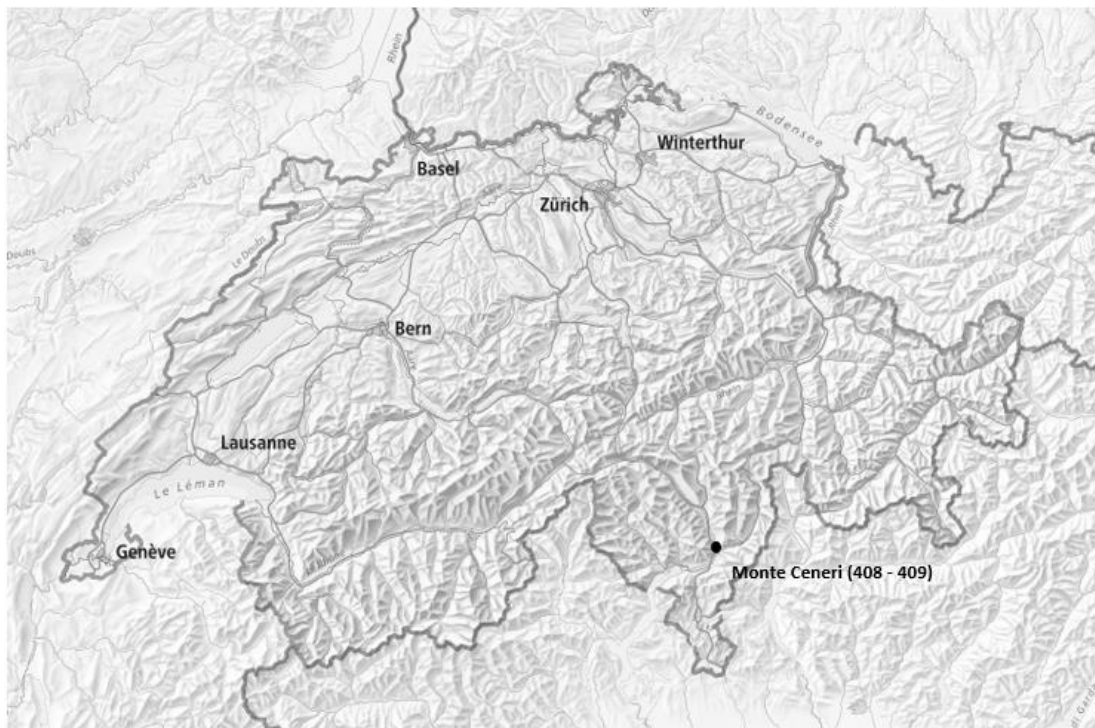




Monte Ceneri - 2021

Auswertung und Bearbeitung der WIM-Daten



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_2021_408_409

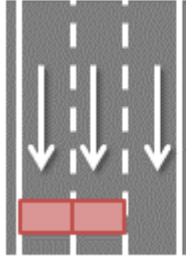

Version 1

Erschaffen am 14.04.2022 – 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
4.2	Äquivalenzfaktor nach Fahrzeugklassen.....	13
4.3	Äquivalenzfaktor nach Fahrzeugkategorien	13
4.4	Mittlerer Äquivalenzfaktor.....	14
4.5	Aktuelle äquivalente Verkehrslastklasse nach SN 640 324.....	14
4.6	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 Erkennungen 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	Spuren
Monte Ceneri	TI	A2	408 / 409	F3	IV	2	2 + 3
Lage							
<p>409 : Richtung Chiasso (Lugano)</p>  <p>1 2 -</p>				<p>408 : Richtung Gotthard (Bellinzona)</p>  <p>3 4</p>			
Speicherungen							
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		-					
Potentieller Datenverlust		-					
<i>Besondere Ereignis</i>							
<i>Entscheide</i>							
<i>Verknüpfung</i>							
Name der Datei :		2021_408_concat.log ; 2021_409_concat.log ;					
Anzahl Speicherungen :		1'060'235 (408) ; 830'074 (409)					
Anzahl effektiver Tage :		365					

2 Integrität der Daten

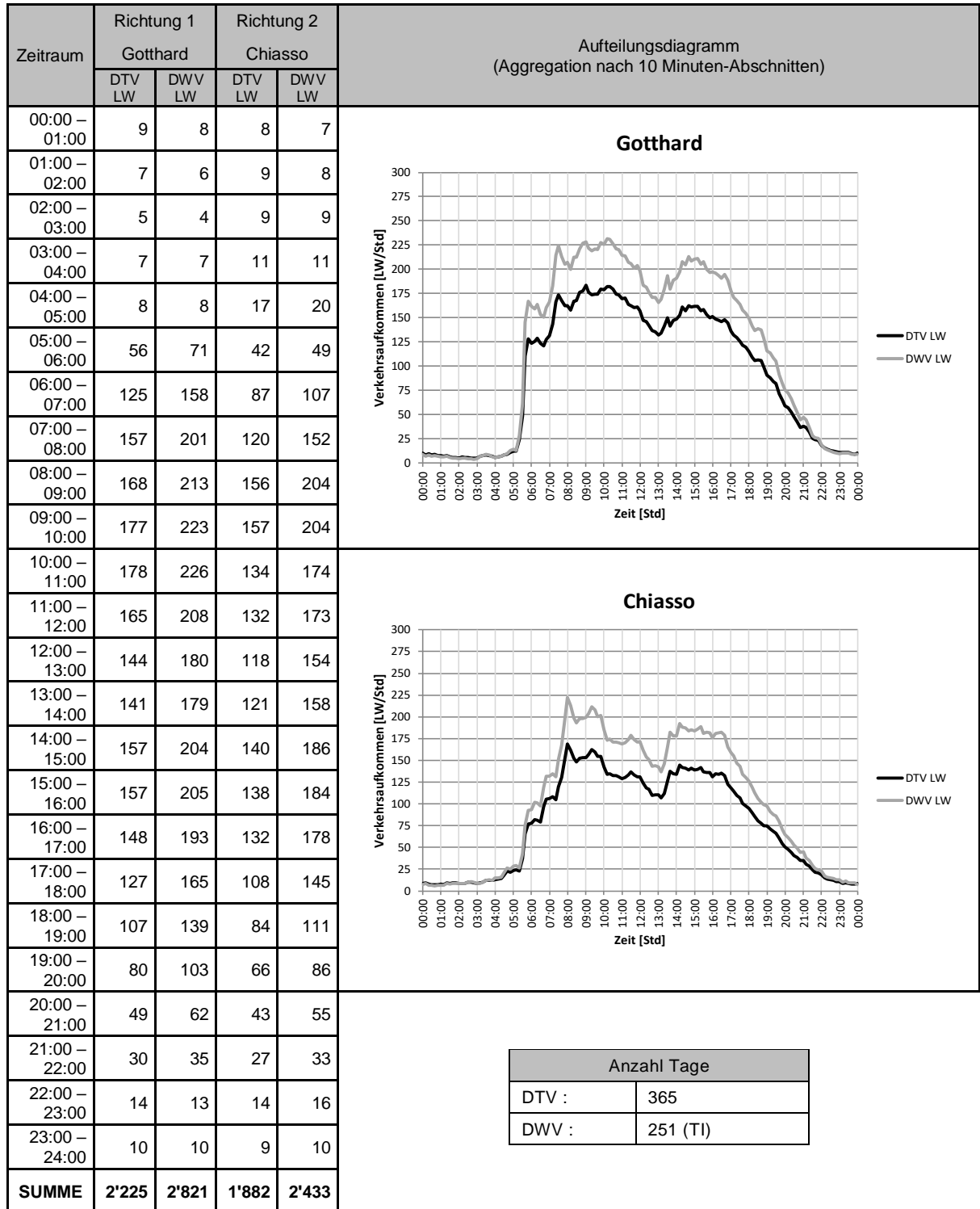
Referenzdokument : [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11]

Datenfilter (Vorgehensweise Schritt nach Schritt)	
1)	Fahrzeuge unter 3.5 Tonnen (362'757 Einträge).
2)	816'335 Einträge Richtung D1 (408). 16'029 Einträge Richtung D2 (408). 693'976 Einträge Richtung D1 (409). 1'212 Einträge Richtung D2 (409).
3)	Gesamtlänge nichtig (213 Einträge).
4)	Gesamtlänge über 26.00m (7'410 Einträge).
5)	Gewicht nichtig auf einer der Achsen (14 Einträge).
6)	Abstand unter 60cm (2'418 Einträge).
7)	Gesamtgewicht über 65 Tonnen (372 Einträge, ohne mobile Kräne).
8)	Gewicht auf einer Achse über 18 Tonnen (108 Einträge, ohne mobile Kräne).
9)	Gesamtlänge unter 4.00m (875 Einträge).
<i>Entscheide</i>	
1)	Ausschluss (2021_408_409_u3500.log).
2)	Ausschluss der Richtungsspeicherungen D2.
3)	Ausschluss.
4)	Ausschluss.
5)	Ausschluss.
6)	Ausschluss.
7)	Ausschluss.
8)	Ausschluss.
9)	Ausschluss.
<i>Datei</i>	
Name der Datei der Statistikbearbeitung :	2021_408_409.log
Anzahl Einträge :	1'498'901
Name der Ausschlussdatei :	2021_408_409_exclus.log
Anzahl Einträge :	28'651

Auf einer Gesamtmenge von 1'890'309 Einträgen, wurden 362'757 aufgrund ihrer Zugehörigkeit den leichten Fahrzeugen (< 3.5 Tonnen) getrennt und 28'651 Einträge (1.88%) wurden aufgrund ihrer potentieller Unstimmigkeit mit den Daten ausgeschlossen.

