541



Bemerkung: Die Berechnung der monatlichen Aufteilungen zieht die Integrität der Daten in Betracht (Fehlende Tage und Datenverluste). Mai, und Juni: Erkennungen nicht geschätzt, tägliche Angaben geschätzt.

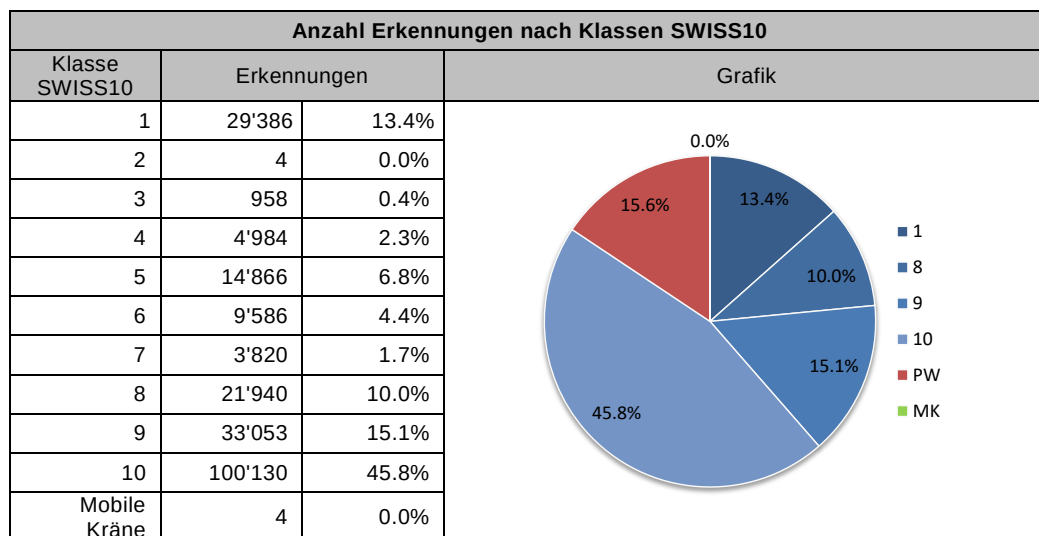
3.4.2 Nach Anzahl Achsen



3.4.3 Nach Klasse SWISS10

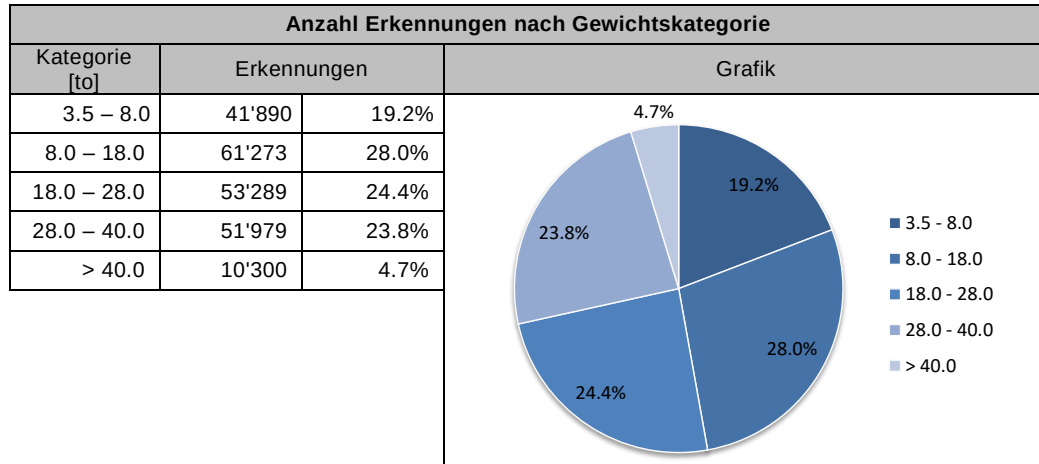
Fahrzeugklassen Swiss 10 [4]

Erfassung der Klassen nach Schema «Swiss 10 »	Erfassung für die Schweizerische Strassenverkehrszählung (SSVZ)	Erfassung für das Verkehrsmanagement
2 : Motorrad	2 : Motorrad	1 : PW-ähnliche Fahrzeuge (Fahrzeuge < 3.5 t)
3 : Personenwagen	3 : Personenwagen	
4 : Personenwagen mit Anhänger		
5 : Lieferwagen	4 : Lieferwagen	
6 : Lieferwagen mit Anhänger		
7 : Lieferwagen mit Auflieger		
1 : Bus, Car	1 : Bus, Car	2 : LKW-ähnliche Fahrzeuge (Fahrzeuge > 3.5 t)
8 : Lastkraftwagen	5 : Lastkraftwagen	
9 : Lastenzug	6 : Lastenzug + Sattelzug	
10 : Sattelzug		



Wir stellen fest, dass 34'218 Einträge (Klasse 2 bis 7, 15.6%) der Kategorie der leichten Fahrzeuge untergeordnet wurden, diese jedoch, deren Einträge nach, unter den schweren Fahrzeugen eingeordnet werden sollten.

3.4.4 Nach Gewichtskategorie



3.4.5 Dominierender Umriss

Gemäss [6] : « Wird als dominierende Klasse des Lastwagenverkehrs beschrieben, jeder Umriss, dessen Anteil sich auf über 1% der gesamten Anzahl Lastwagen erhebt »

Dominierender Umriss					
Konfiguration		Umriss	SWISS10	Erkennungen	
S/S/Tr	0 - - - - 0 + - - - - 000		10	72'730	33.3%
S/S	0 - - - - 0		1	23'340	10.7%
S/S/Ta	0 - - - - 0 + - - - - 00		10	19'198	8.8%
S/S	0 - - - - 0		8	16'501	7.5%
S/S	Unschlüssig			16'486	7.5%
S/S/S	Unschlüssig			9'194	4.2%
S/S/Tr	0 - - - - 0 + - - 000 - -		9	7'429	3.4%
S/Ta/S/S	0 - - - - 00 + 0 - - - - 0		9	6'880	3.1%
S/S/Ta	Unschlüssig			6'564	3.0%
S/S/Ta	0 - - - - 0 + - - - 00 - -		9	6'256	2.9%
S/Ta	0 - - - - 00		1	5'613	2.6%
S/S/S/S	0 - - - - 0 + 0 - - - - 0		9	5'441	2.5%
S/Ta/Ta	0 - - - - 00 + - - - 00 - -		9	4'197	1.9%
S/Ta	Unschlüssig			3'746	1.7%
S/Ta	0 - - - - 00		8	2'972	1.4%
Autres silhouettes selon SN 640 320					
S/S/S	0 - - - - 0 + - - 0 - -		10	1'464	0.7%
Ta/Ta	00 - - - 00		8	1'106	0.5%
S/S/S/Ta	0 - - - - 0 + 0 - - - 00		9	632	0.3%
S/S/S/S	0 - - - - 0 + - - - 0 - 0		10	417	0.2%
Ta/Tr	00 - - 000		Nicht eingeordnet (8)	99	0.0%

Legende : S : Achse einfach, Ta : Achse doppelt, Tr : Achse dreifach

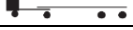
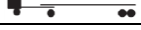
4 Vorlage nach Norm SN 640 320

Referenzdokument : [1] [2] [6] [12]

4.1 Aufteilung zwischen den Fahrspuren

Aufteilung zwischen den Fahrspuren			
Konfiguration	Richtung 1 : Bellinzona	Richtung 2 : Chur	Auf Basis von :
2x1 Spur	50.0%	50.0%	Anzahl Erkennungen
	48.1%	51.9%	Gesamtgewicht
	46.4%	53.6%	Äquivalente Verkehrslast total W

4.1 Äquivalenzfaktor nach Fahrzeugklassen

Mittlerer Äquivalenzfaktor k nach Schwerverkehrsklassen						
Umriss	Flexibler und halbstarrer Oberbau			Starrer und kombinierter Oberbau		
	Richtung 1 : Bellinzona	Richtung 2 : Chur	Norm 2011	Richtung 1 : Bellinzona	Richtung 2 : Chur	Norm 2011
	0.44	0.56	0.7	0.41	0.54	0.6
	0.82	0.93	1.4	1.10	1.23	2.1
	1.26	1.36	1.5	2.23	2.38	2.7
	2.77	2.30	1.9	6.53	5.23	3.0
	0.94	0.99	0.5	0.88	0.95	0.5
	1.57	1.45	1.7	1.56	1.43	1.8
	0.92	1.28	1.8	0.93	1.36	2.2
	2.28	2.66	2.0	3.00	3.45	2.2
	1.60	1.73	2.0	1.57	1.70	1.9
	2.56	2.46	1.7	2.93	2.72	1.6
	2.72	2.75	1.3	3.03	2.94	1.0
	1.84	1.95	2.5	2.24	2.43	2.6
	1.44	1.51	1.2	2.11	2.20	0.9
	2.01	2.23	0.7	2.11	2.36	0.6
	1.03	1.01	1.4	1.40	1.39	2.1

