

BFS, ARE, ASTRA

AKTUALISIERTE SCHÄTZUNG ZUM SCHWERVERKEHRSBEDINGTEN ANTEIL AN DEN STRASSENKOSTEN

Bericht Phase II

Zürich / Bern, 26. Juli 2013

Martin Buck, Peter Spacek, Peter Windler, Thomas Wanner, SNZ
Markus Maibach, Infras
Christoph Lieb, Ecoplan

inFRAS



SNZ Ingenieure und Planer AG

ECOPLAN

THUNSTRASSE 22
CH-3005 BERN
T +41 31 356 61 61
F +41 31 356 61 60

POSTFACH, CH-6460-ALTDORF
T +41 41 870 90 60
F +41 41 872 10 63

WWW.ECOPLAN.CH

SNZ

DÖRFLISTRASSE 112
CH-8050 ZÜRICH

TELEFON +41 44 318 78 78
FAX +41 44 312 64 11
EMAIL INFO@SNZ.CH

WWW.SNZ.CH

INFRAS

BINZSTRASSE 23
POSTFACH
CH-8045 ZÜRICH
t +41 44 205 95 95
f +41 44 205 95 99
ZUERICH@INFRAS.CH

MÜHLEMATTSTRASSE 45
CH-3007 BERN

WWW.INFRAS.CH

INHALT

1.	Einleitung	5
1.1.	Wichtigste Ergebnisse aus Phase I	5
1.2.	Ausgangslage für Phase II	7
1.3.	Organisatorische Hinweise	8
1.4.	Inhaltsübersicht des vorliegenden Berichts	9
1.5.	Hinweise und Vorschläge der Experten	10
2.	Gesamtschau und Vorgehen	11
2.1.	Fallbeispiele	11
2.2.	Weitere Grunddaten und Netze	12
2.2.1.	Netzlängen	12
2.2.2.	Brücken und Tunnels	13
2.2.3.	Schwerverkehrsanteile	14
2.2.4.	Strassentypen und Geschwindigkeiten	14
2.2.5.	Strassenknoten	15
2.2.6.	Fazit zu Grunddaten und Netzen	16
2.3.	Vorgehensablauf	17
3.	Auswertung Fallbeispiele zu gewichtsbedingten Kostenanteilen	18
3.1.	Fallbeispiele und Vorgehen	18
3.2.	Ergebnisse	19
3.3.	Diskussion und Interpretation der Ergebnisse	20
3.3.1.	Analysen und Erkenntnisse aus Fallbeispielen	20
3.3.2.	Mittelwerte und Standardabweichungen	21
3.4.	Repräsentativität der Fallbeispiele	22
4.	Dimensionsbedingte Faktoren (Breiten, Flächen, Volumen)	24
4.1.	Ansatz für die Bestimmung der Minderbreite	24
4.2.	Normgerechte geometrische Normalprofile (GNP)	24
4.2.1.	GNP für Strassentypen (offene Strecke)	24
4.2.2.	GNP für Tunnels, Überdeckungen, Galerien	25
4.3.	Flächenbedarf Knoten	27
4.4.	Ergebnis zu den dimensionsbedingten Faktoren	28
4.5.	Validierung mit Fallbeispielen	28
5.	Kapazitätsbedingte Faktoren	30

5.1.	Kapazitätsabminderung auf Strecken ausserorts	30
5.2.	Kapazitätsabminderung auf Strecken innerorts	31
5.3.	Gesamtbetrachtung Kapazitätsabminderung	32
6.	Weitere Faktoren	34
6.1.	Lärmbedingte Aspekte	34
6.1.1.	Lärmberechnungen mit sonROAD	34
6.1.2.	Vergleich mit Daten Fachstelle Lärmschutz Zürich (FALS)	35
6.1.3.	Vergleich mit Erkenntnissen aus Projekt MFM-U	36
6.1.4.	Einordnung der %-Sätze Lärm	37
6.2.	Frost	37
6.3.	Stützmauern und Zusatzstreifen	39
6.4.	Weitere Aspekte	39
7.	Synthese zu den Faktoren, Aggregationen und Empfehlungen	40
7.1.	Synthese	40
7.2.	Aggregation und Empfehlungen zur Anpassung des Berechnungsmodus	41
7.2.1.	Aggregation der ermittelten Faktoren	41
7.2.2.	Fazit und Empfehlungen zur Anpassung des Berechnungsmodus	43
7.3.	Weitergehende Empfehlungen	44
Anhang A:	Gewichtsbedingte Faktoren / Fallbeispiele	47
Anhang A1:	Leitfaden/Arbeitshilfe zur Berechnung der gewichtsabhängigen Kosten bei den Fallbeispielen	48
Anhang A2:	Gesamtübersicht Fallbeispiele	49
Anhang A3:	Dokumentation Fallbeispiele	50
Anhang B:	Dimensionsbedingte Faktoren	51
Anhang B1:	Geometrische Normalprofile	52
Anhang B2:	Hochrechnung Minderbreiten auf Gesamtnetz	53
Anhang B3:	Knotenstatistik aus sonBASE	54
Anhang B4:	Auswertung von Fallbeispielen bezüglich Minderbreiten	55
Anhang C:	Kapazitätsbedingte Faktoren	56
Anhang C1:	Internationale Recherche zum Einfluss des Schwerverkehrs auf die Strassenkapazität	57
Anhang C2:	Kapazitätsabminderung auf Nationalstrassen und Strassen ausserorts	58
Anhang C2.1:	Ergebnisse für Nationalstrassen (Bund)	58
Anhang C2.2:	Ergebnisse für Kantonsstrassen ausserorts	59

Anhang C3: Kapazitätsabminderung auf Strassen innerorts _____	60
Anhang C4: Hochrechnung der kapazitätsbedingten Faktoren auf dem Gemeinde- und Kantonsstrassennetz (Überlagerung innerorts/ausserorts) _____	61
Anhang D: Weitere Grundlagen und Auswertungen _____	62
Anhang D1: Ergebnisbericht zu den Lärmberechnungen des BAFU _____	63
Anhang D2: Netzlängen über 700 m ü. M. _____	64
Anhang E: Synthese der Faktoren und Aggregationen _____	65
Anhang E1: Berechnung der Synthese-Faktoren _____	66
Anhang E2: Berechnung des pauschalen Abminderungsfaktors _____	67
Anhang E3: Aggregierte Faktoren zuhanden Phase III _____	68
Anhang E3.1: Konten-Aggregation gewichtsbedingte Faktoren _____	69
Anhang E3.2: Konten-Aggregation dimensionsbedingte Faktoren _____	70
Anhang E3.3: Konten-Aggregation kapazitätsbedingte Faktoren _____	71
Anhang E3.4: Berücksichtigung des pauschalen Abminderungsfaktors (Definitive Faktoren) _____	72
Anhang F: Protokoll des Expertenworkshops vom 24. April 2013 _____	73
Literatur _____	74

1. EINLEITUNG

1.1. WICHTIGSTE ERGEBNISSE AUS PHASE I

Der Zwischenbericht zur Phase I der Vertiefungsstudie beinhaltet einerseits eine Würdigung der bisherigen Erkenntnisse aus dem Methodikbericht 2011¹ und andererseits die detaillierte Ausleuchtung des gewählten Expertenansatzes. Die Tatsache, dass schwere Motorfahrzeuge im Vergleich zu leichten Motorwagen nicht nur schwerer, sondern auch breiter, höher, länger, träger und lauter sind, hat demnach substantielle Auswirkungen auf die Ausgestaltung der Strasseninfrastruktur und die zugehörigen Kosten. Nebst den **gewichtsbedingten Faktoren**, wie sie allein in der heutigen Strassenrechnung berücksichtigt sind, sollen nun auch **dimensionsbedingte Faktoren** (Mehrbreite/-fläche) und dynamische oder **kapazitätsbedingte Faktoren** (Kapazitätsminderung durch den Schwerverkehr) anhand von Fallbeispielen und auf Grund des aktuellen Wissensstands (Normung und Forschung) untersucht werden. Die sachliche Bündelung der schwerverkehrsbedingten Faktoren ist zwecks Rekapitulation in Figur 2 auf der folgenden Seite wiedergegeben (entspricht der Figur 6 im Zwischenbericht Phase I).

Nachstehende Figur 1 (entspricht Figur 8 aus dem Zwischenbericht Phase I) zeigt die Eingliederung der definierten Kostenfaktoren in den für die vorliegende Studie massgebenden Kontenplan. Daraus ist ersichtlich, dass sich der prozentuale Anteil der Kosten für den Schwerverkehr für praktisch jedes Detailkonto (Matrixfeld) aus einem Dimensions-/Kapazitäts-Faktor (grün/blau/violett) und einem rein gewichtsabhängigen Faktor (rot) zusammensetzt. Bei der rechnerischen Addition der Faktoren je Konto ist darauf zu achten, dass keine Doppelzählungen erfolgen (siehe Kapitel 7). Die Figuren 1 und 2 sind das **Hauptergebnis der Phase I**, welches im Rahmen des Expertenworkshops in Phase I bestätigt wurde.

KOSTENFAKTOREN UND KONTENPLAN									
Untersuchungsspektrum Phase II zu %-Anteilen		An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten und Nebenanlagen			
		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/Ausbau	Neubau	
Gemeindestrassen		X% + 45%	X% + 25%	X% + 10%	X%	X% + 45%	X% + 25%	X% + 10%	} ev. + Bx%
Kantonsstrassen		Y% + 45%	Y% + 25%	Y% + 10%	Y%	Y% + 45%	Y% + 25%	Y% + 10%	
Nationalstrassen		Z% + 45%	Z% + 25%	Z% + 10%	Z%				
Trassee									
Brücken/Kunstbauten						Z% + 45%	Z% + 25%	Z% + 10%	
BSA						By%	By%	By%	
Tunnels						A% + 45%	A% + 25%	A% + 10%	
Diverses						Prop.	Prop.	Prop.	

Figur 1

¹ INFRAS / Ecoplan (2011), Zusatzstudien zur Transportrechnung.

SACHLICHE BÜNDELUNG DER RELEVANTEN AUSWIRKUNGEN IN 5 KOSTENFAKTOREN				
Schwere Motorwagen:	Leichte Motorwagen: (ohne Anhänger)	Relevante Auswirkungen:	Quantifizierung der Auswirkungen (Phase II) (Schwerverkehrsrelevanz bei Strassenkosten)	
<ul style="list-style-type: none"> - Breite: 2.55 m - Länge: 18.75 m 	<ul style="list-style-type: none"> - Breite: 2.20 m - Länge: 7.00 m 	<ul style="list-style-type: none"> - Fahrbahn-/Strassenbreiten (inkl. Entwässerung) - Knotengrösse (Fläche) - Flächenbedarf/Landerwerb 	Dimension/Dynamik I (Breite und Kapazität) Strassenbreite/-fläche/-kapazität des Gesamtnetzes --> Globale Berücksichtigung der geringeren Fahrzeugbreite und der Kapazitätsabminderung auf dem gesamten Strassennetz (inkl. Kunstbauten), ev. differenziert nach Strassenkategorien X% Y% Z% Landerwerb --> Globaler %-Anteil X% Y% Z%	
<ul style="list-style-type: none"> - Höhe: 4.00 m 	<ul style="list-style-type: none"> - Höhe: 3.00 m 	<ul style="list-style-type: none"> - Lichte Höhe bei Kunstbauten - Tunnelquerschnitt - Überkopf-Signalisation - Trassierung (Längenprofil) 	Dimension/Dynamik II (Höhe, Breite und Kapazität) Tunnelbauwerke --> Kosten-/Kapazitätsanalogie zu Fallbeispiel A86 --> Globaler %-Anteil Tunnelbauwerke A%	
<ul style="list-style-type: none"> - Gewicht: > 3.5 t 	<ul style="list-style-type: none"> - Gewicht: < 3.5 t 	<ul style="list-style-type: none"> - Fahrdynamik - LF/Kapazität (Beschleunigungs-/Bremsverhalten) - in Steigungen - Lärmemissionen - Trassierungsparameter (v.a. Längsneigung Strasse) - BSA (v.a. Tunnel-Lüftung) - Passive Sicherheit - Ober- und Unterbau Fahrbahn - Konstruktion Kunstbauten (Nutzlasten) 	Dimension/Dynamik III (Höhe, Breite und Kapazität) Weitere Aspekte <ul style="list-style-type: none"> - Lärmschutzmassnahmen - Baustellen (Nationalstrassen) - Passive Sicherheit (Nationalstrassen) - Flexiblere, kosten-/umweltoptimiertere Trassierung - Kurvenverbreiterungen - Zusätzliche Fahrstreifen --> Quantitative Berücksichtigung offen Bx% By%	
↓ Basis: VTS Anwendung: SN	↓ Basis: VTS, SN Annahmen: aus SN Anwendung: SN		Gewicht I Fahrbahn (alle Strassenkategorien) <ul style="list-style-type: none"> - Baulicher Unterhalt 45% - Erneuerung/Ausbau 25% - Neubau 10% --> Fallbeispiele Projekte, Durchschnitt %-Anteil	
			Gewicht II Kunstbauten/NA (Fahrbahn und ev. Konstruktion) (alle Strassenkategorien) <ul style="list-style-type: none"> - Baulicher Unterhalt 45% - Erneuerung/Ausbau 25% - Neubau 10% --> Fallbeispiele Projekte, Durchschnitt %-Anteil	

Figur 2

1.2. AUSGANGSLAGE FÜR PHASE II

Basierend auf dem Expertenworkshop vom 2. Mai 2012 (inkl. Inputpapier), dem Zwischenbericht zur Phase I vom 25. Mai 2012 sowie dem Papier zu den „Umsetzungsvarianten für Phase II“ (6. Juni 2012) wurden durch die Begleitgruppe und die Auftrag gebenden Stellen (BFS und ARE) folgende vier Punkte zum Vorgehen und zu den Inhalten für die Phase II festgelegt:

- Fallbeispiele zur Bestimmung der gewichtsabhängigen Faktoren:** Es sollen insgesamt **69 Fallbeispiele** (realisierte Projekte) analysiert und die gewichtsabhängigen Kostenanteile durch eine vergleichende Dimensionierung auf leichte Motorwagen und mittels Expertenerfahrung bestimmt werden. Die Verteilung der Fallbeispiele auf die einzelnen Konten der Strassenrechnung ist aus der nachstehenden Tabelle ersichtlich.

Anzahl vorgesehene Fallbeispiele in Phase II	An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten und Nebenanlagen		
	Baulicher Unterhalt	Erneuerung/Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen	4	5	4	0	3	4	4
Kantonsstrassen	5	6				4	
Nationalstrassen	3	3	3				
Trassee							
Brücken/Kunstbauten					3	3	3
BSA					1	1	1
Tunnels					3	3	3
Diverses					0		

Figur 3 Anzahl Fallbeispiele je Konto gemäss Phase I

- Fallbeispiele zur Bestimmung der breiten-/flächen-/volumenabhängigen Faktoren:** Es soll für rund **40 Fallbeispiele** (Auswahl aus obiger Fallbeispielzahl) analysiert und durch vergleichende Dimensionierung auf leichte Motorwagen mittels Expertenerfahrung bestimmt werden, welche Kostenanteile auf Grund von Minderbreite/-fläche/-volumen resultieren würden.
- Vertiefende Abklärungen zur Bestimmung weiterer schwerverkehrsbedingter Faktoren:** Es sind gezielte Abklärungen und Vertiefungsarbeiten zu weiteren Aspekten beim Bau und Betrieb von Strassen durchzuführen, die schwerverkehrsrelevante Kostenanteile beinhalten. Im Vordergrund stehen Fragen zur Schwerverkehrsrelevanz in Bezug auf die Kapazitätsabminderung und die Lärmemissionen, bei der Dimensionierung auf Frost, bei Stützmauern und bei der Anordnung von Zusatzstreifen.

4. **Keine Vertiefung einer Alternativmethode:** Kernstück der Phase II ist der Expertenansatz mit den Auswertungen von Fallbeispielen (Punkte 1 – 3). Auf die Ausarbeitung und Vertiefung einer (ursprünglich vorgesehenen) Alternativmethode wird verzichtet. Hingegen werden die Fallstudien aus dem Projekt UNITE (Inhalt: schwerverkehrsbedingte Anteile beim Unterhalt der Nationalstrassen) gezielt ausgewertet.

1.3. ORGANISATORISCHE HINWEISE

Die Auftragsdisposition für die empirischen Untersuchungen mit Fallbeispielen zu Einzelprojekten beinhaltet grössere Herausforderungen. So wurden praktisch sämtliche Projektunterlagen zu den Fallbeispielen durch öffentliche Verwaltungsstellen zusammengetragen und bereitgestellt. Die Kantone Bern und Jura sowie die Stadt Zürich haben sich im Vorfeld zudem bereit erklärt, ihre Projekte hinsichtlich der gewichtsabhängigen Kostenanteile mit eigenen Ressourcen auszuwerten. Ebenso wertvoll war der Beitrag des BAFU, welches akustische Berechnungen und Auswertungen über das gesamte Schweizer Strassennetz separat beauftragt und die sonBASE-Lärmdatenbank für die vorliegende Arbeit zur Verfügung gestellt hat.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Beteiligten und deren aktive Mitwirkung.

Stelle	Leistungen/Beitrag
Kanton Bern	Bereitstellung und Auswertung von insgesamt 15 Projekten mit eigenen Ressourcen
Stadt Zürich	Bereitstellung und Auswertung von insgesamt 9 Projekten mit eigenen Ressourcen
Kanton Jura	Bereitstellung von 9 Projekten und Auswertung von insgesamt 2 Fallbeispielen mit eigenen Ressourcen
BAFU	Zur Verfügung Stellung der sonBASE-Lärmdatenbank und eigene externe Beauftragung von umfassenden Lärmberechnungen auf dem Schweizer Strassennetz
Kanton Uri	Bereitstellung von Projektunterlagen zu 5 Fallbeispielen
Kanton Zürich	Bereitstellung von Projektunterlagen zu 4 Fallbeispielen
Stadt Luzern	Bereitstellung von Projektunterlagen zu 2 Fallbeispielen
ASTRA-Filialen	Bereitstellung von Projektunterlagen zu 23 Fallbeispielen
ASTRA Zentrale	Zur Verfügung Stellung des Datensatzes TRA/Unterhalt
Fachstelle Lärmschutz des Kantons Zürich	Berechnung der Emissionsanteile des schweren Güterverkehrs an den Gesamtemissionen im Zürcher Strassennetz

Tabelle 1

Ohne die aktive Mitwirkung dieser Stellen wäre die Durchführung der Arbeiten nicht möglich gewesen und **den Beteiligten wird an dieser Stelle ein grosser Dank ausgesprochen!**

Die Vielzahl der Beteiligten führte aber gleichzeitig zu einem erhöhten Koordinations- und Abstimmungsbedarf, der insbesondere bei der Bearbeitung der Fallbeispiele zentral war. Damit die Ermittlung der gewichtsabhängigen Kostenanteile der einzelnen Projekte nach einer möglichst einheitlichen Methodik erfolgen konnte, wurde eigens hierzu ein spezifischer Leitfaden entwickelt, welcher im Anhang A1 dokumentiert ist. Im Weiteren waren im Laufe der Bearbeitung diverse Unwägbarkeiten zu umschiffen, die letztlich zu einer leichten terminlichen Verzögerung der vorliegenden Arbeiten gegenüber dem ursprünglichen Zeitplan führten.

1.4. INHALTSÜBERSICHT DES VORLIEGENDEN BERICHTS

Kapitel 2 des vorliegenden Berichts gibt eine Gesamtschau zum Untersuchungsgegenstand und namentlich zu den verwendeten Grundlagen und zum Vorgehen. Die verwendeten Datensätze werden dabei im Detail vorgestellt und die Inhalte werden hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit mit anderen Grundlagen verglichen. Im Weiteren wird ein Überblick über die effektiv vorhandenen Fallbeispiele gegeben, die bei der Bestimmung der gewichtsbedingten Faktoren verwendet wurden.

Das **Kapitel 3** zeigt in ergebnisorientierter Weise die Resultate zu den gewichtsabhängigen Kostenanteilen der schweren Motorfahrzeuge je Konto und gibt Erläuterungen zu Streubreiten und zur Repräsentativität.

Im **Kapitel 4** werden Herleitung, Berechnung und Ergebnisse zu den dimensionsbedingten Faktoren (Breiten, Flächen und Volumen) behandelt, in **Kapitel 5** die kapazitätsbedingten Faktoren.

Die im Zwischenbericht zur Phase I aufgeführten „Weiteren Faktoren“ (Lärm, Frost, Zusatzstreifen, Stützmauern) werden im **Kapitel 6** aufgegriffen und die Ergebnisse aus punktuellen Vertiefungsarbeiten präsentiert. Darin enthalten sind unter anderem auch die umfassenden Lärmberechnungen des BAFU, welche zu einem stark abweichenden Resultat verglichen mit der Einschätzung aus Phase I führten.

Das **Schlusskapitel 7** beinhaltet die Synthese aus den einzelnen Faktoren und zeigt, welche Veränderungen gegenüber den schwerverkehrsbedingten Anteilen in der heutigen Strassenrechnung resultieren. Ein Vorschlag zur Anpassung des Berechnungsmodus und Empfehlungen zur weiteren Optimierung der Strassenrechnung runden das Kapitel ab.

Das Bestreben darum, den Berichtsteil der Phase II möglichst knapp zu halten, führt dazu, dass die **Anhänge** umso umfangreicher sind. Die vorliegende Arbeit hat sich sowohl bezüglich Daten als auch Dokumenten als äusserst umfangreich herausgestellt. In Anbetracht der Bedeutung der Ergebnisse ist es angezeigt, sämtliche Arbeiten umfassend zu dokumentieren, damit Transparenz und Nachvollziehbarkeit jederzeit gewährleistet werden können.

1.5. HINWEISE UND VORSCHLÄGE DER EXPERTEN

Der Bericht zur Phase II wurde in der Version vom 16. April 2013 dem begleitenden Expertengremium zur Stellungnahme vorgelegt. Anlässlich des Expertenworkshops vom 24. April 2013 und in zwei bilateralen Gesprächen wurden die Inhalte intensiv diskutiert und diverse Anregungen entgegen genommen. Das Protokoll des Expertenworkshops ist im Anhang F beigelegt.

Der nun vorliegende und bereinigte Bericht zur Phase II berücksichtigt die Inputs der Experten und dokumentiert diese mit Textkasten in den entsprechenden Berichtskapiteln.

2. GESAMTSCHAU UND VORGEHEN

2.1. FALLBEISPIELE

In der Phase I wurde vorgeschlagen, für welche Konten wieviele Fallbeispiele untersucht werden sollten, damit (auch unter Berücksichtigung beschränkter Ressourcen) aussagekräftige Ergebnisse erreicht werden können (siehe Kapitel 1.2). Für diese Anzahl Fallbeispiele lagen zum damaligen Zeitpunkt mehr oder weniger verbindliche Zusagen zur Daten-Lieferung und – Auswertung seitens Gemeinden, Kantonen und Bund vor. Im Zuge der Beschaffung und Auswertung der Fallbeispiele war eine hohe Flexibilität und Reaktivität zentral. Als kleine beispielhafte Auswahl seien genannt: „Projektunterlagen sind nun doch nicht im notwendigen Umfang verfügbar“, „Projekte stellen sich als ungeeignet für die Untersuchung heraus“, „Ressourcen zur eigenen Bearbeitung der Fallbeispiele durch die Verwaltungsstellen sind nicht vorhanden“, „Ausgabenstopp führt zu Verzögerung“. Diesen Rückschlägen standen aber glücklicherweise auch unterstützende Entwicklungen entgegen, indem einzelne Stellen zusätzliche Beispiele zu liefern bereit waren oder dass hochwertige und schweizweite Netzdaten verfügbar gemacht und auch mit eigenen Ressourcen ausgewertet werden konnten.

Tabelle 2 zeigt den finalen Stand (Stand 31.5.2013) der Anzahl ausgewerteter Fallbeispiele pro Konto und die Abweichung gegenüber der ursprünglich beabsichtigten Anzahl pro Konto (Klammerwerte). Die Liste mit den untersuchten Projekten ist im Anhang A2 einsehbar.

Anzahl Fallbeispiele und Abweichung gegenüber Planung in Phase I	An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen		
	Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen	4 (-)	5 (-)	5 (+1)		4 (+1)	1 (-3)	4 (-)
Kantonsstrassen	4 (-1)	8 (+2)				7 (+3)	
Nationalstrassen Trasse	3 (-)	3 (-)	3 (-)				
Brücken/Kunstbauten					4 (+1)	2 (-1)	2 (-1)
BSA					1 (-)	1 (-)	0 (-1)
Tunnels					1 (-2)	2 (-1)	3 (-)
Diverses							

Tabelle 2

2.2. WEITERE GRUNDDATEN UND NETZE

Nebst den Projektgrundlagen und –dokumentationen der Fallbeispiele wurden in der vorliegenden Studie weitere relevante **Grunddaten und Kennwerte zum Schweizer Strassennetz** verwendet. Die folgenden Ausführungen geben einen Überblick.

Der Datensatz aus sonBASE des BAFU ist dabei insofern bedeutsam, als dass die darin enthaltenen Strassenabschnitte zahlreiche Attribute enthalten, welche für die verkehrlichen Vertiefungen benötigt werden (u.a. Anteil Schwerverkehr, Steigung, Geschwindigkeit, Strassentyp). Auf Grund der breit angelegten Verwendung dieses Datensatzes im Rahmen der vorliegenden Studie empfiehlt es sich aber gleichzeitig, einen Quervergleich der Inhalte durch Vergleich mit anderen Quellen, Statistiken und Datensätzen durchzuführen. Entsprechende Hinweise sind in den nachfolgenden Unterkapiteln vermerkt.

2.2.1. NETZLÄNGEN

Die Codierung und Geometrie des Strassennetzes in sonBASE basiert auf dem Vektor25-Strassendatensatz von Swisstopo (2008). Folgende Netzlängen, gegliedert nach Strasseneigentümern sind darin enthalten:

	Netzlängen [km]	Bemerkungen	Anzahl Datensätze
Bund	3'690.2	Codierung richtungsgetrennt	31'772
Kantone	17'262.2		216'123
Gemeinden	(78'528) 51'008.0	Datensatz Swisstopo (Klammerwert) reduziert durch Überlagerung mit Verkehrsmodell Arendt (basiert auf Teleatlas und VM UVEK)	792'775
Summen	71'960.4		1'040'670

Tabelle 3

Die Netzlängen in Betrieb, publiziert vom BFS, präsentieren sich zum Vergleich wie folgt:

	Netzlängen [km]	Bemerkungen	Quelle
Bund	1'808.5	Stand 2012, 95.6% des Gesamtnetzes	ASTRA
Kantone	18'027.0	Stand 2011	BFS
Gemeinden	51'638.0	Stand 1984	BFS
Summen	71'473.5		

Tabelle 4

Berücksichtigt man die richtungsgetrennte Codierung der Nationalstrassen im Datensatz von sonBASE, kann eine sehr gute Übereinstimmung mit der Statistik vom BFS festgestellt werden.

Eine **weitere Datenbasis** wurde durch das ASTRA bereitgestellt und beinhaltet Datensätze aus dem **Trasseemodul (TRA)** von MISTRA. Mittels Messkampagnen wurden auf dem Nationalstrassennetz zum Zweck der Unterhaltsplanung die Fahrstreifenzahl und die Längsneigung ermittelt. Die Gesamtlänge sämtlicher Fahrstreifen im aktuellsten Datensatz (2009) beläuft sich auf rund 6'150 km. Dieser Datensatz wurde dazu verwendet, Abschnitte des Nationalstrassennetzes mit drei Fahrstreifen pro Richtung (entsprechende Netzlänge richtungsbezogen rund 180 km) zu eruieren und den sonBASE-Datensatz, welcher maximal zwei Fahrstreifen pro Richtung ausweist, damit gezielt zu vervollständigen. Die Kenntnis der vollständigen Fahrstreifenzahl, namentlich eines dritten Fahrstreifens, ist relevant bei der Bestimmung der kapazitätsbedingten Faktoren im Kapitel 5.

Mit der **Publikation des ASTRA, „Strassen und Verkehr, Zahlen und Fakten“** (ASTRA 2012) schliesslich konnten die Netzlängen, die Abschnitte mit 4 und mehr Fahrstreifen sowie Nationalstrassenabschnitte mit Gemischtverkehr gesamthaft nochmals quer verglichen und erneut bestätigt werden.