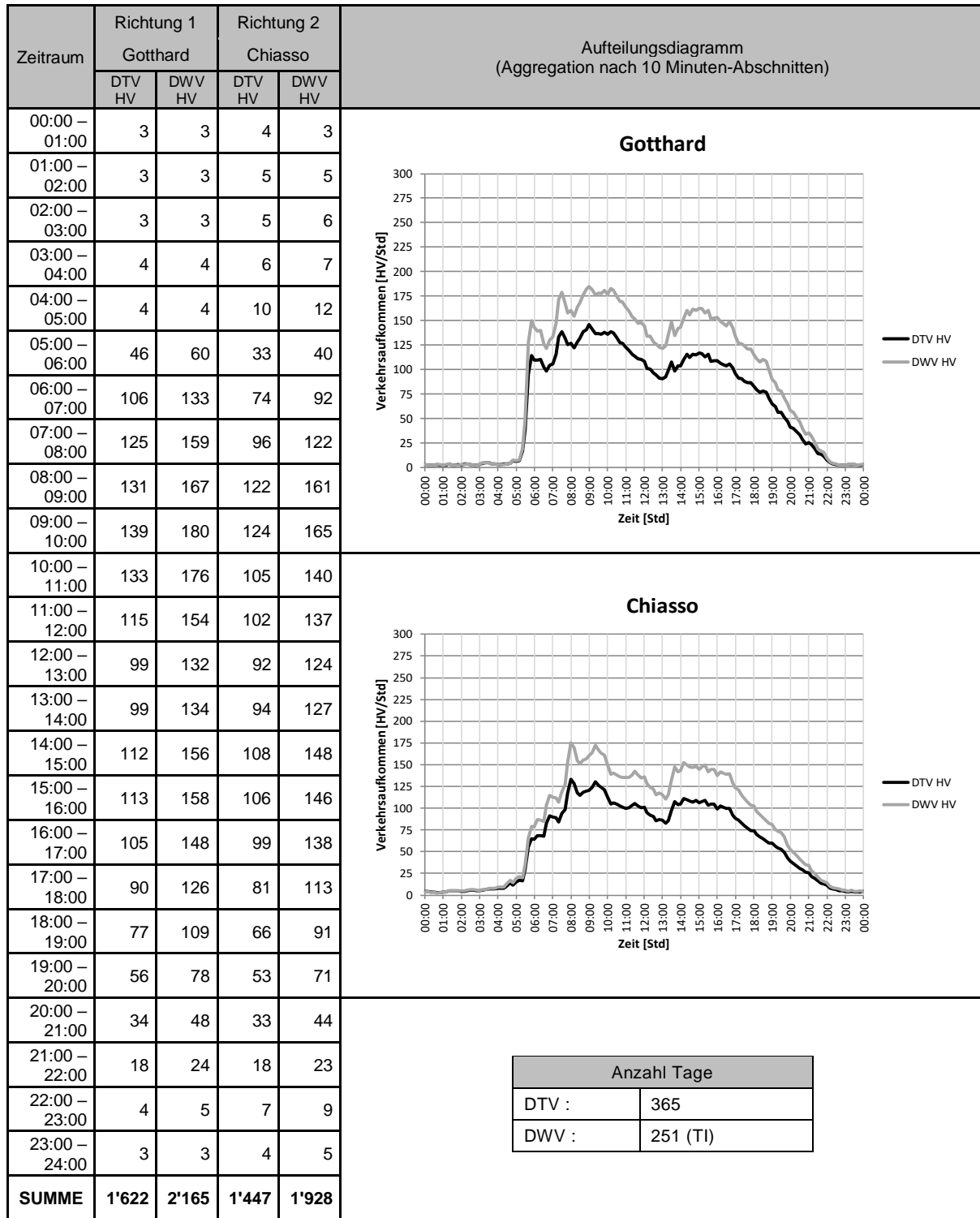
3 Statistikbearbeitung

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)

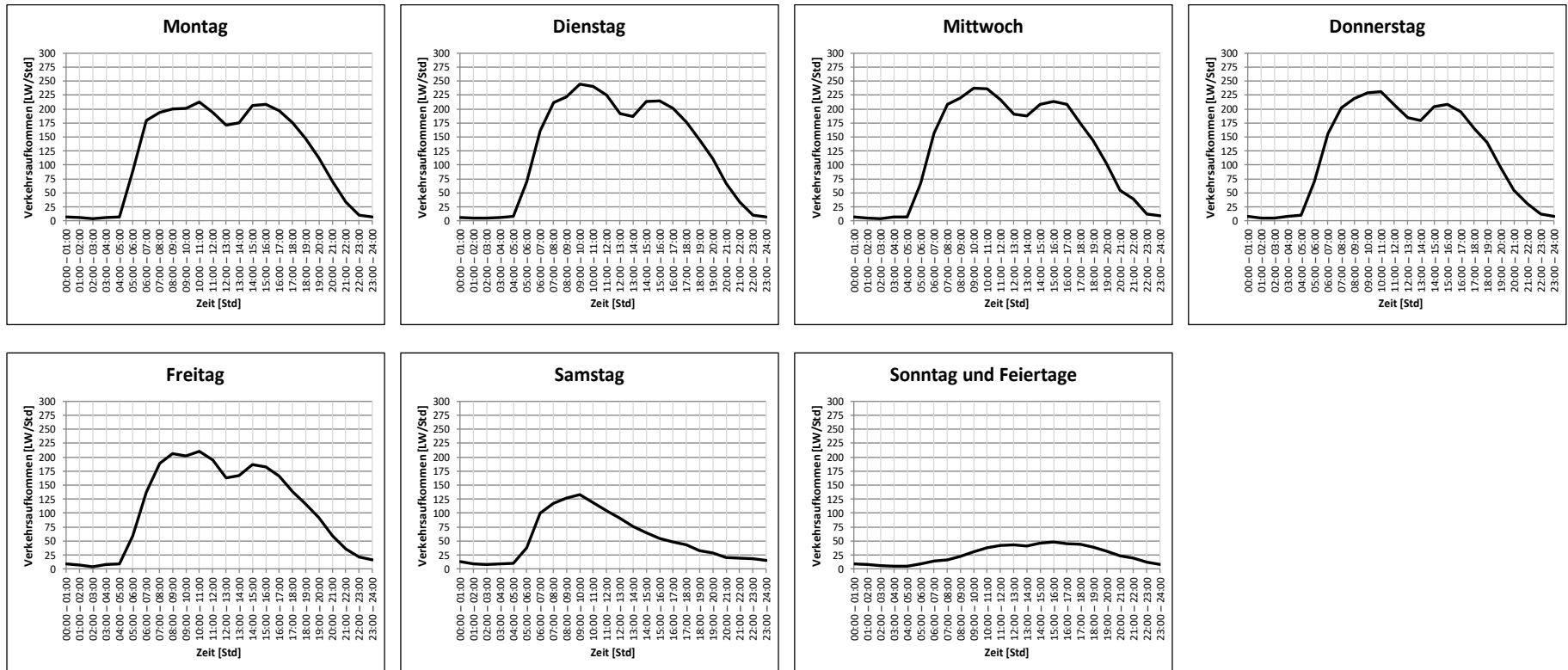


Bemerkung: Die Berechnung der Stundenaufteilungen zieht die Integrität der Daten in Betracht (fehlende Tage und Datenverluste).

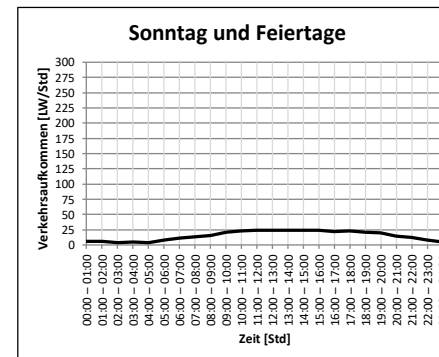
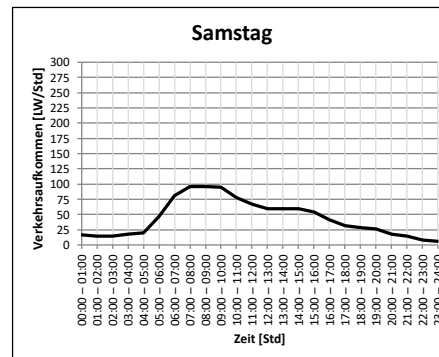
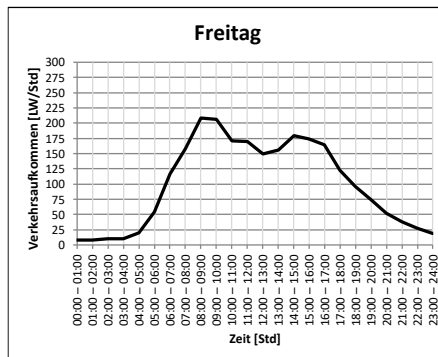
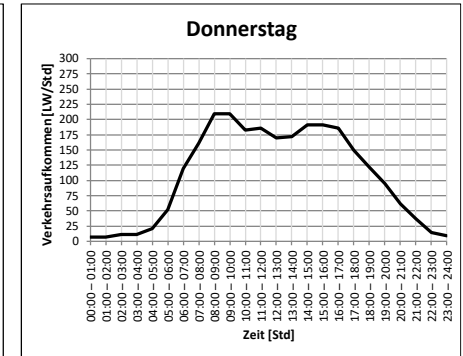
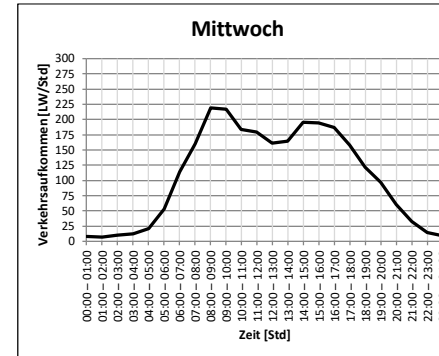
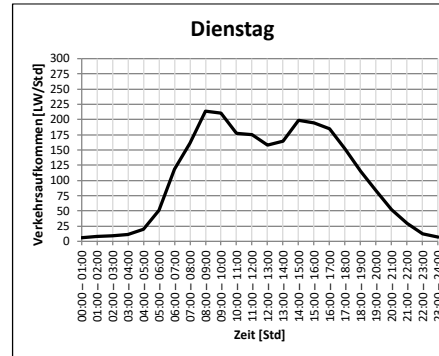
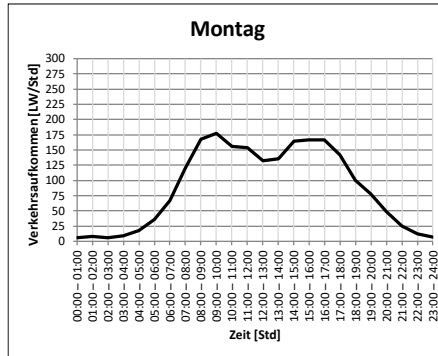
3.3 Tägliche Stundenverteilung

Tage	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag	Sonntag und Feiertage
Anzahl (TI)	49	51	50	50	51	50	64

Richtung 1 : Gotthard (Aggregation nach Stunde)