4.2 Äquivalenzfaktor nach Fahrzeugkategorien

Mittlerer Äquivalenzfaktor k nach Fahrzeugkategorien						
Kategorie SWISS10	Flexibler und halbstarrer Oberbau			Starrer und kombinierter Oberbau		
	Richtung 1 : Bellinzona	Richtung 2 : Chur	Norm 2011	Richtung 1 : Bellinzona	Richtung 2 : Chur	Norm 2011
1 : Bus, Car	1.82	1.99	2.3	1.97	2.17	2.3
8 : Lastkraftwagen	0.55	0.66	0.9	0.63	0.74	1.0
9 : Lastenzug	2.01	2.05	1.9	2.42	2.44	2.0
10 : Sattelzug	1.93	2.40	1.7	2.46	3.07	2.0

4.3 Mittlerer Äquivalenzfaktor

Mittlerer Äquivalenzfaktor k für den Strassentyp / Anteil auf Datenprobe						
Daten	Flexibler und halbstarrer Oberbau			Starrer und kombinierter Oberbau		
	Richtung 1 : Bellinzona	Richtung 2 : Chur	Norm 2011	Richtung 1 : Bellinzona	Richtung 2 : Chur	Norm 2011
Umriss (2-6 Achsen)	1.52	1.75	1.6	1.86	2.16	1.7
	99.6%	99.5%		99.6%	99.5%	
Kategorie	1.76	2.07		2.16	2.54	
	82.8%	80.3%		82.8%	80.3%	
Klasse	1.77	2.08		2.16	2.54	
	81.0%	78.3%		81.0%	78.3%	

4.4 Aktuelle äquivalente Verkehrslastklasse nach SN 640 324

Flexibler und halbstarrer Oberbau

Richtung 1 : Bellinzona

$$TF_0 = \frac{109'368 \text{ LW}}{342 \text{ Tage}} \cdot 1.52 = 486 \text{ ESAL/Tag} \rightarrow \text{Klasse T4 : Schwer}$$

Richtung 2 : Chur

$$TF_0 = \frac{109'363 \text{ LW}}{342 \text{ Tage}} \cdot 1.75 = 561 \text{ ESAL/Tag} \rightarrow \text{Klasse T4 : Schwer}$$

Starrer und kombinierter Oberbau

Richtung 1 : Bellinzona

$$TF_0 = \frac{109'368 \text{ LW}}{342 \text{ Tage}} \cdot 1.86 = 597 \text{ ESAL/Tag} \rightarrow \text{Klasse T4 : Schwer}$$

Richtung 2 : Chur

$$TF_0 = \frac{109'363 \text{ LW}}{342 \text{ Tage}} \cdot 2.16 = 693 \text{ ESAL/Tag} \rightarrow \text{Klasse T4 : Schwer}$$

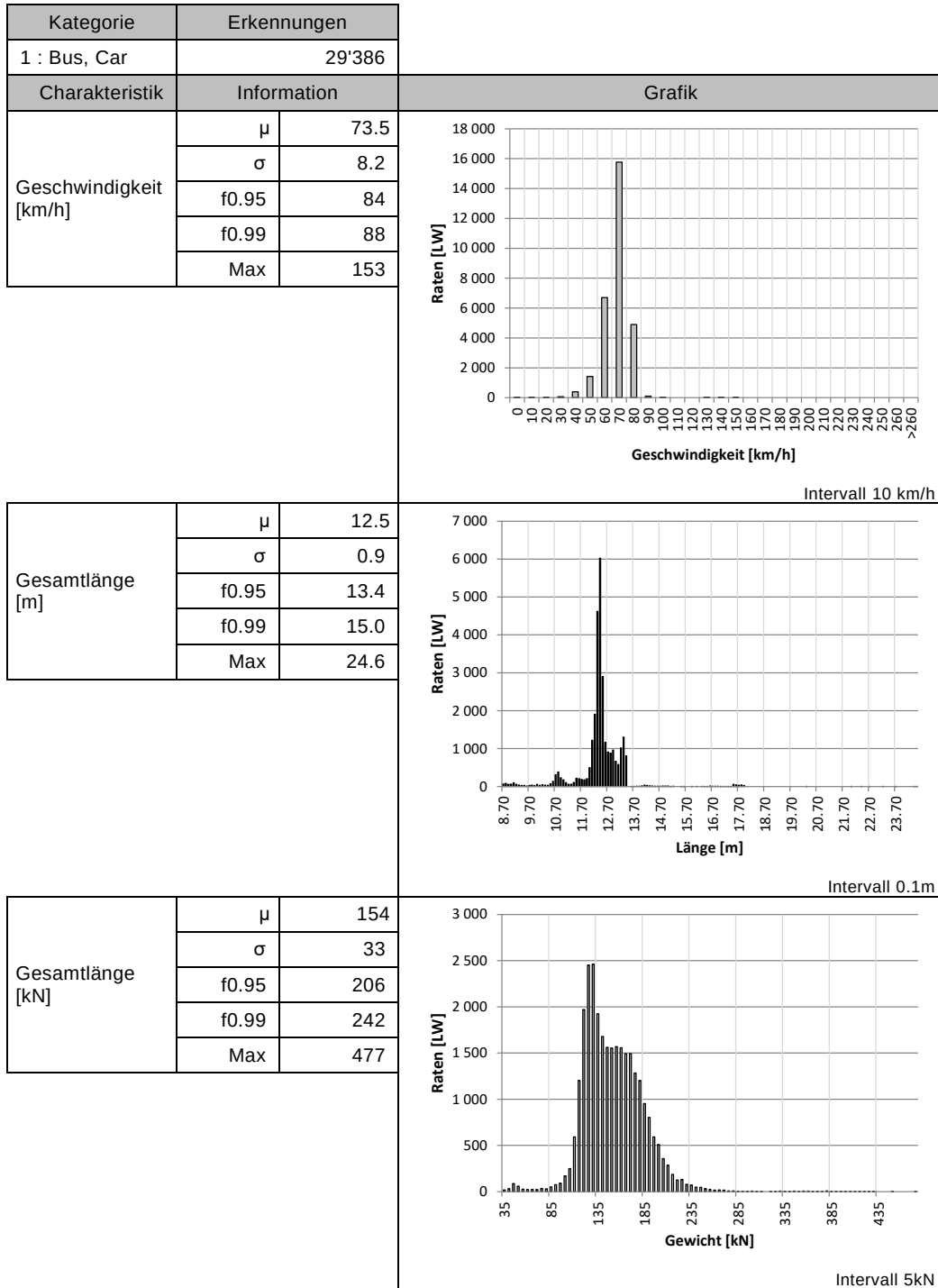
4.5 Tendenz für die Schätzung der jährlichen Zuwachsrates

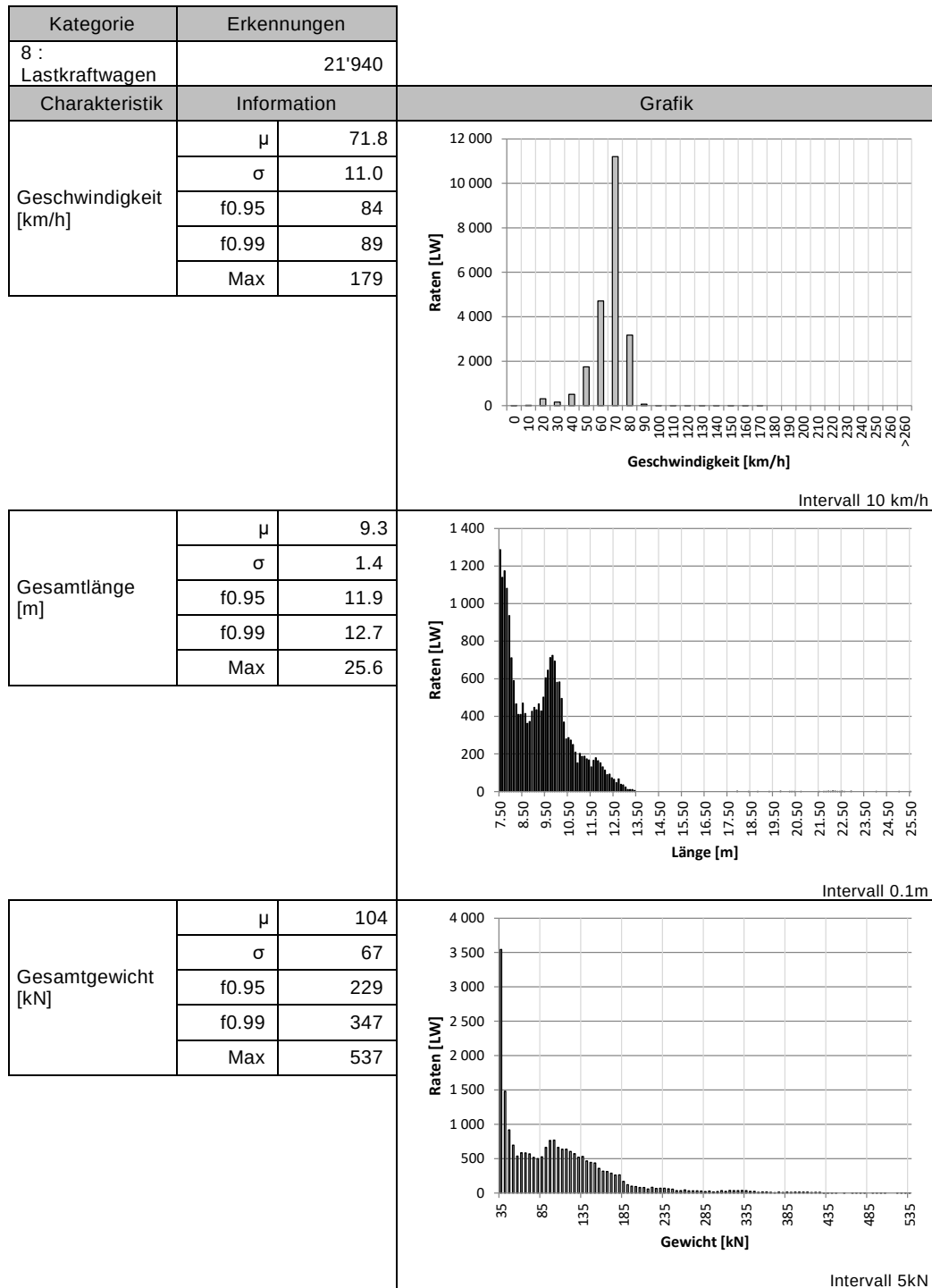
Tendenz für die Schätzung der jährlichen Zuwachsrates		
Richtung 1 : Bellinzona	Richtung 2 : Chur	Auf Basis von :
-	-	Anzahl Erkennungen
-	-	Gesamtgewicht
-	-	Gesamte äquivalente Verkehrslast W