2.2.2. BRÜCKEN UND TUNNELS

Die Netzlängen des sonBASE-Datensatzes, gegliedert nach „Freie Strecke“, „Brücken“ und „Tunnels“, präsentieren sich wie folgt:

	Netzlängen [km]			Summen	Bemerkungen
	Freie Strecke	Brücken	Tunnels		
Bund	3'015.3	324.9	350.0	3'690.2	Codierung richtungsgetrennt
Kantone	16'965.4	197.4	99.4	17'262.2	
Gemeinden	50'769.2	165.1	73.7	51'008.0	
Summen	70'749.9	687.4	523.1	71'960.4	

Tabelle 5

Seitens des ASTRA existiert ein Faktenblatt (Faktenblatt Nationalstrassentunnel, ASTRA, 20.5.2010), welches die Länge der Tunnels wie folgt ausweist:

	Anzahl	Längen [km]	<i>Länge [km] bereinigt</i>
1 Röhre	84	95.3	95.3
2 Röhren	136	124.1	248.2
Summen	220	219.4	343.5

Tabelle 6

Wird die im Faktenblatt ausgewiesene Länge für 2 Röhren zwecks Vergleichbarkeit mit dem Datensatz von sonBASE verdoppelt (Richtungstrennung), entsteht für die Tunnellängen wiederum eine recht gute Übereinstimmung mit den Daten in sonBASE. Eine zusätzliche Validierung der Netzlängen mit Brücken wäre ebenfalls wünschenswert, eine entsprechend unabhängige Statistik hierzu konnte aber über die allgemein zugänglichen Kanäle bisher nicht gefunden werden. Eine ergänzende Abfrage in der KUBA-Datenbank des ASTRA zur Bestätigung der gesamthaft rund 690 Brücken-Kilometer in sonBASE, bzw. der rund 325 km auf Nationalstrassen (richtungsbezogen) ist noch in Abklärung.

2.2.3. SCHWERVERKEHRSANTEILE

Die Schwerverkehrsanteile (in %) für die Tages- und Nachtstunden wurden, soweit verfügbar aus den Verkehrsmodellen des UVEK (VM UVEK, 2008), in sonBASE übernommen. Für Strassen ohne ausgewiesene Schwerverkehrsanteile in VM UVEK wurden in Abhängigkeit der Strassenkategorie default-Werte gesetzt. Diese sind zusammen mit anderen lärmspezifischen default-Werten im Anhang D1 dokumentiert.

Ein stichprobenweiser Vergleich der Schwerverkehrsanteile in sonBASE mit den publizierten Daten der automatischen Strassenverkehrszählung des Bundes (AVZ) hat zu durchwegs positiven Resultaten und Übereinstimmung geführt.

2.2.4. STRASSENTYPEN UND GESCHWINDIGKEITEN

Eine zentrale Grundlage für die vorliegende Arbeit stellt die differenzierte Aufbereitung der Netzdaten nach Strassentypen, Längen und signalisierten Geschwindigkeiten dar. Für die Bestimmung der dimensions- und kapazitätsbedingten Faktoren des Schwerverkehrs bilden die

entsprechenden Grunddaten die Eingangsgrößen für die Berechnungen gemäss Norm. Die nachfolgende Tabelle 7 zeigt diese aus sonBASE entnommene Netzstatistik.

Netzlängen in km nach Strassentyp und Geschwindigkeiten			Signalisierte Geschwindigkeiten (km/h)												Summen
			30	40	45	50	55	60	65	70	80	100	120		
Bund	Autobahn			0.5	7.3		2.4	7.9		211.4	381.1	2'235.2	2'845.9	3'690.2	
	Autostrasse			0.8	16.0			0.6	5.7	61.1	85.1	17.2	186.5		
	Hauptstrasse	ausserorts								431.3		0.1	431.4		
	Hauptstrasse	innerorts			50.2							0.1	50.3		
	Verbindungsstrasse	ausserorts							87.9				87.9		
	Verbindungsstrasse	innerorts			15.5						0.1		15.6		
	Sammelstrasse	ausserorts				3.0							3.0		
	Sammelstrasse	innerorts											0.0		
	Erschliessungsstrasse	ausserorts			64.7								64.7		
Erschliessungsstrasse	innerorts	4.9											4.9		
Kantone	Autobahn				1.0		0.6	0.5	0.4	22.0	29.5	110.6	164.6	17'262.2	
	Autostrasse		2.0	16.2	35.2	1.3	2.6	1.4	20.1	58.7	27.0	1.6	166.1		
	Hauptstrasse	ausserorts								4'384.6		0.3	4'384.9		
	Hauptstrasse	innerorts			1'939.4								1'939.4		
	Verbindungsstrasse	ausserorts							7'300.3				7'300.3		
	Verbindungsstrasse	innerorts			2'645.4								2'645.4		
	Sammelstrasse	ausserorts					126.1						126.1		
	Sammelstrasse	innerorts		70.8									70.8		
	Erschliessungsstrasse	ausserorts				358.1							358.1		
Erschliessungsstrasse	innerorts	106.5											106.5		
Gemeinden	Autobahn				4.9		2.2	0.3		9.0	14.1	15.2	45.7	51'008.0	
	Autostrasse			3.5	11.2	0.9	3.3	1.4	0.1	10.5	7.3	0.6	38.8		
	Hauptstrasse	ausserorts								168.7			168.7		
	Hauptstrasse	innerorts			279.8								279.8		
	Verbindungsstrasse	ausserorts								5'167.0			5'167.0		
	Verbindungsstrasse	innerorts			2'663.6								2'663.6		
	Sammelstrasse	ausserorts				3'545.8							3'545.8		
	Sammelstrasse	innerorts		3'158.7									3'158.7		
	Erschliessungsstrasse	ausserorts				23'480.4							23'480.4		
Erschliessungsstrasse	innerorts	12'459.5											12'459.5		
Summen			12'570.9	3'231.5	21.0	31'572.7	2.2	3'686.0	12.1	26.3	17'912.5	544.1	2'381.0	71'960.4	

Tabelle 7

2.2.5. STRASSENKNOTEN

Mit Hilfe einer speziellen GIS-basierten Auswertung von sonBASE wurde im Rahmen des BAFU-Mandats ermittelt, wie viele Knoten das codierte Schweizer Strassennetz aufweist – dies im Hinblick auf die Bestimmung der kapazitätsbedingten Faktoren (Kapitel 5), bei welchen die Strassenknoten als leistungsbestimmende Elemente (namentlich auf dem innerörtlichen Gemeinde- und Kantonsstrassennetz) bedeutsam sind. Dabei wurde differenziert nach konventionellen Knoten (konventionelle Knoten mit 3, 4 oder mehr als 4 Knotenarmen) und Kreiseln.

Gemäss dieser Auswertung existieren im Schweizer Strassennetz insgesamt rund 290'000 Knoten, wovon etwa 4'000 als Kreisel ausgebildet sind. In der Tabelle 8 ist die Verteilung der Knoten mit Bezug zu den verschiedenen Strassenkategorien ersichtlich. Anhang B3 zeigt die Knotenstatistik in differenzierter Form. Zu berücksichtigen ist dabei, dass zu den Knoten auf Nationalstrassen auch Ein- und Ausfahrten gehören (Codierung als 3-armige Knoten). Im Weiteren ist die Knotenkategorie National-/Gemeindestrasse (1'772 Knoten) mit Vorsicht zu genießen, da hier mögliche Zuweisungsfehler bei den Strassenkategorien nicht ausgeschlossen werden können. Diese 1'772 Knoten existieren als solche, sind aber wahrscheinlich der Knotenkategorie Kantons-/Kantonsstrasse oder Kantons-/Nationalstrasse zugehörig. Ungeachtet dessen handelt es

sich bei dieser Auswertung um eine bemerkenswerte Statistik, welche in dieser Art neu ist für die Schweiz. Eine Validierung dieser Statistik ist deshalb nicht ohne Weiteres möglich und wäre für zukünftige Arbeiten vorzusehen. Bekannt sind generelle Kennwerte zu durchschnittlichen Knotenabständen in einzelnen Strassennetztypen. Diese liegen beispielsweise auf innerörtlichen Netzen bei rund 200 m, ausserorts bei etwa 400 m. Unter Berücksichtigung der ausgewiesenen Netzlängen (Tabelle 2) erscheinen die entsprechenden Werte in untenstehender Tabelle als plausibel.

Anzahl Knoten im Schweizer Strassen-netz	Gemeindestrasse	Kantonsstrasse	Nationalstrasse
Gemeindestrasse	142'904	90'438	1'772
Kantonsstrasse		49'835	1'582
Nationalstrasse			3'383

Tabelle 8

2.2.6. FAZIT ZU GRUNDDATEN UND NETZEN

Es kann festgehalten werden, dass der Datensatz sonBASE des BAFU grundsätzlich mit anderen Datensätzen und Statistiken, vor allem auf dem Nationalstrassennetz, gut übereinstimmt. Die zu Grunde liegende Verwendung des Vector25-Datensatzes von Swisstopo (2008) bietet zudem auch für die Kantons- und Gemeindestrassen ideale Voraussetzungen für hochwertige Analysen der Netztopologie und weiterer relevanter Merkmale. Die für die lärmspezifischen Bedürfnisse gezielte Erweiterung der Datensätze durch das BAFU mit zusätzlichen Strassenattributen im Rahmen von sonBASE stellt für die vorliegende Aufgabe eine wertvolle und umfassende Datenbasis dar, die (auch im internationalen Vergleich) ihresgleichen sucht.

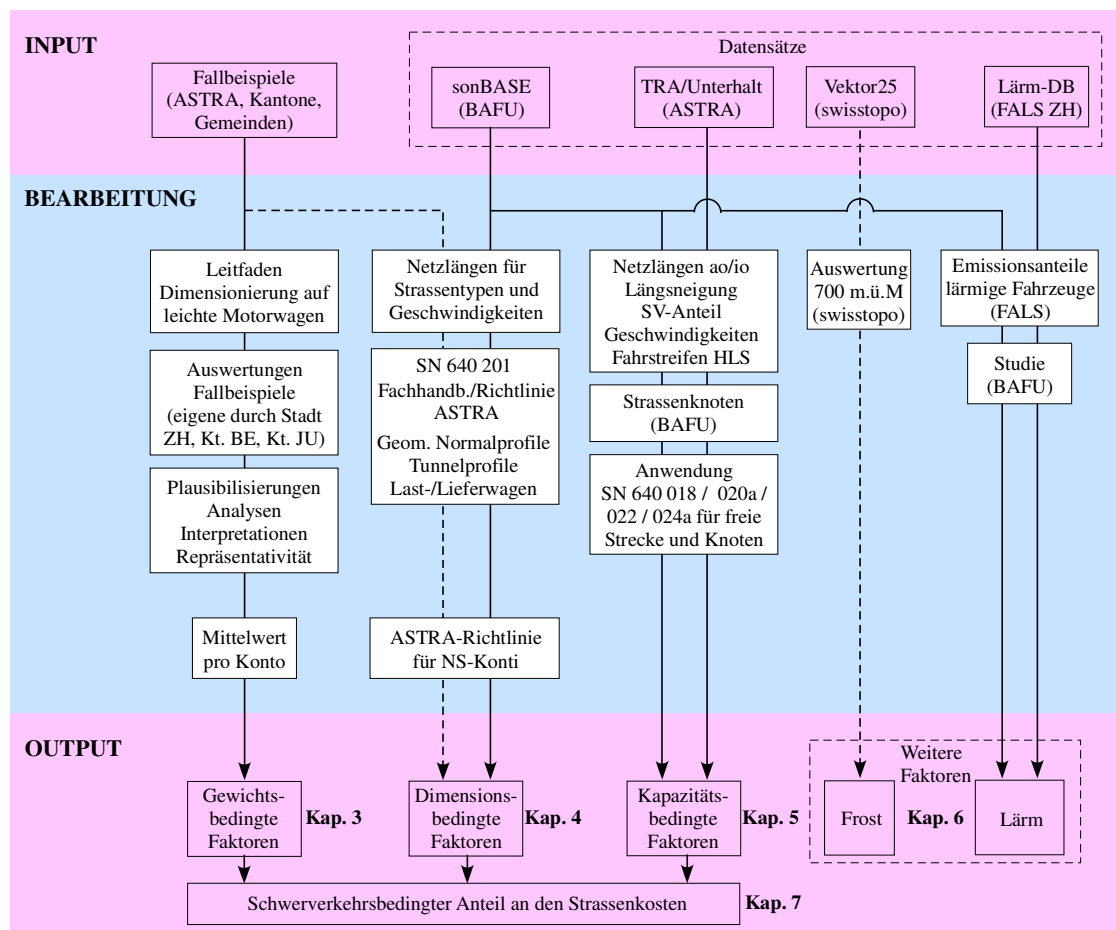
Einschätzung der Experten zu relevanten Aspekten:

Die Datenbasis sonBASE ist zweckmässig, die Datenqualität kann allerdings von den Experten nicht beurteilt werden. Es konnten aber auch keine fundamentalen Widersprüche zu anderen Datensätzen gefunden werden. Im Weiteren ist kein vergleichbarer Datensatz bekannt, welcher für die vorliegende Studie hätte verwendet werden können.

2.3. VORGEHENSABLAUF

Anhand der nachfolgenden Figur 4 ist der Vorgehensablauf der Phase II im Überblick ersichtlich. Die Input-/Output-Darstellung zeigt die Bedeutung und den Verwendungszweck der einzelnen Datensätze im Rahmen der Bearbeitung und die von den Verwaltungsstellen eingebrachten Leistungen und Daten (in Klammern).

Im Weiteren ist zu erkennen, dass sich die Ermittlung der dimensions- und kapazitätsbedingten Faktoren unter Verwendung der Datengrundlagen praktisch ausschliesslich auf das Schweizer Normenwerk und auf normähnliche Richtlinien abstützt. Schliesslich ist vermerkt, wie vor der Festlegung der Faktoren mit Bandbreiten und Streuung der Ergebnisse umgegangen wird: Bildung von Mittelwerten bei den Fallbeispielen und Verwendung der ASTRA-Richtlinie bei den dimensionsbedingten Faktoren.



Figur 4

3. AUSWERTUNG FALLBEISPIELE ZU GEWICHTSBEDINGTEN KOSTENANTEILEN

3.1. FALLBEISPIELE UND VORGEHEN

Zur Rekapitulation zeigt die nachfolgende Tabelle 9 nochmals die pro Konto untersuchten Fallbeispiele.

Fallbeispiele zur Ermittlung der gewichtsbedingten Faktoren (Total: 67)	An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen		
	Baulicher Unterhalt	Erneuerung/Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen	4	5	5		4	1	4
Kantonsstrassen	4	8				7	
Nationalstrassen Trasse	3	3	3				
Brücken/Kunstbauten					4	2	2
BSA					1	1	0
Tunnels					1	2	3
Diverses							

Tabelle 9

Für jedes der Fallbeispiele wurde anhand der verfügbaren Projektunterlagen berechnet, welche Projektkosten resultiert hätten, wenn die im Projekt effektiv ausgeführten Arbeiten nur für den hypothetischen Fall „Dimensionierung auf leichte Motorfahrzeuge“ hätten ausgeführt werden müssen.² Diese Berechnungen wurden von erfahrenen Strassenbau- und/oder Brückenbau-Experten aus verschiedenen Ingenieur-Unternehmen anhand eines einheitlichen Leitfadens (vgl. Anhang A1) für jedes Fallbeispiel durchgeführt.

Für jedes Fallbeispiel existiert hierzu eine eigenständige Dokumentation (Anhang A3), welche die durchgeführten Berechnungen und die verwendeten Projektgrundlagen in zusammenfassender Form beinhaltet. Im Weiteren sind für jedes Projekt umfassende Projektdokumentationen vorhanden, die bei Interesse oder bei Bedarf jederzeit eingesehen werden können. Damit wird dem Prinzip der Transparenz und der Nachvollziehbarkeit genüge getan.

² Der methodische Ansatz zur Ermittlung der schwerverkehrsbedingten Strassenkosten ist im Zwischenbericht Phase I ausführlich dokumentiert. Zur „Dimensionierung auf leichte Motorfahrzeuge“ wird dabei das Dimensionierungsfahrzeug „Lieferwagen“ verwendet (Gewicht < 3.5 t, Breite: 2.20 m, Höhe: 3.00 m).

3.2. ERGEBNISSE

Die vollständige Übersicht über die Fallbeispiele, deren wichtigsten Merkmale und die Ergebnisse der Berechnungen sind im Anhang A2 dargestellt. Nachfolgende Tabelle 10 zeigt die Ergebnisse als Mittelwerte für jedes Konto und mit der zugehörigen Standardabweichung der Stichprobe in konzentrierter Form.

Kurze statistische Erläuterung: Empirischer Mittelwert und empirische Standardabweichung sind die zwei wichtigsten Masszahlen in der Statistik zur Beschreibung der Eigenschaften einer Beobachtungsreihe. Die Standardabweichung ist dabei das Mass für die Streuung der Werte einer Zufallsvariable um den Mittelwert und berechnet sich als Quadratwurzel aus deren Varianz. Standardabweichung und Messwert/Mittelwert besitzen dieselbe Dimension. Am Beispiel des Fahrbahn-Kontos Erneuerung/Ausbau Kantonsstrassen beträgt der Mittelwert, berechnet aus den zugehörigen Fallbeispielen, 18.6%, dies bei einer Streuung von $\pm 6.7\%$ um den Mittelwert (also 11.9% - 25.3%). Für die Berechnung der Standardabweichung sind jeweils mindestens 2 Messwerte erforderlich.

Gewichtsbedingte Kostenanteile des Schwerverkehrs	An Fahrbahnen			Lander- werb	An Kunstbauten u. Nebenanla- gen		
	Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen	19.6% $\pm 10.4\%$	16.6% $\pm 7.9\%$	16.3% $\pm 9.7\%$		3.7% $\pm 2.3\%$	9.4% <i>entfällt</i>	8.5% $\pm 2.6\%$
Kantonsstrassen	19.4% $\pm 17.3\%$	18.6% $\pm 6.7\%$				18.1% $\pm 13.5\%$	
Nationalstrassen Trasse	29.8% $\pm 31.6\%$	22.9% $\pm 14.3\%$	19.3% $\pm 3.5\%$				
Brücken/Kunstbauten					8.6% $\pm 2.2\%$	9.8% $\pm 0.5\%$	13.4% $\pm 3.0\%$
BSA					0.0% <i>entfällt</i>	0.0% <i>entfällt</i>	- <i>entfällt</i>
Tunnels					0.0% <i>entfällt</i>	3.8% $\pm 5.3\%$	1.1% $\pm 0.1\%$
Diverses							

Tabelle 10

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass die Standardabweichungen je nach Konto und verglichen mit den Mittelwerten recht gross sein können. Besonders auffallend ist dies bei Fallbeispielen zum baulichen Unterhalt an Fahrbahnen und bei Erneuerung/Ausbau von Kunstbauten und Nebenanlagen. Es sei aber an dieser Stelle auch festgehalten, dass vergleichsweise grosse Stan-

dardabweichungen bei den verwendeten, minimalen Stichprobengrössen nicht überraschend sind. Wichtig ist, dass grössere Variabilitäten bei den Prozentsätzen der einzelnen Fallbeispiele und im selben Konto hinsichtlich der Ursachen analysiert und begründet werden können. Dies ist in umfassender Weise erfolgt und in beispielhafter Form Gegenstand der Diskussion im folgenden Kapitel 3.3.

3.3. DISKUSSION UND INTERPRETATION DER ERGEBNISSE

3.3.1. ANALYSEN UND ERKENNTNISSE AUS FALLBEISPIELEN

Auf Grund einer eingehenden Analyse der Ergebnisse aus den Fallbeispiel-Untersuchungen zu den gewichtsbedingten Faktoren lassen sich verschiedene Punkte anmerken:

- › Der gewichtsbedingte Kostenanteil ist bei den Fahrbahnkonten generell und substanziell höher als bei Kunstbauten. Der Grund lässt sich vor allem darin sehen, dass bei den Fahrbahnprojekten die gewichtsabhängigen Bauteile (v.a. Belag/Oberbau) in den Gesamtkosten einen höheren Anteil aufweisen. Als extremes Gegenbeispiel kann der Neubau von Tunnels auf Nationalstrassen angesehen werden, bei welchem die Kostenanteile der gewichtsrelevanten Bauteile verglichen mit den Gesamtkosten praktisch vernachlässigbar sind.
- › Bei den Fahrbahnkonten der Nationalstrassen liegen die gewichtsbedingten Anteile etwas höher als bei den Fahrbahnkonten der Kantons-/Gemeindestrassen. Die Ursache kann darin gesehen werden, dass die Oberbau-Dimensionierung auf Nationalstrassen praktisch allorts mit der Verkehrslastklasse T6 erfolgt, bei den Kantons- und Gemeindestrasse meist mit T4 oder T3. Bei der hypothetischen Dimensionierung der Fallbeispiele auf leichte Motorfahrzeuge (Verkehrslastklasse T1) entstehen dadurch für die Nationalstrassenprojekte eine grössere Differenz und damit ein höherer Kostenanteil.
- › Die Prozentsätze beim baulichen Unterhalt an Fahrbahnen sind (erwartungsgemäss) leicht höher als bei Erneuerung/Ausbau und Neubau. Die Differenz ist allerdings geringer, als dies auf Grund der Arbeiten in Phase I hätte erwartet werden können und auch deutlich geringer als in den Prozentsätzen der heutigen Strassenrechnung.
- › Ein Blick in die einzelnen Fallbeispiele zeigt, dass je nach Projekt und je nachdem, was genau im baulichen Unterhalt gemacht wurde, zum Teil sehr grosse Streuungen bestehen. Die Schwankungen sind in hohem Masse abhängig vom Anteil der Belagsarbeiten an den gesamten Projektkosten. Das Einbringen neuer Beläge reagiert wegen der reduzierten Belagsstärke für

leichte Motorfahrzeuge sehr kostensensitiv. Ist dieser Anteil hoch (Fallbeispiele Nr. 3 Luggwegstrasse, Nr. 9 Furttalstrasse, Nrn. 10 und 11 Kirchberg und Rothrist-Lenzburg oder auch Nr. 24 N20.1.3), führt dies zu erhöhten Prozentsätzen. An den Beispielen Nr. 23c Flüelen und Nr. 25 Grenchen ist genau der umgekehrte Fall zu beobachten: In diesen Projekten besteht ein grosser Anteil der Projektkosten aus Abschlüssen, Entwässerung, Stützmauern oder Umgestaltung (praktisch keine gewichtsbedingte Relevanz) und ein vergleichsweise kleiner Anteil aus Belagsarbeiten.

- › Die gewichtsbedingten Anteile bei Kunstbauten und Nebenanlagen liegen deutlich tiefer als diejenigen bei Fahrbahnen. Dies ist nicht überraschend, sondern lässt sich generell mit dem geringeren Anteil der gewichtsbedingten Kosten an den Gesamtkosten erklären. Beim baulichen Unterhalt von Kunstbauten/Brücken steht nebst den Belagsarbeiten auch die Sanierung der konstruktiven Teile häufig im Vordergrund. Letztere beinhalten zum Teil sehr kostenintensive Arbeiten, die aber praktisch keine gewichtsabhängigen Anteile aufweisen.
- › Die Untersuchung der beiden Fallbeispiele zu BSA (Nr. 40 Tunnel Girsberg und Nr. 55 N03/70 Spur GR-ZH) bestätigt die Aussage aus Phase I, wonach in BSA-Projekten (ausser bei der Lüftung) praktisch keine gewichtsabhängigen Kosten enthalten sind. Der Hinweis im Zwischenbericht Phase I, wonach einzig bei der Tunnellüftung gewichtsabhängige Kosten zu erwarten sind (höhere Brandlast erfordert höhere Leistung mit entsprechend höheren Kosten) gilt weiterhin, konnte aber mit den verfügbaren Fallbeispielen nicht überprüft werden.

3.3.2. MITTELWERTE UND STANDARDABWEICHUNGEN

Die Frage ist berechtigt, ob eine Mittelwertbildung pro Konto oder bei kleiner Stichprobenzahl vertretbar ist. Zwei Gründe sprechen dafür:

- › Erstens lassen sich die zum Teil grossen Unterschiede innerhalb einzelner Konten und deren Ursachen für die Streuung für jedes Projekt eruieren und begründen (s. auch vorheriges Kapitel 3.3.1). Dadurch wird sichergestellt, dass die Mittelwerte nicht zu black-boxes werden.
- › Zweitens liegen die zum Teil grossen Unterschiede innerhalb desselben Kontos ganz einfach in der Natur der Sache. Jedes Projekt, namentlich auf Gemeinde- und Kantonsstrassen, ist ein planerischer, organisatorischer und finanztechnischer Einzelfall und widerspiegelt nichts weniger als die immense Bandbreite der föderalen Strassenbautätigkeit in der Schweiz mit der generellen Problematik, diese auf wenige Konten zu aggregieren. Daran würde auch eine grössere Stichprobenzahl nichts ändern. Aus diesem Grund ist es auch nicht zweckmässig, einzelne Projekte als Ausreisser zu deklarieren und so die Mittelwertbildung zu beeinflussen. Dies würde bereits an der Frage scheitern, welche Projekte denn die Ausreisser wären.

3.4. REPRÄSENTATIVITÄT DER FALLBEISPIELE

Werden die Fallbeispiele aus dem Blickwinkel der Repräsentativität beleuchtet, lassen sich folgende Punkte anmerken:

- › Die Landesteile werden von den Fallbeispielen recht gut abgedeckt. Fallbeispiele aus Bergkantonen (Uri, Bern) sind ebenso gut vertreten wie auch Projekte aus der Romandie (Fallbeispiele ASTRA und Jura).
- › Die relative Kostenbetrachtung führt aber ohnehin dazu, dass unterschiedliche regionale Kostenniveaus eliminiert werden.
- › Die Beispiele auf dem Gemeindestrassennetz beschränken sich praktisch auf die Städte Zürich und Luzern. Immerhin wurde aber bei der Projektauswahl darauf geachtet, dass keine städtischen Spezialfälle verwendet werden (Projekte in der Stadt Zürich ohne Trams und Trolleybusse).
- › Die Frage, inwiefern die einzelnen Fallbeispiele innerhalb eines Kontos für dieses Konto auch gesamthaft repräsentativ sind, ist berechtigt. Sie lässt sich aber in analoger Weise beantworten wie die unter Kapitel 3.3.2 gestellte Frage der Mittelwertbildung und der grossen Standardabweichungen.
- › Ein weiterer Hinweis zur Repräsentativität liefert nebst der Stichprobengrösse bei den Fallbeispielen auch die Frage, welcher Kostenanteil bezogen auf die gesamte Strassenrechnung von den untersuchten Fallbeispielen abgedeckt wird. Die nachstehende Tabelle 11 gibt Aufschluss über diese Betrachtung und zeigt, dass bei Konten mit eher knappem Kostenanteil die Repräsentativität mancherorts durch eine etwas höhere Fallbeispiel-Zahl verbessert werden konnte (Tabelle 9 im Kapitel 3.1).

Mittelwerte pro Konto aus den Strassenrechnungen 2004 - 2009 in Mio. CHF (ohne Landerwerb)									
		An Fahrbahnen			An Kunstbauten und Nebenanlagen			Total	
		Baulicher Unterhalt	Erneuerung / Ausbau	Neubau	Baulicher Unterhalt	Erneuerung / Ausbau	Neubau		
Gemeindestrassen		113.62	309.27	140.43	47.66	105.18	111.69		1'608.38
Kantonsstrassen		210.90	426.65			142.98			
Nationalstrassen	Trasse	135.16	181.48	122.26					438.90
	Brücke / Kunstbauten				166.89	104.88	114.31		386.08
	BSA				89.06	57.61	62.82		209.49
	Tunnel				41.93	105.93	503.01		650.87
	Diverses				32.58	51.59	70.66		154.83
	Total	459.68	917.40	262.69	378.12	568.17	862.49		3'448.55
Kosten pro Konto der untersuchten Fallbeispiele (in Mio. CHF)									
		An Fahrbahnen			An Kunstbauten und Nebenanlagen			Total	
		Baulicher Unterhalt	Erneuerung / Ausbau	Neubau	Baulicher Unterhalt	Erneuerung / Ausbau	Neubau		
Gemeindestrassen		4.10	4.50	47.30	2.17	24.00	7.26		132.63
Kantonsstrassen		8.40	24.80			10.10			
Nationalstrassen	Trasse	15.80	38.90	111.50					166.20
	Brücke / Kunstbauten				8.70	3.40	17.00		29.10
	BSA				0.60	3.90	-		4.50
	Tunnel				2.00	21.60	471.70		495.30
	Diverses								
	Total	28.30	68.20	158.80	13.47	63.00	495.96		827.73
		Gesamtkosten der Fallbeispiele mehr als ausreichend für Gesamtkosten Konto (> 20%)							
		Gesamtkosten der Fallbeispiele ausreichend für Gesamtkosten Konto (> 10%)							
		Gesamtkosten der Fallbeispiele eher knapp für Gesamtkosten Konto (< 10%)							

Tabelle 11

Einschätzung der Experten zu relevanten Aspekten:

Die Bearbeitung der Fallbeispiele wird von den Fallbeispielgebern als seriös angesehen, auch dank des guten Leitfadens (gem. Anhang A1). Kritisch gesehen werden die Repräsentativität (namentlich auf Gemeindestrassen) und die zum Teil grossen Streuungen der Ergebnisse innerhalb derselben Konti (Standardabweichungen). Die untersuchten Projekte werden aber durchaus als typisch für die einzelnen Konten erachtet und Ausreisser, welche den Mittelwert verfälschen würden, sind keine erkennbar.