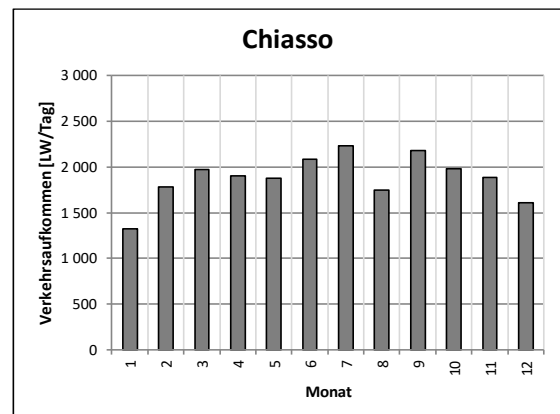
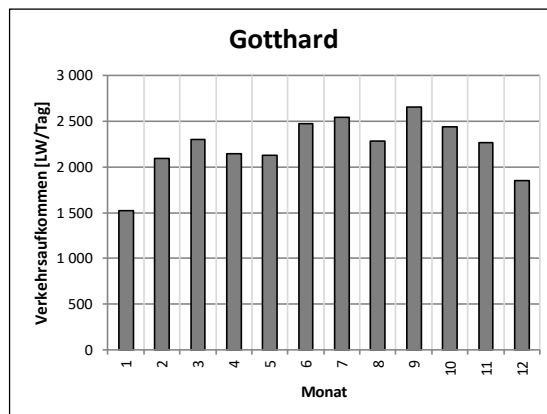
Richtung 2 : Chiasso (Aggregation nach Stunde)



3.4 Fahrzeugerkennung

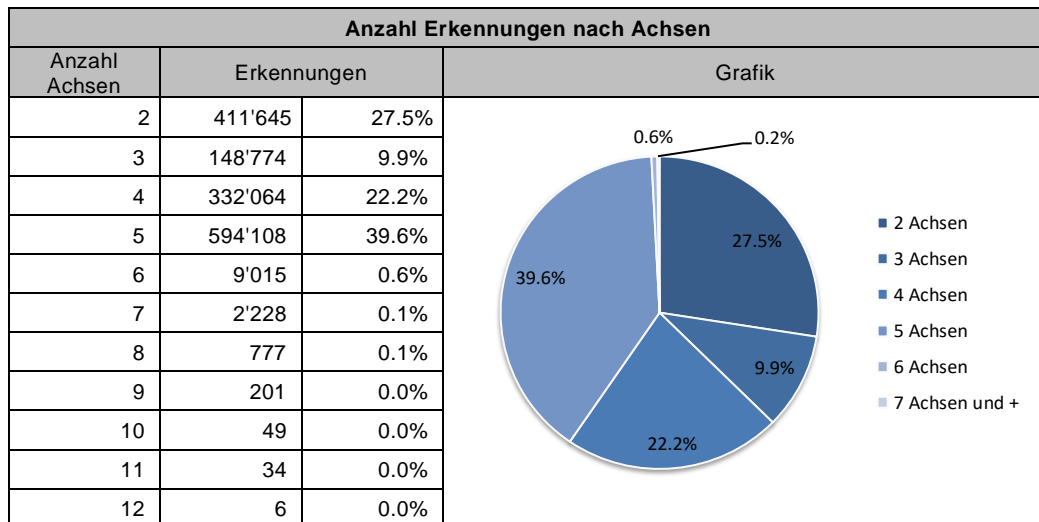
3.4.1 Nach Monat

Anzahl Erkennungen nach Monat		
Monat	Richtung 1 : Gotthard	Richtung 2 : Chiasso
Januar	47'121	40'989
Februar	58'540	49'955
März	71'327	61'115
April	64'346	57'021
Mai	65'865	58'171
Juni	74'202	62'545
Juli	78'894	69'197
August	70'830	54'190
September	79'817	65'412
Oktober	75'765	61'560
November	67'990	56'704
Dezember	57'439	49'906



Bemerkung: Die Berechnung der monatlichen Aufteilungen zieht die Integrität der Daten in Betracht (Fehlende Tage und Datenverluste).

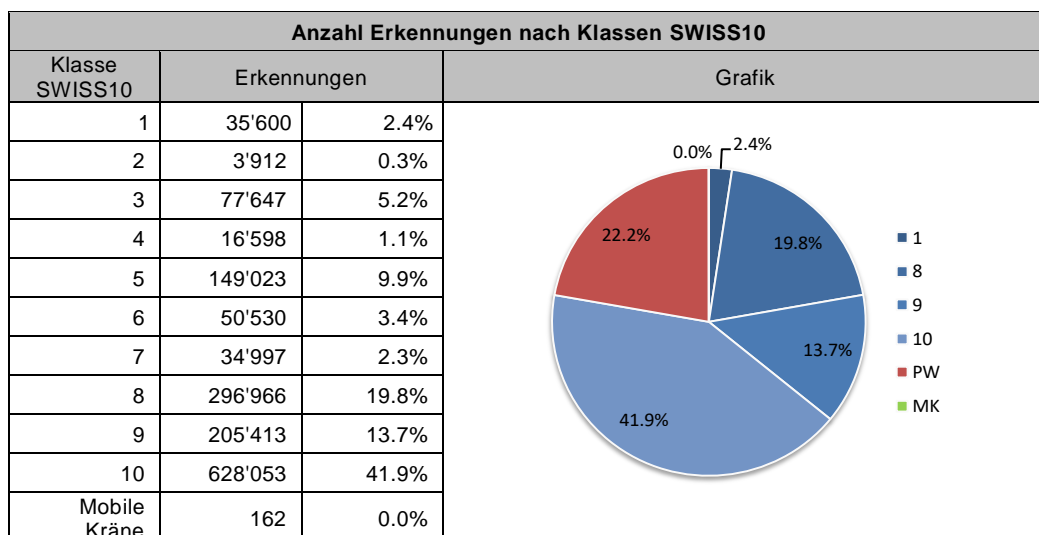
3.4.2 Nach Anzahl Achsen



3.4.3 Nach Klasse SWISS10

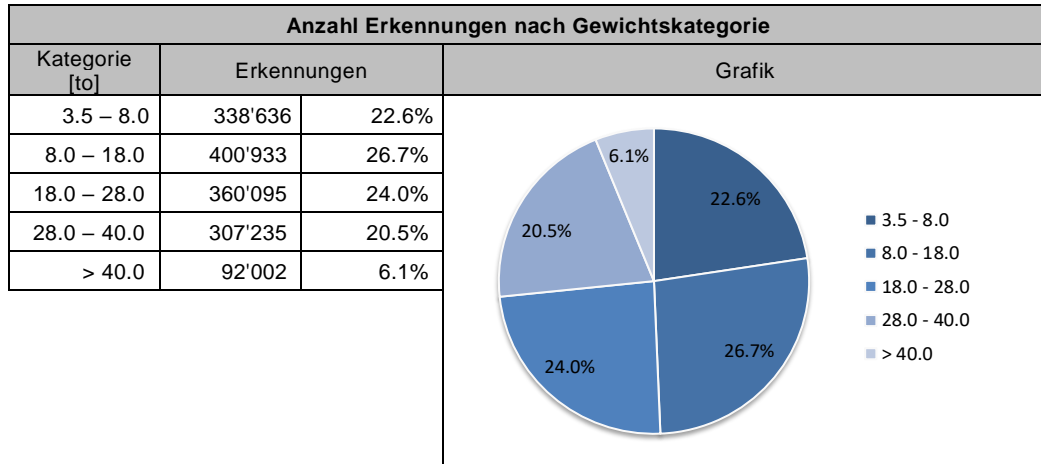
Fahrzeugklassen Swiss 10 [4]

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 332'707 Einträge (Klasse 2 bis 7, 22.2%) 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					
Configuration	Umriss	SWISS10	Erkennungen		
S/S/Tr	0 - - - - 0 + - - - - 000		10	433'630	28.9%
S/S	Unschlüssig			222'501	14.8%
S/S	0 - - - - 0		8	167'206	11.2%
S/S/Ta	0 - - - - 0 + - - - - 00		10	140'069	9.3%
S/S/Tr	0 - - - - 0 + - - 000 - -		9	58'274	3.9%
S/S/S	Unschlüssig			49'998	3.3%
Ta/Ta	00 - - - 00		8	48'622	3.2%
S/S/Ta	0 - - - - 0 + - - - 00 - -		9	45'814	3.1%
S/Ta	0 - - - - 00		8	40'196	2.7%
S/S/Ta	Unschlüssig			39'912	2.7%
S/S/S/S	0 - - - - 0 + 0 - - - - 0		9	32'618	2.2%
S/Ta/Ta	0 - - - - 00 + - - - 00 - -		9	29'127	1.9%
S/S/Tr	Unschlüssig			24'699	1.6%
S/Ta/S/S	0 - - - - 00 + 0 - - - - 0		9	23'296	1.6%
S/S	0 - - - - 0		1	20'116	1.3%
S/Ta	Unschlüssig			18'647	1.2%
S/S/S	0 - - - - 0 + - - 0 - -		10	16'888	1.1%
S/S/S/S	0 - - - - 0 + - - - - 0 - 0		10	15'500	1.0%
Andere Umrisse nach SN 640 320					
S/Ta	0 - - - - 00		1	9'235	0.6%
Ta/Tr	00 - - 000		Nicht eingeordnet (8)	5'559	0.4%
S/S/S/Ta	0 - - - - 0 + 0 - - - 00		9	1'713	0.1%

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 : Gotthard		Richtung 2 : Chiasso			Auf Basis von :
	3	4	1	2	-	
1x2 Spuren 1x3 Spuren	7.5%	46.7%	37.9%	5.6%	NB	Anzahl Erkennungen
	1.9%	55.2%	39.4%	3.5%	NB	Gesamtgewicht
	0.7%	61.5%	35.3%	2.5%	NB	Äquivalente Verkehrslast total W

Legende : NB : nicht-bemesst

4.2 Äquivalenzfaktor nach Fahrzeugklassen

Mittlerer Äquivalenzfaktor k nach Schwerverkehrsklassen						
Umriss	Flexibler und halbstarrer Oberbau			Starrer und kombinierter Oberbau		
	Richtung 1 : Gotthard	Richtung 2 : Chiasso	Norm 2019	Richtung 1 : Gotthard	Richtung 2 : Chiasso	Norm 2019
	0.83	0.59	0.7	0.82	0.55	0.6
	1.32	1.00	1.4	1.74	1.31	2.1
	1.99	1.16	1.5	3.55	2.03	2.7
	2.64	2.53	1.9	6.22	6.03	3.0
	0.94	0.80	0.5	0.89	0.72	0.5
	0.81	1.53	1.7	0.70	1.46	1.8
	1.51	0.88	1.7	1.62	0.87	1.8
	2.77	2.00	1.8	3.59	2.51	2.2
	2.00	1.43	2.0	1.98	1.36	2.2
	2.69	2.18	2.0	2.99	2.46	1.9
	2.93	2.28	1.7	3.18	2.55	1.6
	2.29	1.61	1.7	2.79	1.95	1.6
	1.59	1.23	1.3	2.20	1.66	1.0
	3.09	1.64	2.5	3.33	1.69	2.6
	1.39	0.91	1.2	2.01	1.27	0.9