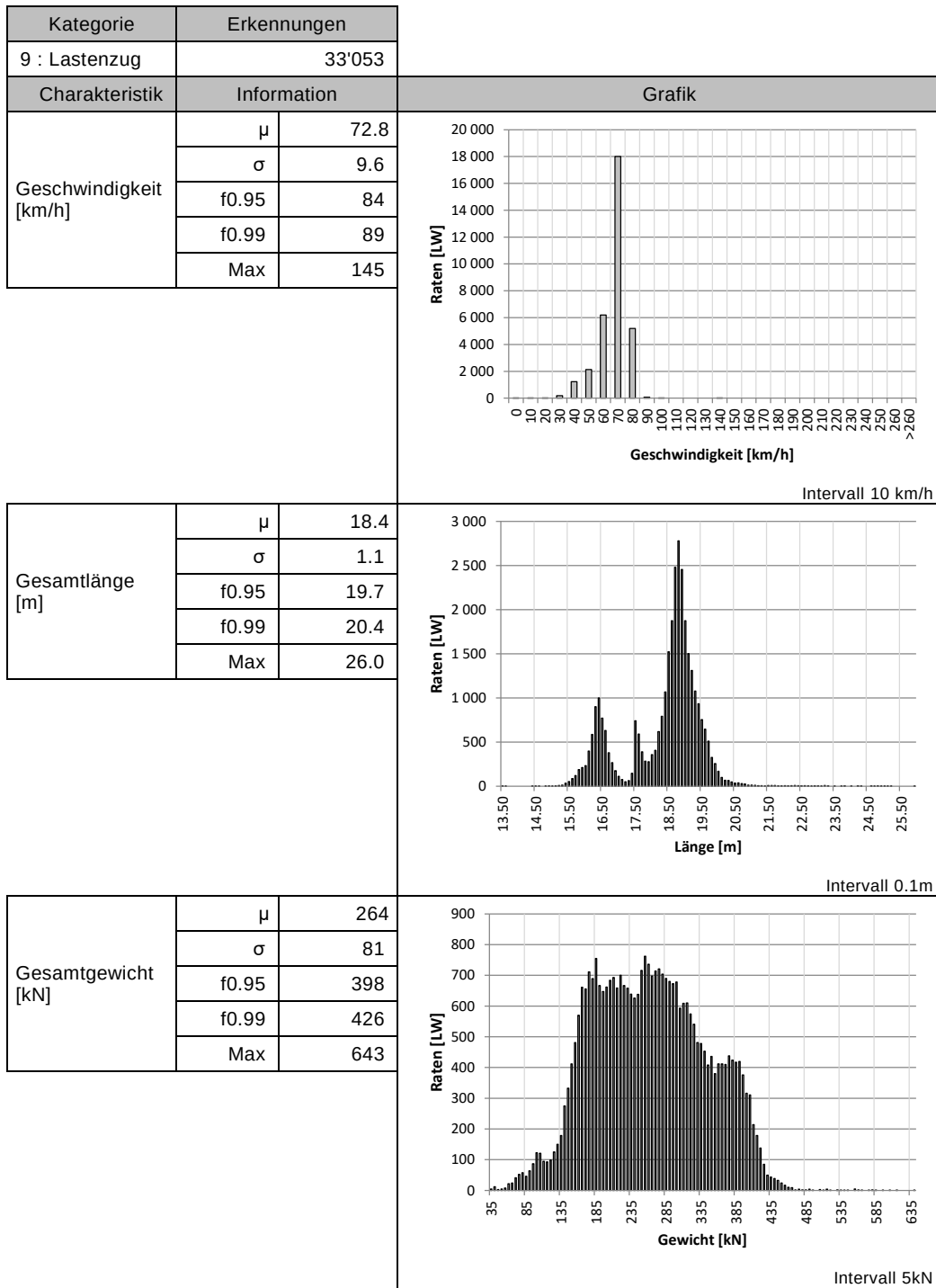
Dieser Abschnitt wird bestimmt, wenn Tendenz festgestellt werden (Mehrere Jahresberichte).