Im Hinblick auf die Aggregation von Konten ist zu prüfen, ob eine gezielte Zusammenlegung von zugehörigen Gemeinde- und Kantonsstrassen-Konti die statistische Aussagekraft erhöhen könnten.

4. DIMENSIONSBEDINGTE FAKTOREN (BREITEN, FLÄCHEN, VOLUMEN)

4.1. ANSATZ FÜR DIE BESTIMMUNG DER MINDERBREITE

Im Zwischenbericht Phase I wurde ausführlich geschildert, wie sich die Anwendung des hypothetischen Falls „Dimensionierung auf leichte Motorfahrzeuge“ auf die Fahrbahnbreiten und damit auf die Kosten auswirkt. Für sämtliche Strassentypen lassen sich anhand der VSS-Norm zum geometrischen Normalprofil (GNP) (SN 640 201) die entsprechenden Minderbreiten bestimmen, dies in Abhängigkeit vom Grundbegegnungsfall und von den Geschwindigkeiten. Für Nationalstrassen existiert zudem eine ASTRA-Richtlinie, die zum Teil substanziell von der VSS-Norm abweicht. Auftragsgemäss wurden auch für 17 Fallbeispiele norm- und projektspezifische Strassenbreiten und Tunnelprofile analysiert. Auf Grund des angepassten Vorgehens mit breiter Abstützung auf Normprofile und der Hochrechnung auf das Schweizer Gesamtnetz hat diese Auswertung aber lediglich informativen Charakter (siehe auch Kap. 4.5).

Die Nutzung der sonBASE-Lärmdatenbank des BAFU ermöglichte es, Strassentypen, zulässige Höchstgeschwindigkeiten und zugehörige Netzlängen zu bestimmen und diese mit den aus der VSS-Norm ermittelten Minderbreiten je Strassentyp hoch zu rechnen. Das entsprechende Mengengerüst aus sonBASE ist in der Tabelle 7 (Kap. 2.2.4) aufgeführt. Die normgerechten Normalprofile und die entsprechenden Minderbreiten je Strassentyp sind im Anhang B1 dargestellt. Dabei wird bei den Grundbegegnungsfällen und den verschiedenen Zuschlägen „Lastwagen“ konsequent durch „Lieferwagen“ ersetzt. Die Hochrechnung auf das gesamte Schweizer Strassennetz für jeden Strassentyp und die anschliessende Aggregation auf Gemeinde-, Kantons- und Nationalstrassen ist im Anhang B2 ersichtlich.

4.2. NORMGERECHTE GEOMETRISCHE NORMALPROFILE (GNP)

4.2.1. GNP FÜR STRASSENTYPEN (OFFENE STRETCKE)

Wie Anhang B2 zeigt, reduziert sich die Fahrbahnbreite bei der Dimensionierung auf leichte Motorfahrzeuge bei praktisch allen Strassentypen mit Gegenverkehr um ca. 11 – 15%. Die Ausnahme bilden diejenigen Erschliessungsstrassen innerorts, welche auf dem Grundbegegnungsfall PW/PW (innerorts, 30 km/h) basieren und somit keine Minderbreite aufweisen.

Bei den Strassentypen Hochleistungsstrassen (Autobahnen und Autostrassen) wurden die Berechnungen sowohl nach der VSS-Norm, als auch nach der geltenden ASTRA-Richtlinie durchgeführt. Dabei ist ersichtlich, dass eine Dimensionierung nach VSS-Norm im Mittel zu einer Minderbreite von 9.3% führt, nach ASTRA-Richtlinie von 8.3%.

Einschätzung der Experten bezüglich der zu verwendenden Grundlagen:

Es sollen generell die Werte gemäss der ASTRA-Richtlinie verwendet werden, da das Hochleistungsstrassennetz überwiegend nach diesen gebaut wurde und nicht nach der VSS-Norm, welche erst 1992 erschienen ist. Dies bedeutet, dass für die Fahrbahnkonten auf Nationalstrassen 8.3 % eingesetzt werden sollen.

Die Minderbreiten nach Strassentypen, gewichtet nach zugehörigen Netzlängen und aggregiert nach Gemeinde-, Kantons- und Nationalstrassen führen somit zu den dimensionsbedingten Faktoren für die offene Strecke gemäss Tabelle 12. In Anlehnung an die Argumentation im Zwischenbericht Phase I wird für die Kunstbauten und Nebenanlagen, namentlich für Brücken, derselbe Faktor verwendet.

Dimensionsbedingte Faktoren für offene Strecke	An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen		
	Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen	9.6%	9.6%	9.6%	9.6%	9.6%	9.6%	9.6%
Kantonsstrassen	12.1%	12.1%	12.1%	12.1%	12.1%	12.1%	12.1%
Nationalstrassen Trasse	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%			
Brücken/Kunstbauten					8.3%	8.3%	8.3%
BSA							
Tunnels					s. 4.2.2	s. 4.2.2	s. 4.2.2
Diverses							

Tabelle 12

4.2.2. GNP FÜR TUNNELS, ÜBERDECKUNGEN, GALERIEN

Die geometrischen Normalprofile für Tunnels (Rundprofile) wurden wiederum einerseits nach der VSS-Norm, andererseits gemäss dem Fachhandbuch Tunnel/Geotechnik des ASTRA berechnet (siehe Anhang B2). Für die Fahrbahnbreite nach VSS-Norm resultiert hierbei eine Verminderung um 8.6%, nach den Regeln des ASTRA um 12.8 %. Bei der Flächenbetrachtung

(Ausbruchprofil), welche für Tunnelneubauten relevant ist, vergrössert sich die Differenz markant: nach VSS-Norm beträgt die Minderfläche 16.5%, nach ASTRA 24.0%.

Einschätzung der Experten bezüglich der zu verwendenden Grundlagen:

Es sollen auch hier die Werte gemäss der ASTRA-Richtlinie verwendet werden, da das Hochleistungsstrassennetz nach diesen gebaut wurde und nicht nach den VSS-Normen. Dies bedeutet, dass für den baulichen Unterhalt von Tunnels 12.8% und für den Tunnelneubau 24.0 % eingesetzt werden sollen.

Offen ist nun, welcher Prozentsatz beim Konto Erneuerung/Ausbau verwendet werden soll: handelt es sich um Erneuerungsarbeiten, ist die Minderbreite der Fahrbahn, bzw. der Minderumfang des Profils massgebend, also 12.8%, handelt es sich demgegenüber aber um einen Ausbau (am Beispiel der Nordumfahrung ZH), müssten 24.0% zur Anwendung kommen. Es wird deshalb vorgeschlagen, für das Konto Erneuerung/Ausbau den Mittelwert von 18.4% zu verwenden.

Konsequenterweise könnten diese Werte (bzw. diejenigen aus den VSS-Normen) auch auf Tunnels auf dem Kantons- und Gemeindestrassennetz angewendet werden (bereinigt mit den zugehörigen Netzlängen gemäss Tabelle 5 (Kap. 2.2.2)). Darauf wird in Anbetracht der vernachlässigbaren Auswirkung aber verzichtet (auf Kantonsstrassen beträgt die Tunnellänge beispielsweise weit weniger als 1% des gesamten Netzes, auf dem Gemeindestrassennetz ist der Anteil noch viel geringer).

Wie eingangs erwähnt, basieren die Prozentsätze auf einer Berechnung mit Kreisprofilen. In den Tunnel-Konten sind aber auch Ei-Profile (v.a. bei mehrspurigen Tunnels) oder Rechteck-Profile (Überdeckungen, Galerien) enthalten. Einfache Berechnungen zeigen, dass die Flächenfaktoren bei Rechteckprofilen oder auch bei Ei-Profilen deutlich höher anzusetzen wären (bis zu 30%). Grund dafür ist die Tatsache, dass die Fahrzeughöhe bei diesen Profilen wesentlich stärker ins Gewicht fällt als die Fahrzeugbreite. Da das zu Grunde gelegte Dimensionierungsfahrzeug (Lieferwagen) eine rund 25% geringere Höhe (3m statt 4m), aber „nur“ eine rund 14% geringere Breite aufweist (2.20m statt 2.55m), schlägt sich dies bei abgeflachten Profilen stärker in der Flächenberechnung nieder. Es fehlen allerdings Datengrundlagen, um diese Unterschiede zahlenmässig und hinsichtlich ihrer Bedeutung im Gesamtnetz untermauern zu können. Aus diesem Grund erscheint eine Verwendung der Kreisprofilwerte vertretbar.

Schliesslich stellt sich noch die Frage, inwiefern die BSA als dimensionsabhängig angesehen werden kann. Während bei der Diskussion der gewichtsbedingten Kosten des Schwerverkehrs (Kap. 3.3) für die BSA, mangels Verifizierungsmöglichkeit der Lüftungs-Frage, in den

Fallbeispielen die Faktoren auf null gesetzt wurden, erscheint eine Berücksichtigung nun im Rahmen der dimensionsbedingten Faktoren und mit denselben Faktoren wie bei den Tunnels gerechtfertigt (kleinere Profile benötigen geringere Lüftungsleistung, kleinere Aggregate, allenfalls auch kleinere Kabellängen bei lateralen Verbindungen).

Tunnels Nationalstrasse	An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen		
	Baulicher Unterhalt	Erneuerung/Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen							
Kantonsstrassen							
Nationalstrassen Trasse							
Brücken/Kunstbauten							
BSA					12.8%	18.4%	24.0%
Tunnels					12.8%	18.4%	24.0%
Diverses							

Tabelle 13

4.3. FLÄCHENBEDARF KNOTEN

Im Zwischenbericht zur Phase I wurde festgehalten, dass die Abbiegevorgänge von schweren Motorfahrzeugen in Knotenbereichen erheblich mehr Fläche beanspruchen als leichte Motorwagen. Am Beispiel von Kreiseln wurde der Flächenmehrbedarf auf rund 25 – 30% beziffert. Die Knotenstatistik aus der sonBASE-Datenbank (Anhang B3) zeigt, dass weniger als 1.5% aller Knoten im Schweizer Strassennetz Kreisel sind und wie die übrigen Knoten auch, in den ausgewiesenen Netzlängen bereits enthalten sind.

Auf eine Berücksichtigung der Knotenfläche wird verzichtet, weil hierfür einerseits sehr grobe Annahmen über durchschnittliche Knotenflächen getroffen und zur Berücksichtigung des Knotenanteils auch die Fläche des Strassennetzes berechnet werden müsste (mittels Annahme einer durchschnittlichen Strassenbreite). Dieser Aufwand erscheint im Rahmen der vorliegenden Studie als nicht vertretbar, die Annahmen zur Berechnung der gesamten Schweizer Strassenfläche werden als viel zu grob und die daraus resultierende Erhöhung der dimensionsbedingten Faktoren als kaum relevant eingeschätzt.

4.4. ERGEBNIS ZU DEN DIMENSIONSBEDINGTEN FAKTOREN

Die dimensionsbedingten Faktoren des Schwerverkehrs präsentieren sich demnach wie folgt:

Dimensionsbedingte Faktoren	An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen		
	Baulicher Unterhalt	Erneuerung/Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen	9.6%	9.6%	9.6%	9.6%	9.6%	9.6%	9.6%
Kantonsstrassen	12.1%	12.1%	12.1%	12.1%	12.1%	12.1%	12.1%
Nationalstrassen	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%			
Trassee							
Brücken/Kunstbauten					8.3%	8.3%	8.3%
BSA					12.8%	18.4%	24.0%
Tunnels					12.8%	18.4%	24.0%
Diverses							

Tabelle 14

4.5. VALIDIERUNG MIT FALLBEISPIELEN

Auftragsgemäss wurde in praktisch jedem Konto ein Fallbeispiel auf Basis des effektiven Normalprofils und hinsichtlich der Minderbreiten bei Dimensionierung auf leichte Motorfahrzeuge untersucht. Die entsprechenden Unterlagen sind in Anhang B4 enthalten. Daraus ist ersichtlich, dass bei den Projekten zum Teil grosse Abweichungen zur Norm vorhanden sind, und zwar in beiden Richtungen (es wird sowohl unter, als auch über den Normwerten gebaut). Gründe dafür liegen darin, dass aus den Projektunterlagen häufig nicht klar hervorgeht, wie das GNP bestimmt wurde (Strassentyp, Grundbegegnungsfall und Geschwindigkeiten). Vor allem in innerstädtischen Verhältnissen werden Normbreiten eher unterschritten. Die untersuchten Fallbeispiele bezüglich Minderbreite zeigen deshalb zwar auf, wie konsequent die Normen angewendet wurden, bzw. von diesen abgewichen wurde, für die vorliegende Arbeit ist dies aber nicht relevant. Grund dafür ist die umfassende Verwendung des globalen Datensatzes aus sonBASE und der schweizweiten, normbasierten Betrachtung, welche im Ergebnis wesentlich präzisere Aussagen zulässt und bei der seinerzeitigen Disposition der Phase II nicht absehbar war.

Es sei an dieser Stelle auch nochmals auf den methodischen Aspekt in dieser Frage hingewiesen: Wenn beim Neubau oder Umbau einer Strasse von der Norm abgewichen wurde, hatte dies Gründe (Platzmangel, Kosten/Nutzen-Überlegungen, funktionale Gründe, bewusstes Unterschreiten der Grundabmessungen, Verzicht auf Zuschläge u.a.). Es darf angenommen werden,

dass dieselben Gründe auch für den hypothetischen Fall mit dem Dimensionierungsfahrzeug Lieferwagen zur Anwendung kommen würden.

Einschätzung der Experten zu relevanten Aspekten:

Die Berechnung der dimensionsbedingten Faktoren auf Basis des geltenden Normenwerks (bzw. der Richtlinie des ASTRA) sowie die Hochrechnung auf das gesamtschweizerische Strassennetz werden in der hier ausgeführten Form als richtig erachtet.

Die Anwendung der Faktoren für Tunnels für die BSA-Konten auf Nationalstrassen wird als vertretbar und die Begründung als plausibel erachtet.

5. KAPAZITÄTSBEDINGTE FAKTOREN

Aus Forschung, Normung und Lehre ist bekannt, dass schwere Motorfahrzeuge die Kapazität des Strassennetzes wesentlich stärker vermindern als leichte Motorfahrzeuge. Die Strassen stossen dadurch schneller an ihre Grenzen der Leistungsfähigkeit und allfällige Aus- und Neubauten des Strassennetzes werden deshalb zu einem früheren Zeitpunkt notwendig. Aus langfristiger Optik führt dieser Zusammenhang zu höheren Infrastrukturkosten, die anteilmässig dem Schwerverkehr zugewiesen werden können.

Für die Bestimmung der Kapazitätsabminderung des Schweizer Strassennetzes durch schwere Motorfahrzeuge wurde ein ähnliches Vorgehen angewendet wie bei den dimensionsbedingten Faktoren. Auch hier lässt sich der Einfluss des Schwerverkehrs anhand der VSS-Normen SN 640 018a, 640 020a³ für einzelne Strassentypen berechnen und anschliessend mit dem Mengengerüst aus sonBASE (Tabelle 7 im Kap. 2.2.4) auf das gesamtschweizerische Strassennetz hochrechnen. In Anlehnung an die Norm erfolgte eine getrennte Berechnung des Schwerverkehrseinflusses für Strassen ausserorts (namentlich National- und Kantonsstrassen) und für das innerörtliche Strassennetz.

5.1. KAPAZITÄTSABMINDERUNG AUF STRECKEN AUSSERORTS

Die relevanten Einflussfaktoren für Nationalstrassen und Kantonsstrassen ausserorts sind Längsneigung, Kurvigkeit (bei Gegenverkehr), Schwerverkehrs-Anteil und Geschwindigkeit sowie Anzahl Fahrstreifen pro Richtung auf Autobahnen. Ergänzend wurde in einer vertieften Recherche die verwendete Schweizer Norm den geltenden Standards im Ausland (Deutschland, USA) gegenübergestellt. Dabei zeigt es sich, dass die Einflussfaktoren gemäss unseren geltenden Normen sinngemäss auch im Ausland angewendet werden, wenn auch zum Teil mit leicht veränderten Ansätzen. Diese Recherche und das Fazit daraus sind im Anhang C1 dokumentiert.

Eine umfassende Auswertung der sonBASE-Daten für die erwähnten Einflussfaktoren und für die entsprechend untersuchten Netzteile zeigt Anhang C2.

Die Ergebnisse dieser Auswertung für die Kapazitätsabminderung auf Nationalstrassen und auf Strecken ausserorts zeigt Tabelle 15.

³ Die Kapazität oder Leistungsfähigkeit einer Strasse wird aus verkehrstechnischer Sicht mit der von der Strasse maximal verarbeitbaren Verkehrsmenge bestimmt (Anzahl Fahrzeuge/Std.). Die wesentlichen Einflussfaktoren sind dabei die Geschwindigkeit, der Schwerverkehrsanteil an der Gesamtverkehrsmenge und die Strassenneigung.

Kapazitätsminderung auf freier Strecke ausserorts	An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen		
	Baulicher Unterhalt	Erneuerung/Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen	0.0%	0.0%	0.0%		0.0%	0.0%	0.0%
Kantonsstrassen	0.9%	0.9%	0.9%		0.9%	0.9%	0.9%
Nationalstrassen Trasse	3.7 %	3.7%	3.7%				
Brücken/Kunstbauten					3.7%	3.7%	3.7%
BSA					3.7%	3.7%	3.7%
Tunnels					3.7%	3.7%	3.7%
Diverses							

Tabelle 15

5.2. KAPAZITÄTSABMINDERUNG AUF STRECKEN INNERORTS

Während auf den Nationalstrassen und auf Kantonsstrassen ausserorts primär die Kapazität der freien Strecke massgebend ist, ist auf Strecken im Innerortsbereich ($v \leq 50$ km/h) vorwiegend die Kapazität der Strassenknoten leistungsbestimmend. Die Bestimmung der Knotenleistungsfähigkeit richtet sich hier nach den VSS-Normen SN 640 022 und SN 640 024a und beinhaltet eine Vielzahl von Einflussfaktoren. Für die vorliegende Studie wurde ein vereinfachter Ansatz gewählt, welcher sich auf die Erhöhung der Knotenbelastung (und damit auf die Kapazitätsabminderung) durch Umrechnung von Lastwagen in Personenwageneinheiten (PWE) und unter Berücksichtigung der Strassenneigung gemäss den erwähnten Normen abstützt. Die detaillierte Herleitung und Berechnung der kapazitätsbedingten Faktoren auf dem innerörtlichen Gemeinde- und Kantonsstrassennetz ist im Anhang C3 dokumentiert. Nachfolgende Tabelle 16 zeigt die Ergebnisse.

Kapazitätsabminderung auf Strecken innerorts (Knotenbetrachtung)	An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen		
	Baulicher Unterhalt	Erneuerung/Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen	4.4%	4.4%	4.4%		4.4%	4.4%	4.4%
Kantonsstrassen	4.4%	4.4%	4.4%		4.4%	4.4%	4.4%
Nationalstrassen Trasse							
Brücken/Kunstbauten							
BSA							
Tunnels							
Diverses							

Tabelle 16

5.3. GESAMTBETRACHTUNG KAPAZITÄTSABMINDE- RUNG

Die Synthese aus den ermittelten Faktoren ausserorts (Nationalstrassen und Kantonsstrassen ausserorts gemäss Kapitel 5.1) und innerorts (Gemeinde- und Kantonsstrassen innerorts, Kapitel 5.2) erfolgt mittels Hochrechnung der entsprechenden Netzlängen gemäss der Netzstatistik aus sonBASE (Kapitel 2.2.4, Tabelle 7). Die detaillierte Darstellung der Hochrechnung ist im Anhang C4 einsehbar. Nachfolgende Tabelle 17 zeigt das Ergebnis.

Kapazitätsminderung gesamt	An Fahrbahnen			Lander- werb	An Kunstbauten u. Nebenanla- gen		
	Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen	1.6%	1.6%	1.6%		1.6%	1.6%	1.6%
Kantonsstrassen	1.9%	1.9%	1.9%		1.9%	1.9%	1.9%
Nationalstrassen Trasse	3.7 %	3.7%	3.7%				
Brücken/Kunstbauten					3.7 %	3.7%	3.7%
BSA					3.7 %	3.7%	3.7%
Tunnels					3.7 %	3.7%	3.7%
Diverses							

Tabelle 17

Verglichen mit den Arbeiten und Ergebnissen in Phase I konnten mit der vorliegenden Vertiefung einige neue Erkenntnisse gewonnen werden. So nimmt bei Steigungen ab 2% im Strassen- und vor allem in Knotenbereichen der Einfluss des Schwerverkehrs auf die Kapazität markant zu. Aus der Gesamtnetzbetrachtung konnte aber erkannt werden, dass solche Netzteile bezogen auf die Gesamtnetzlänge anteilmässig gering ist. Im Weiteren beträgt der Schwerverkehrsanteil auf Strassen innerorts im Durchschnitt lediglich etwa 2%, was zu geringeren Kapazitätsabminderungen führt.

Aus folgenden Gründen liegen die Faktoren gemäss Tabelle 17 aber trotzdem eher an der unteren Grenze der Kapazitätsabminderung durch den Schwerverkehr:

- › Die Kapazitätsabminderung von 3.7% auf Nationalstrassen basiert auf einer reinen streckenbezogenen Betrachtung. Es ist aber hinlänglich bekannt, dass die Kapazitäten von Nationalstrassenstrecken im Bereich von Autobahneinfahrten substanziell tiefer liegen als auf der freien Strecke. Namentlich in Agglomerationsbereichen sind es diese Abschnitte auf Nationalstrassen, welche in der Folge für grössere Netzteile leistungsbestimmend sind. Mit der Verwendung des Prozentsatzes für die Streckenleistungsfähigkeit wird dieser Effekt vernachlässigt.

- › Eine analoge Betrachtung gilt auch für das Kantons- und Gemeindestrassennetz, indem sich in der Realität die Auswirkungen von einzelnen leistungsbestimmenden Knoten auf längere Strecken oder auch auf ganze Netzteile auswirken und deren Kapazität gesamthaft abmindern (auch hier v.a. in Agglomerationsbereichen).

Einschätzung der Experten zu relevanten Aspekten:

Die Anwendung der „Kapazitäts-Analogie“ ist im Grundsatz und namentlich für das Kantons- und Nationalstrassennetz nachvollziehbar und plausibel. Die Anwendung der Faktoren für das Gemeindestrassennetz wird aber in Frage gestellt, da hier die Kapazitätsgrenze nur in seltenen Fällen erreicht und deswegen ein Ausbau erforderlich wird. Die entsprechenden Faktoren auf dem Gemeindestrassennetz sollten deshalb auf null gesetzt werden (s. nachfolgend angepasste Tabelle 17).

Kapazitätsminderung gesamt	An Fahrbahnen			Lander- werb	An Kunstbauten u. Nebenanla- gen		
	Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen	0.0%	0.0%	0.0%		0.0%	0.0%	0.0%
Kantonsstrassen	1.9%	1.9%	1.9%		1.9%	1.9%	1.9%
Nationalstrassen Trasse	3.7 %	3.7%	3.7%				
Brücken/Kunstbauten					3.7 %	3.7%	3.7%
BSA					3.7 %	3.7%	3.7%
Tunnels					3.7 %	3.7%	3.7%
Diverses							

Tabelle 17 (angepasst)

6. WEITERE FAKTOREN

6.1. LÄRMBEDINGTE ASPEKTE

Der Frage, wie gross der Anteil des Schwerverkehrs am gesamten Strassenlärm ist, war in der vorliegenden Phase II vertieft nachgegangen werden. Das BAFU, Abteilung Lärm und NIS, hat sich bereit erklärt, hierzu eine eigene Studie in Auftrag zu geben. Deren Ergebnisse sind in Kapitel 6.1.1 in Kurzform und der vollständige Bericht im Anhang D1 wiedergegeben.

6.1.1. LÄRMBERECHNUNGEN MIT SONROAD

Im Rahmen des Projektes „Aktualisierte Schätzung zum schwerverkehrsbedingten Anteil an den Strassenkosten“ wurden basierend auf den Lärmberechnungsdaten 2013 aus sonBASE des Bundesamts für Umwelt (BAFU) Auswertungen und Analysen zu den Emissions- und Immissionsanteilen des Schwerverkehrs ausgeführt. Der vollständige Bericht gemäss Anhang D1 wurde im Auftrag des BAFU von der Firma LCC-Consulting erstellt und durch das BAFU, Abteilung Lärm und NIS, bereinigt. Die nachfolgenden Ausführungen zeigen die wichtigsten Ergebnisse der Emissions- und Immissionsberechnungen in aggregierter Form.

Anteil des schweren Güterverkehrs an den Belastungen tags *:

	Emissionen, längengewichteter Energieanteil	Anteil IGW-Überschreitungen (Personen)
	tags	tags
Nationalstrassen	22.6%	24.3%
Kantonsstrassen	12.0%	14.2%
Gemeindestrassen	14.2%	10.9%
Alle Strassen	14.1%	13.8%

Tabelle 18

Anteil des schweren Güterverkehrs an den Belastungen nachts *:

	Emissionen, längengewichteter Energieanteil	Anteil IGW-Überschreitungen (Personen)
	nachts	nachts
Nationalstrassen	19.4%	25.2%
Kantonsstrassen	11.4%	18.4%
Gemeindestrassen	14.7%	13.1%
Alle Strassen	14.2%	17.6%

Tabelle 19

* Details zur Definition/Berechnung können dem Anhang D1 entnommen werden

Emissionsseitig beträgt der Energieanteil bei den Nationalstrassen ca. 20%, bei den Kantons- und Gemeindestrassen ca. 10-15% (Tabellen 18 und 19). Der Energieanteil bei den Nationalstrassen ist höher, da auf diesen der Güterverkehrsanteil vergleichsweise hoch und der Anteil an Motorrädern eher gering ist. Trotz etwas höherem Güterverkehrsanteil auf Kantonsstrassen wie auf Gemeindestrassen ist der Emissionsanteil des schweren Güterverkehrs auf Gemeindestrassen höher als auf Kantonsstrassen, da bei geringerer Geschwindigkeit der Schwerverkehr nach Emissionsmodell sonROAD im Vergleich zum Personenverkehr dominanter ist. Bei den immissionsseitigen Betrachtungen zu Grenzwertüberschreitungen ist dieser Effekt nicht mehr erkennbar, da primär Gemeindestrassen mit höheren Geschwindigkeiten zu Grenzwertüberschreitungen führen.

Immissionsseitig fällt der Einfluss des schweren Güterverkehrs am Tag etwas geringer aus als in der Nacht. Insgesamt beträgt der Anteil des schweren Güterverkehrs an den von IGW-Überschreitungen betroffenen Personen am Tag ca. 13.8% und in der Nacht 17.6% (Tabellen 18 und 19). Die IGW-Überschreitungen für Personen wurden jeweils über den lautesten Punkt der Gebäude berechnet.

Der Korrekturfaktor K1 gemäss Lärmschutzverordnung (LSV) Anhang 3 wurde bei sämtlichen immissionsseitigen Betrachtungen sowohl für den Personenverkehr, als auch für den schweren Güterverkehr, über den Gesamtverkehr berechnet. Bei den emissionsseitigen Betrachtungen wurden Leq-Werte verwendet.

Bei den immissionsseitigen Betrachtungen gilt es zudem zu berücksichtigen, dass die im 2010 bestehenden Lärmschutzwände weitgehend berücksichtigt wurden. Es wurden Daten zu Lärmschutzwänden des ASTRA und Daten von 19 Kantonen verwendet.