4.3 Äquivalenzfaktor nach Fahrzeugkategorien

Mittlerer Äquivalenzfaktor k nach Fahrzeugkategorien						
Kategorie SWISS10	Flexibler und halbstarrer Oberbau			Starrer und kombinierter Oberbau		
	Richtung 1 : Gotthard	Richtung 2 : Chiasso	Norm 2019	Richtung 1 : Gotthard	Richtung 2 : Chiasso	Norm 2019
1 : Bus, Car	2.47	1.39	2.3	2.84	1.54	2.3
8 : Lastkraftwagen	1.13	0.76	0.9	1.49	0.96	1.0
9 : Lastenzug	2.50	1.66	1.9	3.00	1.91	2.0
10 : Sattelzug	2.44	1.65	1.7	3.08	1.99	2.0

4.4 Mittlerer Äquivalenzfaktor

Mittlerer Äquivalenzfaktor k für den Strassentyp / Anteil auf Datenprobe						
Daten	Flexibler und halbstarrer Oberbau			Starrer und kombinierter Oberbau		
	Richtung 1 : Gotthard	Richtung 2 : Chiasso	Norm 2019	Richtung 1 : Gotthard	Richtung 2 : Chiasso	Norm 2019
Umriss (2-6 Achsen)	1.74	1.25	1.6	2.22	1.52	1.7
	99.5%	99.2%		99.5%	99.2%	
Kategorie	2.16	1.42		2.71	1.71	
	70.7%	77.8%		70.7%	77.8%	
Klasse	2.17	1.43		2.73	1.73	
	69.4%	76.3%		69.4%	76.3%	

4.5 Aktuelle äquivalente Verkehrslastklasse nach SN 640 324

Flexibler und halbstarrer Oberbau

Richtung 1 : Gotthard

$$TF_0 = \frac{812'136 \text{ LW}}{365 \text{ Tage}} \cdot 1.74 \cdot \frac{61.5\%}{62.2\%} = 3'829 \text{ ESAL/Tag} \rightarrow \text{Klasse T6 : Extr. schwer}$$

Richtung 2 : Chiasso

$$TF_0 = \frac{686'765 \text{ LW}}{365 \text{ Tage}} \cdot 1.25 \cdot \frac{35.3\%}{37.8\%} = 2'195 \text{ ESAL/Tag} \rightarrow \text{Klasse T5 : Sehr schwer}$$

Starrer und kombinierter Oberbau

Richtung 1 : Gotthard

$$TF_0 = \frac{812'136 \text{ LW}}{365 \text{ Tage}} \cdot 2.22 \cdot \frac{61.5\%}{62.2\%} = 4'875 \text{ ESAL/Tag} \rightarrow \text{Klasse T6 : Extr. schwer}$$

Richtung 2 : Chiasso

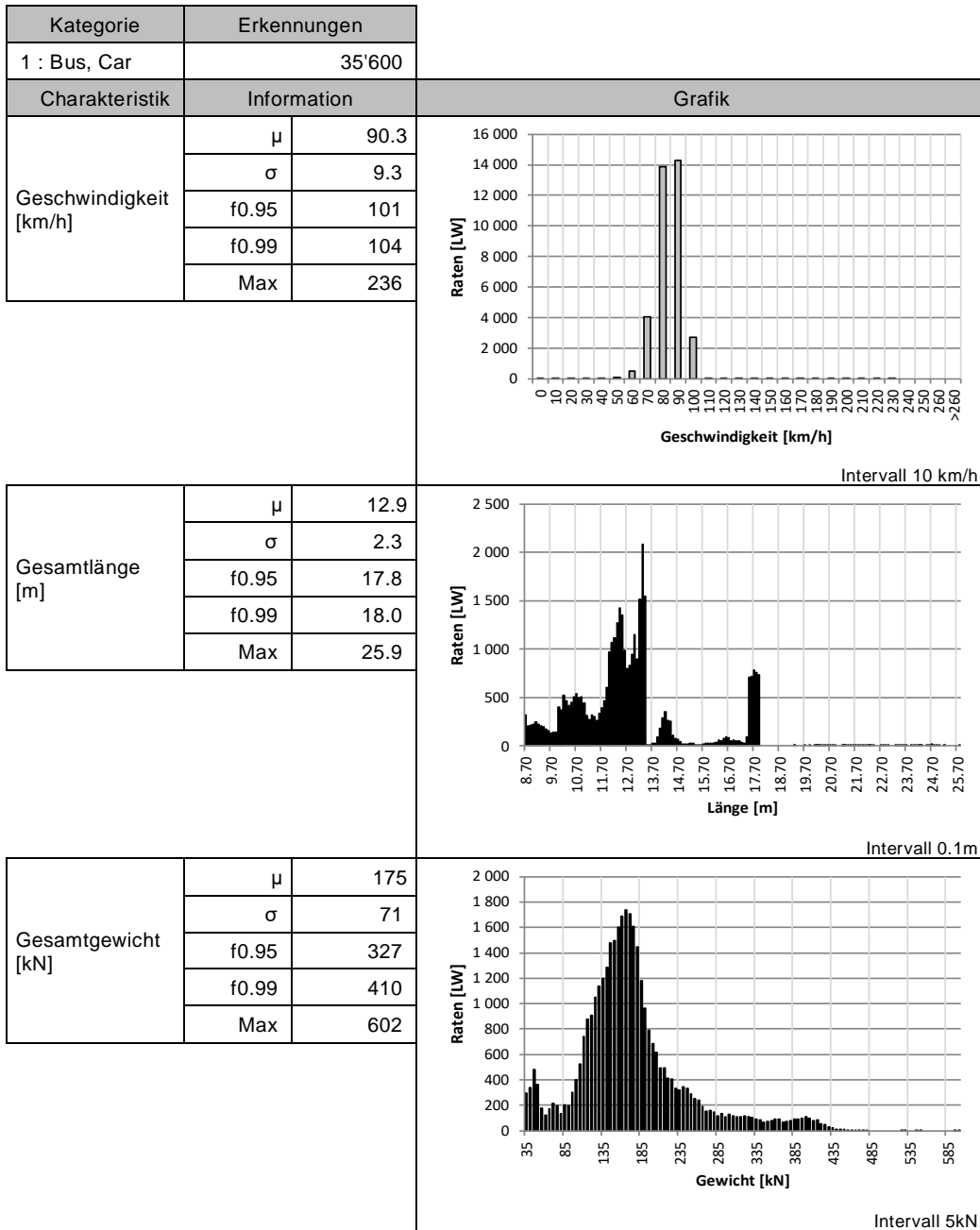
$$TF_0 = \frac{686'765 \text{ LW}}{365 \text{ Tage}} \cdot 1.52 \cdot \frac{35.3\%}{37.8\%} = 2'672 \text{ ESAL/Tag} \rightarrow \text{Klasse T5 : Sehr schwer}$$

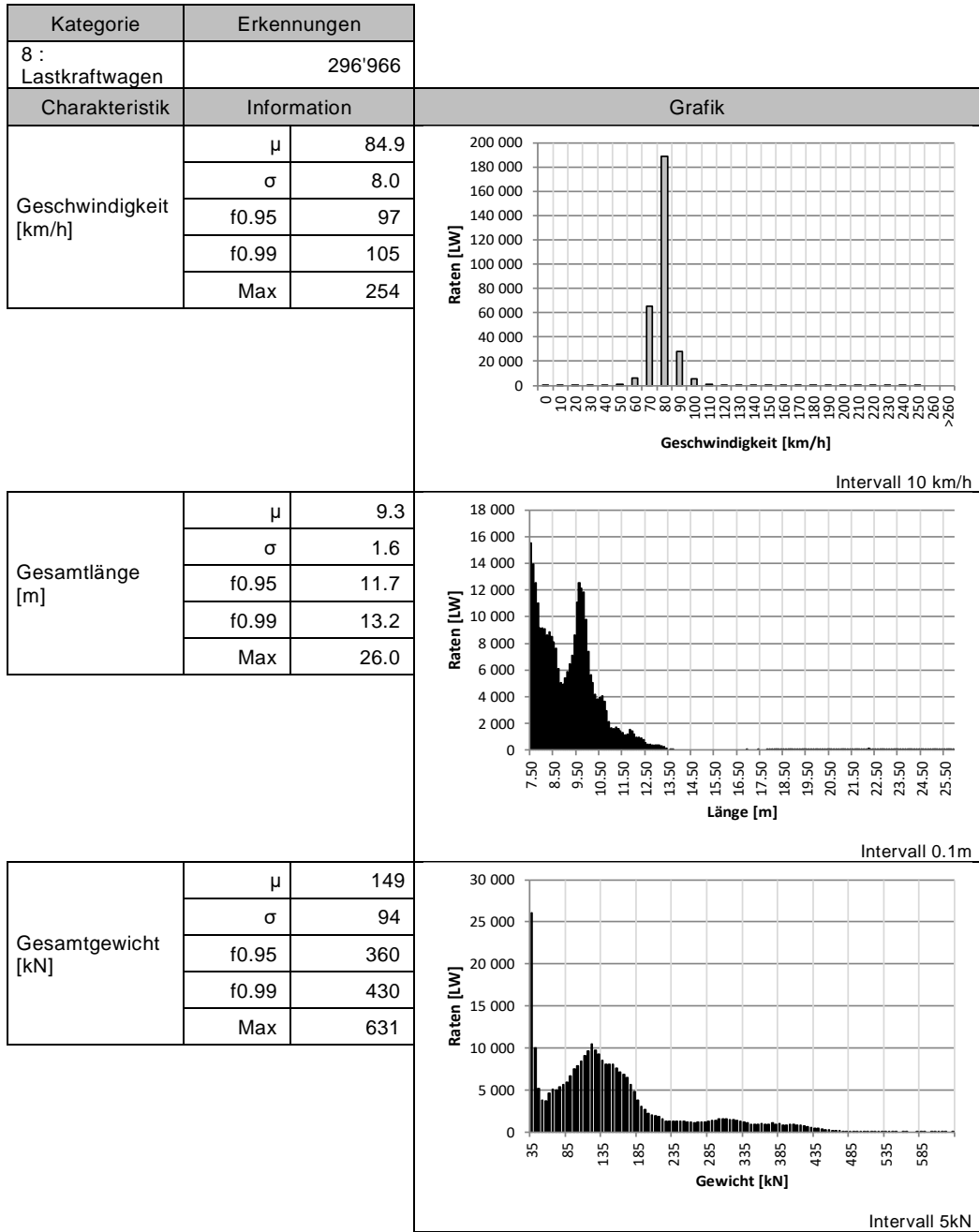
4.6 Tendenz für die Schätzung der jährlichen Zuwachsrates