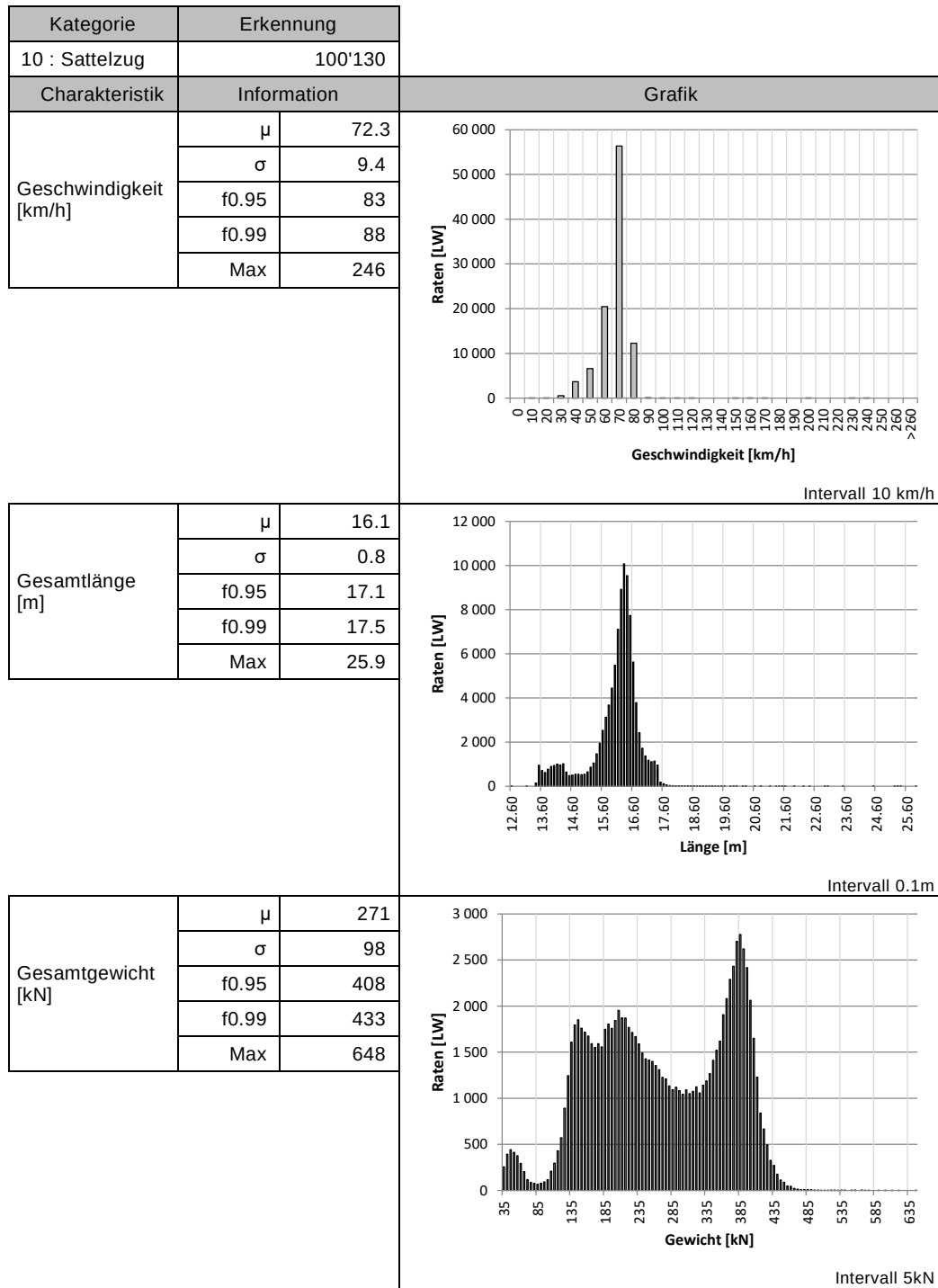
5 Charakteristik der Lastwagen

5.1 Charakteristik der Lastwagen-Kategorien



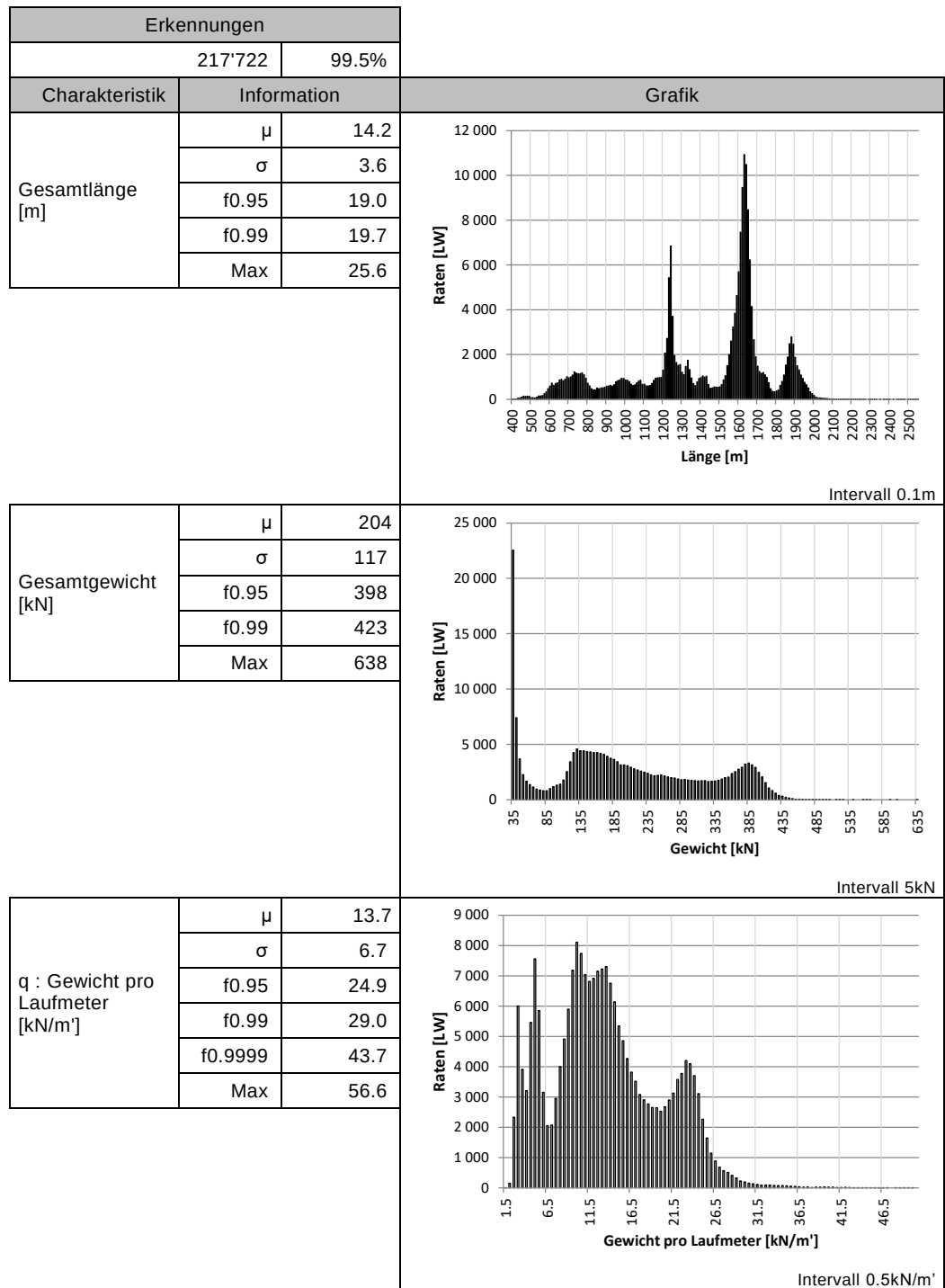


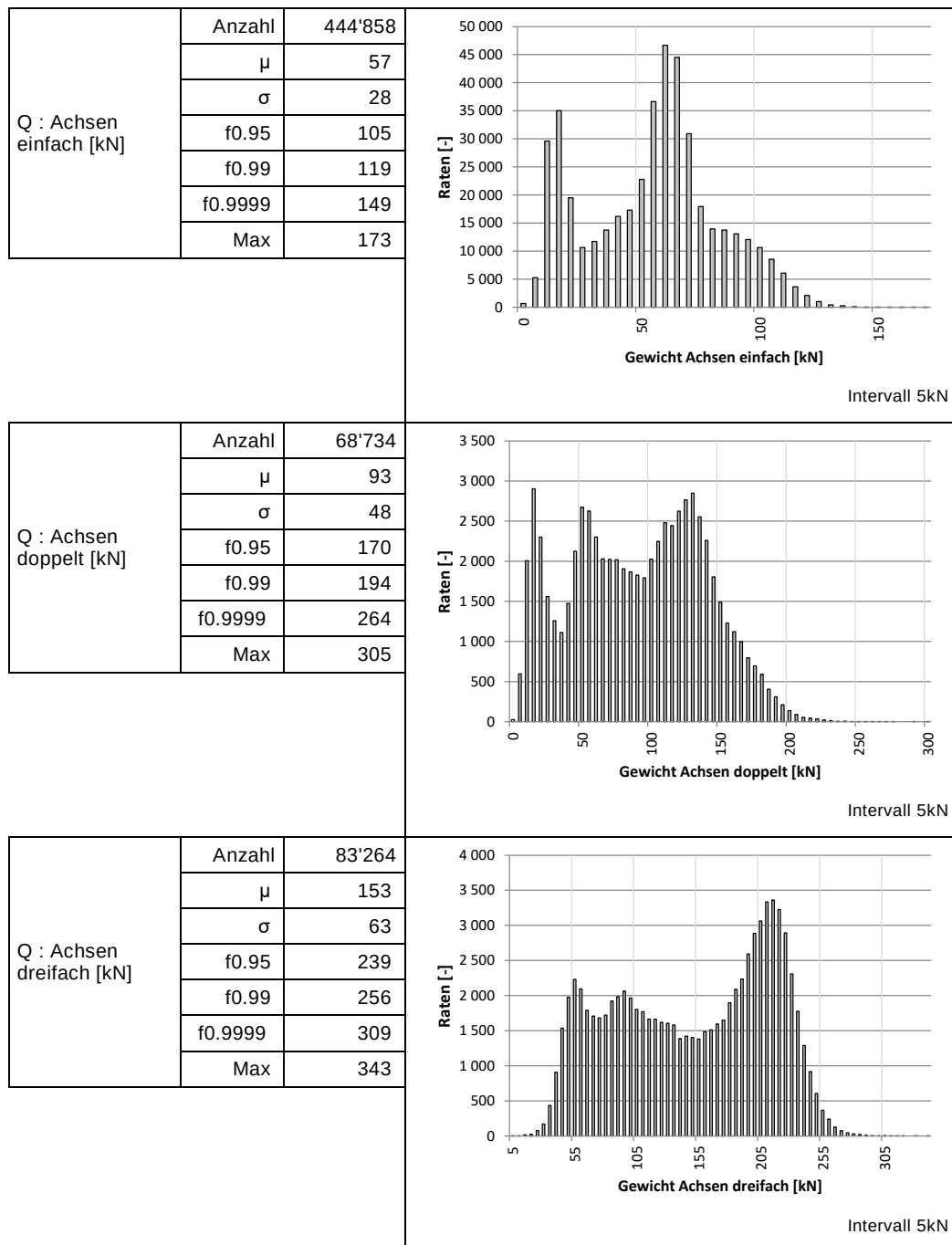




5.2 Globale Charakteristik der Proben

Auf Basis der Erkennungen der Umrissse 2 bis 6 Achsen.