6.1.2. VERGLEICH MIT DATEN FACHSTELLE LÄRM-SCHUTZ ZÜRICH (FALS)

Die Fachstelle Lärmschutz des Kantons Zürich (FALS) stellte für die vorliegende Untersuchung eine Auswertung ihres Lärmdatensatzes für das gesamte Kantonsstrassennetz mit Energieanteilen des schweren Güterverkehrs zu Verfügung. Ein direkter Vergleich der Resultate aus sonBASE mit den Daten der Fachstelle Lärmschutz Zürich war allerdings nicht möglich, da bei den Daten von Zürich beim Anteil des schweren Güterverkehrs auch Motorräder zum Güterverkehr gezählt wurden. In der sonBASE wurden die Motorräder zwar akustisch gesehen ebenfalls wie

Schwerverkehr gerechnet, bei den Auswertungen wurden sie jedoch zum Personenverkehr gezählt.

Ein Vergleich der Verkehrszahlen (Tabelle 20) für den Kanton Zürich hat jedoch gezeigt, dass zumindest die Fahrleistungen auf dem Zürcher Strassennetz recht gut übereinstimmen.

Fahrleistungen auf dem Zürcher Strassennetz (Fzkm)	Tag (km/16h)	Nacht (km/8h)
Fahrleistung schwerer Güterverkehr sonBASE	807'606	61'028
Fahrleistung Motorräder sonBASE	569'564	32'593
Fahrleistung schwerer Güterverkehr + Motorräder sonBASE	1'377'170	93622
Fahrleistung sonBASE	19'461'612	1'735'198
Fahrleistung schwerer Güterverkehr + Motorräder FALS	1'342'861 (97.5%)	95'216 (101.7%)
Fahrleistung FALS	19'566'117 (100.5%)	2'000'647 (115.3%)

Tabelle 20

Der Anteil des schweren Güterverkehrs an den Gesamtemissionen fällt bei den Daten FALS mit durchschnittlich 37% am Tag und 26.5% in der Nacht deutlich höher aus als bei den Betrachtungen des BAFU (14.1% bzw. 14.2%). Dies liegt nebst den bereits erwähnten Motorrädern, die zum Güterverkehr gezählt wurden, auch daran, dass bei den Quelldaten der FALS im Schnitt etwas tiefere Geschwindigkeiten angenommen wurden. Tiefere Geschwindigkeiten führen bei Berechnungen nach sonROAD zu einer Verlagerung der Energieanteile Richtung Güterverkehr. Der bei der FALS markant höhere Emissionsanteil des Schwerverkehrs am Tag im Vergleich zur Nacht ist vermutlich primär darauf zurückzuführen, dass bei den Berechnungen der FALS die Motorräder zum Schwerverkehr gezählt wurden.

6.1.3. VERGLEICH MIT ERKENNTNISSEN AUS PROJEKT MFM-U

Ein Vergleich der emissionsseitigen Auswertung aus sonBASE mit der BAFU-Publikation „Umweltbelastungen des alpenquerenden Güterverkehrs, Resultate des Projekts MFM-U, Stand 2010“ (BAFU 2011) zeigt eine recht gute Übereinstimmung.

Im Projekt MFM-U (Monitoring flankierende Massnahmen Umwelt) wurden an den Autobahnen A2 und A13 an fünf Stationen die Gesamtlärmemissionen gemessen und zusätzlich auch der Anteil der schweren Güterfahrzeuge berechnet. Je nach Messstation liegt der Lärm-Anteil

schwerer Güterfahrzeuge an den Gesamtemissionen zwischen 14 und 25%. Die Höhe des Anteils ist nebst den gefahrenen Geschwindigkeiten und der Belagseigenschaften vor allem auch abhängig vom prozentualen Schwerverkehrsanteil. Nimmt man die in der Publikation aufgestellte Faustregel, wonach der Lärmanteil der schweren Güterfahrzeuge an den Gesamtemissionen rund das Dreifache des prozentualen Verkehrsanteils beträgt und wendet diese auf die Auswertung von sonBASE auf dem Nationalstrassennetz an, so entsteht eine sehr gute Übereinstimmung. Der mit der Netzlänge gewichtete Schwerverkehrsanteil auf dem Nationalstrassennetz gemäss sonBASE beträgt demnach rund 7.2% und der Emissionsanteil der schweren Güterfahrzeuge wurde tags mit 22.6% und nachts mit 19.4% (Tabelle 18) berechnet (Faktor 3.2 bzw. 2.7).

6.1.4. EINORDNUNG DER %-SÄTZE LÄRM

Zunächst sei festgehalten, dass die Ergebnisse der lärmspezifischen Untersuchungen im vorliegenden Projekt sich massiv von der ersten Einschätzung in der Phase I unterscheiden, welche auf die entsprechende web-Publikation des Cercle bruit abstellt. Es empfiehlt sich, die Verantwortlichen des Cercle bruit zu informieren, damit die entsprechenden Aussagen auf der website angepasst werden.

Die ermittelten Emissionsanteile der schweren Güterfahrzeuge eignen sich u.E. bestens, um diese auf die Kosten des baulichen Lärmschutzes, soweit diese aus der Strassenrechnung oder aus anderen Quellen (Kosten Lärmschutz Strasse aus FinÖV) isoliert werden können, anzuwenden. Dabei empfiehlt es sich, die nach Strassenkategorie differenzierten Emissionswerte gemäss den Tabellen 18 und 19 zu verwenden.

Im Weiteren zeigte es sich bei der Analyse und Auswertung der Fallbeispiele zu den gewichtsabhängigen Kosten, dass einige Projekte auch baulichen Lärmschutz beinhalten oder gar aus Gründen des Lärmschutzes überhaupt erst ausgelöst werden (z.B. Erneuerung/Ausbau: Fallbeispiel Nr. 56, Halbüberdeckung Zofingen). Gleiches gilt auch für Neubauten von Tunnels oder kostenintensiven Linienführungen in Einschnitten, die häufig auch aus Lärmschutzgründen gewählt werden. Es wäre deshalb künftig zu überlegen, ob und in welchem Umfang der eruierte Lärm-Faktor in der Methodik der Strassenrechnung und projektspezifisch berücksichtigt werden soll.

6.2. FROST

Die Bedeutung der Dimensionierung auf Frost sollte gemäss den Erkenntnissen aus der Phase I vertieft und auch im Rahmen der Fallbeispiel-Untersuchungen analysiert werden. Ein Verschnitt des codierten Strassennetzes der Schweiz mit der Höhenkurve 700 m ü.M. zeigt, dass rund ein

Drittel des Schweizer Strassennetzes über 700 m ü.M. liegt. Die entsprechenden Netzlängen von National-, Kantons- und Gemeindestrassen sind in Tabelle 21 und grafisch im Anhang D2 dargestellt.

	Netzlängen [km]	Netzlänge < 700 m ü.M. [km]	Netzlänge > 700 m ü.M.	
			[km]	[%]
Bund	4'392*	3'901	491	11.1
Kantone	17'956	11'689	6'267	34.9
Gemeinden	78'528	53'153	25'375	32.3
Summen	100'876	68'743	32'133	31.9

Tabelle 21

** Die rund 700 km grössere Netzlänge verglichen mit dem Datensatz aus sonBASE ist auf den hier verwendeten aktuelleren Datensatz zurückzuführen und beinhaltet auch die seit 2008 (Basis sonBASE) eröffneten Nationalstrassenabschnitte (A4/Westumfahrung, A9 Wallis und A16 Transjurane)*

In den Untersuchungen zu den gewichtsbedingten Faktoren (Kapitel 3) wurde das Merkmal „Dimensionierung Frost“ explizit abgefragt. Es konnten 15 Fallbeispiele identifiziert werden, die im Netz über 700 m ü.M liegen und bei denen das Kriterium Frost auch als relevant angesehen und in den Berechnungen zur Dimensionierung auf leichte Motorfahrzeuge berücksichtigt wurde. Damit kann grundsätzlich festgehalten werden, dass in den gewichtsbedingten Faktoren gemäss Kapitel 3 die Einflüsse der Frostdimensionierung bereits enthalten sind.

Eine gezielte Analyse der drei Fallbeispiele zu Brückenneubauten auf Kantonsstrassen (Fallbeispiele 60 – 62, wovon zwei im frostgefährdeten Bereich liegen und eines nicht) zeigte als einzigen relevanten Unterschied, dass im nicht frostgefährdeten Projekt Nr. 62 die Fundationsschicht geringfügig (um rund 5%) reduziert werden konnte. In Relation zu den Gesamtkosten war dieser Unterschied aber nicht relevant und vernachlässigbar.

Bei den übrigen Fallbeispielen in frostgefährdeter Umgebung konnten keine kostenrelevanten Aspekte erkannt werden, die explizit auf diesen Aspekt zurückzuführen wären.

Der geringe Anteil des Nationalstrassennetzes über 700 m ü.M., die explizite Berücksichtigung der Frostgefährdung bei der Untersuchung aller Fallbeispiele und das Ergebnis aus der gezielten obigen Analyse zu Projekten auf Kantonstrassen lassen es vertretbar erscheinen, dass der Einfluss der Frostdimensionierung auf die gewichtsbedingten Faktoren nicht mehr weiter als separate und relevante Grösse weiterverfolgt wird.

6.3. STÜTZMAUERN UND ZUSATZSTREIFEN

Ein weiterer aus Phase I zu vertiefender Aspekt umfasste die (talseitigen) **Stützmauern**, bei deren Dimensionierung auf leichte Motorfahrzeuge stärkere Abminderungen bei den gewichtsbedingten Faktoren vermutet wurden. In den Fallbeispiele-Untersuchungen sind diverse Objekte mit Stützmauern enthalten und auch hier sind mögliche Effekte in den ermittelten Prozentsätzen der einzelnen Fallbeispiele enthalten. Weitergehende Vertiefungen zu diesem Aspekt erübrigen sich demzufolge.

Eine Vertiefung zu den **Zusatzstreifen in Steigungen**, v.a. auf dem verkehrsorientierten Kantonsstrassennetz, war auf Grund fehlender diesbezüglicher Fallbeispiele nicht möglich. Es sind aber auch keine gegenteiligen Hinweise eingegangen, wonach die Einschätzung aus Phase I, dass Zusatzstreifen in Steigungen ausschliesslich in Funktion des Lastwagenanteils und der Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen Last- und Personenwagen angeordnet werden und demzufolge zu 100% schwerverkehrsbedingt sind, überdacht werden müsste. Die Bedeutung der Zusatzstreifen bezogen auf die Netzlänge des gesamten Kantonsstrassennetzes wird aber weiterhin als gering eingeschätzt und könnte in der Gesamtbetrachtung der schwerverkehrsbedingten Faktoren bestenfalls als Aufrundungsfaktor verwendet werden.

6.4. WEITERE ASPEKTE

Im Laufe der Bearbeitung wurde verschiedentlich und vor allem bei innerstädtischen Verhältnissen und von Werkeigentümern darauf hingewiesen, dass einzelne Werkleitungen innerorts (namentlich Trinkwasser und Gas) anfällig auf höhere Schwerverkehrsanteile reagieren (Schäden, häufigerer Ersatz). Empirische Evidenz zu dieser Frage liegt allerdings nicht vor. Gleichwohl wäre in Betracht zu ziehen, dieser Frage im Rahmen von zukünftigen Untersuchungen genauer nach zu gehen.

Einschätzung der Experten zu relevanten Aspekten:

Die vorliegenden Erkenntnisse zum schwerverkehrsbedingten Lärmanteil werden als interessant und hilfreich erachtet. Von einer Berücksichtigung in der heutigen Methodik der Strassenrechnung soll aber abgesehen werden, da eine saubere Abgrenzung von den externen Lärmkosten (wie sie andernorts angewendet werden) derzeit nicht möglich ist.

Die Aussagen und Folgerungen zu den übrigen weiteren Aspekten (Frost, Stützmauern etc.) werden als richtig erachtet.

7. SYNTHESE ZU DEN FAKTOREN, AGGREGATIONEN UND EMPFEHLUNGEN

7.1. SYNTHESE

Mit den berechneten Faktoren je Konto (gewichtsbedingt, Tabelle 10 in Kap. 3.2; dimensionsbedingt, Tabelle 14 in Kap. 4.4; kapazitätsbedingt, Tabelle 17 in Kap. 5.3) lässt sich nun eine Synthese zu den Faktoren für jedes Konto erstellen. Hierbei ist darauf zu achten, dass keine Doppelzählungen der Faktoren erfolgen. Der Synthese-Faktor S, gebildet aus den drei Einzelfaktoren, lässt sich demnach mit folgender Formel ermitteln (s. auch Anhang E1:

$$S = 1 - (1 - G) * (1 - D) * (1 - K), \text{ wobei}$$

S: Synthese-Faktor

G: Gewichtsbedingter Faktor

D: Dimensionsbedingter Faktor

K: Kapazitätsbedingter Faktor

Damit präsentiert sich der schwerverkehrsbedingte Anteil an den Strassenkosten, differenziert nach den einzelnen Konten, wie folgt (Tabelle 22):

Synthese der Faktoren	An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen		
	Baulicher Unterhalt	Erneuerung/Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen	27.3%	24.6%	24.3%	9.6%	12.9%	18.1%	17.3%
Kantonsstrassen	30.5%	29.8%	27.8%	12.1%	17.0%	29.4%	21.1%
Nationalstrassen Trasse	38.0%	31.9%	28.7%	8.3%			
Brücken/Kunstbauten					19.2%	20.3%	23.5%
BSA					16.0%	21.4%	26.8%
Tunnels					16.0%	24.4%	27.6%
Diverses							

Tabelle 22

Die Nationalstrassenkonten „Diverses“ sind in der heutigen Strassenrechnung mit denselben Prozentsätzen belegt wie die übrigen Nationalstrassen-Konten, bzw. diese werden jeweils anhand der effektiven Jahreskosten proportional berechnet. Aus diesem Grund werden für die „Diverses“-Konti keine Faktoren ausgewiesen.

Für die direkte Anwendung der Faktoren gemäss Tabelle 22 seien als Rekapitulation nochmals die zu Grunde gelegten wichtigsten Annahmen deklariert:

- › Die Faktoren sind ermittelt durch konsequente Anwendung des hypothetischen Ansatzes der „minimalen Strasse“.
- › Geringeres Gewicht führt zu geringeren Kosten, welche durch eine grosse Fallbeispielzahl ermittelt wurden.
- › Geringere Breiten, Flächen und Volumen führen zu proportional geringeren Kosten.
- › Geringere Kapazitäten entsprechen aus langfristiger Optik proportional geringeren Kosten.

Einschätzung der Experten zu relevanten Aspekten:

Die Ergebnisse zu den Synthese-Faktoren gemäss Tabelle 22 und allfällige weitergehende Aggregationen einzelner Konten wurden mit ihren Vor- und Nachteilen eingehend erörtert.

Für weitergehende Aggregationen sprechen eine einfachere Kommunikation gegenüber Politikern und die Eliminierung von stark schwankenden Einzelfaktoren auf Grund einzelner Fallbeispiele.

Für die desaggregierte Verwendung der einzelnen Faktoren nach Gewicht, Dimension und Kapazität sprechen die einfachere Erklärbarkeit von kontenspezifischen Unterschieden und deren gute Interpretierbarkeit. In jedem Fall sollte zumindest eine Differenzierung nach Gemeinde-/Kantonsstrassen und Nationalstrassen erhalten bleiben.

Im Weiteren müssten Aggregationen bei den gewichtsbedingten Faktoren auf Basis der einzelnen Fallbeispiele und nicht mit den Mittelwerten der einzelnen Konten erfolgen.

Schliesslich sollte generell darauf geachtet werden, dass bei Aggregationen eine saubere Methodik zu Grunde gelegt wird.

7.2. AGGREGATION UND EMPFEHLUNGEN ZUR ANPASSUNG DES BERECHNUNGSMODUS

7.2.1. AGGREGATION DER ERMITTELTEN FAKTOREN

Zusammen mit den obigen Hinweisen der Experten wurden vertiefte methodische Überlegungen für die Umsetzung (Phase III des vorliegenden Auftrags) angestellt. Besondere Aufmerksamkeit erhielt dabei die Anwendung der Kostenkategorien auf die Fahrzeugtypen und auf die heutigen Allokationsschlüssel.

Zur Vereinfachung und zwecks höherer Praxistauglichkeit wurden die ermittelten Faktoren deshalb aggregiert. Folgende Grundgedanken wurden dabei verfolgt:

- National- und Kantons-/Gemeindestrassen-Konti sollten separat geführt werden.
- Konten des baulichen Unterhalts sollten getrennt von Erneuerung/Ausbau und Neubau geführt werden.
- Gewichtsbedingte Faktoren sollten weiterhin separat ersichtlich sein.
- Auf Grund ihrer grossen kostenseitigen Bedeutung in der Strassenrechnung sollten die dimensionsbedingten Faktoren für Tunnels/BSA separat geführt werden.

Mit diesen Leitlinien wurden die entsprechenden Faktoren neu bestimmt und aggregiert. Folgende **Annahmen** und **Regeln** wurden dabei angewendet und sind auch bei künftigen Aktualisierungen der Strassenrechnungs-Methodik und der einzelnen Faktoren zu berücksichtigen.:

1. Die getrennte Anwendung von gewichts-, dimensions- und kapazitätsbedingten Faktoren (anstatt der Synthese-Faktoren gemäss Tabelle 22) erfordert die vorgängige Anwendung eines **Abminderungsfaktors**. Der Grund liegt darin, dass in der Formel für den Synthese-Faktor gemäss Kapitel 7.1 diese Abminderung enthalten ist, bei der Anwendung der einzelnen Faktoren diese aber wieder verloren geht. Die Berechnung des pauschalen Abminderungsfaktors von 0.93 für die gewichts-, dimensions- und kapazitätsbedingten Faktoren ist im Anhang E2 ersichtlich.
2. Bei den Aggregationen von unterschiedlichen Faktoren wurde nach folgenden **Regeln** vorgegangen:
 - Konten-Aggregation bei den gewichtsbedingten Faktoren erfolgte auf Basis der effektiven Fallbeispiele (siehe Anhang E3.1)
 - Konten-Aggregationen bei den dimensionsbedingten Faktoren gewichtet mit den Netzlängen (Aggregation Gemeinde-/Kantonsstrassenkonten) und mit den effektiven Kosten (Mittelwerte der Jahre 2004 – 2009) pro Konto (Aggregation der Konten Tunnel/BSA) (siehe Anhang E3.2).
 - Konten-Aggregation bei den kapazitätsbedingten Faktoren nicht erforderlich, da identische Faktoren (siehe Anhang E3.3).

Das Resultat der Berechnungen ist in der nachfolgenden Tabelle 23 mit den aggregierten Faktoren zu Gewicht, Dimension und Kapazität dargestellt (siehe auch Anhang E3.4).

Gewichtsbedingte Faktoren G		An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen		
		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen		18%	16%			3.4%	13%	
Kantonsstrassen								
Nationalstrassen		28%	20%					
	Brücken/Kunstbauten					5.3%	5.3%	
	BSA							
	Tunnels							
	Diverses							
Dimensionsbedingte Faktoren D		An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen		
		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen		9.5%						
Kantonsstrassen								
Nationalstrassen		7.7%						
	Brücken/Kunstbauten					7.7%		
	BSA					20%		
	Tunnels							
	Diverses							
Kapazitätsbedingte Faktoren K		An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen		
		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen								
Kantonsstrassen		1.8%				1.8%		
Nationalstrassen		3.4%						
	Brücken/Kunstbauten					3.4%		
	BSA							
	Tunnels							
	Diverses							

Tabelle 23

7.2.2. FAZIT UND EMPFEHLUNGEN ZUR ANPASSUNG DES BERECHNUNGSMODUS

Die konsequente Anwendung des methodischen Ansatzes der minimalen Strasse zeigte sich in der Umsetzung als praktikabel und zielführend. Die Herleitung und Berechnung von gewichts-, dimensions- und kapazitätsbedingten Faktoren hat sich zwar im Sinne eines Initialaufwands als sehr aufwändig herausgestellt, die nun vorliegenden Erkenntnisse sind aber vollumfänglich dokumentiert, reproduzierbar und umfassend auf das geltende Normenwerk abgestützt. Dementsprechend lassen sich künftige Aktualisierungen der Strassenrechnungsmethodik sehr selektiv ausführen (z.B. bei aktualisierten Normen oder durch Vergrösserung der Stichprobe bei den Fallbeispielen).

Es wird empfohlen,

- › die in der vorliegenden Studie entwickelte Methode und die resultierenden Faktoren gemäss Tabelle 23 bei der Berechnung der schwerverkehrsbedingten Kosten der Strassenrechnung zu verwenden.

- › zwecks weitergehender Vereinfachungen zu prüfen, ob noch stärkere Aggregationen einzelner Konti sinnvoll wären. Dabei müsste aber in Kauf genommen werden, dass die Transparenz in der Herleitung von gewichts-, dimensions- und kapazitätsbedingten Faktoren zumindest teilweise verloren ginge.

7.3. WEITERGEHENDE EMPFEHLUNGEN

Auf Grund der ausgeführten Arbeiten und Erkenntnisse in Phase II lassen sich folgende weitergehende Empfehlungen formulieren.

- › *Allfällige Auswirkungen und sachliche/methodische Abgrenzungen zu anderen Aspekten der Strassenrechnung und zu anderen Methoden und Instrumenten des Bundes zur Kostenermittlung und –allokation, welche sich aus der angepassten Methodik der Strassenrechnung ergeben, sollten aufgezeigt werden.*

Die Ergebnisse und Erkenntnisse der vorliegenden Studie könnten auch andere Methoden und Instrumente des Bundes im Zusammenhang mit der Kostenermittlung und –allokation tangieren. Zu nennen sind die externen Kosten des Verkehrs und namentlich auch die Staukosten. Obwohl in der vorliegenden Studie darauf geachtet wurde, den Blickwinkel stets eng auf die Kosten der Strasseninfrastruktur zu fokussieren, empfiehlt es sich, aus einer übergeordneten Optik eine entsprechende Einschätzung vorzunehmen.

- › *Es wird angeregt, im Hinblick auf künftige Aktualisierungen der Strassenrechnung und der Strassenrechnungs-Methodik einen auf die Bedürfnisse der Strassenrechnung ausgerichteten Datensatz unter der Federführung des BFS zu entwickeln.*

Die nun vorliegende Methode zur Bestimmung der schwerverkehrsbedingten Strassenkosten benötigt aktuelle, möglichst detaillierte und konsistenten Daten zum Schweizer Strassennetz und zur Strasseninfrastruktur. Namentlich die dimensions- und kapazitätsbedingten, aber auch die gewichtsbedingten Kostenanteile liessen sich einfacher und präziser ermitteln, wenn eine auf die Bedürfnisse der Strassenrechnung fokussierte Datenbasis existierte. Die mögliche Verwendung der sonBASE-Lärmdatenbank im Rahmen der vorliegenden Studie war ein absoluter Glücksfall. Es konnte auch festgestellt werden, dass sämtliche für die vorliegenden Arbeiten relevanten Daten grundsätzlich vorhanden sind, allerdings an verschiedenen Orten in teilweise unterschiedlichen Formaten und aufbereitet für unterschiedliche Zwecke und Anwendungsfälle. Es wird deshalb angeregt, im Hinblick auf künftige Aktualisierungen der

Strassenrechnungs-Methodik einen eigens auf die Bedürfnisse der Strassenrechnung ausgerichteten und in der Verantwortung des BFS liegenden Datensatz zu entwickeln. Aus heutiger Sicht wichtige Datenlieferanten für diesen Datensatz sind das ASTRA, das BAFU, das ARE und swisstopo.

- › *Es sollte geprüft werden, ob mittel- bis längerfristig der Kontenplan der Strassenrechnung vereinfacht werden kann, indem das Konto Erneuerung/Ausbau aufgelöst wird und nur noch zwei Konten geführt werden („Baulicher Unterhalt/Erneuerung“ und „Ausbau/Neubau“). Dadurch würde eine konsequente Unterscheidung von werterhaltenden und wertsteigernden Massnahmen und Kosten in der Strassenrechnung resultieren.*

Im Zuge der Bearbeitung wurde festgestellt, dass die Fallbeispiele in vereinzelten Fällen auch einem anderen Konto hätten zugewiesen werden können. Die Grenzen zwischen baulichem Unterhalt und Erneuerung bzw. zwischen Ausbau und Neubau sind häufig fließend und einige Projekte beinhalten Teilarbeiten aus verschiedenen Konten. Entscheidend ist, dass die Projekte in der Strassenrechnung durch das BFS möglichst korrekt und einheitlich kontiert werden. Namentlich das Konto Erneuerung/Ausbau vermischt die in den Finanzhaushalten zentrale Unterscheidung zwischen „werterhaltend“ und „wertsteigernd“, wie dies auch in der SN 640 900a vorgesehen ist, und lässt aber gleichzeitig auch einen gewissen Spielraum in der Kontierung. Es wäre deshalb zu überlegen, ob mittel- bis längerfristig die Kontierung der Strassenrechnung vereinfacht werden kann, indem das Konto Erneuerung/Ausbau aufgelöst wird und nur noch zwei Konten geführt werden („Baulicher Unterhalt/Erneuerung“ und „Ausbau/Neubau“).

- › *Es sollte geprüft werden, ob die Kosten für den baulichen Lärmschutz an Strassen künftig in der Strassenrechnung separat erfasst und ausgewiesen werden könnten.*

Die Ermittlung des Lärmanteils des Schwerverkehrs an der Gesamtlärmbelastung des Strassenverkehrs durch das BAFU ist ein bedeutsames Resultat für die vorliegende Studie, und die darin aufgeführten Prozentsätze sind belastbar. Die Kosten für den baulichen Lärmschutz an Strassen werden heute aber nicht systematisch bei allen Projekten separat ausgewiesen und auch in der Strassenrechnung nicht separat geführt. Da der Strassenlärm und die Umsetzung der Lärmschutzverordnung des Bundes mit entsprechenden Kostenfolgen auch künftig bedeutsam bleiben wird (Verkehrszunahme, Strassenneu- und -ausbauten in empfindlichen Gebieten) empfiehlt es sich zu überlegen, ob eine separate Erfassung der Kosten für baulichen Lärmschutz in der Strassenrechnung möglich wäre.

Einschätzung der Experten zu relevanten Aspekten:

Für die zweite weitergehende Empfehlung (Datensatz Strassenrechnung) wird angemerkt, dass eine jährliche Aktualisierung des Datensatzes viel zu aufwändig ist und vielmehr eine 5- oder 10-jährige Aktualisierung sinnvoll erscheint.

ANHANG A: GEWICHTSBEDINGTE FAKTOREN / FALL- BEISPIELE

Anhang A1: Leitfaden/Arbeitshilfe zur Berechnung der gewichtsabhängigen Kosten bei den
Fallbeispielen

Anhang A2: Übersicht Fallbeispiele

Anhang A3: Dokumentation Fallbeispiele

ANHANG A1: LEITFADEN/ARBEITSHILFE ZUR BERECHNUNG DER GEWICHTSABHÄNGIGEN KOSTEN BEI DEN FALLBEISPIELEN

Dieser Leitfaden bildete die Grundlage und die Arbeitshilfe zur Ermittlung der gewichtsbedingten Kosten in den Fallbeispielen. Damit wurde sichergestellt, dass die Untersuchungen nach einer einheitlichen Methodik durchgeführt und die Ergebnisse in möglichst vergleichbarer Form aufbereitet wurden.

Bundesamt für Statistik BfS
Schwerverkehrsbedingter Anteil an den Strassenkosten

Arbeitshilfe zur Bearbeitung der Fallbeispiele
(Dimensionierung auf leichte Motorwagen und Berechnung der gewichts-
bedingten Minderkosten)

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Ausgangslage	3
1.1 Kurze Hintergrundinformation	3
1.2 Zweck der vorliegenden Arbeitshilfe	4
2. Erforderliche Projektgrundlagen	5
3. Abgrenzung und Grundannahmen für die Dimensionierung auf leichte Motorwagen	7
3.1 Abgrenzungen	7
3.2 Grundannahmen für die Fallbeispiele „Fahrbahn“	10
3.3 Grundannahmen für die Fallbeispiele „Kunstabauten“	11
4. Ergebnisse und Dokumentation	12
4.1 Allgemeine Projektinformationen	12
4.2 Projektspezifische Kennwerte	12
4.3 Annahmen bei der Dimensionierung auf leichte Motorwagen	13
4.4 Schlussabrechnung	13
4.4.1 Schlussabrechnung gemäss ausgeführtem Projekt	13
4.4.2 Angepasste Schlussabrechnung auf Grund Dimensionierung auf leichte Motorwagen	13
4.5 Planbeilagen	13
5. Überblick: Bearbeitung der Fallbeispiele (Arbeitsschritte)	14

Anhang:

Anhang A: Fallbeispiel Fahrbahnen: Checkliste für die Arbeitsschritte 3 und 4“

Anhang B: Fallbeispiel Kunstbauten: Checkliste für die Arbeitsschritte 3 und 4

Anhang C1: Word-Vorlage für abzugebende Unterlagen

Anhang C2: Musterbeispiele (Fahrbahn/Kunstabauten)

1. Ausgangslage

1.1 Kurze Hintergrundinformation

Basierend auf dem Expertenworkshop vom 2. Mai 2012 (inkl. Inputpapier), dem Zwischenbericht zur Phase I vom 25. Mai 2012 sowie dem Papier zu den „Umsetzungsvarianten für Phase II“ (6. Juni 2012) wurden durch die Begleitgruppe und die Auftrag gebende Stelle (BFS) folgende vier Punkte zum Vorgehen und zu den Inhalten für die Phase II festgelegt:

1. Fallbeispiele zur Bestimmung der gewichtsabhängigen Faktoren:

Es sollen insgesamt **69 Fallbeispiele** (realisierte Projekte) analysiert und die gewichtsabhängigen Kostenanteile durch eine vergleichende Dimensionierung auf leichte Motorwagen und mittels Expertenerfahrung bestimmt werden. Die Verteilung der Fallbeispiele auf die einzelnen Konten der Strassenrechnung ist aus der nachstehenden Tabelle ersichtlich.