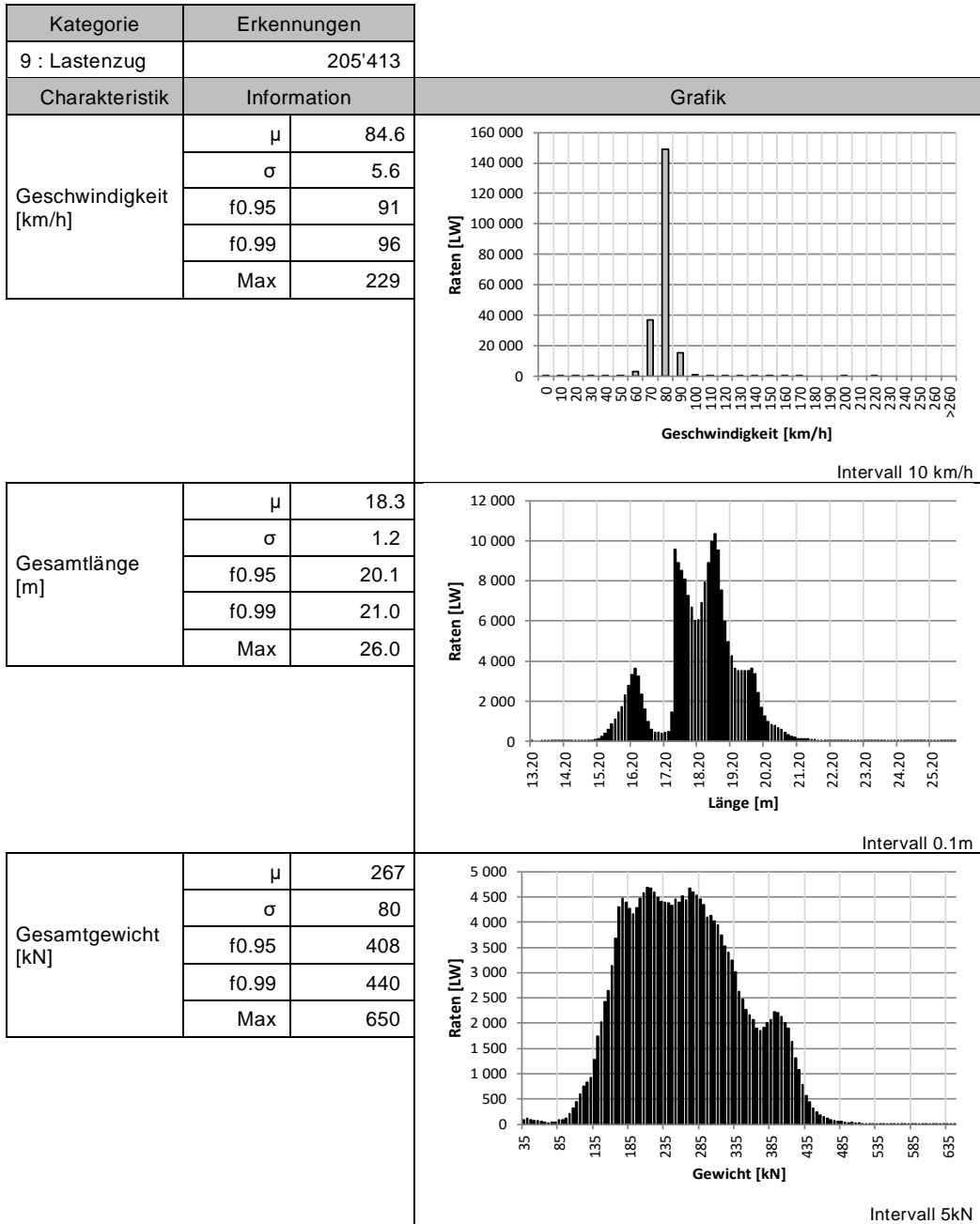
Aufgrund der gesundheitlichen Lage (COVID-19), werden keine Tendenzen analysiert.