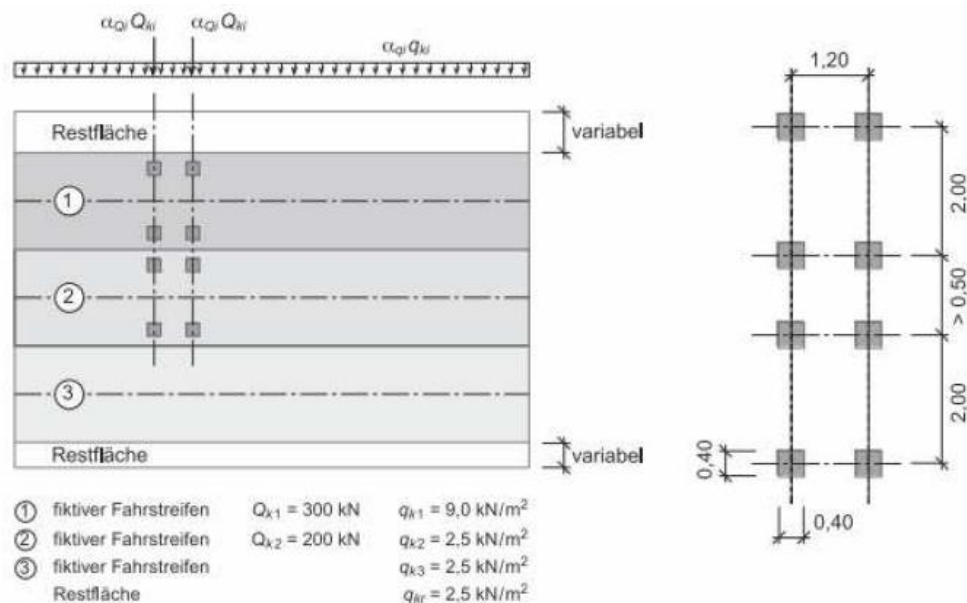


6 Vorlage nach Norm SIA 261

Referenzdokument : [3]

Les Die in Betracht gezogenen Daten sind jene der erkannten Umrisse von 2 bis 6 Achsen, sprich 99.5% der gesamten Proben.

6.1 Vorlage der Last 1 nach SIA 261



6.1.1 Konzentrierte Last Q

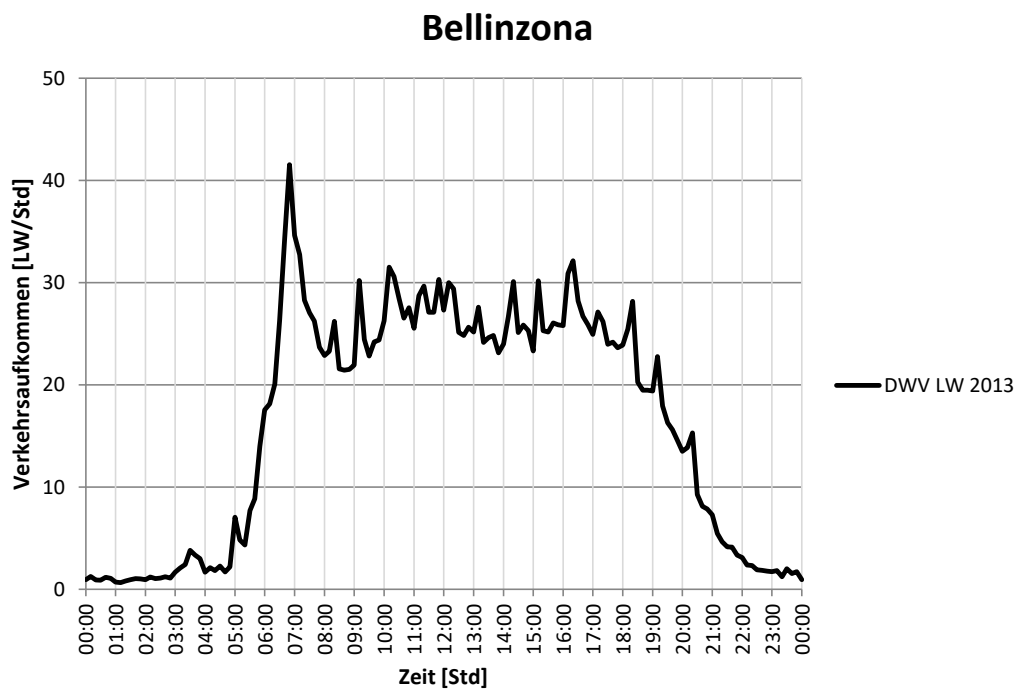
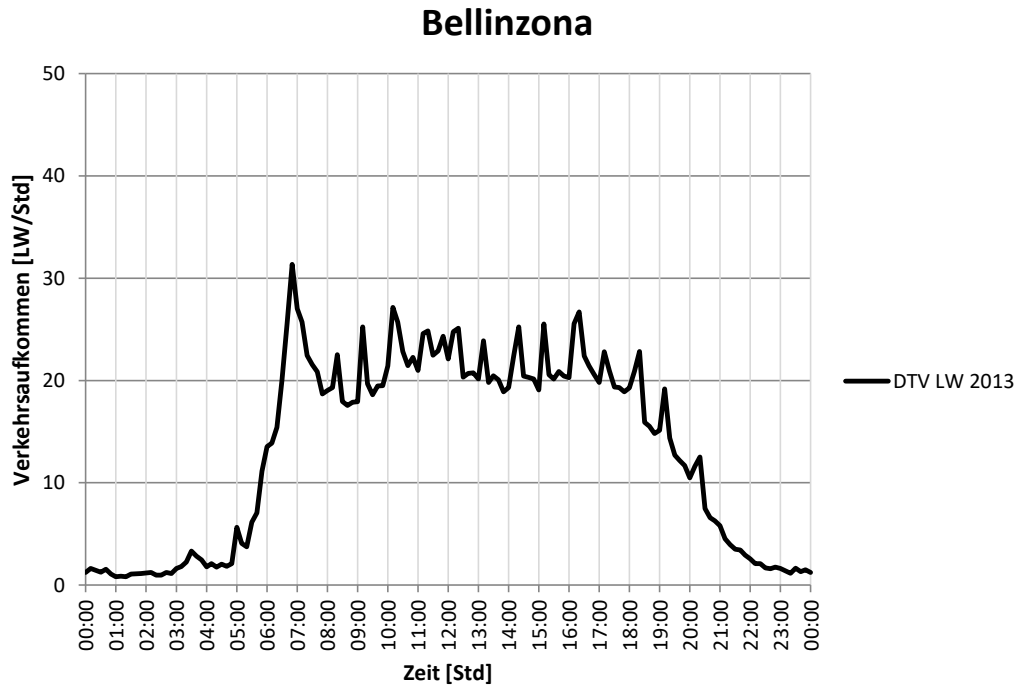
Konzentrierte Last Q					
Type Achsen	Durchschnittslast [kN]	Durchschnittslast pro Achse [kN]	f0.95 [kN] (pro Achse)	f0.99 [kN] (pro Achse)	f0.9999 [kN] (pro Achse)
Einfach	57	57	105	119	149
Doppelt	93	46	170 (85)	194 (97)	264 (132)
Dreifach	153	51	239 (80)	256 (85)	309 (103)

6.1.2 Verteilte Last q

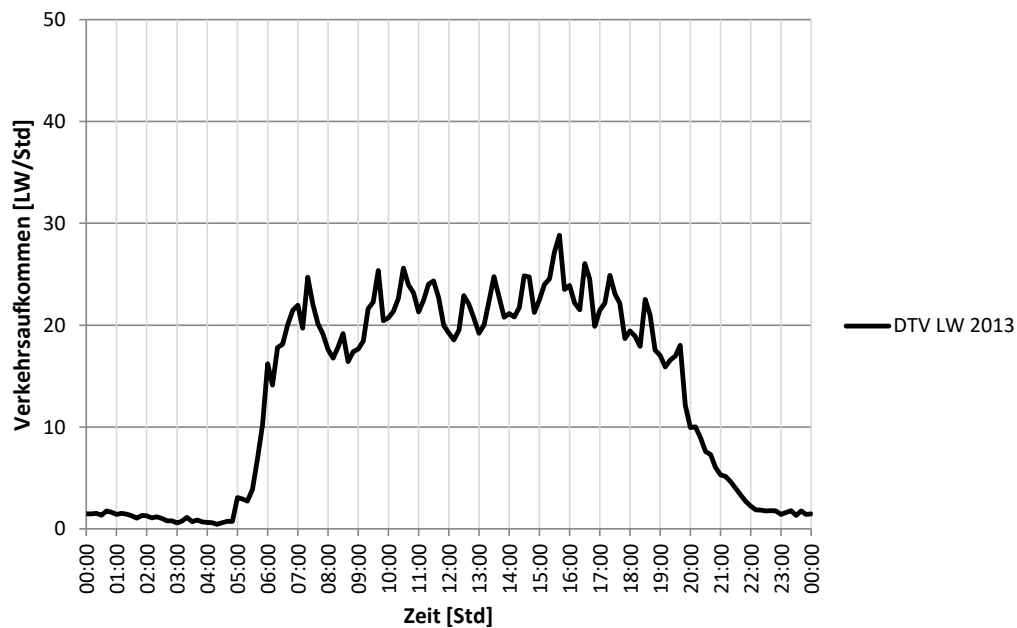
Verteilte Last q				
Charakteristik	Durchschnittslast	f0.95	f0.99	f0.9999
Gewicht pro Laufmeter [kN/m']	13.7	24.9	29.0	43.7
Gewicht pro Fläche (Breite 3 m) [kN/m²]	4.6	8.3	9.7	14.6