Anzahl vorgesehene Fallbeispiele in Phase II	An Fahrbahnen			Lander- werb	An Kunstbauten und Nebenanlagen		
	Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen	4	5	4	0	3	4	4
Kantonsstrassen	5	6				4	
Nationalstrassen	3	3	3				
Trassee							
Brücken/Kunstbauten					3	3	3
BSA					1	1	1
Tunnels					3	3	3
Diverses					0		

Abb. 1: Anzahl Fallbeispiele je Konto

2. Fallbeispiele zur Bestimmung der breiten-/flächen-/volumenabhängigen Faktoren:

Es soll für rund **40 Fallbeispiele** (Auswahl aus obiger Fallbeispielzahl) analysiert und durch vergleichende Dimensionierung auf leichte Motorwagen mittels Expertenerfahrung bestimmt werden, welche Kostenanteile auf Grund von Minderbreite/-fläche/-volumen resultieren würden.

3. Vertiefende Abklärungen zur Bestimmung weiterer schwerverkehrsbedingter Faktoren:

Es sind gezielte Abklärungen und Vertiefungsarbeiten zu weiteren Aspekten beim Bau und Betrieb von Strassen durchzuführen, die schwerverkehrsrelevante Kostenanteile beinhalten. Im Vordergrund stehen Fragen zur Schwerverkehrsrelevanz in Bezug auf die Kapazitätsabminde-

rung und die Lärmemissionen, bei der Dimensionierung auf Frost, bei Stützmauern und bei der Anordnung von Zusatzstreifen.

4. **Keine Vertiefung einer Alternativmethode:**

Kernstück der Phase II ist der Expertenansatz mit den Auswertungen von Fallbeispielen (Punkte 1 – 3). Auf die Ausarbeitung und Vertiefung einer (ursprünglich vorgesehenen) Alternativmethode wird verzichtet. Hingegen werden die Fallstudien aus dem Projekt UNITE (Inhalt: schwerverkehrsbedingte Anteile beim Unterhalt der Nationalstrassen) gezielt ausgewertet.

1.2 **Zweck der vorliegenden Arbeitshilfe**

Die Analyse und Auswertung der Fallbeispiele erfolgt durch verschiedene Fachpersonen aus Verwaltungsstellen und aus der Privatwirtschaft. Es ist deshalb wichtig, dass die vergleichende Dimensionierung auf leichte Motorwagen möglichst einheitlich durchgeführt wird. **Die vorliegende Arbeitshilfe bezieht sich ausschliesslich auf den Punkt 1 (Fallbeispiele zur Bestimmung der gewichtsabhängigen Faktoren) und gibt Hinweise und Erläuterungen,**

- welche **Projektgrundlagen** für die Untersuchung der Fallbeispiele bereit gestellt werden müssen, bzw. vorliegen müssen (**Kapitel 2**),
- welche **Grundannahmen** bei der Dimensionierung auf leichte Motorwagen getroffen werden sollen, damit die gewichtsabhängigen Kostenanteile (Minderkosten) in den Fallbeispielen bestimmt werden können (**Kapitel 3**),
- in welcher Form und mit welchen Inhalten pro Fallbeispiel die **Ergebnisse** vorliegen sollen (**Kapitel 4**),
- wie für die Fallbeispiele in den verschiedenen Konten der Strassenrechnung jeweils **konkret vorgegangen** werden soll, damit formal möglichst einheitliche Ergebnisse über alle Fallbeispiele resultieren (**Kapitel 5**).

In den nachfolgenden Kapiteln, die sich an Fachleute im Bauingenieurwesen richten, werden die obigen Aspekte spezifisch erläutert.

2. Erforderliche Projektgrundlagen

Die Untersuchung der Fallbeispiele stützt sich auf Projekte, die abgeschlossen/realisiert sind und für welche die Schlussabrechnung der Baukosten inkl. allfälliger Kostenteiler vorliegt.

Die nachfolgende Tabelle zeigt, welche Grundlagen aus der Projektdokumentation benötigt werden, um die Untersuchungen durchführen zu können. Werden die Fallbeispiele nicht selber ausgewertet, so sind die benötigten Grundlagen in elektronischer Form an SNZ zu übermitteln.

Fallbeispiele in Phase II	An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten und Nebenanlagen		
	Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen	G1	G2	G3		G4	G5	G6
Kantonsstrassen	K1	K2	K3		K4	K5	K6
Nationalstrassen	N1	N2	N3				
Trassee							
Brücken/Kunstbauten					N4	N5	N6
BSA					N7	N8	N9
Tunnels					N10	N11	N12
Diverses							

Abb. 2: Kurzbezeichnung der Konten

Fallbeispiel/Projekt für folgendes Konto		Benötigte Grundlagen
Fahrbahnen GS/KS/NS		
Baulicher Unterhalt Erneuerung/Ausbau	G1, K1, N1 G2, K2, N2	<ul style="list-style-type: none"> - Schlussabrechnung nach NPK inkl. Detailpositionen, effektive Ausmasse (EXCEL) - Situationsplan 1:500 (ev. 1:1'000) (PDF) (PAW, sofern vorhanden) - Normalprofil 1:50, weitere QP nach Bedarf (PDF) (PAW, sofern vorhanden) - Technischer Bericht (Stufe Bau-/Ausführungsprojekt) (PDF)
Neubau	G3, K3, N3	<ul style="list-style-type: none"> - Schlussabrechnung nach NPK inkl. Detailpositionen, effektive Ausmasse (als EXCEL) - Situationsplan 1:500 oder 1:1'000 (PDF) (PAW, sofern vorhanden) - Längenprofil 1:1'000/1:100 (PAW, sofern vorhanden) - Normalprofil 1:50, weitere QP nach Bedarf (PDF) (PAW, sofern vorhanden) - Technischer Bericht (Stufe Bau-/Ausführungsprojekt) (PDF) - Nutzungsvereinbarung (falls vorhanden) (PDF) - Projektbasis (falls vorhanden) (PDF)

Fallbeispiel/Projekt für folgendes Konto		Benötigte Grundlagen
Kunstbauten GS/KS/NS		
Baulicher Unterhalt	G4, K4, N4, N7, N10	<ul style="list-style-type: none"> - Schlussabrechnung nach NPK inkl. Detailpositionen, effektive Ausmasse (EXCEL) - Situations-/Grundrissplan 1:500 oder 1:1'000 mit Massnahmen (PDF) (PAW, sofern vorhanden) - Längsschnitt 1:200/500 (PDF) (PAW, sofern vorhanden) - Querschnitt 1:100/200, Details falls vorhanden (PDF) (PAW, sofern vorhanden) - Technischer Bericht zum Unterhaltsprojekt (Stufe Bau-/Ausführungsprojekt) (PDF)
Erneuerung/ Ausbau	G5, K5, N5, N8, N11	<ul style="list-style-type: none"> - Schlussabrechnung nach NPK inkl. Detailpositionen, effektive Ausmasse (EXCEL) - Kataster- oder Übersichtsplan mit Längs- und Querschnitten sowie sämtlichen relevanten Abmessungen, 1:500 oder 1:1'000 - Nutzungsvereinbarung (bei Ausbau, Neubau) (PDF) - Tragwerkskonzept/Technischer Bericht (bei Ausbau, Neubau) (PDF) - Projektbasis (bei Ausbau, Neubau) (PDF) - <i>Bem.: Basis bei den Neubauten der Nationalstrasse ist die entsprechende Richtlinie des ASTRA (2005)</i>
Neubau	G6, K6, N6, N9, N12	

3. Abgrenzung und Grundannahmen für die Dimensionierung auf leichte Motorwagen

3.1 Abgrenzungen

Der methodische Hintergrund der Fallbeispiel-Untersuchungen basiert auf der Grundannahme, dass das realisierte Projekt **erneut** und **hypothetisch auf leichte Motorwagen (< 3.5 t) dimensioniert** wird und so die prozentualen Minderkosten zum realen Projekt als „gewichtsbedingt“ ausgewiesen werden können. Die Kennwerte für das Dimensionierungsfahrzeug „leichter Motorwagen“ ist aus nachstehender Abbildung ersichtlich.

Schwere Motorwagen:	Leichte Motorwagen: (ohne Anhänger)
- Breite: 2.55 m - Länge: 18.75 m	- Breite: 2.20 m - Länge: 7.00 m
- Höhe: 4.00 m	- Höhe: 3.00 m
- Gewicht: > 3.5 t	- Gewicht: < 3.5 t
- Achslasten: - Einzelachse: 11.5 t - Referenzachse: 8.16 t	- Achslasten: - Einzelachse: - - Referenzachse: -

Abb. 3: Definition von schweren und leichten Motorwagen

Bei den Fallbeispiel-Untersuchungen geht es **nur um die gewichtsabhängigen Minderkosten** auf Grund der **physikalischen Einwirkungen auf das Bauwerk**; die weiteren gewichtsabhängigen Auswirkungen auf die Fahrdynamik/Kapazitätsabminderung oder die dimensionsabhängigen Minderkosten auf Grund von Breite/Fläche und Höhe werden auf Grund von projektspezifischen Unterlagen und Kennwerten (Fahrbahnbreiten, Tunnelprofilen, Grundbegegnungsfälle) in separaten Arbeitsschritten bestimmt und **sind nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeitshilfe**.

Die Abgrenzung der vorliegenden Fallbeispiel-Untersuchungen in Bezug auf sämtliche schwerverkehrsrelevante Auswirkungen und Faktoren, die in der Phase I ausführlich hergeleitet und diskutiert wurden, ist anhand der nachfolgenden Übersichtsgrafik dargestellt. Der rot eingerahmte Bereich entspricht dem Schwerpunkt für die vorliegende Untersuchung der Fallbeispiele.

Schwere Motorwagen:	Leichte Motorwagen: (ohne Anhänger)	Relevante Auswirkungen:	Quantifizierung der Auswirkungen (Phase II) (Schwerverkehrsrelevanz bei Strassenkosten)
<ul style="list-style-type: none">- Breite: 2.55 m- Länge: 18.75 m	<ul style="list-style-type: none">- Breite: 2.30 m- Länge: 7.60 m	<ul style="list-style-type: none">- Fahrbahn-/Strassenbreiten (inkl. Entwässerung)- Knotengrösse (Fläche)- Flächenbedarf/Landerwerb	<p>Dimension/Dynamik I (Breite und Kapazität)</p> <p>Strassenbreite/-fläche/-kapazität des Gesamtnetzes -> Globale Berücksichtigung der geringeren Fahrzeugbreite und der Kapazitätsabminderung auf dem gesamten Strassennetz (inkl. Kunstbauten), ev. differenziert nach Strassenkategorien X% Y% Z%</p> <p>Landerwerb -> Globaler %-Anteil X% Y% Z%</p>
<ul style="list-style-type: none">- Höhe: 4.00 m	<ul style="list-style-type: none">- Höhe: 3.00 m	<ul style="list-style-type: none">- Lichte Höhe bei Kunstbauten- Tunnelquerschnitt- Überkopf-Signalisation- Trassierung (Längsprofil)	<p>Dimension/Dynamik II (Höhe, Breite und Kapazität)</p> <p>Tunnelbauwerke -> Kosten-/Kapazitätsanalogie zu Fallbeispiel A86 -> Globaler %-Anteil Tunnelbauwerke A%</p>
<ul style="list-style-type: none">- Gewicht: > 3.5 t	<ul style="list-style-type: none">- Gewicht: < 3.5 t	<ul style="list-style-type: none">- Fahrdynamik- LF/Kapazität (Beschleunigungs-/Bremsverhalten)- in Steigungen- Lärmemissionen- Trassierungsparameter (va. Längsauslegung Strasse)- BSA (va. Tunnel-Lüftung)	<p>Dimension/Dynamik III (Höhe, Breite und Kapazität)</p> <p>Weitere Aspekte</p> <ul style="list-style-type: none">- Lärmschutzmassnahmen- Baustellen (Nationalstrassen)- Passive Sicherheit (Nationalstrassen)- Flexible, kosten-/umweltoptimierte Trassierung- Kurvenverbreiterungen- Zusätzliche Fahrstreifen <p>-> Quantitative Berücksichtigung offen Bx% By%</p>
<ul style="list-style-type: none">- Achslast:<ul style="list-style-type: none">- Einzelachse: 11.5 t- Referenzachse: 8.16 t	<ul style="list-style-type: none">- Achslast:<ul style="list-style-type: none">- Einzelachse: -- Referenzachse: -	<ul style="list-style-type: none">- Passive Sicherheit- Ober- und Unterbau Fahrbahn- Konstruktion Kunstbauten (Nützlasten)	<p>Gewicht I</p> <p>Fahrbahn (alle Strassenkategorien)</p> <ul style="list-style-type: none">- Baulicher Unterhalt- Erneuerung/Ausbau- Neubau <p>-> Fallbeispiele Projekte, Durchschnitt %-Anteil 45% 25% 10%</p>
<ul style="list-style-type: none">- Basis: VTS- Anwendung: SN	<ul style="list-style-type: none">- Basis: VTS, SN- Ausnahme: aus EV- Anwendung: SN		<p>Gewicht II</p> <p>Kunstbauten/NA (Fahrbahn und ev. Konstruktion) (alle Strassenkategorien)</p> <ul style="list-style-type: none">- Baulicher Unterhalt- Erneuerung/Ausbau- Neubau <p>-> Fallbeispiele Projekte, Durchschnitt %-Anteil 45% 25% 10%</p>

Abb. 4: Schwerverkehrsrelevante Auswirkungen und Faktoren sowie Untersuchungsbereich (rot eingeraht)

In Bezug auf die gewichtsbedingten, physikalischen Einwirkungen auf das Bauwerk betreffen die zu bestimmenden gewichtsabhängigen Minderkosten und –Faktoren demnach hauptsächlich folgende Bauteile:

Fallbeispiele „Fahrbahn“:

- Baulicher Unterhalt: Minderkosten bei Oberbau
- Erneuerung/ Ausbau: Minderkosten bei Ober- und ev. Unterbau
- Neubau: Minderkosten bei Ober- und ev. Unterbau

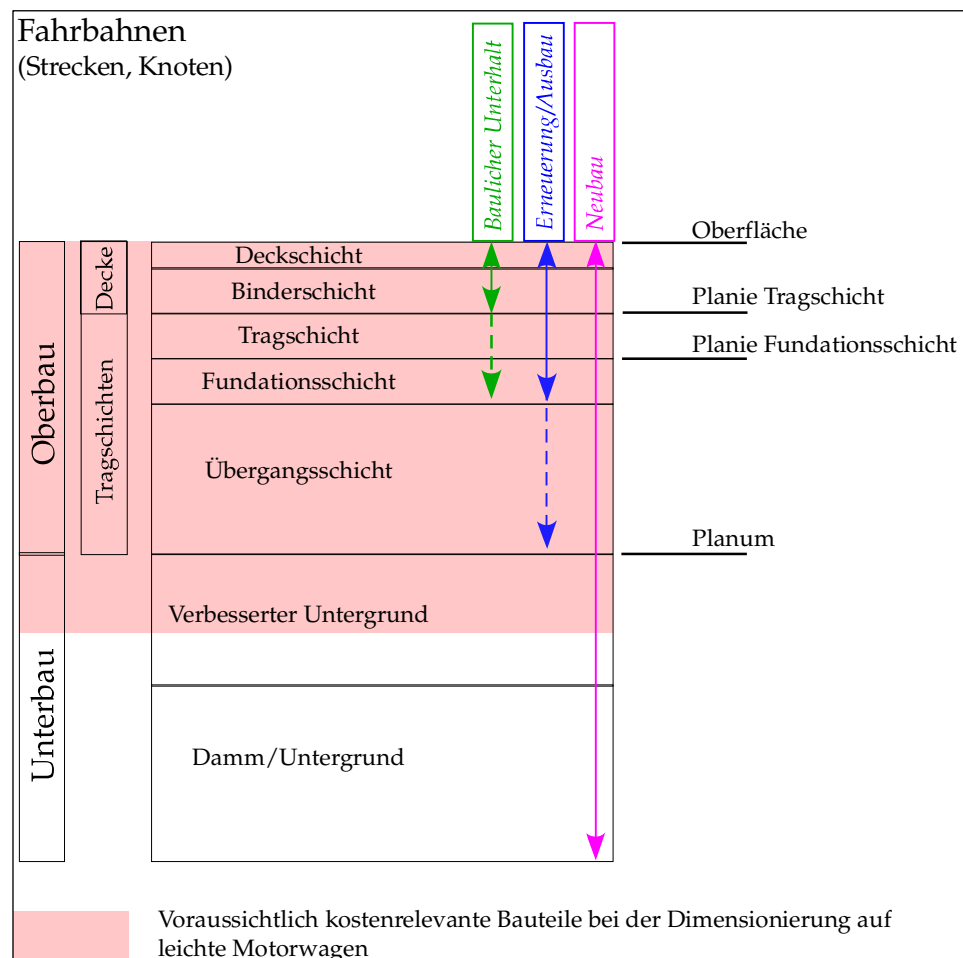


Abb. 5: Untersuchungsbereich für Fallbeispiele „Fahrbahn“

Fallbeispiele „Kunstabau“:

- Baulicher Unterhalt: Minderkosten bei Belag/Fundationsschicht
- Erneuerung/ Ausbau: Minderkosten bei Belag/Fundationsschicht, ev. Überbau (Brücken)
- Neubau: Minderkosten bei Belag/Fundationsschicht, ev. Überbau (Brücken), ev. Tragkonstruktion

Kunstbauten (v.a. Brücken, Rahmenbauwerke, Durchlässe, Stützbauwerke, Tunnels)						
Relevante Bauteile	Brücken	Rahmen-BW	Durchlässe	Stütz-BW	Tunnels	
Belag (Deck-/Binderschicht)	X	X	X	X	X	
Überbau	X					
Stützen/Widerlager	X					
Rahmen		X	X			
Fundation	X	X	X	X		
Profil		X			X	

	Baulicher Unterhalt	Erneuerung/Ausbau	Neubau
--	---------------------	-------------------	--------


 Voraussichtlich kostenrelevante Bauteile bei der Dimensionierung auf leichte Motorwagen

Abb. 6: Untersuchungsbereich für Fallbeispiele „Kunstbauten“

3.2 Grundannahmen für die Fallbeispiele „Fahrbahn“

Für die Dimensionierung und Wahl des Fahrbahnaufbaus sind vor allem folgende Aspekte für die Bearbeitung der Fallbeispiele relevant:

- Festlegung der Lebensdauer von Bauteilen
- Ermittlung der Verkehrslastklasse
- Ermittlung der Tragfähigkeitsklasse
- Erforderliche Dimensionierung auf Frost

Für die Bearbeitung der Fallbeispiele sollen folgende Grundannahmen getroffen werden:

Aspekt	Realisiertes Projekt	Annahme Fallbeispiel
Lebensdauer	Projektspezifisch	Analog real. Projekt
Verkehrslastklasse	T1 – T6	T1
Tragfähigkeitsklasse	S1 – S4	S1
Frostdimensionierung	Projektspezifisch (v.a. Höhenlage)	Analog real. Projekt

Wichtig:

Breiten und Flächen der Fahrbahnprojekte sollen bei der Dimensionierung auf leichte Motorwagen unverändert beibehalten werden. Diese dimensionsabhängigen Auswirkungen werden in separaten Arbeitsschritten bestimmt.

3.3 Grundannahmen für die Fallbeispiele „Kunstabauten“

Die Fallbeispiel-Untersuchungen für die Kunstabauten sollen umfangmässig eher eng gefasst werden. Die Ergebnisse der Phase I und die Einschätzungen der Experten anlässlich des Workshops haben bestätigt, dass ein generell gültiger Einfluss des Schwerverkehrs auf die Wahl des Tragwerkkonzepts von Brückenbauten praktisch unmöglich zu bestimmen ist und von den spezifischen Eigenschaften des einzelnen Objekts abhängt. Die zu untersuchenden Fallbeispiele sollen auch dazu dienen, diesen Sachverhalt zu verifizieren. Bei der Planung von Kunstabauten sind für die vorliegende Fragestellung generell folgende Aspekte relevant:

- Festlegung der Nutzungsanforderungen (Nutzungsvereinbarung)
- Festlegung der Nutzungsdauer der einzelnen Bauteile (Projektbasis)
- Tragwerksanalyse (Einwirkungen (Lasten), Tragwerksmodell, Tragssicherheit und Gebrauchstauglichkeit)
- Dimensionierung von Stützen/Widerlagern/Foundation
- Dimensionierung des Rahmens
- Dimensionierung von Belag und Foundationsschicht (Basis: Verkehrslastklasse)
- Dimensionierung der Lüftung (bei Tunnels)

Für die Bearbeitung der Fallbeispiele sollen folgende Grundannahmen getroffen werden:

Aspekt	Realisiertes Projekt	Annahme Fallbeispiel
Lebensdauer	Projektspezifisch	Analog real. Projekt
Tragwerksanalyse	Verkehrslasten (effektiv)	Verkehrslasten (nur leichte Motorwagen)
Stützen/Widerlager/ Foundation	Effektive Dimensionen	Annahmen treffen im Verhältnis zur verminderten Einwirkung
Verkehrslastklasse	T1 – T6	T1
Überbau (Brücken)	Effektive Dimensionen	Stärken der Bauteile analog realisiertes Projekt Reduktion Vorspannung /Bewehrung im Verhältnis zur verminderten Einwirkung
Rahmen	Effektive Dimensionen	Rahmen-Stärken analog realisiertes Projekt Reduktion Vorspannung /Bewehrung im Verhältnis zur verminderten Einwirkung
Lüftung	Erfolgt durch separate Betrachtung	

Wichtig:

Breiten und Flächen der Fahrbahn und auch die vertikale Ausdehnung der Kunstabauten sollen bei der Dimensionierung auf leichte Motorwagen unverändert beibehalten werden (Ausnahme: Belag/Foundationsschicht). Diese dimensionsabhängigen Auswirkungen werden in separaten Arbeitsschritten bestimmt.

4. Ergebnisse und Dokumentation

Für die anschliessende Auswertung und Synthese der Fallbeispieluntersuchungen sind die Ergebnisse nach einem einheitlichen Raster zu dokumentieren. Dieser beinhaltet folgende Punkte:

1. Allgemeine Projektinformationen
2. Projektspezifische Kennwerte
3. Annahmen bei der Dimensionierung auf leichte Motorwagen
 - 3.1 Grundannahmen
 - 3.2 Objektspezifische Annahmen
4. Schlussabrechnung
 - 4.1 Schlussabrechnung gemäss ausgeführtem Projekt
 - 4.2 Angepasste Schlussabrechnung auf Grund Dimensionierung auf leichte Motorwagen
5. Planbeilagen

Anhang C beinhaltet Musterbeispiele für je ein Projekt Fahrbahn und Kunstbauten. Ebenfalls im Anhang C enthalten und zu verwenden ist eine entsprechende Word-Vorlage.

4.1 Allgemeine Projektinformationen

- Bauherr
- Bezeichnung des Projekts
- Kurzbeschrieb Projekt
- Lage/Koordinaten des Projekts (Projektperimeter von/bis)
- Höhenlage ü. M.
- Projekttyp gemäss Kontierung Strassenrechnung, bei Kunstbauten: Spezifizierung
- Realisierungskosten (gem. Abschlussrechnung)
- Zeitpunkt der (Wieder-) Eröffnung/Inbetriebnahme
- Ansprechperson für projektspezifische Auskünfte (Name/Tel.)

4.2 Projektspezifische Kennwerte

- DTV, Lastwagenanteil
- Massgebender Grundbegegnungsfall
- Ausbau-Geschwindigkeit
- Fahrbahnbreite, Fahrstreifenbreiten
- Fahrbahnaufbau
- Dimensionierung auf Frost

4.3 Annahmen bei der Dimensionierung auf leichte Motorwagen

Grundannahmen und objektspezifische Annahmen zu:

- Verkehrslastklasse
- Tragfähigkeitsklasse
- Angenommener Fahrbahnaufbau bei nur leichten Motorwagen
- Kunstbauten: Einfluss auf Vorspannung und Bewehrung einzelner Bauteile
- weitere

4.4 Schlussabrechnung

4.4.1 Schlussabrechnung gemäss ausgeführtem Projekt

- Gliederung nach NPK, inkl. Detailkonten

4.4.2 Angepasste Schlussabrechnung auf Grund Dimensionierung auf leichte Motorwagen

- Angepasste Schlussabrechnung mit spezieller Kennzeichnung der Positionen,
 - welche sich auf Grund der Dimensionierung verändert haben
 - welche sich auf Grund verminderter Gesamtkosten verändern.
- Ausweisung der prozentualen Minderkosten für das Gesamtprojekt

4.5 Planbeilagen

- Übersichtsplan des Projekts (auch als separates pdf)
- Normalprofil/Querschnitt der Strasse/Kunstbaute (auch als separates pdf)
- Längenprofil/Längsschnitt der Strasse/Kunstbaute (auch als separates pdf)

5. Überblick: Bearbeitung der Fallbeispiele (Arbeitsschritte)

Die Fallbeispiele bilden die empirische Grundlage bei der Neubestimmung der schwerverkehrsbedingten Strassenkosten und sind deshalb zentraler Bestandteil des Gesamtmandats. Dementsprechend bedeutsam ist es, dass eine methodisch einheitliche Bearbeitungsweise für sämtliche Fallbeispiele sichergestellt werden kann. Dies ist umso wichtiger, als verschiedene Stellen und Personen an der Bearbeitung der Fallbeispiele mitwirken werden. Im Weiteren soll erreicht werden, dass die Ergebnisse der Untersuchungen vollständig und in der erforderlichen Qualität vorliegen, damit die anschliessende Auswertung und Synthese mit möglichst hoher Aussagekraft versehen werden und eine transparente und nachvollziehbare Dokumentation der Phase II erfolgen kann.

Die nachstehende Figur zeigt den Ablauf der Fallbeispiel-Untersuchungen mit insgesamt 7 Arbeitsschritten im Überblick. Die für die einzelnen Arbeitsschritte massgebenden Grundlagen und Dokumente sind in der rechten Spalte in Kursiv-Schrift dargestellt. Checklisten mit detaillierteren Hinweisen zu den Arbeitsschritten 3 und 4 und für die Fallbeispiele „Fahrbahnen“ und „Kunstbauten“ sind in den Anhängen A und B zu finden.