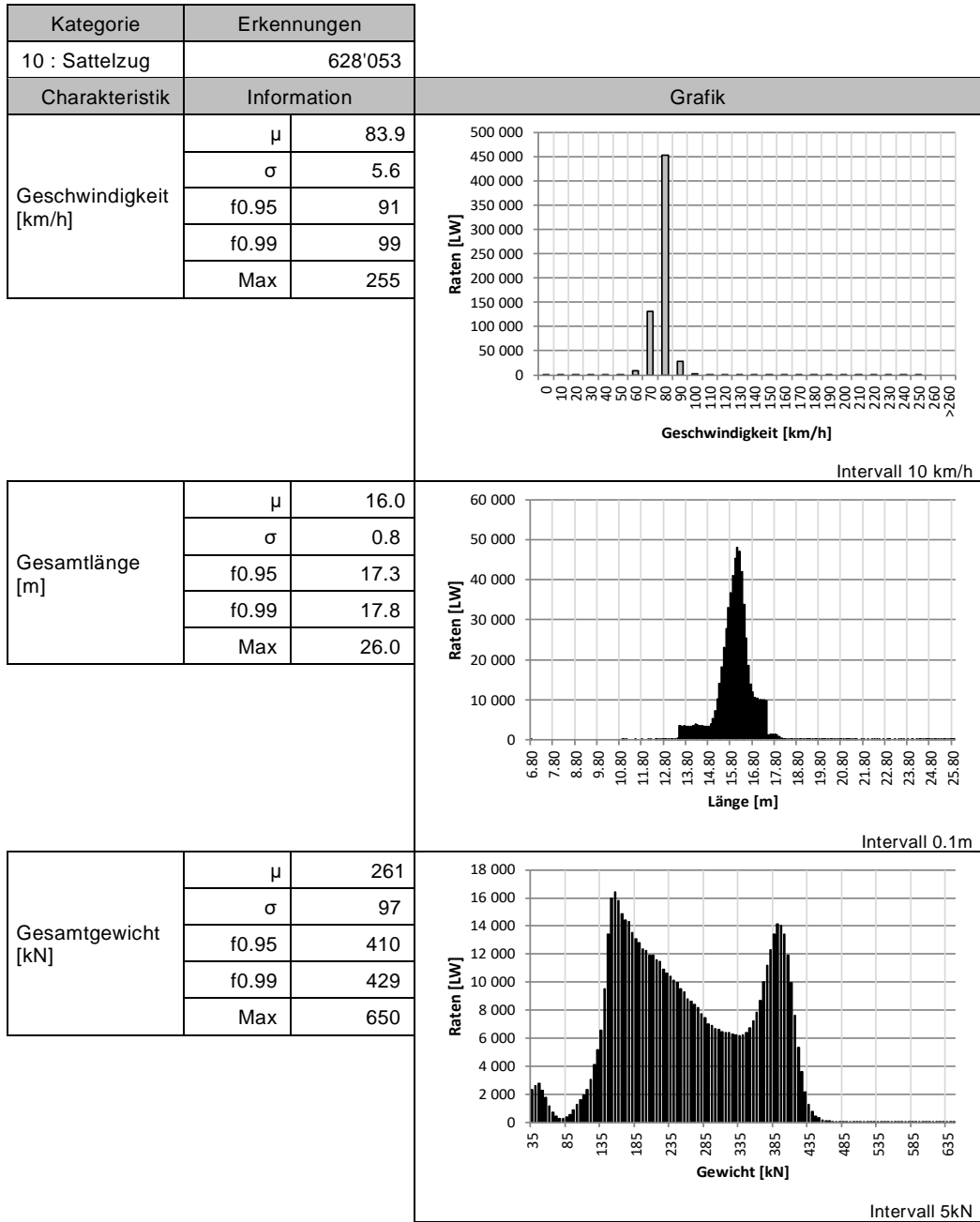
5 Charakteristik der Lastwagen

5.1 Charakteristik der Lastwagen-Kategorien



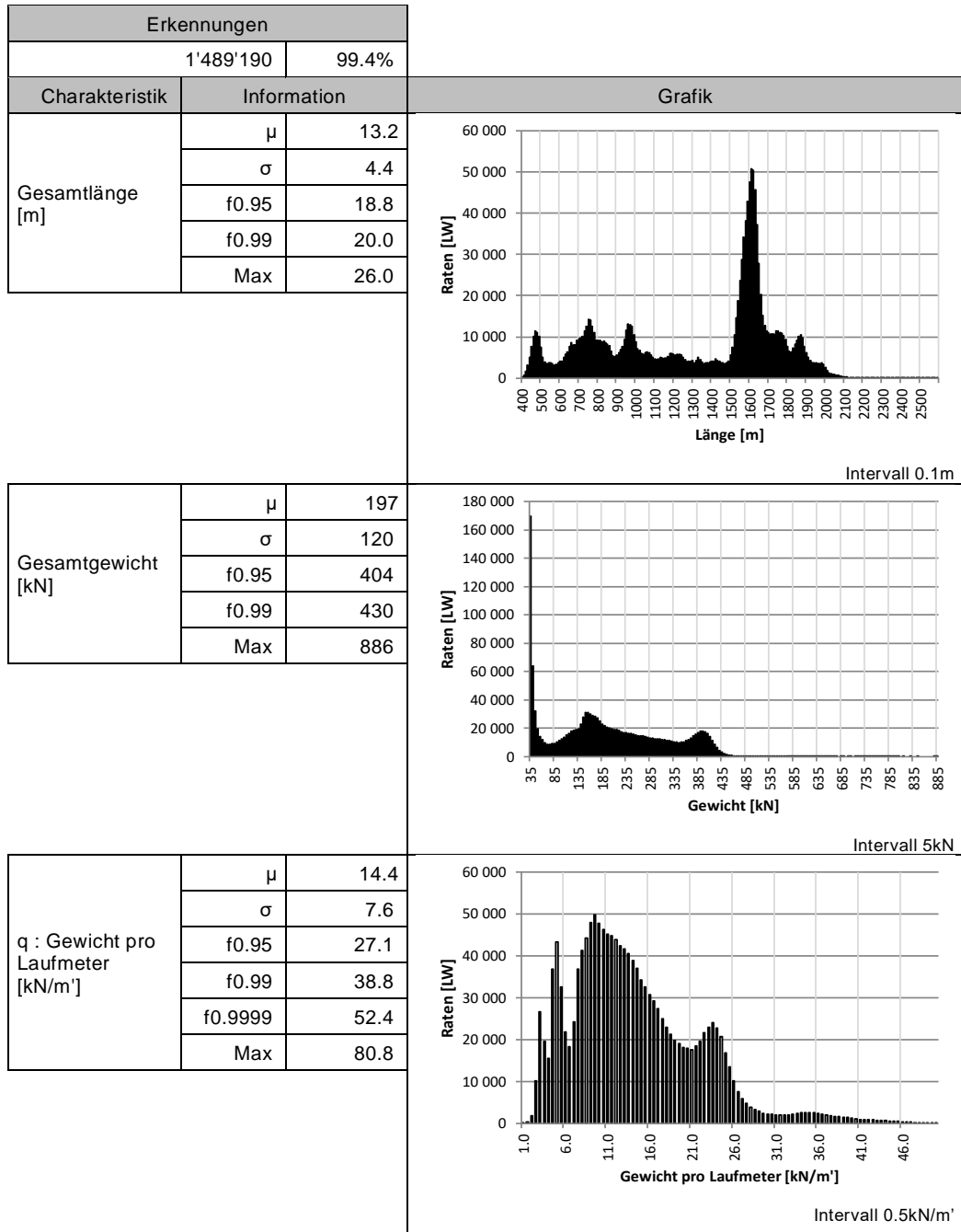


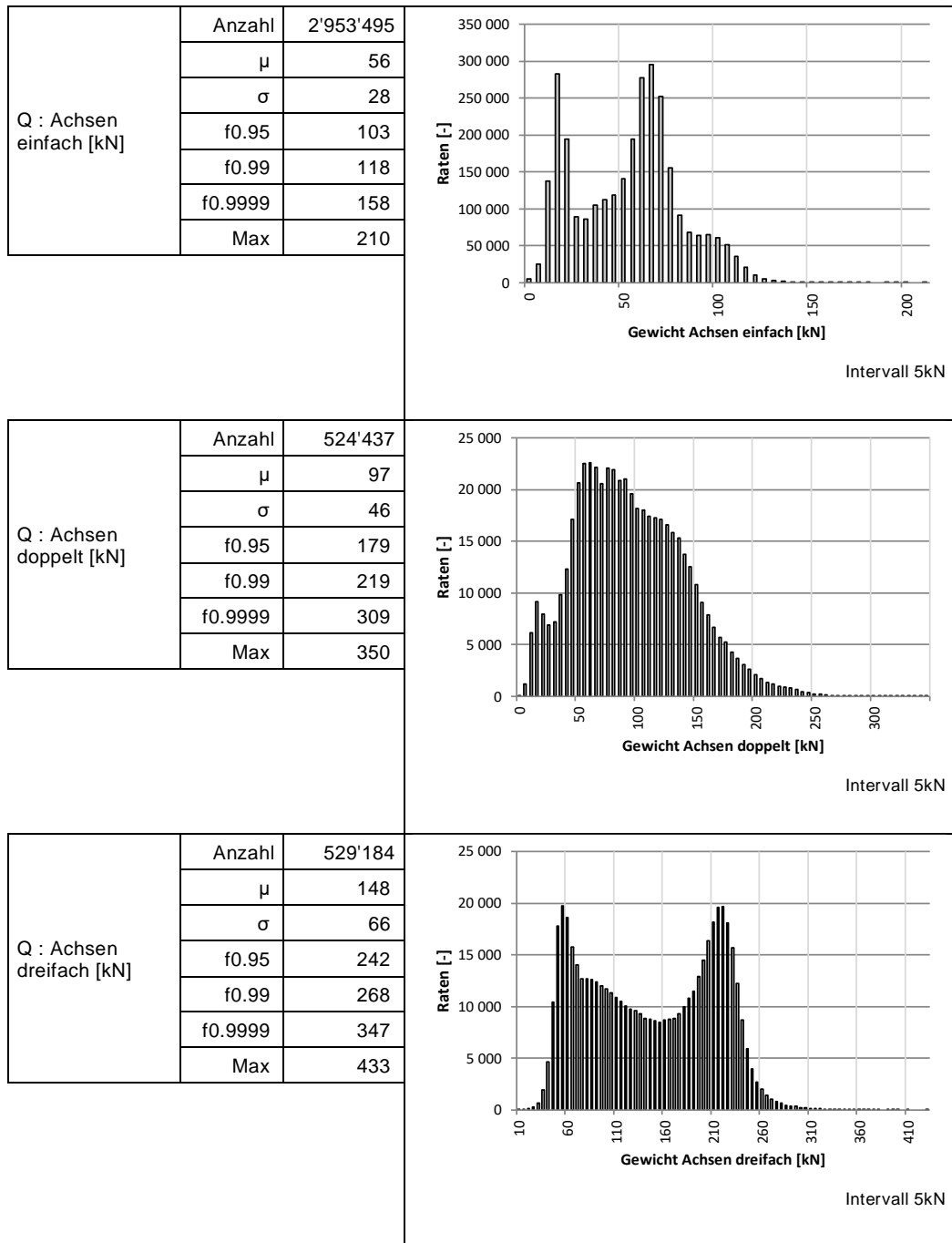




5.2 Globale Charakteristik der Proben

Auf Basis der Erkennungen der Umrissse 2 bis 6 Achsen.



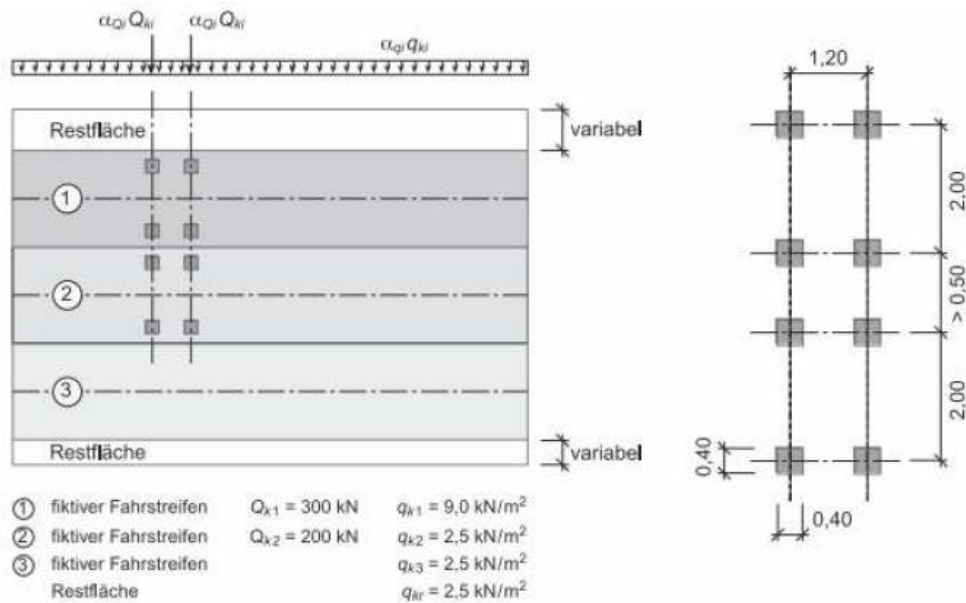


6 Vorlage nach Norm SIA 261

Referenzdokument : [3]

Die in Betracht gezogenen Daten sind jene der erkannten Umrissse von 2 bis 6 Achsen, sprich 99.4% der gesamten Proben.

6.1 Vorlage der Last 1 nach SIA 261



6.1.1 Konzentrierte Last Q

Konzentrierte Last Q					
Typ Achsen	Durchschnittslast [kN]	Durchschnittslast pro Achse [kN]	f0.95 [kN] (pro Achse)	f0.99 [kN] (pro Achse)	f0.9999 [kN] (pro Achse)
Einfach	56	56	103	118	158
Doppelt	97	49	179 (89)	219 (109)	309 (154)
Dreifach	148	49	242 (81)	268 (89)	347 (116)

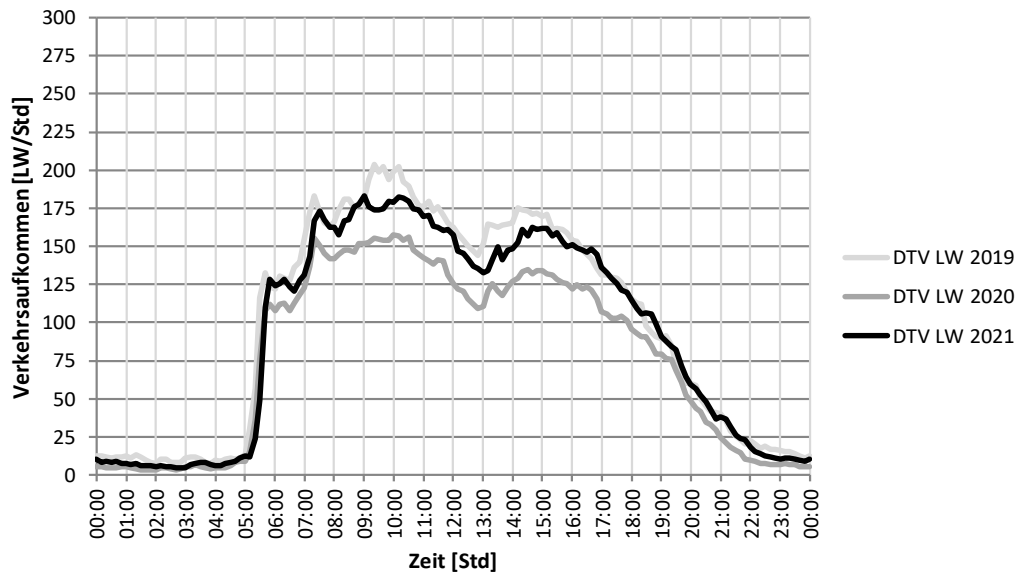
6.1.2 Verteilte Last q

Verteilte Last q				
Typ	Durchschnittslast	f0.95	f0.99	f0.9999
Gewicht pro Laufmeter [kN/m']	14.4	27.1	38.8	52.4
Gewicht pro Fläche (Breite 3 m) [kN/m²]	4.8	9.0	12.9	17.5