7 Tendenz

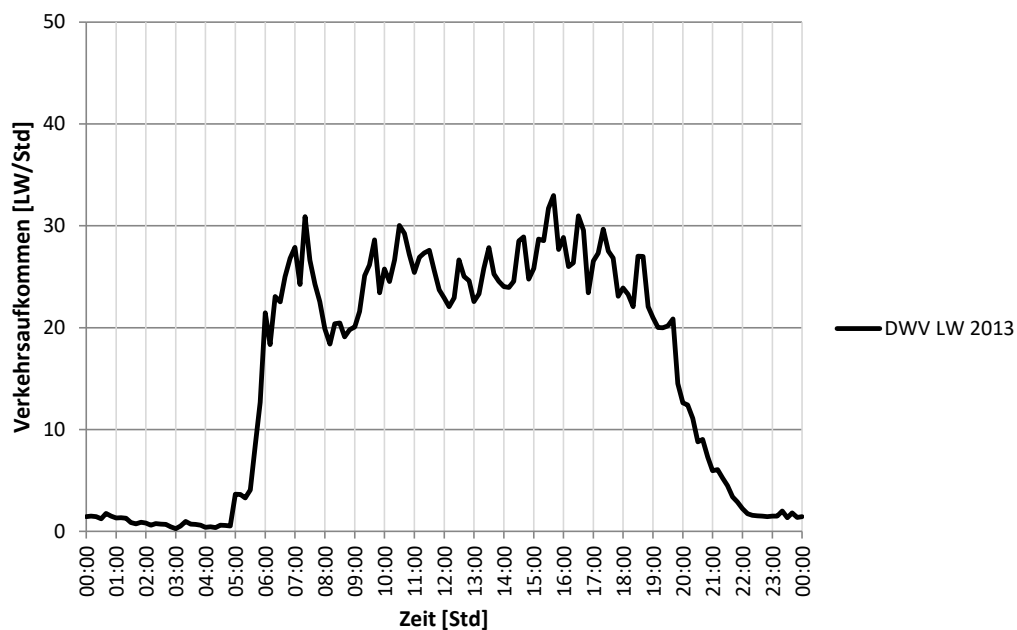
7.1 Entwicklung der jährlichen Stundenaufteilung