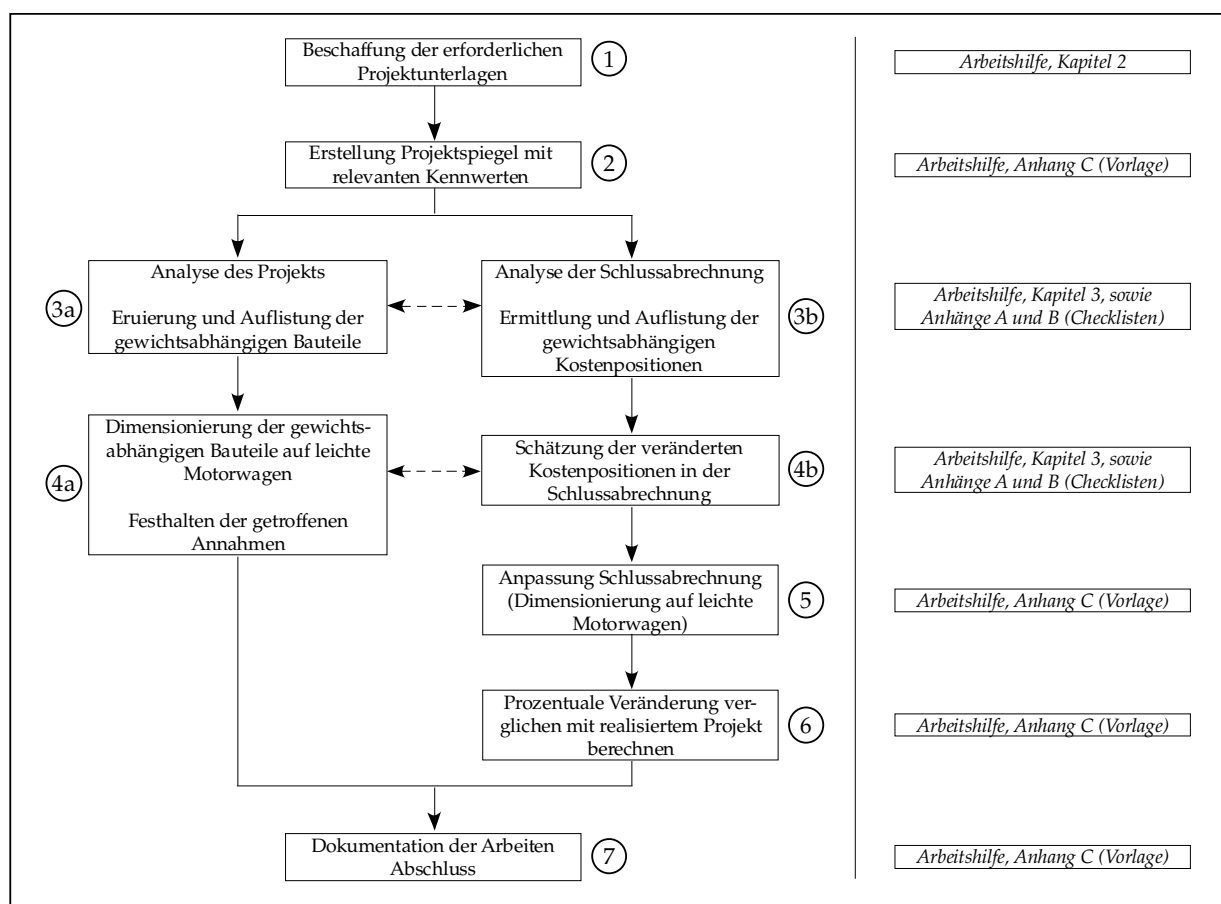


Abb. 7: Arbeitsschritte und Grundlagen

Anhang

- A: Checkliste „Bearbeitung Fallbeispiele Fahrbahn“ (Arbeitsschritte 3 und 4)
- B: Checkliste „Bearbeitung Fallbeispiele Kunstbauten“ (Arbeitsschritte 3 und 4)
- C: Vorlagen und Musterbeispiele
 - C1: Word-Vorlage für abzugebende Unterlagen
 - C2: Musterbeispiele (Fahrbahn/Kunstbauten)

Anhang A

Fallbeispiele „Fahrbahn“

Checkliste für die Arbeitsschritte 3 und 4

Arbeitsschritt	Hinweise für die Bearbeitung (Dimensionierung auf leichte Motorwagen)
3a Projektanalyse: Eruierung und Auflistung gewichtsabhängiger Bauteile	<ul style="list-style-type: none"> - Primär Betrachtung Oberbau - Unterbau nur analysieren bei Neubau/ Ausbau - Einfluss einer allfälligen Dimensionierung auf Frost <p><i>Nicht berücksichtigen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Werkleitungsarbeiten - Wasserhaltungen, Entwässerung - Foundationsschichten (ausser bei Neu-/Ausbauten) - Abschlüsse - Regiearbeiten
3b Analyse Schlussabrechnung: Ermittlung und Auflistung gewichtsabhängiger Kostenpositionen	<ul style="list-style-type: none"> - Identifizierung der relevanten (gewichtsabhängigen) Kostenpositionen gem. NPK auf Basis von Arbeitsschritt 3a - Positionen identifizieren, die prozentual zu den Gesamtkosten gerechnet werden können
4a Dimensionierung der gewichtsabhängigen Bauteile auf leichte Motorwagen	<ul style="list-style-type: none"> - Verkehrslastklasse T1 anstatt Tx - Bestimmung Strukturwert - Bestimmung der Stärke für Belag (Neubau/ Ausbau) bzw. Belagsersatz (bei Unterhaltsprojekten) - Bestimmung der Stärke der Foundationsschicht (Neubau/ Ausbau) - Angepasstes Normalprofil (Fahrbahnaufbau) - Einfluss Frost
4b Schätzung/Berechnung der veränderten Kostenpositionen in der Schlussabrechnung	<ul style="list-style-type: none"> - Bestimmung der veränderten Ausmasse je gewichtsabhängiger Kostenposition - Kostenansätze analog realisiertem Projekt verwenden (Abbruch, Materialien, Mischgut etc.) - Veränderte Kostenpositionen farblich kennzeichnen

Anhang B

Fallbeispiele „Kunstbauten“

Checkliste für die Arbeitsschritte 3 und 4

Arbeitsschritt	Hinweise für die Bearbeitung (Dimensionierung auf leichte Motorwagen)
3a Projektanalyse: Eruierung und Auflistung gewichtsabhängiger Bauteile	<ul style="list-style-type: none"> - Belagsaufbau (Deck-/Binderschichten) prüfen - Stärke des Überbaus und der Foundation beibehalten, Reduktion Bewehrung prüfen - Fahrbahnübergänge prüfen <p>Bei Ausbauten/Neubauten zusätzlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tragwerkskonzept (Beurteilung, ob eine grundsätzlich andere und kostengünstigere Lösung gewählt würde bei Dimensionierung auf leichte Motorwagen) - Stärken beibehalten (Rahmen, Stützen, Widerlager) - Einfluss verminderter Einwirkung auf Vorspannung/Bewehrung prüfen (Rahmen, Stützen, Widerlager, Foundation) <p><i>Nicht berücksichtigen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Werkleitungsarbeiten - Wasserhaltungen, Entwässerung - Abschlüsse
3b Analyse Schlussabrechnung: Ermittlung und Auflistung gewichtsabhängiger Kostenpositionen	<ul style="list-style-type: none"> - Identifizierung der relevanten (gewichtsabhängigen) Kostenpositionen gem. NPK auf Basis von Arbeitsschritt 3a - Positionen identifizieren, die prozentual zu den Gesamtkosten gerechnet werden können
4a Dimensionierung der gewichtsabhängigen Bauteile auf leichte Motorwagen	<ul style="list-style-type: none"> - Verkehrslastklasse T1 anstatt Tx - Bestimmung Strukturwert - Bestimmung der Stärke für Belag (Neubau/Ausbau), bzw. Belagsersatz (bei Unterhaltsprojekten) - Angepasstes Normalprofil (Fahrbahnaufbau) - Reduktion Vorspannung/Bewehrung auf Grund verminderter Einwirkung
4b Schätzung/Berechnung der veränderten Kostenpositionen in der Schlussabrechnung	<ul style="list-style-type: none"> - Bestimmung der veränderten Ausmasse je gewichtsabhängiger Kostenposition - Kostenansätze analog realisiertem Projekt verwenden (Abbruch, Materialien, Mischgut etc.) - Veränderte Kostenpositionen farblich kennzeichnen

Anhang C1

**Word-Vorlage für abzugebende Unterlagen (Dokumentation der Fallbeispiel-
untersuchungen)**



SNZ Ingenieure und Planer AG

Dörflistrasse 112, CH-8050 Zürich • Tel. 044 318 78 78 • Fax 044 312 64 11 • www.snz.ch

Bundesamt für Statistik BfS
Schwerverkehrsbedingter Anteil an den Strassenkosten

Vorlage zur Dokumentation der Fallbeispieluntersuchungen

1. Allgemeine Projektinformationen

Bauherr							
Projektbezeichnung							
Kurzbeschreibung des Projekts (Umfang, wichtigste Arbeiten)							
Lage/Koordinaten des Projekts Von [Y1/X1] bis [Y2/X2]							
Höhenlage ü. M. [m]							
Projekttyp gem. Kontierung Strassenrechnung (s. unten)							
Fallbeispiele in Phase II	An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten und Nebenanlagen		
	Baulicher Unterhalt	Erneuerung/Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen	G1	G2	G3		G4	G5	G6
Kantonsstrassen	K1	K2	K3		K4	K5	K6
Nationalstrassen Trasse	N1	N2	N3				
Brücken/Kunstbauten					N4	N5	N6
BSA					N7	N8	N9
Tunnels					N10	N11	N12
Diverses							
Realisierungskosten [Mio. Fr.]							
Zeitpunkt der (Wieder-) Eröffnung / Inbetriebnahme [Jahr]							
Ansprechperson für projektspezifische Auskünfte (Name, Tel.)							

2. Projektspezifische Kennwerte

DTV [Fahrzeuge/Tag]	
Lastwagenanteil [%]	
Massgebender Grundbegegnungsfall (LW/LW, LW/PW, PW/PW)	
Ausbau-Geschwindigkeit [km/h]	
Fahrbahnbreite gesamt [m]	
Breiten der einzelnen Fahrstreifen [m]	
Fahrbahnaufbau (Schichten und Stärken in mm)	
Dimensionierung auf Frost? (ja/nein)	

3. Annahmen bei der Dimensionierung auf leichte Motorwagen

3.1 Grundannahmen

Für Projekte Fahrbahn (gem. Kapitel 3.2 der Arbeitshilfe):

Aspekt	Realisiertes Projekt	Annahme Fallbeispiel
Lebensdauer	Projektspezifisch	Analog real. Projekt
Verkehrslastklasse	T1 – T6	T1
Tragfähigkeitsklasse	S1 – S4	S1
Frostdimensionierung	Projektspezifisch (v.a. Höhenlage)	Analog real. Projekt

Für Kunstbauten (gem. Kapitel 3.3 der Arbeitshilfe):

Aspekt	Realisiertes Projekt	Annahme Fallbeispiel
Lebensdauer	Projektspezifisch	Analog real. Projekt
Tragwerksanalyse	Verkehrslasten (effektiv)	Verkehrslasten (nur leichte Motorwagen)
Stützen/Widerlager/ Foundation	Effektive Dimensionen	Annahmen treffen im Verhältnis zur verminderten Einwirkung
Verkehrslastklasse	T1 – T6	T1
Überbau (Brücken)	Effektive Dimensionen	Stärken der Bauteile analog realisiertes Projekt Reduktion Vorspannung /Bewehrung im Verhältnis zur verminderten Einwirkung
Rahmen	Effektive Dimensionen	Rahmen-Stärken analog realisiertes Projekt Reduktion Vorspannung /Bewehrung im Verhältnis zur verminderten Einwirkung

3.2 Objektspezifische Annahmen

Gemäss Hinweisen in den Anhängen A und B der Arbeitshilfe

4. Schlussabrechnung

4.1 Schlussabrechnung gemäss ausgeführtem Projekt

EXCEL-Tabelle zur Schlussabrechnung des realisierten Projekts

4.2 Angepasste Schlussabrechnung auf Grund Dimensionierung auf leichte Motorwagen

EXCEL-Tabelle zur angepassten Schlussabrechnung
Veränderungen farblich hinterlegt

5. Planbeilagen

Übersichtsplan des Projekts (zusätzlich als pdf beilegen)

Normalprofil/Querschnitt der Strasse/Kunstbaute (zusätzlich als pdf beilegen)

Längenprofil/Längsschnitt der Strasse/Kunstbaute (zusätzlich als pdf beilegen)

Anhang C2

Musterbeispiele (Fahrbahn/Kunstbauten)



SNZ Ingenieure und Planer AG

Dörflistrasse 112, CH-8050 Zürich • Tel. 044 318 78 78 • Fax 044 312 64 11 • www.snz.ch

Bundesamt für Statistik BfS
Schwerverkehrsbedingter Anteil an den Strassenkosten

Musterbeispiel Fahrbahn

1. Allgemeine Projektinformationen

Bauherr	TBA Kt. ZH, Strasseninspektorat						
Projektbezeichnung	Instandstellung Furttalstrasse (297), Teilbelagersatz und Instandstellung Abschlüsse und Entwässerung						
Kurzbeschreibung des Projekts (Umfang, wichtigste Arbeiten)	Länge: 1'266 m Teilbelagersatz: 14 cm Instandstellung Abschlüsse und Entwässerung Bei bestehendem Belag: Risse vergiessen, Schadenflächen ersetzen Bei Querung: Asphaltarmierung						
Lage/Koordinaten des Projekts Von [Y1/X1] bis [Y2/X2]	Von 677236 / 256120 Bis 676002 / 256492						
Höhenlage ü. M. [m]	435						
Projekttyp gem. Kontierung Strassenrechnung (s. unten)	K1						
Fallbeispiele in Phase II	An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten und Nebenanlagen		
	Baulicher Unterhalt	Erneuerung/Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen	G1	G2	G3		G4	G5	G6
Kantonsstrassen	K1	K2	K3		K4	K5	K6
Nationalstrassen Trasse	N1	N2	N3				
Brücken/Kunstbauten					N4	N5	N6
BSA					N7	N8	N9
Tunnels					N10	N11	N12
Diverses							
Realisierungskosten [Mio. Fr.]	1.60 (exkl. MWSt)						
Zeitpunkt der (Wieder-) Eröffnung / Inbetriebnahme	2011						
Ansprechperson für projektspezifische Auskünfte (Name, Tel.)	Peter Windler, 044 318 78 40						

2. Projektspezifische Kennwerte

DTV [Fahrzeuge/Tag]	15'000
Lastwagenanteil [%]	10
Massgebender Grundbegegnungsfall (LW/LW, LW/PW, PW/PW)	LW/LW

Ausbau-Geschwindigkeit [km/h]	80
Fahrbahnbreite gesamt [m]	7 – 10 m
Breiten der einzelnen Fahrstreifen [m]	2 x 3.50, Vorsortierstreifen örtlich 3.0
Fahrbahnaufbau (Schichten und Stärken in mm)	Deckschicht AC 8 H 30 Binderschicht AC EME 22 C1 110
Dimensionierung auf Frost? (ja/nein)	Nein (nicht relevant)

3. Annahmen bei der Dimensionierung auf leichte Motorwagen

3.1 Grundannahmen

Für Projekte Fahrbahn (gem. Kapitel 3.2 der Arbeitshilfe):

Aspekt	Realisiertes Projekt	Annahme Fallbeispiel
Lebensdauer	25 J.	Analog real. Projekt
Verkehrslastklasse	T4	T1
Tragfähigkeitsklasse	S4	Analog real. Projekt
Frostdimensionierung	nein	nein

3.2 Objektspezifische Annahmen

Gemäss Hinweisen in den Anhängen A und B der Arbeitshilfe

Aspekt	Realisiertes Projekt	Annahme Fallbeispiel
Teilbelagsersatz	140 mm	30 mm (=11/14)
Strukturwert	T4 = 105	T1 = 59
Proben/Prüfungen	Diverse	Nicht notwendig
Minderkosten Baustelleneinrichtungen		2/5
Minderkosten Nacht-/Wochenendzuschläge		2/3
Minderkosten Abbrüche		11/14 (proportional Teilbelagsersatz)
Minderkosten bei Belagsarbeiten		Diverse Einzelpositionen (s. detaillierte Kostenschätzung)

4. Schlussabrechnung

4.1 Zusammenfassung

	Strasseninstandstellung Aufteilung nach NPK-Kapiteln	Kosten LKW in Fr.	Kosten LKW in %	Kosten nur PW in Fr.	Kosten nur PW in %	Gewichts- abhängig
NPK Kap.	Beschrieb					
112	Prüfungen	12'070		0	0	0
113	Baustelleneinrichtungen	143'365	9	97'891	6	3
117	Abbruch und Demontage	185'277	12	86'133	5	6
151	Bauarbeiten für Werkleitungen	16'545	1	16'545	1	0
161	Wasserhaltungen und Entwässerungen	1'441	0	1'441	0	0
221	Fundationsschichten	39'349	2	39'349	2	0
222	Abschlüsse	192'807	12	192'807	12	0
223	Belagsarbeiten	735'684	46	248'974	15	30
237	Entwässerungen	45'438	3	45'438	3	0
	Regiearbeiten	47'151	3	47'151	3	0
	Technische Arbeiten	200'000	12	180'000	11	1
	Total	1'607'057	100	955'729	59	41

nur Bauarbeiten

1'359'906

728'578

4.2 Detaillierte Schlussabrechnung gemäss ausgeführtem Projekt

Beispiel: Buchs/Regensdorf, 297 Furtalstrasse

Dimensionierung auf LKW (= so ausgeführt)

Detaillierte Aufgliederung Kosten

NPK	Beschrieb	Einhe	Menge	EHP	Betrag	Total Betrag
112	Prüfungen					
	Proben und Prüfungen				12'070.00	
	Total 112 Prüfungen					12'070.00
113	Baustelleneinrichtungen					
	Baustelleneinrichtungen				80'311.00	
	Zufahrten/Übergänge				2'550.00	
	Signalisierung				28'343.00	
	Verkehrsregelung				4'959.00	
	Nacht- und Wochenendzuschläge				20'415.00	
	Diveres Arbeiten				6'787.00	
	Total Baustelleneinrichtungen					143'365.00
117	Abbrüche					
	Abbrüche Beläge				3'672.00	
	Abbrüche Abschlüsse				10'890.00	
	Abbrüche Zäune				765.00	
	Abbrüche Schächte				5'193.00	
	Transporte div.				4'535.00	
	Deponiegebühren div.				4'373.00	
	PAK-Belag				126'713.00	
	Transporte Belagsfräsgut	m3	1'821.00	6.00	10'926.00	
	Deponien Belagsfräsgut		1'821.00	10.00	18'210.00	
	Total Abbrüche					185'277.00
151	Bauarbeiten für Werkleitungen					
	Ergänzung Detektoren für VZ				331.00	
	Schachtdeckel				16'214.00	
	Total Bauarbeiten für Werkleitungen					16'545.00
161	Wasserhaltung					
	Pumpen				1'441.00	
	Total Wasserhaltung					1'441.00
221	Fundationsschichten					
	Lieferung UG				420.00	
	Einbau UG				70.00	
	Planien und Div.				38'859.00	
	Total Fundationsschichten					39'349.00
222	Abschlüsse					
	Lieferung Bindersteine				30'541.00	
	Lieferung Stellplatten				33'012.00	
	Lieferungen Randsteine				3'512.00	
	Versetzen Bindersteine				45'572.00	
	Versetzen Stellplatten				54'131.00	
	Versetzen Randsteine				6'011.00	
	Diverse Arbeiten				20'028.00	
	Total Abschlüsse					192'807.00

223	Belagsarbeiten					
	Einrichtungen Kleinfräsen				1'900.00	
	Einrichtungen Grossfräsen				13'552.00	
	Einrichtungen Belagseinbau				17'795.00	
	Vorarbeiten				10'294.00	
	Belag Fräsen 14 cm	m2	20'990.00	2.50	52'475.00	
	Hindernisse				7'667.00	
	Reinigungen				18'520.00	
	AC F und Risse				15'881.00	
	Haftkleber				7'422.00	
	Behandlung der Fugen				12'413.00	
	Beläge AC N				10'080.00	
	AC T 22 S 90 mm	t	630.00	130.00	81'900.00	
	AC EME 110 mm		3'070.00	96.20	295'334.00	
	AC 8 H		693.00	126.00	87'318.00	
	AC MR 8		262.00	139.00	36'418.00	
	Schachtdeckel	St	16.00	705.00	11'280.00	
	Gussroste		35.00	491.00	17'185.00	
	Bankette			35'980.00	35'980.00	
	Diverse Sockel etc.				2'825.00	
	Total Belagsarbeiten					736'239.00
237	Entwässerungen				45'438.00	45'438.00
Total						1'372'531.00

4.3 Detaillierte, angepasste Schlussabrechnung auf Grund Dimensionierung auf leichte Motorwagen

Beispiel: Buchs/Regensdorf, 297 Furttalstrasse

Dimensionierung auf nur PW (Änderungen gegenüber Dimensionierung auf LKW = rot eingefärbt)

Detaillierte Aufgliederung Kosten

NPK-Pd	Beschrieb	Einhe	Menge	EHP	Betrag	Total Betrag
112	Prüfungen					
	Proben und Prüfungen				12'070.00	
	nocht notwendig				-12'070.00	
	Total 112 Prüfungen					12'070.00
113	Baustelleneinrichtungen					
	Baustelleneinrichtungen				80'311.00	
	Minderkosten Annahme 2/5				-32'000.00	
	Zufahrten/Übergänge				2'550.00	
	Signalisierung				28'343.00	
	Verkehrsregelung				4'959.00	
	Nacht- und Wochenendzuschläge				20'415.00	
	Minderkosten Nacht- und Wochenende				-13'474.00	
	Annahme: 2/3 Minderkosten					
	Diveres Arbeiten				6'787.00	
	Total Baustelleneinrichtungen					97'891.00
117	Abbrüche					
	Abbrüche Beläge				3'672.00	
	Abbrüche Abschlüsse				10'890.00	
	Abbrüche Zäune				765.00	
	Abbrüche Schächte				5'193.00	
	Transporte div.				4'535.00	
	Deponiegebühren div.				4'373.00	
	PAK-Belag				126'713.00	
	Minderkosten PAK-Belag				-90'560.00	
	Minderkosten -Anteil = 11/14					
	Transporte Belagsfräsgut	m3	1'821.00	6.00	10'926.00	
	Minderkosten -Anteil = 11/14				-8'584.00	
	Deponien Belagsfräsgut		1'821.00	10.00	18'210.00	
	Minderkosten -Anteil = 11/14				-14'307.00	
	Total Abbrüche					86'133.00
151	Bauarbeiten für Werkleitungen					
	Ergänzung Detektoren für VZ				331.00	
	Schachtdeckel				16'214.00	
	keine Veränderungen					
	Total Bauarbeiten für Werkleitungen					16'545.00
161	Wasserhaltung					
	Pumpen				1'441.00	
	keine Veränderungen					
	Total Wasserhaltung					1'441.00
	Fundationsschichten					
	Lieferung UG				420.00	
	Einbau UG				70.00	
	Planien und Div.				38'859.00	
	keine Veränderungen					
	Total Fundationsschichten					39'349.00

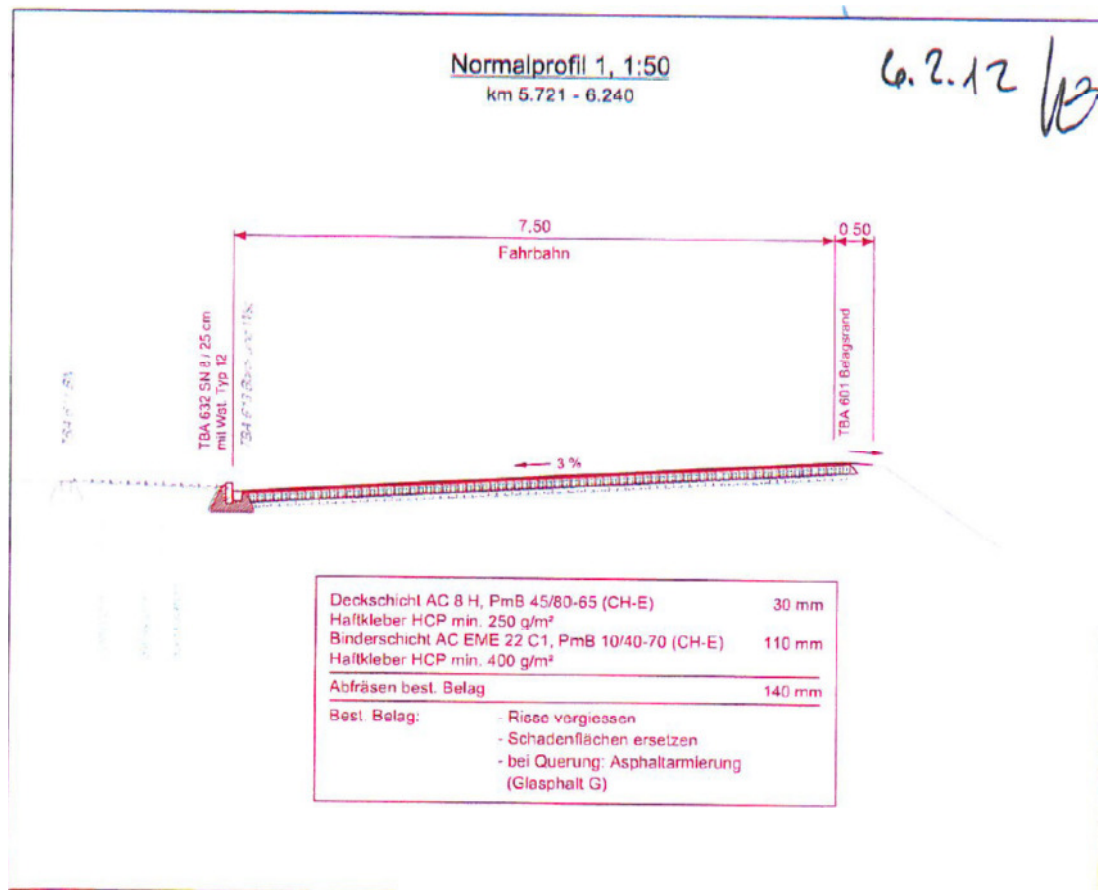
222	Abschlüsse					
	Lieferung Bindersteine				30'541.00	
	Lieferung Stellplatten				33'012.00	
	Lieferungen Randsteine				3'512.00	
	Versetzen Bindersteine				45'572.00	
	Versetzen Stellplatten				54'131.00	
	Versetzen Randsteine				6'011.00	
	Diverse Arbeiten				20'028.00	
	keine Veränderungen					
	Total Abschlüsse					192'807.00
223	Belagsarbeiten					
	Einrichtungen Kleinfräsen				1'900.00	
	Minderkosten -Anteil = 1/2				-950.00	
	Einrichtungen Grossfräsen				13'552.00	
	Minderkosten -Anteil = 2/3				-8'944.00	
	Einrichtungen Belagseinbau				17'795.00	
	Minderkosten -Anteil = 2/3				-11'744.00	
	Vorarbeiten				10'294.00	
	Belag Fräsen 14 cm	m2	20'990.00	2.50	52'475.00	
	Minderkosten-Anteil 11/14				-41'230.00	
	Hindernisse				7'667.00	
	Reinigungen				18'520.00	
	Minderkosten -Anteil = 1/2				-9'260.00	
	AC F und Risse				15'881.00	
	Haftkleber				7'422.00	
	Minderkosten -Anteil = 1/2				-3'711.00	
	Behandlung der Fugen				12'413.00	
	Minderkosten -Anteil = 2/3				-8'192.00	
	Beläge AC N				10'080.00	
	AC T 22 S 90 mm	t	630.00	130.00	81'900.00	
	Minderkosten -Anteil = 1/1				-81'900.00	
	AC EME 110 mm		3'070.00	96.20	295'334.00	
	Minderkosten -Anteil = 1/1				-295'334.00	
	AC 8 H 3 cm		693.00	126.00	87'318.00	
	AC MR 8 3 cm		262.00	139.00	36'418.00	
	Minderkosten -Anteil = 0				0.00	
	Anderer Belag, aber Schichtstärke 3cm					
	Schachtdeckel	St	16.00	705.00	11'280.00	
	Gussroste		35.00	491.00	17'185.00	
	Minderkosten Schachtdeckel geschätzt 1/3				-9'000.00	
	Bankette				35'980.00	
	Minderkosten Bankett geschätzt 1/2				-17'000.00	
	Diverse Sockel etc.				2'825.00	
	Total Belagsarbeiten					248'974.00
237	Entwässerungen				45'438.00	45'438.00
	keine Veränderungen					
Total						740'648.00

5. Planbeilagen

Übersichtsplan des Projekts (zusätzlich als pdf beilegen)



Normalprofil/Querschnitt der Strasse/Kunstbaute (zusätzlich als pdf beilegen)



Längenprofil

-



SNZ Ingenieure und Planer AG

Dörflistrasse 112, CH-8050 Zürich • Tel. 044 318 78 78 • Fax 044 312 64 11 • www.snz.ch