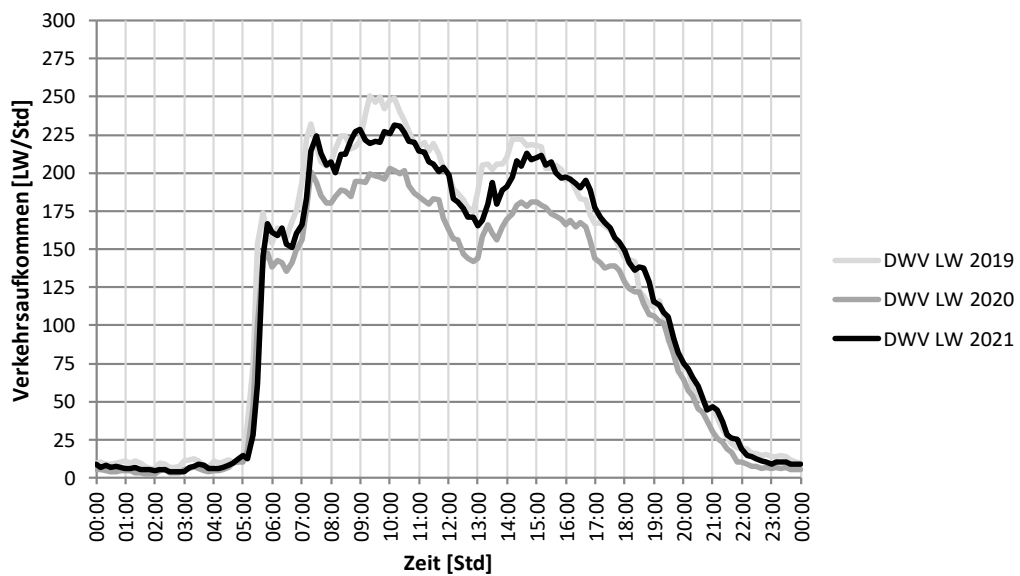
7 Tendenz

7.1 Entwicklung der jährlichen Stundenaufteilung

Gotthard



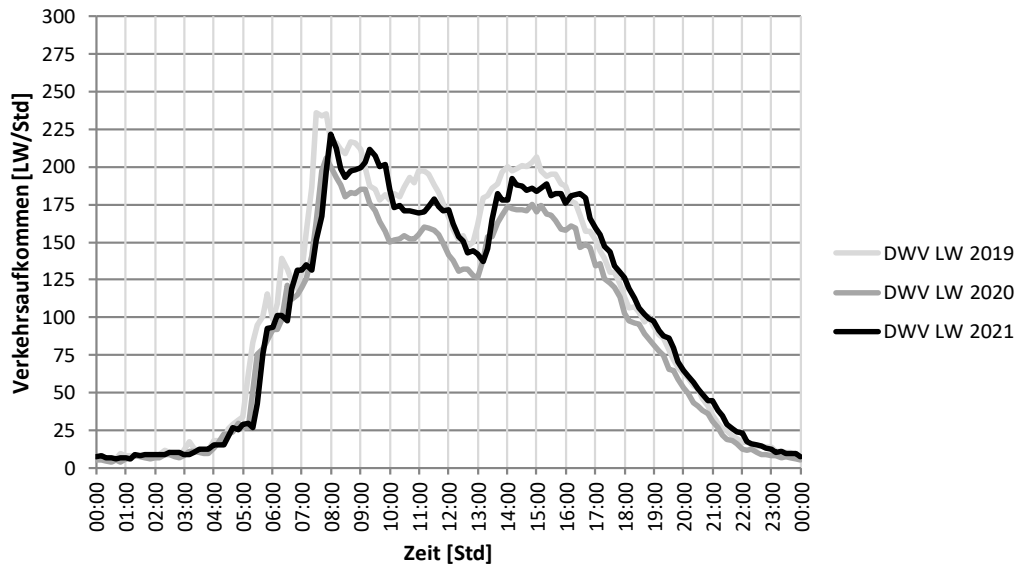
Gotthard



Chiasso

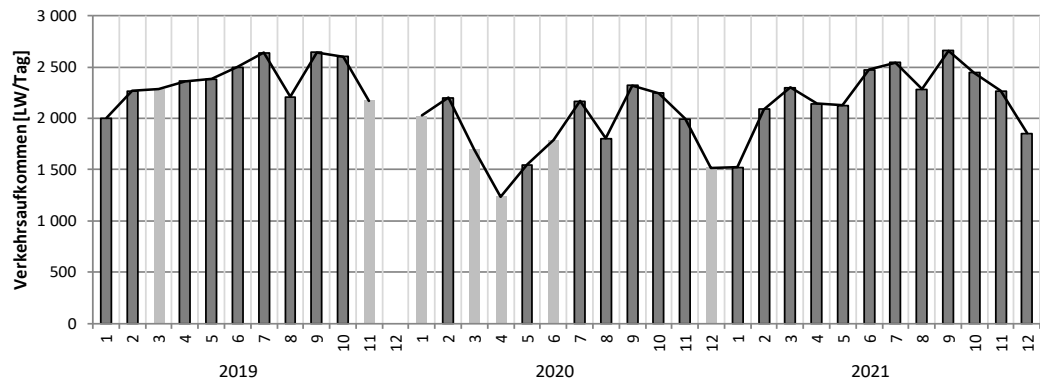


Chiasso

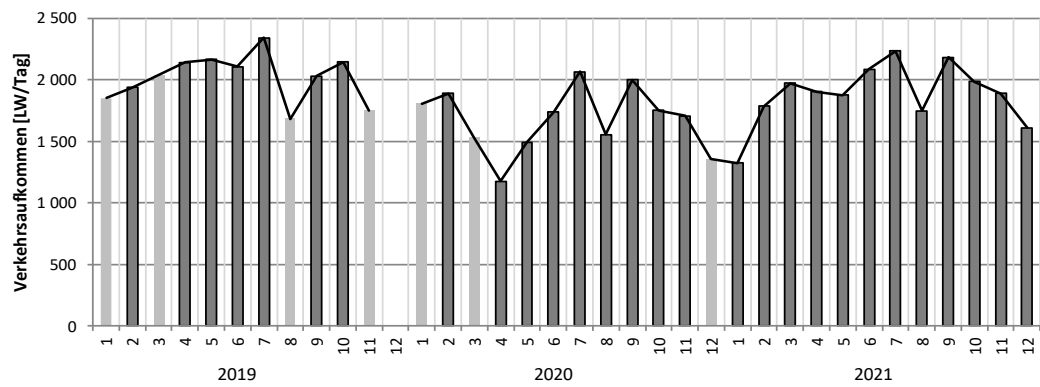


7.2 Entwicklung der Erkennungen nach Monat

Gotthard



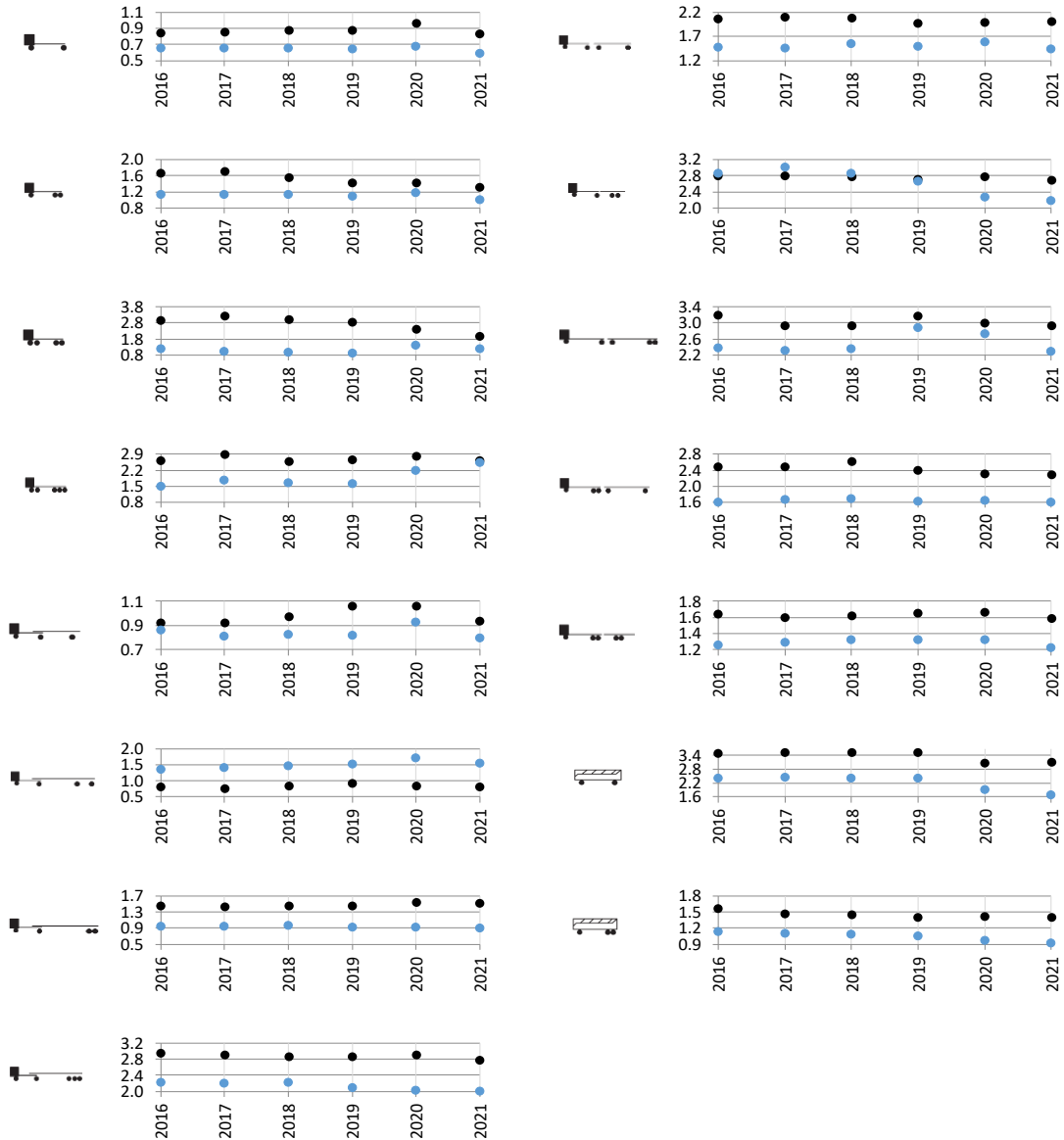
Chiasso



7.3 Entwicklung der Vorlage der Norm SN 640 320

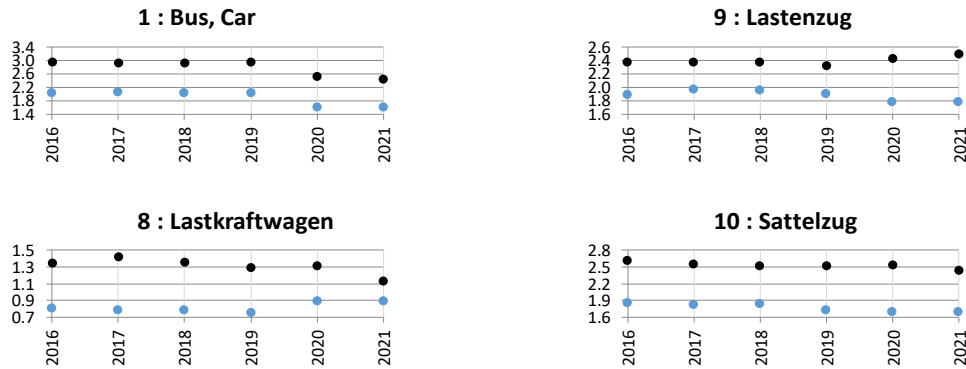
In diesem Kapitel werden einzig die flexiblen und halbstarren Fahrbahnen in Betracht gezogen.