Chur

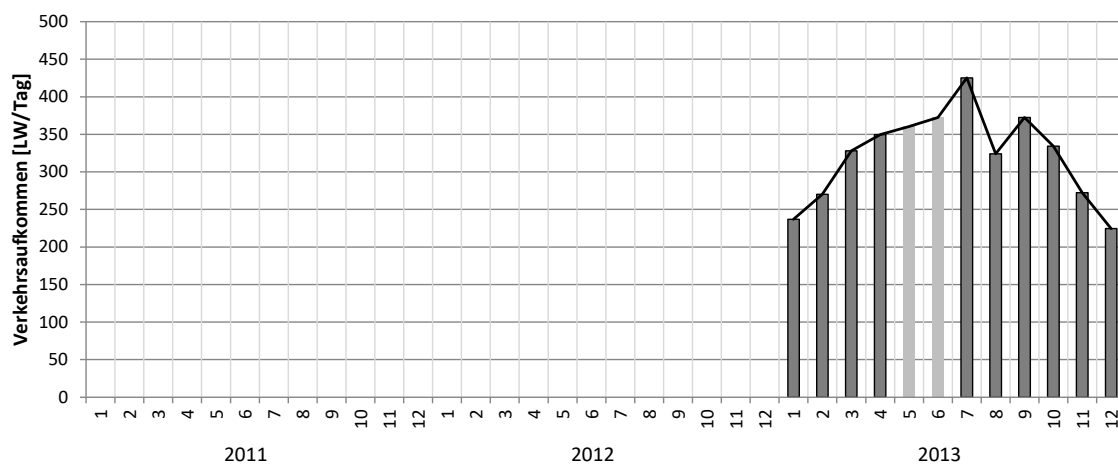


Chur

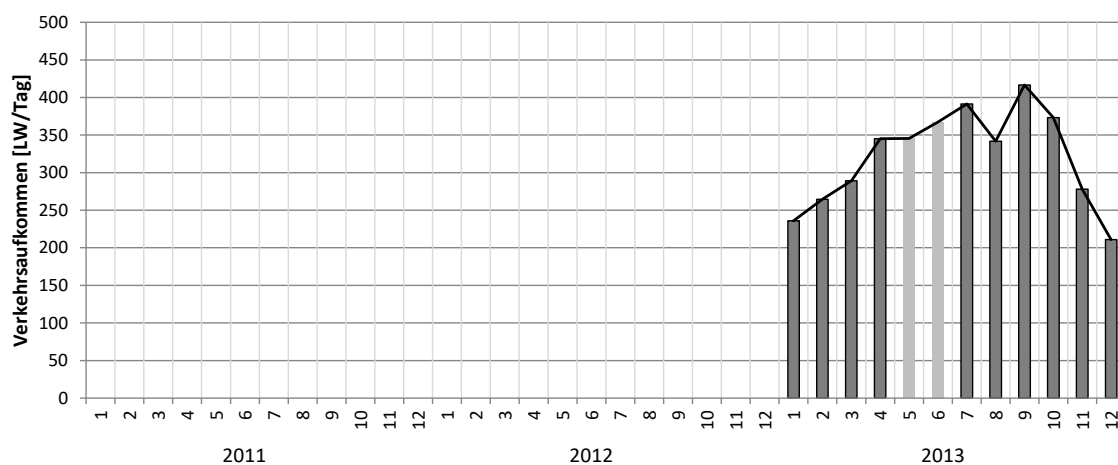


7.2 Entwicklung der Erkennung nach Monat

Bellinzona



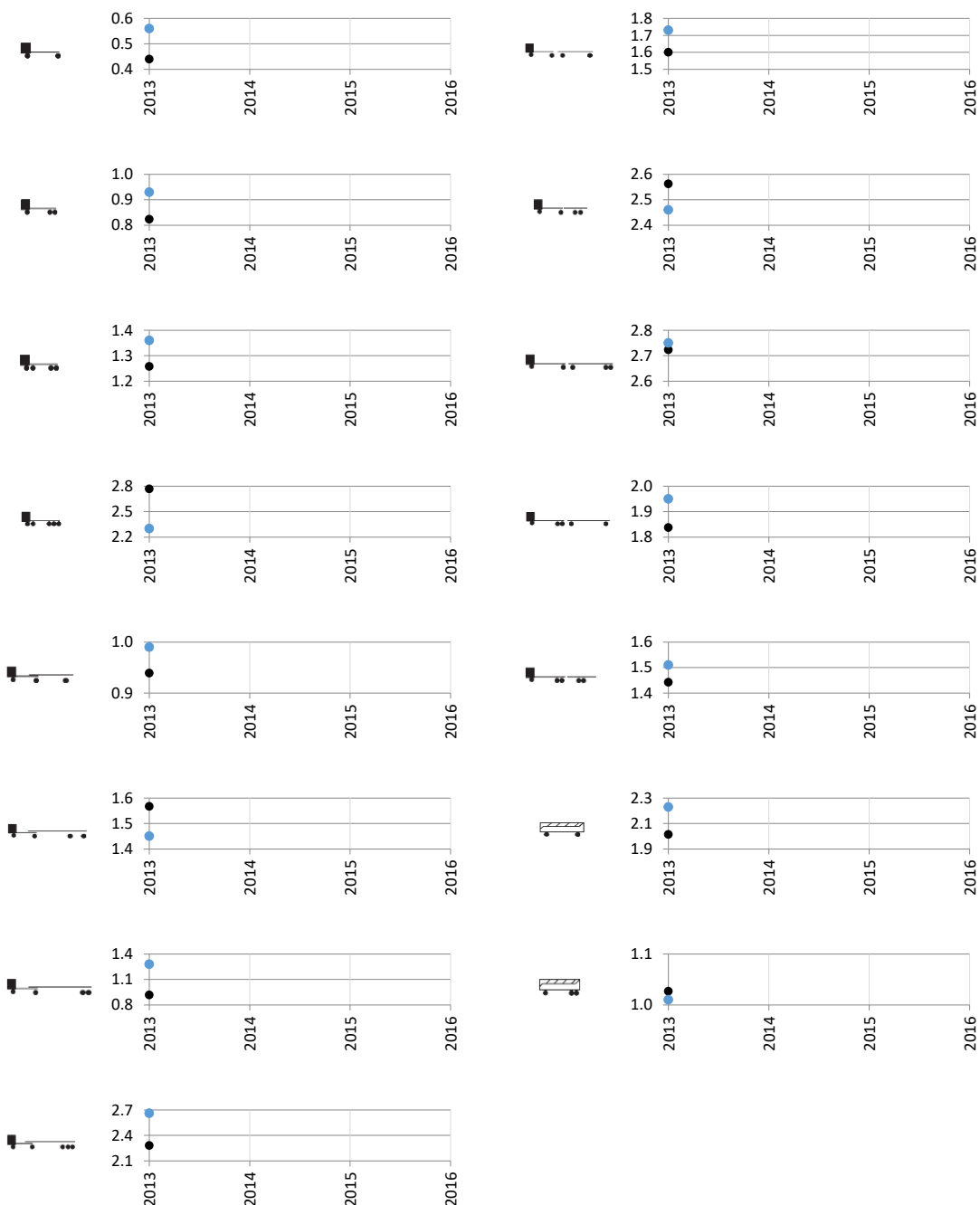
Chur



7.3 Entwicklung der Vorlage der Norm SN 640 320

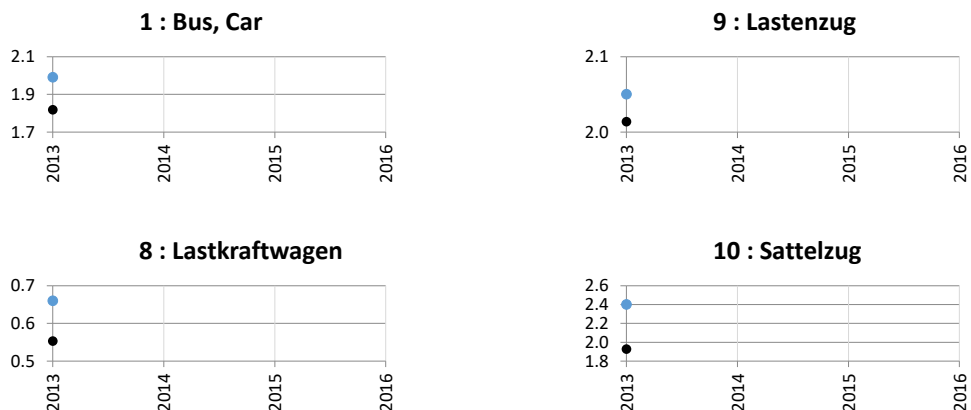
In diesem Kapitel werden einzig die flexiblen und halbstarren Fahrbahnen in Betracht gezogen.

7.3.1 Entwicklung der Äquivalenzfaktoren nach Fahrzeugklasse



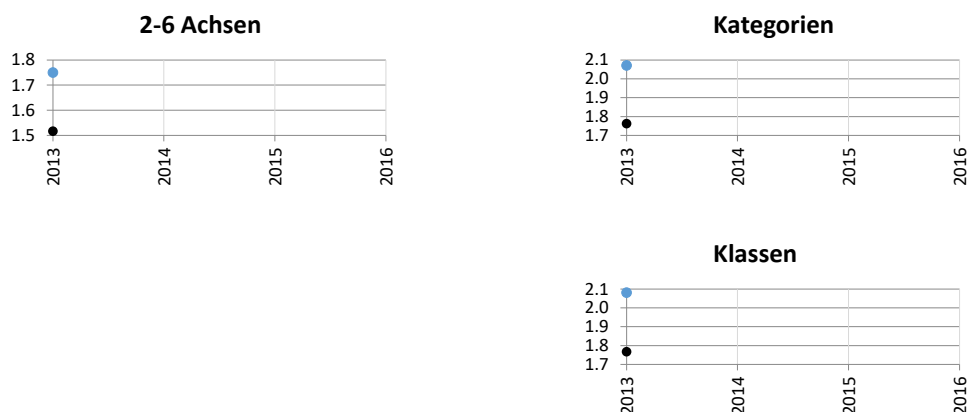
Schwarz : Richtung Bellinzona ; Blau : Richtung Chur.

7.3.2 Entwicklung der Äquivalenzfaktoren nach Fahrzeugkategorie



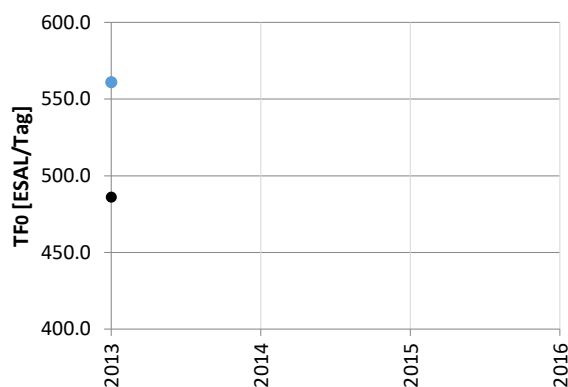
Schwarz : Richtung Bellinzona ; Blau : Richtung Chur.

7.3.3 Entwicklung des mittleren Äquivalenzfaktors



Schwarz : Richtung Bellinzona ; Blau : Richtung Chur.

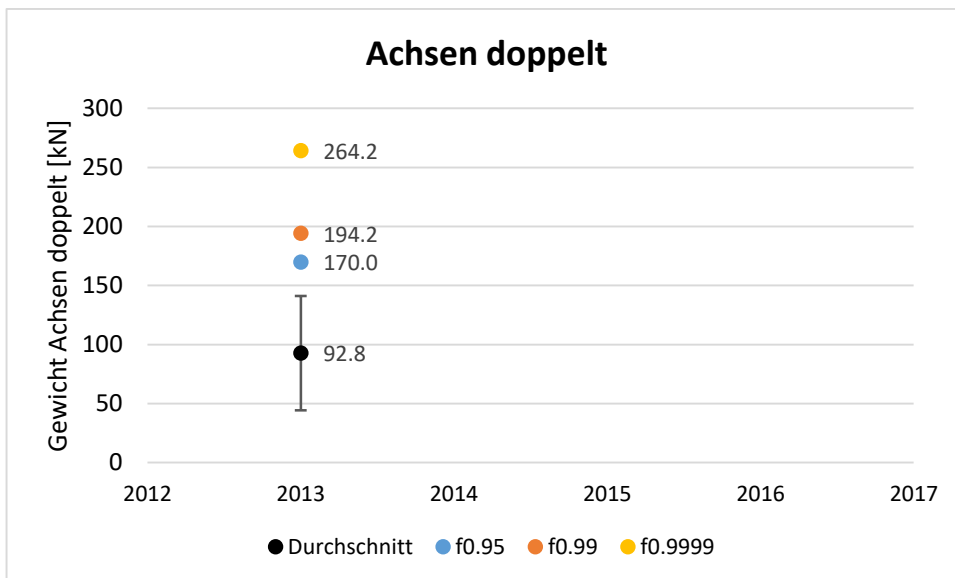
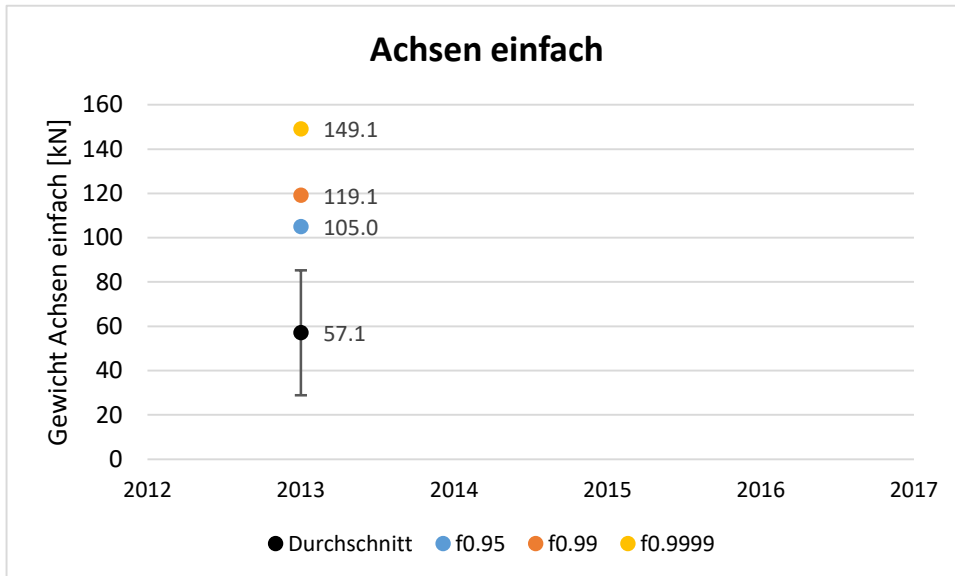
7.3.4 Entwicklung der täglichen äquivalenten Verkehrslast