Bundesamt für Statistik BfS
Schwerverkehrsbedingter Anteil an den Strassenkosten

Musterbeispiel Kunstbauten

1. Allgemeine Projektinformationen

Bauherr			Kanton Zürich					
Projektbezeichnung			Brücke Los 4.5 (Brücke Bushof Süd/Stadtbahn)					
Kurzbeschreibung des Projekts (Umfang, wichtigste Arbeiten)			Neubau Vorgespannte Beton-Rahmenbrücke Spannweite: 28 m Flachfundation					
Lage/Koordinaten des Projekts Von [Y1/X1] bis [Y2/X2]			684892/256094					
Höhenlage ü. M. [m]			435					
Projekttyp gem. Kontierung Strassenrechnung (s. unten)			K6					
Fallbeispiele in Phase II		An Fahrbahnen		Landerwerb	An Kunstbauten und Nebenanlagen			
	Baulicher Unterhalt	Erneuerung/Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/Ausbau	Neubau	
Gemeindestrassen		G1	G2	G3		G4	G5	G6
Kantonsstrassen		K1	K2	K3		K4	K5	K6
Nationalstrassen Trassee		N1	N2	N3				
Brücken/Kunstbauten						N4	N5	N6
BSA						N7	N8	N9
Tunnels						N10	N11	N12
Diverses								
Realisierungskosten [Mio. Fr.]				1.26				
Zeitpunkt der (Wieder-) Eröffnung / Inbetriebnahme [Jahr]				2005				
Ansprechperson für projektspezifische Auskünfte (Name, Tel.)				Thomas Wanner, 044 318 78 63				

2. Projektspezifische Kennwerte

DTV [Fahrzeuge/Tag]	Ca. 12'000
Lastwagenanteil [%]	Ca. 9%
Massgebender Grundbegegnungsfall (LW/LW, LW/PW, PW/PW)	Einbahn-System: Massgebender Überholvorgang: LW/LW
Ausbau-Geschwindigkeit [km/h]	60
Fahrbahnbreite gesamt [m]	15 m (4 Fahrstreifen)
Breiten der einzelnen Fahrstreifen [m]	4 x 3.5 plus je 0.5 Bankett

Fahrbahnaufbau (Schichten und Stärken in mm)	Deckbelag Splittmastix 11 S Tragschicht HMT 22 S	35 65
Dimensionierung auf Frost? (ja/nein)	nein	

3. Annahmen bei der Dimensionierung auf leichte Motorwagen

3.1 Grundannahmen

Für Kunstbauten (gem. Kapitel 3.3 der Arbeitshilfe):

Aspekt	Realisiertes Projekt	Annahme Fallbeispiel
Lebensdauer	100 J	Analog real. Projekt
Tragwerksanalyse	Verkehrslasten (effektiv)	Geringere Vertikallasten aus Statik (s. unten)
Stützen/Widerlager/Fundation	Effektive Dimensionen	Geringere Vertikallasten aus Statik (s. unten)
Verkehrslastklasse	T4	T1
Überbau (Brücken)		Geringere Vertikallasten aus Statik (s. unten)
Rahmen		Rahmenstärke: analog Projekt Reduzierter Bewehrungsgehalt (s. unten)

3.2 Objektspezifische Annahmen

Gemäss Hinweisen in den Anhängen A und B der Arbeitshilfe

Aspekt	Realisiertes Projekt	Annahme Fallbeispiel
Belag	100 mm	75 mm (HMT 16 N: 45 mm) (AC 8 N: 30 mm)
Bewehrungsgehalt		-30% ($1.0 - (1796+417)/2999$; Feldmomente riegel aus Statik)
Fundationsfläche		-5% ($1.5 \cdot 540 / 16.0 / 1014$; Vertikallasten aus Statik)
Minderkosten Baustelleinrichtung		Proportionale Verminderung zu reduzierten Gesamtkosten
Minderkosten Aushub		-5% (analog verminderter Fundationsfläche)
Minderkosten Ortsbetonbauten		Reduktion bei Bewehrung und Vorspannung, sowie bei Fundamenten

4. Schlussabrechnung

4.1 Zusammenfassung

	Neubau Brücke Autobahnabfahrt Aufteilung nach NPK-Kapiteln	Kosten LKW in Fr.	Kosten LKW in %	Kosten nur PW in Fr.	Kosten nur PW in %	Gewichts- abhängig
NPK Kap.	Beschrieb					
113	Installationen	173'189	14	162'189	13	1
117	Abbruch und Demontage	10'932	1	10'932	1	
131	Instandsetzung und Schutz von Betonbauten	6'527	1	6'527	1	
161	Wasserhaltungen und Entwässerungen	1'500	0	1'500	0	
212	Baugrubenaushub	65'857	5	62'671	5	
238	Rohrleitungen	19'005	2	19'005	2	
241	Ortsbetonbauten	700'614	56	618'459	49	7
245	Brückenabdichtung und Beläge	64'019	5	56'122	4	1
	Regiearbeiten	15'000	1	13'500	1	
	Technische Arbeiten	200'000	16	180'000	14	2
	Total	1'256'642	100	1'130'905	90	10

	Neubau Brücke Autobahnabfahrt Aufteilung nach Bauteilen gem. Papier SNZ	Kosten LKW in Fr.	Kosten LKW in %	Kosten nur PW in Fr.	Kosten nur PW in %	Gewichts- abhängig
Kap.	Beschrieb					
3.2	Belag	76'786	6	67'864	5	1
3.2	Rahmen	870'954	69	778'725	62	7
3.3	Fundation	93'902	7	90'816	7	0
	Regiearbeiten	15'000	1	13'500	1	0
	Technische Arbeiten	200'000	16	180'000	14	2
	Total	1'256'642	100	1'130'905	90	10

4.2 Detaillierte Schlussabrechnung gemäss ausgeführtem Projekt

Beispiel: Flughafen, Brücke L. 4.5

Dimensionierung auf LKW (= so ausgeführt)

Detaillierte Aufgliederung Kosten

NPK-Pos.	Beschrieb	Einheit	Menge	EHP	Betrag
113/111.002	Baustelleneinrichtung	LE	1.00	51'000.00	51'000.00
113/211.001	Zufahrten gesamt f. Baustelle	gl	1.00	100.00	100.00
113/221.001	Plätze gesamt f. Baustelle	gl	1.00	1'000.00	1'000.00
113/231.001	Baustellensignalisation	gl	1.00	1'000.00	1'000.00
113/242.531	Bauwände auf gew. Boden	LE	286.40	25.00	7'160.00
113/242.532	Zu Pos. 242.531. Vorhalten	LE	3'159.62	1.00	3'159.62
113/243.212	Bauwandtüren	St	2.00	800.00	1'600.00
113/243.222	Zu pos. 243.212. Vorhalten	St	18.10	20.00	362.00
113/262.001	Staubentwicklung. Massnahmen	LE	1.00	100.00	100.00
113/321.001	Abwasserentsorgung	gl	1.00	5'000.00	5'000.00
113/511.102	Hebeeinrichtung, gesamt	LE	1.00	40'500.00	40'500.00
113/R792.001	Ausführungsgarantie	gl	1.00	400.00	400.00
113/R795.001	Winterbaumassnahmen	gl	1.00	10'000.00	10'000.00
113/852.201	Fassadengerüst	LE	150.59	12.00	1'807.08
113/871.002	Absteckung	LE	1.00	3'000.00	3'000.00
113/889.001	Einrichtung nach Auffassung UNT	gl	1.00	47'000.00	47'000.00
					173'188.70
117/111.002	Baustelleneinrichtungen, erg. Zu 113	LE	1.00	5'250.00	5'250.00
117/631.002	Abbr. Kabelblöcke	LE	4.50	100.00	450.00
117/631.006	Abbr. Rohre	LE	10.38	80.00	830.40
117/632.101	Abbr. Beton-Rohrleitg. DI bis 200	m	6.50	2.00	13.00
117/632.102	Abbr. Beton-Rohrleitg. DI 250 bis 400	m	19.50	2.00	39.00
117/632.601	Abbr. Kunstst.Rohrleitg. DE bis 200	m	66.00	8.00	528.00
117/633.301	Abbr. Kabelschächte	LE	1.00	80.00	80.00
117/671.911	Div. Abbr., 1 Mann	h	2.50	160.00	400.00
117/671.912	Div. Abbr., 2 Mann	h	10.50	280.00	2'940.00
117/821.223	Transp. Betonabbr.	m3	14.88	23.50	349.68
117/851.123	Gebühr Lager	m3	14.88	3.50	52.08
					10'932.16
131/R219.001	Einrichtung Graffiti-Schutz	St	2.00	350.00	700.00
131/226.413	Hochdruck-Wasserstrahlen	m2	248.83	4.50	1'119.75
131/262.001	Reinigen durch Wasserstrahlen	m2	457.17	4.20	1'920.12
131/R791.201	Antigraffitischutz	m2	248.83	11.20	2'786.94
					6'526.81
161/111.002	Einrichtung Wasserhaltung	LE	1.00	500.00	500.00
161/R291.001	Wasserhaltung komplett	gl	1.00	1'000.00	1'000.00
					1'500.00
212/311.112	Aushub masch.	m3	1'565.06	3.70	5'790.73
212/314.001	Aushubmaterial masch. a. Transp.m.	m3	1'417.52	3.00	4'252.55
212/331.111	Lager erstellen	m3	998.91	2.00	1'997.81
212/371.202	Zuschlag kalkstab. Schicht	m3	301.56	5.00	1'507.80
212/371.204	Zuschlag Fund.schicht u. Schotterd.	m3	339.26	1.30	441.03
212/371.701	Zuschlag schwer baggerf. Material	m3	641.23	1.60	1'025.97
212/381.002	Zuschlag Sohlensaubhub	m3	62.97	8.00	503.72
212/382.001	Zuschlag Baugrubensohle walzen	m2	314.82	0.40	125.93
212/R390	Erarbeiten nach Aufwand	LE	1.00	17'774.05	2'128.50

212/521.117	Kies liefern	m3	40.70	27.50	1'119.25
212/521.137	Geröll liefern	m3	15.00	40.00	600.00
212/600	Auffüllung Baugrube	LE	1.00	16'123.55	16'123.55
212/700	Transport, Lagerung	LE	1.00	29'577.55	29'577.55
212/811.121	Böschungssicherung	m2	390.00	1.70	663.00
					65'857.40
238	Rohrleitungen	LE	1.00	19'004.50	19'004.50
					19'004.50
241/100	Lehrgerüst	LE	1.00	92'060.00	92'060.00
241/211.002	Unterlagsbeton	m2	381.33	15.80	6'024.94
241/231.205	Beton Einzelfundamente	m3	147.54	205.00	30'246.52
241/231.304	Beton Schleppplatten	m3	36.77	234.00	8'604.65
241/231.404	Oberflächenbearbeitung Einzelfund.	LE	192.87	2.00	385.73
241/231.405	Oberflächenbearbeitung Schleppplatten	LE	122.57	2.00	245.15
241/232.002	Beton für Unterfangung	m3	2.20	330.00	726.00
241/241.106	Beton für Wände	m3	235.27	236.00	55'523.96
241/271.103	Beton für Brückenüberbau	m3	418.53	188.50	78'891.96
241/271.104	Beton für Brüstungen	m3	19.21	230.00	4'418.99
241/281.201	Beton abdecken	m2	1'191.97	5.80	6'913.45
241/281.202	Beton wässern	m2	457.48	6.20	2'836.36
241/283	Betonoberfläche bearbeiten	LE	1.00	9'641.45	9'641.45
241/288	Mauerentwässerung	LE	1.00	226.80	226.80
241/310	Schalung Fundamente	LE	1.00	5'696.20	5'696.20
241/320	Schalung Wände	LE	1.00	50'261.75	50'261.75
241/340	Schalung Brückenüberbau, inkl. Brüstung	LE	1.00	54'325.35	54'325.35
241/390	Div. Schalungen	LE	1.00	2'365.80	2'365.80
241/400	Bewehrung über alles	kg	113'294.00	1.63	184'632.35
241/500	Vorspannung	LE	1.00	82'153.15	82'153.15
241/600	Einlagen, Aussparungen	LE	1.00	20'983.05	20'983.05
241/900	Verschiedene Arbeiten	LE	1.00	3'449.95	3'449.95
					700'613.56
245/100	Einrichtungen	LE	1.00	3'630.00	3'630.00
245/400	Abdichtung mit bitum. Bahnen	LE	1.00	13'266.65	13'266.65
245/500	Kunststoffabdichtungen	LE	1.00	12'680.50	12'680.50
245/600	Gussasphaltbeläge (Fugen, GA-Strf.)	LE	1.00	3'791.65	3'791.65
245/710	Vorarbeiten Asphaltbetonbeläge	LE	1.00	818.70	818.70
245/731.311	Tragschicht HMT 22 S, 65 mm	to	94.38	130.00	12'269.40
245/R731.391	Zuschlag für HMT 22 H mit BP	to	94.38	12.00	1'132.56
245/740	Nacharbeiten	LE	1.00	4'937.90	4'937.90
245/832.213	Splittmastix 11 S (Deckbelag), 35 mm	to	44.22	225.00	9'949.50
245/990	Verschiedene Arbeiten	LE	1.00	1'542.00	1'542.00
					64'018.86
Total					1'041'641.99

Gliederung in Bauteile:

Belag	Kap. 3.2	76'785.63
Rahmen	Kap. 3.2	870'954.14
Foundation	Kap. 3.3	93'902.22
Total		1'041'641.99

Aufteilung prozentual in oben aufgelistete Bauteile (= in allen Bauteilen enthalten)

4.3 Detaillierte, angepasste Schlussabrechnung auf Grund Dimensionierung auf leichte Motorwagen

Beispiel: Flughafen, Brücke L. 4.5

Dimensionierung auf nur PW (Änderungen gegenüber Dimensionierung auf LKW = rot eingefärbt)

Detaillierte Aufgliederung Kosten

NPK-Pos.	Beschrieb	Einheit	Menge	EHP	Betrag
113/111.002	Baustelleneinrichtung	LE	1.00	45'000.00	45'000.00
113/211.001	Zufahrten gesamt f. Baustelle	gl	1.00	100.00	100.00
113/221.001	Plätze gesamt f. Baustelle	gl	1.00	1'000.00	1'000.00
113/231.001	Baustellensignalisation	gl	1.00	1'000.00	1'000.00
113/242.531	Bauwände auf gew. Boden	LE	286.40	25.00	7'160.00
113/242.532	Zu Pos. 242.531. Vorhalten	LE	3'159.62	1.00	3'159.62
113/243.212	Bauwandtüren	St	2.00	800.00	1'600.00
113/243.222	Zu pos. 243.212. Vorhalten	St	18.10	20.00	362.00
113/262.001	Staubentwicklung. Massnahmen	LE	1.00	100.00	100.00
113/321.001	Abwasserentsorgung	gl	1.00	5'000.00	5'000.00
113/511.102	Hebeeinrichtung, gesamt	LE	1.00	40'500.00	40'500.00
113/R792.001	Ausführungsgarantie	gl	1.00	400.00	400.00
113/R795.001	Winterbaumassnahmen	gl	1.00	10'000.00	10'000.00
113/852.201	Fassadengerüst	LE	150.59	12.00	1'807.08
113/871.002	Absteckung	LE	1.00	3'000.00	3'000.00
113/889.001	Einrichtung nach Auffassung UNT	gl	1.00	42'000.00	42'000.00
					162'188.70
117/111.002	Baustelleneinrichtungen, erg. Zu 113	LE	1.00	5'250.00	5'250.00
117/631.002	Abbr. Kabelblöcke	LE	4.50	100.00	450.00
117/631.006	Abbr. Rohre	LE	10.38	80.00	830.40
117/632.101	Abbr. Beton-Rohrleitg. DI bis 200	m	6.50	2.00	13.00
117/632.102	Abbr. Beton-Rohrleitg. DI 250 bis 400	m	19.50	2.00	39.00
117/632.601	Abbr. Kunstst.Rohrleitg. DE bis 200	m	66.00	8.00	528.00
117/633.301	Abbr. Kabelschächte	LE	1.00	80.00	80.00
117/671.911	Div. Abbr., 1 Mann	h	2.50	160.00	400.00
117/671.912	Div. Abbr., 2 Mann	h	10.50	280.00	2'940.00
117/821.223	Transp. Betonabbr.	m3	14.88	23.50	349.68
117/851.123	Gebühr Lager	m3	14.88	3.50	52.08
					10'932.16
131/R219.001	Einrichtung Graffiti-Schutz	St	2.00	350.00	700.00
131/226.413	Hochdruck-Wasserstrahlen	m2	248.83	4.50	1'119.75
131/262.001	Reinigen durch Wasserstrahlen	m2	457.17	4.20	1'920.12
131/R791.201	Antigraffiti-Schutz	m2	248.83	11.20	2'786.94
					6'526.81
161/111.002	Einrichtung Wasserhaltung	LE	1.00	500.00	500.00
161/R291.001	Wasserhaltung komplett	gl	1.00	1'000.00	1'000.00
					1'500.00
212/311.112	Aushub masch.	m3	1'486.81	3.70	5'501.20
212/314.001	Aushubmaterial masch. a. Transp.m.	m3	1'346.64	3.00	4'039.92
212/331.111	Lager erstellen	m3	948.96	2.00	1'897.92
212/371.202	Zuschlag kalkstab. Schicht	m3	286.48	5.00	1'432.40
212/371.204	Zuschlag Fund.schicht u. Schotterd.	m3	322.33	1.30	419.03
212/371.701	Zuschlag schwer baggerf. Material	m3	609.17	1.60	974.67
212/381.002	Zuschlag Sohlensaubhub	m3	59.82	8.00	478.56
212/382.001	Zuschlag Baugrubensohle walzen	m2	299.08	0.40	119.63
212/R390	Erdarbeiten nach Aufwand	LE	1.00	16'885.35	2'128.50

212/521.117	Kies liefern	m3	38.67	27.50	1'063.43
212/521.137	Geröll liefern	m3	14.25	40.00	570.00
212/600	Auffüllung Baugrube	LE	1.00	15'317.35	15'317.35
212/700	Transport, Lagerung	LE	1.00	28'098.65	28'098.65
212/811.121	Böschungssicherung	m2	370.50	1.70	629.85
					62'671.11
238	Rohrleitungen	LE	1.00	19'004.50	19'004.50
					19'004.50
241/100	Lehrgerüst	LE	1.00	92'060.00	92'060.00
241/211.002	Unterlagsbeton	m2	362.26	15.80	5'723.71
241/231.205	Beton Einzelfundamente	m3	140.16	205.00	28'732.80
241/231.304	Beton Schleppplatten	m3	36.77	234.00	8'604.65
241/231.404	Oberflächenbearbeitung Einzelfund.	LE	183.23	2.00	366.46
241/231.405	Oberflächenbearbeitung Schleppplatten	LE	122.57	2.00	245.15
241/232.002	Beton für Unterfangung	m3	2.20	330.00	726.00
241/241.106	Beton für Wände	m3	235.27	236.00	55'523.96
241/271.103	Beton für Brückenüberbau	m3	418.53	188.50	78'891.96
241/271.104	Beton für Brüstungen	m3	19.21	230.00	4'418.99
241/281.201	Beton abdecken	m2	1'191.97	5.80	6'913.45
241/281.202	Beton wässern	m2	457.48	6.20	2'836.36
241/283	Betonoberfläche bearbeiten	LE	1.00	9'641.45	9'641.45
241/288	Mauerentwässerung	LE	1.00	226.80	226.80
241/310	Schalung Fundamente	LE	1.00	5'411.40	5'411.40
241/320	Schalung Wände	LE	1.00	50'261.75	50'261.75
241/340	Schalung Brückenüberbau, inkl. Brüstung	LE	1.00	54'325.35	54'325.35
241/390	Div. Schalungen	LE	1.00	2'365.80	2'365.80
241/400	Bewehrung über alles	kg	79'306.00	1.63	129'242.97
241/500	Vorspannung	LE	1.00	57'507.20	57'507.20
241/600	Einlagen, Aussparungen	LE	1.00	20'983.05	20'983.05
241/900	Verschiedene Arbeiten	LE	1.00	3'449.95	3'449.95
					618'459.21
245/100	Einrichtungen	LE	1.00	3'630.00	3'630.00
245/400	Abdichtung mit bitum. Bahnen	LE	1.00	13'266.65	13'266.65
245/500	Kunststoffabdichtungen	LE	1.00	12'680.50	12'680.50
245/600	Gussasphaltbeläge (Fugen, GA-Strf.)	LE	1.00	3'791.65	3'791.65
245/710	Vorarbeiten Asphaltbetonbeläge	LE	1.00	818.70	818.70
245/731.311	Tragschicht HMT 22 S, 65 mm	to	94.38	0.00	0.00
245/731.3XX	Tragschicht HMT 16 N, 45 mm	to	65.34	135.00	8'820.90
245/731.391	Zuschlag für HMT 22 H mit BP	to	94.38	0.00	0.00
245/740	Nacharbeiten	LE	1.00	4'937.90	4'937.90
245/832.213	Spittmastix 11 S (Deckbelag), 35 mm	to	44.22	0.00	0.00
245/832.XXX	AC 8 N (Deckbelag)	to	31.59	210.00	6'633.90
245/990	Verschiedene Arbeiten	LE	1.00	1'542.00	1'542.00
					56'122.20
Total					937'404.68

Gliederung in Bauteile:

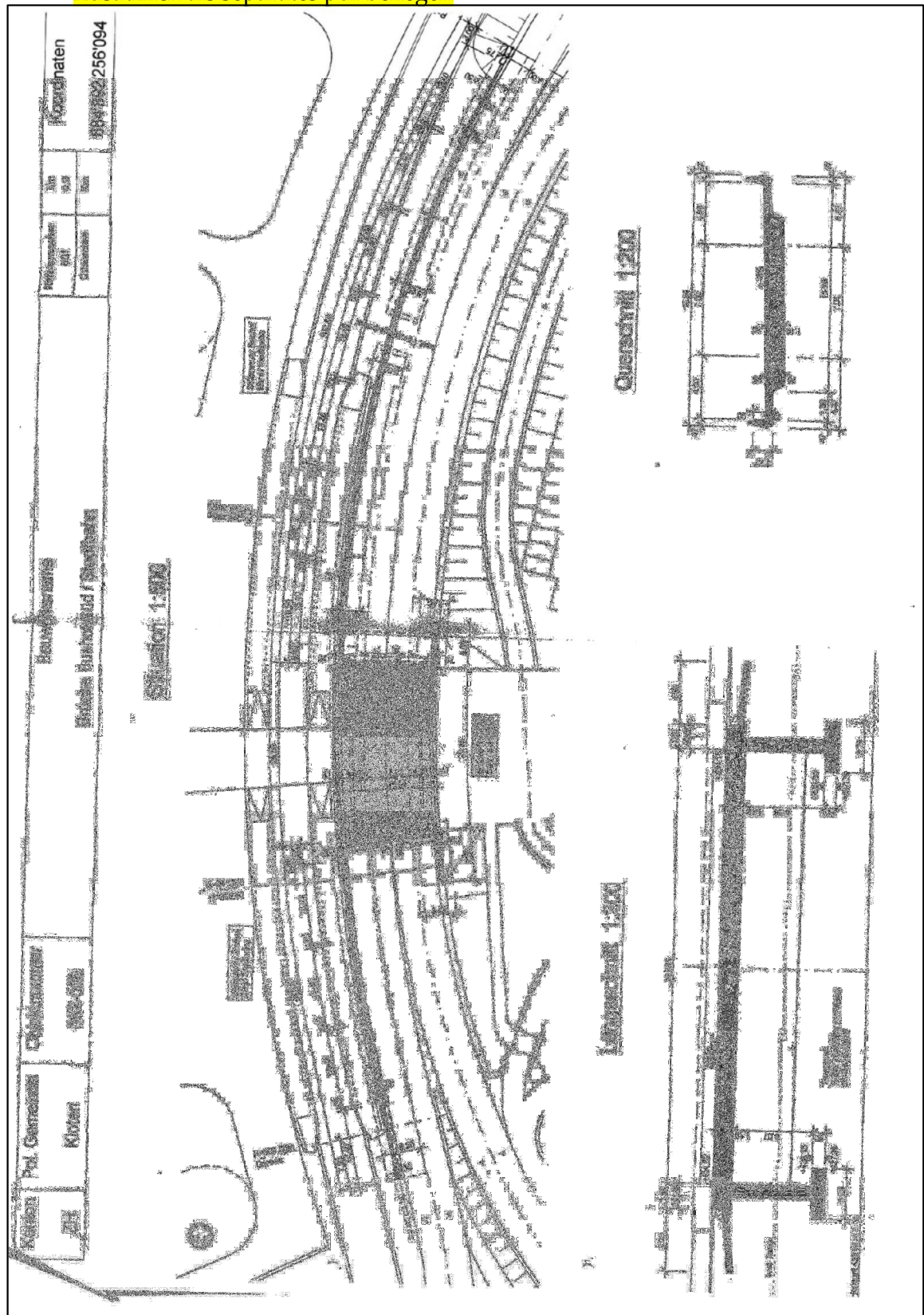
Belag	Kap. 3.2	67'863.94
Rahmen	Kap. 3.2	778'724.56
Foundation	Kap. 3.3	90'816.18
Total		937'404.68

Aufteilung prozentual in oben aufgelistete Bauteile (= in allen Bauteilen enthalten)

5. Planbeilagen

Katasterplan des ausgeführten Objekts

Zusätzlich als separates pdf beilegen



ANHANG A2: GESAMTÜBERSICHT FALLBEISPIELE

Die Tabelle gibt einen kompakten Überblick über die untersuchten Fallbeispiele und die damit verbundenen Ergebnisse. Dazu folgende Bemerkungen und Erläuterungen zu den Spaltenbezeichnungen:

- **Nr.:** Jedem Projekt wurde zu Beginn der Phase II eine fortlaufende Nummer zugewiesen. Fehlende Nummern oder Erweiterungen mit den Indices „a“, „b“ etc. sind das Resultat von Mutationen im Zuge des Bearbeitungsprozesses (Wegfallende oder nicht verfügbare Projekte, neu hinzukommende Projekte etc.)
- **Feld (Matrix):** Die Feld-Bezeichnung richtet sich nach der Kontendefinition, wie sie bereits in der Phase I verwendet wurde (inkl. Farbgebung)

Fallbeispiele in Phase II	An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten und Nebenanlagen		
	Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau
Gemeindestraszen	G1	G2	G3		G4	G5	G6
Kantonsstrassen	K1	K2	K3		K4	K5	K6
Nationalstrassen	N1	N2	N3				
Trassee							
Brücken/Kunstbauten					N4	N5	N6
BSA					N7	N8	N9
Tunnels					N10	N11	N12
Diverses							

- **Projektbezeichnung, Baukosten und Bauherr** entsprechen den Angaben und Unterlagen, wie sie von den Verwaltungsstellen mitgeteilt, bzw. geliefert wurden.
- **Bearbeitet von:** In dieser Spalte ist vermerkt, ob die Fallbeispielauswertungen durch die Verwaltungsstellen selbst (oder von ihnen beauftragte Unternehmen) oder durch SNZ erfolgte.
- **Gewichtsbedingter Kostenanteil:** Der Prozentsatz entspricht dem Ergebnis der Untersuchung und zeigt den entsprechenden Kostenanteil des Schwerverkehrs im Projekt.
- **Standardabweichung:** Pro Konto wurden die Mittelwerte über die Prozentsätze berechnet (am Ende jedes Kontos in der vorherigen Spalte) und die zugehörige Standardabweichung berechnet.
- **Frost:** Hier ist mit „F“ vermerkt, wenn das Fallbeispiel über 700 m ü.M. liegt und damit grundsätzlich eine Frostgefährdung vorliegt. Die Dimensionierung auf Frost musste gemäss Leitfaden explizit abgefragt und in der Dimensionierung auf leichte Motorwagen mitberücksichtigt werden.