7.3.1 Entwicklung der Äquivalenzfaktoren nach Fahrzeugklasse



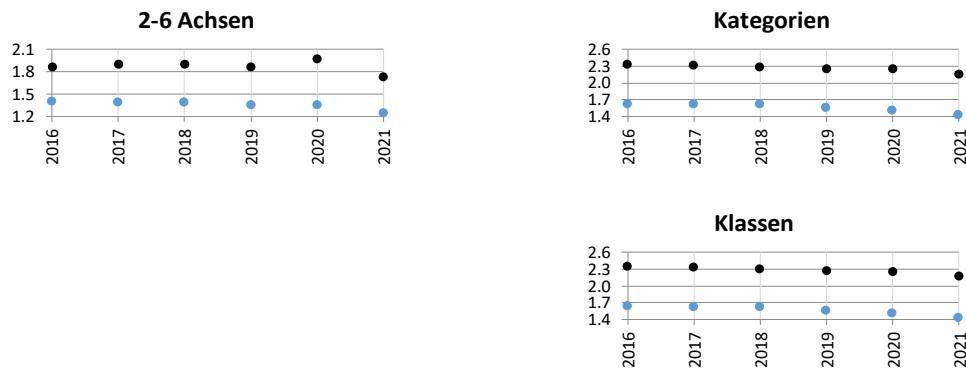
Schwarz : Richtung Gotthard ; Blau : Richtung Chiasso.

7.3.2 Entwicklung der Äquivalenzfaktoren nach Fahrzeugkategorie



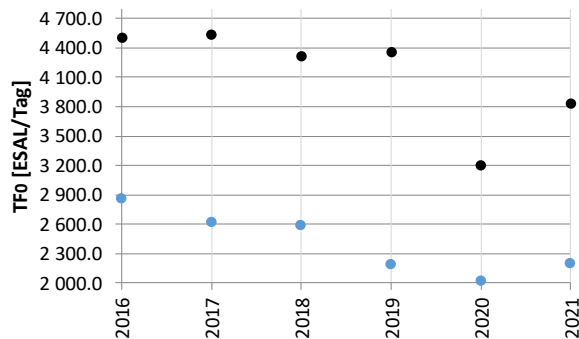
Schwarz : Richtung Gotthard ; Blau : Richtung Chiasso.

7.3.3 Entwicklung des mittleren Äquivalenzfaktors



Schwarz : Richtung Gotthard ; Blau : Richtung Chiasso.

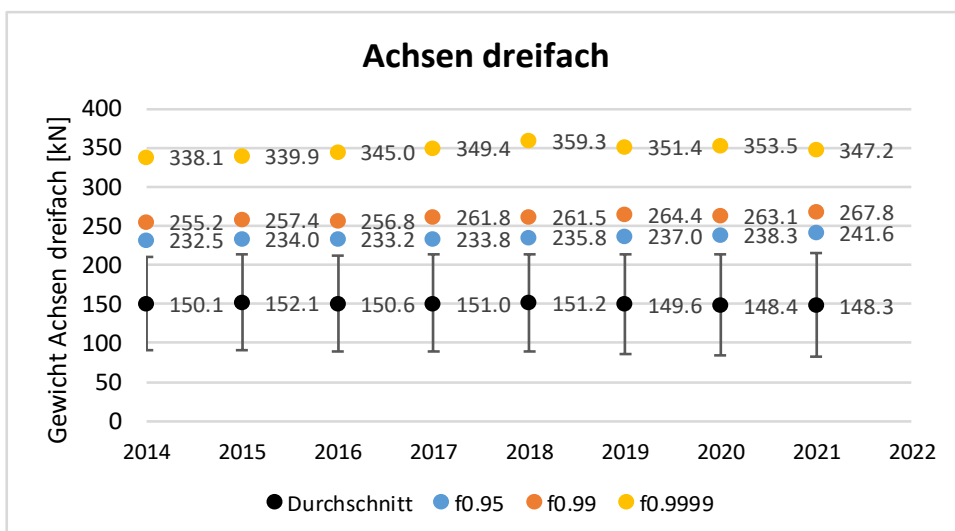
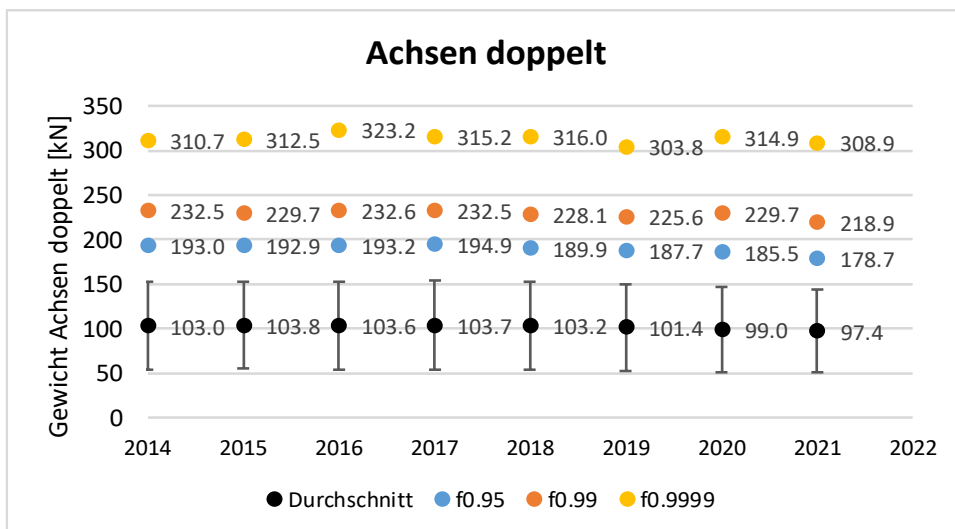
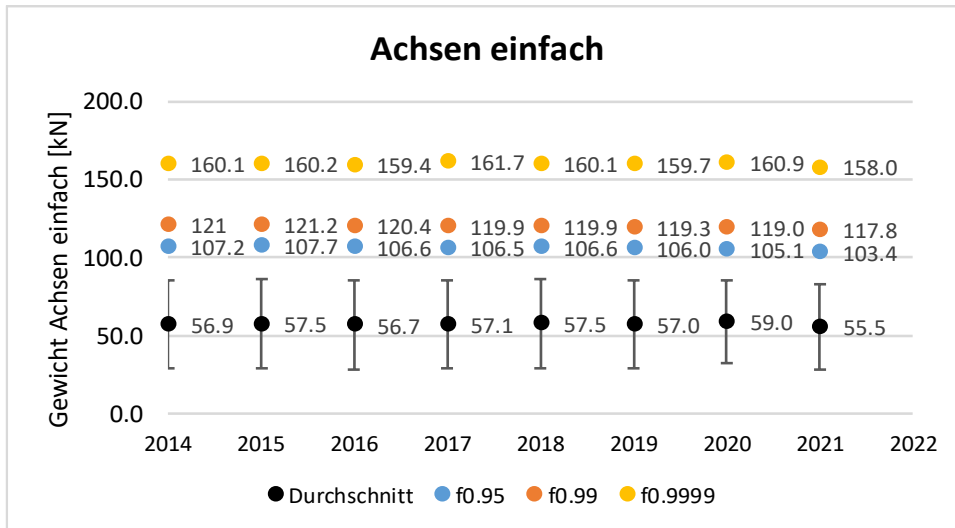
7.3.4 Entwicklung der täglichen äquivalenten Verkehrslast



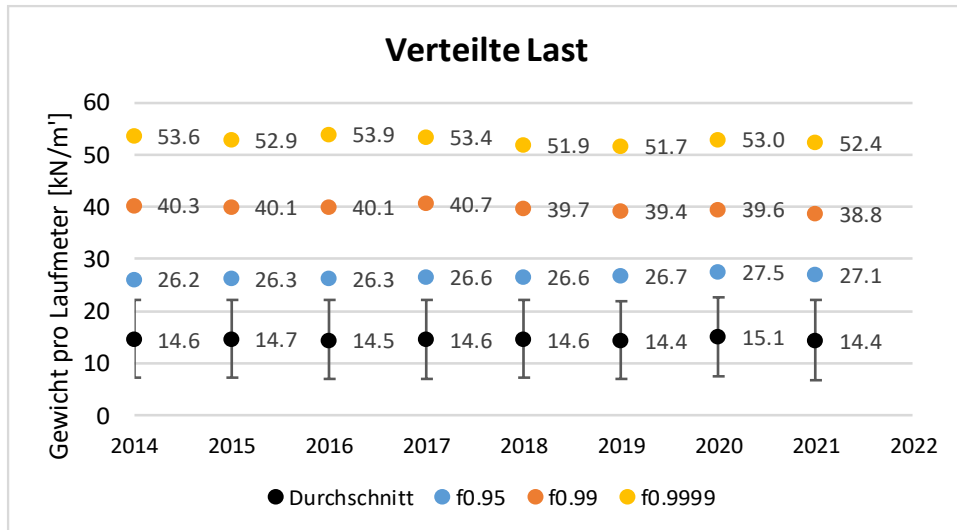
Schwarz : Richtung Gotthard ; Blau : Richtung Chiasso.

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 :	08.04.2021 – Richtung Gotthard (Spur 4) 08.09.2021 – Richtung Chiasso	
Angewendeter Korrekturfaktor :	Richtung Gotthard : -3.94 % Richtung Chiasso : -2.70% / 2.74%	
Anwendung des Korrekturfaktors :	Richtung Gotthard : Ja Richtung Chiasso : Ja / Ja	
Vertrauensebene der Kalibrierung :	Richtung Gotthard : Gut Richtung Chiasso : Sehr gut	
Daten die als Referenz verwendet werden können :	Richtung Gotthard : 2021 Richtung Chiasso : -	
Feststellung auf Basis der Bearbeitung der WIM-Daten		
Datenverlust :	0 Tag	
Ausgeschlossen :	1.88%	
Globaler Zusammenhang der Daten :	In Ordnung	
Zusammenhang der Tendenzen der Station :	In Ordnung	
Einordnung SWISS10, PW ≥ 3.5 to :	22.2%	
Inkohärente Umrisse :	25.8% davon 24.9% potentiell wegen der Einteilung SWISS10 0.9% Andere Inkohärenzen	
Vorschläge		
Das Vertrauen in die Daten der Station ist gut. 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 (März 2019), « **Dimensionnement de la structure des chaussées – Trafic pondéral équivalent** », VSS 40 320.
- [2] Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS (März 2019), « **Dimensionnement de la structure des chaussées – Sol de fondation et chaussée** », VSS 40 324.
- [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 V1.06.

Dokumentation

- [5] M.-A. Fénart, Prof. A.-G. Dumont (LAVOC-EPFL), L. D'Angelo, Prof. A. Nussbamer (ICOM-EPFL) (2017) « **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, Rapport n° 685*.
 - [6] M.-A. Fénart, M. Ould-Henia, M. Delaby (2017) « **Actualisation des facteurs d'équivalence de la norme SN640320** », Office fédéral des routes OFROU, *Projet de recherche VSS 2015/411, Rapport n° 1606*.
 - [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.
-