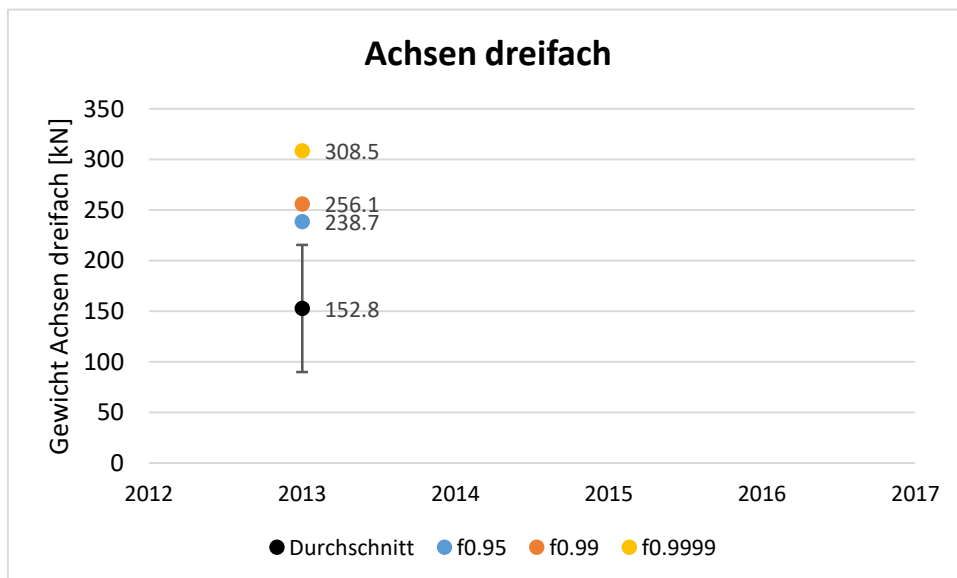


Schwarz : Richtung Bellinzona ; Blau : Richtung Chur.

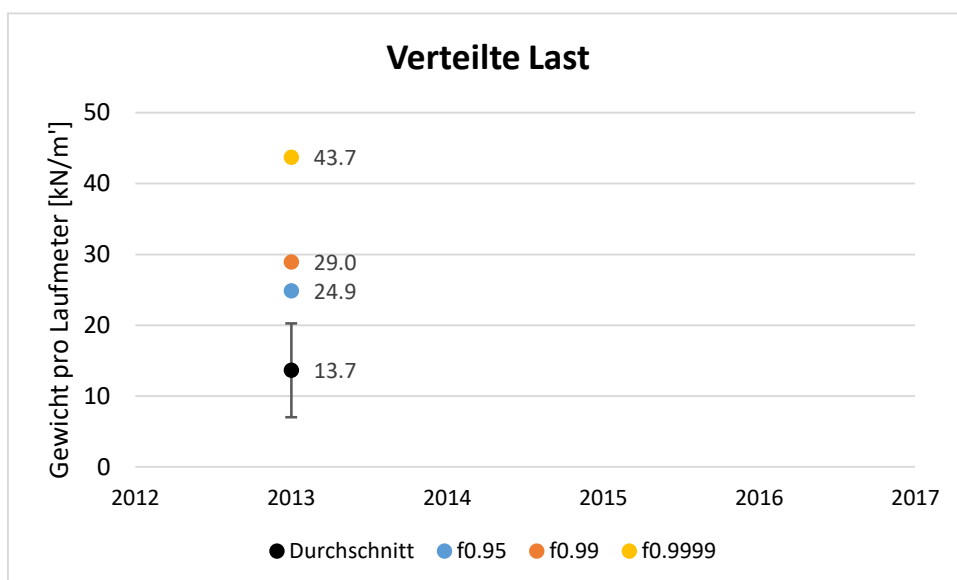
7.4 Entwicklung der Vorlage der Norm SIA 261

7.4.1 Entwicklung der Quantile der konzentrierten Last Q





7.4.2 Entwicklung der Quantile der verteilten Last q



8 Vertrauensebene

Referenzdokument : [4] [6]

Vertrauensebene nach [6], Absolutwerte

Vertrauensebene	Maximale Änderung der Lasten	Änderung der Äquivalenzfaktoren
Sehr gut	0.8%	3%
Gut	2.0%	8%
Befriedigend	3.2%	13%
Schlecht	> 3.2%	> 13%

Vertrauensebene		
Eigenschaften	Kommentar	Farbcode
Datum der letzten Kalibrierung :	27.08.2013 – Richtung Bellinzona 28.08.2013 – Richtung Chur	
Angewendeter Korrekturfaktor : Anwendung des Korrekturfaktors :	Richtung Bellinzona : -4.59% Richtung Chur : 2.86%	
Vertrauensebene der Kalibrierung :	Richtung Bellinzona : Ja Richtung Chur : Ja	
Daten die als Referenz verwendet werden können :	Richtung Bellinzona : Gut Richtung Chur : Befriedigend	
Datum der letzten Kalibrierung :	Richtung Bellinzona : 2014 Richtung Chur : 2014	
Feststellung auf Basis der Bearbeitung der WIM-Daten		
Datenverlust :	23 Tage	
Ausgeschlossen :	1.79%	
Globaler Zusammenhang der Daten :	In Ordnung	
Zusammenhang der Tendenzen der Station :	-	
Einordnung SWISS10, VT ≥ 3.5 to :	15.6%	
Inkohärente Umriss :	18.3% davon 17.9% potentiell wegen der Einteilung SWISS10 0.6% Andere Inkohärenzen	
Vorschlag		
Das Vertrauen in die Daten der Station ist befriedigend. Jedoch scheint die Präzision der Einteilung SWISS10 nicht genügend zu sein. Eine Überprüfung gemäss den erforderlichen Präzisionswerten [4] wird empfohlen.		

Farbcodelegende		
Farbcode	Legende	
	Kalibrierung	Daten und Übereinstimmung
	1 Jahr	Sehr gut
	2-3 Jahre	Gut
	4-5 Jahre	Befriedigend
	> 5 Jahre	Schlecht

Bibliografie

Normen

- [1] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (Août 2011), « **Dimensionnement de la structure des chaussées – Trafic pondéral équivalent** », SN 640 320.
- [2] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (Août 2011), « **Dimensionnement de la structure des chaussées – Sol de fondation et chaussée** », SN 640 324.
- [3] Société suisse des ingénieurs et architectes SIA (2014), « **Actions sur les structures porteuses** », norme SIA 261:2014.

Richtlinien

- [4] Office fédéral des routes OFROU (2009), « **Postes de comptage du trafic** », directive ASTRA 13012, édition 2009 V1.05.

Dokument

- [5] M.-A. Fénart, Prof. A.-G. Dumont (LAVOC-EPFL), L. D'Angelo, Prof. A. Nussbamer (ICOM-EPFL) (en cours) « **Simulations de trafic intégrant la détermination d'indices de performance structurale. Partie 1 : Trafic** », Office fédéral des routes OFROU, *Projet de recherche AGB 2010/003*.
- [6] M.-A. Fénart, M. Ould-Henia, M. Delaby (en cours) « **Actualisation des facteurs d'équivalence de la norme SN640320** », Office fédéral des routes OFROU, *Projet de recherche VSS 2015/411*.
- [7] M.-A. Fénart (2013) « **Modélisations de trafic – Denges (VD) – Ceneri (TI)** », *Technical report EPFL dans le cadre du projet de recherche AGB 2011/003 « Aktualisierte Bremskräfte zur Überprüfung von Strassenbrücken »*, LAVOC – EPFL.
- [8] Bressi S., Fürbringer J.-M., Fénart M.-A., Dumont A.-G. (LAVOC / SB-SPH, EPFL) (2014) « **Global Sensitivity Analysis and Monte Carlo Analysis of Swiss design method applied to flexible pavements** », *Conférence EATA 2015*, Stockholm, Suède.
- [9] J. Martins, M.-A. Fénart, G. Feltrin, A.-G. Dumont, K. Beyer (2015) « **Defining a braking probability to estimate extreme braking forces on road bridges** », *Conférence ICASP12 2015*, Vancouver, Canada.
- [10] J. Martins, M.-A. Fénart, G. Feltrin, A.-G. Dumont, K. Beyer (2014) « **Deriving a load model for braking forces on road bridges: Comparison between a deterministic and a probabilistic approach** », *Istanbul Bridge Conference*, Istanbul, Turquie.
- [11] L. D'Angelo, Prof. A. Nussbaumer, M.-A. Fénart, Prof. A.-G. Dumont (2013) « **Fatigue life assessment of existing motorway bridge** », *SEMC 2013*, Afrique du Sud.
- [12] AASHTO (1986 - 1998), « **AASHTO Guide for Design of Pavement Structures** », American Association of State Highway and Transportation Officials.