Nr.	Feld (Matrix)	Projektbezeichnung	Ca. Baukosten (Mio. Fr.)	Bauherr	Bearbeitet von		Gewichtsbedingter Kostenanteil	Standard-abw.	Frost
1	G1	Freilagerstrasse	0.50	Stadt ZH	WKP		12.3%		
2	G1	Glattalstrasse	0.80	Stadt ZH	WKP		15.0%		
3	G1	Luggwegstrasse	1.10	Stadt ZH	WKP		35.0%		
4	G1	Tièchestrasse	1.70	Stadt ZH	WKP		16.0%		
Zwischensumme			4.10	Mittelwert			19.6%	10.4%	
6	K1	KS Bure-Fahy	0.50	Kt. JU	Kt. Ju		11.3%		
8	K1	10395 Sanierung Dorfstrasse Grosshöchstetten	1.00	Kt. BE, OIK II	Kt BE		8.0%		F
9	K1	IS Furttalstrasse, Buchs	1.60	Kt. ZH		SNZ	45.1%		
9a	K1	Schweizerhofquai, TP2 (Sanierung)	5.30	Stadt LU		SNZ	13.1%		
Zwischensumme			8.40	Mittelwert			19.4%	17.3%	
10	N1	Kirchberg Instandsetzung Spurrinnen	5.30	ASTRA 2		SNZ	62.9%		
11	N1	090071 Deckbelagssanierung Rothrist-Lenzburg	10.00	ASTRA 3		SNZ	26.6%		
12	N1	F4 GE VI, Belagsarbeiten N01/N03	0.50	ASTRA 4		SNZ	0.0%		
Zwischensumme			15.80	Mittelwert			29.8%	31.6%	
13	G2	Freiestrasse	1.40	Stadt ZH	WKP		11.0%		
14	G2	Hagenholzstrasse	1.20	Stadt ZH	WKP		28.9%		
15	G2	Kilchbergstrasse	0.50	Stadt ZH	WKP		9.0%		
16	G2	Schneckenmannstrasse	0.50	Stadt ZH	WKP		19.0%		
17	G2	Seebacher-Buhn-Strasse	0.90	Stadt ZH	WKP		15.0%		
Zwischensumme			4.50	Mittelwert			16.6%	7.9%	
19	K2	2033 Ortsdurchfahrt Viehweid	6.30	Kt. BE, OIK II			19.0%		
20	K2	8038 Sanierung Worbstrasse Gümligen	2.20	Kt. BE, OIK II			14.0%		
21	K2	Sanierung Laubegg, Boltigen	8.90	Kt. BE OIK I			24.0%		F
22	K2	Kreisel Fahy	1.00	Kt. JU	Kt. Ju		11.5%		
23	K2	Sanierung K34 Industriestrasse Abschnitt Süd, Ersatz Oberbau, teilweise Materialersatz im Unterbau	2.20	Kt. UR		SNZ	25.1%		
23a	K2	H18 Entrée Est Le Noirmont	1.60	Kt. JU		SNZ	27.4%		F
23b	K2	Sanierung K21 Seelisbergstrasse Los 2, Ersatz Oberbau teilweiser Ersatz Unterbau/Materialersatz, wenig Werkleitungen	1.00	Kt. UR		SNZ	18.7%		F
23c	K2	Sanierung K32 Flüelen innerorts Los 3b, Ersatz Oberbau, teilweiser Ersatz Unterbau/Materialersatz, viele Werkleitungen	1.60	Kt. UR		SNZ	8.7%		
Zwischensumme			24.80	Mittelwert			18.6%	6.7%	

Nr.	Feld (Matrix)	Projektbezeichnung	Ca. Baukosten (Mio. Fr.)	Bauherr	Bearbeitet von		Gewichtsbedingter Kostenanteil	Standard-abw.	Frost
24	N2	N20.1.3, SNZ intern, Gesamtabschnitt offene Strecke	26.90	ASTRA 4		SNZ	34.8%		
25	N2	080015 Anschluss Grenchen, Umgestaltung	6.00	ASTRA 3		SNZ	7.1%		
26	N2	N20.1.3, SNZ intern, Teilstrecke Anschluss Urdorf.	6.00	ASTRA 4		SNZ	26.9%		
Zwischensumme			38.90	Mittelwert			22.9%	14.3%	
27	K3	Gemeinde Zell: Umfahrung Rämismühle-Zell im Tösstal	3.20	Kt. ZH		SNZ	25.1%		
28	K3	Umfahrung Emdthal	38.10	Kt. BE OIK I			2.4%		F
29	K3	Kreisel + NUeLes Emibois	2.30	Kt. JU		SNZ	25.2%		F
30	K3	1002 Flughafenerschliessung Bern-Belp	1.90	Kt. BE, OIK II			17.2%		
30a	K3	H18 – Les Emibois – Le Noirmont	1.80	Kt. JU		SNZ	11.5%		F
Zwischensumme			47.30	Mittelwert			16.3%	9.7%	
31	N3	A16-Grands'Combes-NeuBois	8.00	Kt. JU		SNZ	15.0%		
32	N3	N4.1.6	77.00	ASTRA 4		SNZ	19.0%		
33	N3	N4.1.7	26.50	ASTRA 4		SNZ	24.0%		
Zwischensumme			111.50	Mittelwert			19.3%	3.5%	
34	G4	Überführung Muriaux	0.40	Kt. JU		SNZ	1.7%		F
35	K4	8086 Sanierung Saanebrücke Laupen	0.80	Kt. BE, OIK II	X		5.0%		
36a	K4	Überführung Kasernenstrasse Bülach	0.32	Kt. ZH		SNZ	6.2%		
36b	K4	Sanierung K2 Gotthardstrasse Plattibrücke, Sanierung der bestehenden Bogenbrücke (alte Bausubstanz saniert plus neuer Oberbau)	0.65	Kt. UR		SNZ	1.7%		
Zwischensumme			2.17	Mittelwert			3.7%	2.3%	
37	N4	080391 Überführung X1	2.60	ASTRA 3		SNZ	10.0%		
38	N4	080391 Überführung Z58	2.50	ASTRA 3		SNZ	7.6%		
39	N4	080391 Überführung Z59	2.40	ASTRA 3		SNZ	10.7%		
39a	N4/5	080227 Ant.Vennes-Chexbres Ouvrages Art (TP3 murs)	1.20	ASTRA 1		SNZ	5.9%		
Zwischensumme			8.70	Mittelwert			8.6%	2.2%	
40	N7	N07/76, Tunnel Girsberg, Instands. BSA	0.60	ASTRA 4		SNZ	0.0%		
Zwischensumme			0.60	Mittelwert			0.0%		
41	N10	080482 VoMa Beckenried-Seedorf Bau	2.00	ASTRA 3		SNZ	0.0%		
Zwischensumme			2.00	Mittelwert			0.0%		
47a	G5	Langensandbrücke, Luzern	24.00	Stadt Lu		SNZ	9.4%		
Zwischensumme			24.00	Mittelwert			9.4%		

Nr.	Feld (Matrix)	Projektbezeichnung	Ca. Baukosten (Mio. Fr.)	Bauherr	Bearbeitet von		Gewichtsbedingter Kostenanteil	Standard-abw.	Frost
48	K5	10190 Verstärkung Gümmenenbrücke Typ 1	1.63	Kt. BE, OIK II	X		39.0%		
49	K5	Wylerbrücke, Innertkirchen	1.67	Kt. BE OIK I	X		9.0%		F
50	K5	Brücke Souby	0.70	Kt. JU		SNZ	3.6%		
51	K5	Ersatzneubau H17 Klausenstrasse Brücke Fritertal, Ersatz der bestehenden Brücke mit angepasster Linienführung	1.90	Kt. UR		SNZ	11.9%		F
51a	K5	Baumgartenbrücke, Lütschental	1.50	Kt. BE OIK I	X		12.1%		F
51b	K5	Garstatt-Brücke, Boltigen	1.30	Kt. BE OIK I	X		35.0%		F
51c	K5	Gwattbrücke, Zweisimmen	1.40	Kt. BE OIK I	X		16.0%		F
Zwischensumme			10.10	Mittelwert			18.1%	13.5%	
52	N5	Brünig-Wacht Sanierung Kurve	3.00	ASTRA 2		SNZ	9.4%		F
54	N5	N20.1.3 Brücke Anschluss Urdorf, SNZ intern	0.40	ASTRA 4		SNZ	10.1%		
Zwischensumme			3.40	Mittelwert			9.8%	0.5%	
55	N8	N03/70, Spur GR - ZH, Tunnelsicherheit	3.90	ASTRA 4		SNZ	0.0%		
Zwischensumme			3.90	Mittelwert			0.0%		
56	N11	080001 Lärmschutz Halbüberdeckung Zofingen	12.00	ASTRA 3		SNZ	0.0%		
57	N11	N20.1.3 Honeret, SNZ intern	9.60	ASTRA 4		SNZ	7.5%		
Zwischensumme			21.60	Mittelwert			3.8%	5.3%	
59	K6	8077 Neubau Gürbebrücke Moos	0.70	Kt. BE, OIK II	X		11.0%		F
60	K6	Hofbrücke, Innertkirchen	3.20	Kt. BE OIK I	X		8.0%		F
61	K6	Stägmattebrücke, Lütschental	2.10	Kt. BE OIK I	X		5.0%		F
62	K6	Brücke Flughafen	1.26	Kt. ZH		SNZ	10.0%		
Zwischensumme			7.26	Mittelwert			8.5%	2.6%	
63	N6	N01/50, Kreisel Alp Matzingen, Murgbrücke, Neubau	1.00	ASTRA 4		SNZ	11.3%		
65	N6	Jonentobelbrücke	16.00	ASTRA 4		SNZ	15.5%		
Zwischensumme			17.00	Mittelwert			13.4%	3.0%	
67	N12	Tunnel de Bure	147.00	Kt. JU		SNZ	1.3%		
68	N12	Hafnerbergtunnel	100.00	ASTRA 4		SNZ	1.0%		
69	N12	Islisbergtunnel	224.74	ASTRA 4		SNZ	1.1%		
Zwischensumme			471.74	Mittelwert			1.1%	0.1%	

ANHANG A3: DOKUMENTATION FALLBEISPIELE

In Anbetracht des sehr grossen Daten-und Papier-Umfangs wird dieser Anhang als separate Dokumentation und mit einzelnen Dateien geführt. Die Dateibezeichnung beginnt mit der Fallbeispiel-Nummer und der Feld-Bezeichnung gemäss Anhang 2 und ermöglicht so eine rasche Zuordnung.

ANHANG B: DIMENSIONSBEDINGTE FAKTOREN

Anhang B1: Geometrische Normalprofile

Anhang B2: Hochrechnung Minderbreiten auf Gesamtnetz

Anhang B3: Knotenstatistik aus sonBASE

Anhang B4: Auswertung von Fallbeispielen bezgl. Minderbreiten (Norm und Projekt)

ANHANG B1: GEOMETRISCHE NORMALPROFILE

Für jede Strassenkategorie aus der Datenbank sonBASE wurde das Geometrische Normalprofil nach VSS-Norm berechnet und zwar für den Normfall „mit Lastwagen“ und den Fall „ohne Lastwagen“ (Lieferwagen statt Lastwagen). Die Tunnelprofile werden ebenfalls behandelt.

Der Anhang beginnt mit einer Übersicht über die Strassentypen und dem zugehörigen Mengengerüst aus sonBASE.

Übersicht Bemessung von Fahrbahnbreiten im Zustand "mit LW"

Strassen mit Gegenverkehr

Strassentypbezeichnung	Strassenlängen (km)			V _{max} (km/h)	Festlegungen zur Bemessung Fahrbahnbreite gemäss VSS-Normen			
	Gemeinden	Kantone	Bund		Strassentyp/-untertyp	Grundbegegnungsfall	V _M (km/h)	V _B (km/h)
Erschliessungsstrasse i.o.	12459.5	106.5	4.9	30	Zufahrtsstrasse	PW/PW	30	20
Erschliessungsstrasse a.o.	23480.4	358.1	64.7	50	Quartierserschliessungsstrasse	LW/PW	45	35
Sammelstrasse i.o.	3158.7	70.8	0.0	40	Quartiersammelstrasse	LW/PW	40	35
Sammelstrasse a.o.	3545.8	126.0	3.0	60	Hauptsammelstrasse	LW/LW	55	50
Verbindungsstrasse i.o.	2663.6	2645.4	15.6	50	Lokalverbindungsstrasse	LW/PW	45	40
Verbindungsstrasse a.o.	5167.0	7300.4	87.9	80	Regionalverbindungsstrasse	LW/LW	70	65
Hauptstrasse i.o.	279.8	1939.4	50.2	50	Hauptverkehrsstrasse	LW/LW	50	50
Hauptstrasse a.o.	168.7	4385.0	431.4	80	Hauptverkehrsstrasse	LW/LW	80	80

50923.5 16931.6 657.7 68512.8

Hochleistungsstrassen (HLS)

Strassentypbezeichnung	Strassenlängen (km)			V _{max} (km/h)	Festlegungen zur Bemessung Fahrbahnbreite gemäss VSS-Normen		
	Gemeinden	Kantone	Bund		Strassentyp/-untertyp	Grundbegegnungsfall	V _M = V _B (km/h)
Autobahn 2x2	15.2	110.6	2124.1	120	HLS mit baulicher Richtungstrennung	LW/LW	120
Autobahn 2x2	14.1	29.5	321.0	100	HLS mit baulicher Richtungstrennung	LW/LW	100
Autobahn 2x2	9.0	22.3	199.0	80	HLS mit baulicher Richtungstrennung	LW/LW	80
Autobahn 2x3	0.0	0.0	110.4	120	HLS mit baulicher Richtungstrennung	LW/LW	120
Autobahn 2x3	0.0	0.0	60.2	100	HLS mit baulicher Richtungstrennung	LW/LW	100
Autobahn 2x3	0.0	0.0	12.3	80	HLS mit baulicher Richtungstrennung	LW/LW	80
Autostrasse	18.5	107.4	169.1	>70	HLS ohne bauliche Richtungstrennung	LW/LW	100
Autostrasse	20.3	58.7	17.4	<70	HLS ohne bauliche Richtungstrennung	LW/LW	70

77.1 328.5 3013.5 3419.1

V_M = Massgebende Geschwindigkeit

V_B = Begegnungsgeschwindigkeit

Übersicht Bemessung von Fahrbahnbreiten im Zustand "ohne LW"

Strassen mit Gegenverkehr

Strassentypbezeichnung	Strassenlängen (km)			V_{\max} (km/h)	gemäss VSS-Normen			
	Gemeinden	Kantone	Bund		Strassentyp/-untertyp	Grundbegegnungsfall	V_M (km/h)	V_B (km/h)
Erschliessungsstrasse i.o.	12459.5	106.5	4.9	30	Zufahrtsstrasse	PW/PW	30	20
Erschliessungsstrasse a.o.	23480.4	358.1	64.7	50	Quartiererschliessungsstrasse	LI/PW	45	35
Sammelstrasse i.o.	3158.7	70.8	0.0	40	Quartiersammelstrasse	LI/PW	40	35
Sammelstrasse a.o.	3545.8	126.0	3.0	60	Hauptsammelstrasse	LI/LI	55	50
Verbindungsstrasse i.o.	2663.6	2645.4	15.6	50	Lokalverbindungsstrasse	LI/PW	45	40
Verbindungsstrasse a.o.	5167.0	7300.4	87.9	80	Regionalverbindungsstrasse	LI/LI	70	65
Hauptstrasse i.o.	279.8	1939.4	50.2	50	Hauptverkehrsstrasse	LI/LI	50	50
Hauptstrasse a.o.	168.7	4385.0	431.4	80	Hauptverkehrsstrasse	LI/LI	80	80
	50923.5	16931.6	657.7		68512.8			

Hochleistungsstrassen (HLS)

Strassentypbezeichnung	Strassenlängen (km)			V_{\max} (km/h)	gemäss VSS-Normen		
	Gemeinden	Kantone	Bund		Strassentyp/-untertyp	Grundbegegnungsfall	$V_M = V_B$ (km/h)
Autobahn 2x2	15.2	110.6	2124.1	120	HLS mit baulicher Richtungstrennung	LI/LI	120
Autobahn 2x2	14.1	29.5	321.0	100	HLS mit baulicher Richtungstrennung	LI/LI	100
Autobahn 2x2	9.0	22.3	199.0	80	HLS mit baulicher Richtungstrennung	LI/LI	80
Autobahn 2x3	0.0	0.0	110.4	120	HLS mit baulicher Richtungstrennung	LI/LI	120
Autobahn 2x3	0.0	0.0	60.2	100	HLS mit baulicher Richtungstrennung	LI/LI	100
Autobahn 2x3	0.0	0.0	12.3	80	HLS mit baulicher Richtungstrennung	LI/LI	80
Autostrasse	18.5	107.4	169.1	>70	HLS ohne bauliche Richtungstrennung	LI/LI	100
Autostrasse	20.3	58.7	17.4	<70	HLS ohne bauliche Richtungstrennung	LI/LI	70
	77.1	328.5	3013.5		3419.1		

V_M = Massgebende Geschwindigkeit

V_B = Begegnungsgeschwindigkeit

Grundbegegnungsfälle "mit LW"

Strassenkategorie: Erschliessungsstrasse i.o. (V _{max} = 30 km/h)			
Strassentyp gemäss VSS-Norm: Zufahrtsstrasse			
Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: PW/PW			
Bemessungsgeschwindigkeiten V _M / V _B (km/h): 30 / 25			
Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	PW	PW	
Grundabmessung	1.80	1.80	V _M = 30
Bewegungsspielraum	2x0.10 0.20	2x0.10 0.20	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
Total pro Verkehrsteilnehmer	2.40	2.40	Annahme: Beidseitiges Trottoir V _B = 20
Gegenverkehrszuschlag	0.00		
Fahrstreifenbreite	2.4		
Total Fahrbahnbreite	4.80		

Strassenkategorie: Erschliessungsstrasse a.o. ($V_{\max} = 50 \text{ km/h}$)			
Strassentyp gemäss VSS-Norm: Quartierserschliessungsstrasse			
Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: LW/PW			
Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): 45 / 35			
Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LW	PW	
Grundabmessung	2.50	1.80	$V_M = 45^*$
Bewegungsspielraum	2x0.15 0.30	2x0.15 0.30	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.20	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.00	0.00	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.10	2.30	$V_B = 35^{**}$ <i>Sicherheitszuschlag ausserhalb Fahrbahn</i>
Gegenverkehrszuschlag	0.15		
Fahrstreifenbreite	3.175		
Total Fahrbahnbreite	6.35		

* Interpolation zwischen 0.10 und 0.20 m
** Interpolation zwischen 0.00 und 0.30 m

Grundbegegnungsfälle "ohne LW"

Strassenkategorie: Erschliessungsstrasse i.o. (V_{max} = 30 km/h)

Keine Veränderung

Strassenkategorie: Erschliessungsstrasse a.o. (V_{max} = 50 km/h)

Strassentyp gemäss VSS-Norm: Quartierserschliessungsstrasse

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm (ohne LW): LI/PW

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): 45 / 35

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LI*	PW	
Grundabmessung	2.20	1.80	V _M = 45**
Bewegungsspielraum	2x0.15 0.30	2x0.15 0.30	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.00	0.00	
Total pro Verkehrsteilnehmer	2.70	2.30	Sicherheitszuschlag ausserhalb Fahrbahn V _B = 35***
Gegenverkehrszuschlag	0.15		
Fahrstreifenbreite	2.775		
Total Fahrbahnbreite	5.55		

* Lichtrauprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen, Kleinbusse, Wohnmobile"
** Interpolation zwischen 0.10 und 0.20 m
*** Interpolation zwischen 0.00 und 0.30 m

Grundbegegnungsfälle "mit LW"

Strassenkategorie: Sammelstrasse i.o. ($V_{\max} = 40 \text{ km/h}$)			
Strassentyp gemäss VSS-Norm: Quartiersammelstrasse			
Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: LW/PW			
Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): 40 / 35			
Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LW	PW	
Grundabmessung	2.50	1.80	$V_M = 40$
Bewegungsspielraum	2x0.10 0.20	2x0.10 0.20	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn - äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30 0.30	0.20 0.20	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.30	2.40	$V_B = 35^*$ <i>Annahme: Beidseitiges Trottoir</i>
Gegenverkehrszuschlag	0.15		
Fahrstreifenbreite	3.375		
Total Fahrbahnbreite	6.75		

* Interpolation zwischen 0.00 und 0.30 m

Grundbegegnungsfälle "ohne LW"

Strassenkategorie: Sammelstrasse i.o. (V _{max} = 40 km/h)			
Strassentyp gemäss VSS-Norm: Quartiersammelstrasse			
Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm (ohne LW): LI/PW			
Bemessungsgeschwindigkeiten V _M / V _B (km/h): 40 / 35			
Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LI*	PW	
Grundabmessung	2.20	1.80	V _M = 40
Bewegungsspielraum	2x0.10 0.20	2x0.10 0.20	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn - äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20 0.20	0.20 0.20	
Total pro Verkehrsteilnehmer	2.80	2.40	Annahme: Beidseitiges Trottoir V _B = 35**
Gegenverkehrszuschlag	0.15		
Fahrstreifenbreite	2.875		
Total Fahrbahnbreite	5.75		

* Lichtprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen, Kleinbusse, Wohnmobile"
** Interpolation zwischen 0.00 und 0.30 m

Strassenkategorie: Sammelstrasse a.o. (V _{max} = 60 km/h)		
Strassentyp gemäss VSS-Norm: Hauptsammelstrasse		
Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: LW/LW		
Bemessungsgeschwindigkeiten V _M / V _B (km/h): 55 / 50		

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LW	LW	
Grundabmessung	2.50	2.50	$V_M = 55$
Bewegungsspielraum	2x0.20 0.40	2x0.20 0.40	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.00	0.00	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.20	3.20	<i>Sicherheitszuschlag ausserhalb Fahrbahn</i> $V_B = 50$
Gegenverkehrszuschlag	0.30		
Fahrstreifenbreite	3.35		
Total Fahrbahnbreite	6.70		

* Interpolation zwischen 0.00 und 0.30 m

Strassenkategorie: Sammelstrasse a.o. (V _{max} = 60 km/h)		
Strassentyp gemäss VSS-Norm: Hauptsammelstrasse		
Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm (ohne LW): LI/PW		
Bemessungsgeschwindigkeiten V _M / V _B (km/h): 55 / 50		

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LI*	LI*	
Grundabmessung	2.20	2.20	$V_M = 55$
Bewegungsspielraum	2x0.20 0.40	2x0.20 0.40	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.00	0.00	
Total pro Verkehrsteilnehmer	2.80	2.80	<i>Sicherheitszuschlag ausserhalb Fahrbahn</i> $V_B = 50$
Gegenverkehrszuschlag	0.30		
Fahrstreifenbreite	2.95		
Total Fahrbahnbreite	5.90		

* Lichtprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen, Kleinbusse, Wohnmobile"

Grundbegegnungsfälle "mit LW"

Strassenkategorie: Verbindungsstrasse i.o. ($V_{\max} = 50 \text{ km/h}$)			
Strassentyp gemäss VSS-Norm: Lokalverbindungsstrasse			
Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: LW/PW			
Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): 45 / 40			
Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LW	PW	
Grundabmessung	2.50	1.80	$V_M = 45^*$
Bewegungsspielraum	2x0.15 0.30	2x0.15 0.30	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn - äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30 0.30	0.20 0.20	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.40	2.50	<i>Annahme: Beidseitiges Trottoir</i> $V_B = 40$
Gegenverkehrszuschlag	0.30		
Fahrstreifenbreite	3.55		
Total Fahrbahnbreite	7.10		

* Interpolation zwischen 0.10 und 0.20 m

Grundbegegnungsfälle "ohne LW"

Strassenkategorie: Verbindungsstrasse i.o. (V _{max} = 50 km/h)			
Strassentyp gemäss VSS-Norm: Lokalverbindungsstrasse			
Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm (ohne LW): LI/PW			
Bemessungsgeschwindigkeiten V _M / V _B (km/h): 45 / 40			
Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LI*	PW	
Grundabmessung	2.20	1.80	V _M = 45**
Bewegungsspielraum	2x0.15 0.30	2x0.15 0.30	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn - äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20 0.20	0.20 0.20	
Total pro Verkehrsteilnehmer	2.90	2.50	Annahme: Beidseitiges Trottoir V _B = 40
Gegenverkehrszuschlag	0.30		
Fahrstreifenbreite	3.05		
Total Fahrbahnbreite	6.10		

* Lichtprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen, Kleinbusse, Wohnmobile"

** Interpolation zwischen 0.10 und 0.20 m

Strassenkategorie: Verbindungsstrasse a.o. (V _{max} = 80 km/h)			
Strassentyp gemäss VSS-Norm: Regionalverbindungsstrasse			
Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: LW/LW			
Bemessungsgeschwindigkeiten V _M / V _B (km/h): 70 / 65			
Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LW	LW	
Grundabmessung	2.50	2.50	V _M = 70
Bewegungsspielraum	2x0.20 0.40	2x0.20 0.40	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn - äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30 0.00	0.30 0.00	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.20	3.20	Sicherheitszuschlag ausserhalb Fahrbahn V _B = 65
Gegenverkehrszuschlag	0.30		
Fahrstreifenbreite	3.35		
Total Fahrbahnbreite	6.70		

Strassenkategorie: Verbindungsstrasse a.o. (V _{max} = 80 km/h)			
Strassentyp gemäss VSS-Norm: Regionalverbindungsstrasse			
Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm (ohne LW): LI/LI			
Bemessungsgeschwindigkeiten V _M / V _B (km/h): 70 / 65			
Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LI*	LI*	
Grundabmessung	2.20	2.20	V _M = 70
Bewegungsspielraum	2x0.20 0.40	2x0.20 0.40	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn - äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20 0.00	0.20 0.00	
Total pro Verkehrsteilnehmer	2.80	2.80	Sicherheitszuschlag ausserhalb Fahrbahn V _B = 65
Gegenverkehrszuschlag	0.30		
Fahrstreifenbreite	2.95		
Total Fahrbahnbreite	5.90		

* Lichtenprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen, Kleinbusse, Wohnmobile"

Grundbegegnungsfälle "mit LW"

Strassenkategorie: Hauptstrasse i.o. ($V_{\max} = 50 \text{ km/h}$)			
Strassentyp gemäss VSS-Norm: Hauptverkehrsstrasse			
Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: LW/LW			
Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): 50 / 50			
Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LW	LW	
Grundabmessung	2.50	2.50	$V_M = 50$
Bewegungsspielraum	2x0.20 0.40	2x0.20 0.40	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.50	3.50	Annahme: Beidseitiges Trottoir $V_B = 50$
Gegenverkehrszuschlag	0.30		
Fahrstreifenbreite	3.65		
Total Fahrbahnbreite	7.30		

Grundbegegnungsfälle "ohne LW"

Strassenkategorie: Hauptstrasse i.o. (V _{max} = 50 km/h)			
Strassentyp gemäss VSS-Norm: Hauptverkehrsstrasse			
Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm (ohne LW): LI/LI			
Bemessungsgeschwindigkeiten V _M / V _B (km/h): 50 / 50			
Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LI*	LI*	
Grundabmessung	2.20	2.20	V _M = 50
Bewegungsspielraum	2x0.20 0.40	2x0.20 0.40	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.00	3.00	Annahme: Beidseitiges Trottoir V _B = 50
Gegenverkehrszuschlag	0.30		
Fahrstreifenbreite	3.15		
Total Fahrbahnbreite	6.30		

* Lichtprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen, Kleinbusse, Wohnmobile"

Strassenkategorie: Hauptstrasse a.o. ($V_{\max} = 80 \text{ km/h}$)			
Strassentyp gemäss VSS-Norm: Hauptverkehrsstrasse			
Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: LW/LW			
Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): 80 / 80			
Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LW	LW	
Grundabmessung	2.50	2.50	$V_M = 80$
Bewegungsspielraum	2x0.30 0.60	2x0.30 0.60	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.00	0.00	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.40	3.40	$V_B = 80$
Gegenverkehrszuschlag	0.50		
Fahrstreifenbreite	3.65		
Total Fahrbahnbreite	7.30		

Strassenkategorie: Hauptstrasse a.o. ($V_{\max} = 80 \text{ km/h}$)			
Strassentyp gemäss VSS-Norm: Hauptverkehrsstrasse			
Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm (ohne LW): LI/LI			
Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): 80 / 80			
Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LI*	LI*	
Grundabmessung	2.20	2.20	$V_M = 80$
Bewegungsspielraum	2x0.30 0.60	2x0.30 0.60	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.00	0.00	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.00	3.00	$V_B = 80$
Gegenverkehrszuschlag	0.50		
Fahrstreifenbreite	3.25		
Total Fahrbahnbreite	6.50		

* Lichtprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen, Kleinbusse, Wohnmobile"

Grundbegegnungsfälle "mit LW"

Strassenkategorie: Autobahn 2x2 Fahrstreifen (Vmax = 120 und 100 km/h)

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hochleistungsstrasse mit baulicher Richtungstrennung; Grundtyp ("Vollautobahn")***

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: **LW/LW**

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **80/80 für LW (120 / 120 für PW)**

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LW	LW	
Grundabmessung	2.50	2.50	$V_M = 80$ für LW
Bewegungsspielraum	2x0.30	2x0.30	
	0.60	0.60	
Sicherheitszuschlag			
- innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	
- äusserer Zuschlag inner-half Fahrbahn	0.30	0.30	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.70	3.70	
Überholzuschlag	0.50		
Fahrstreifenbreite	3.95		
Total Fahrbahnbreite	7.90		$V_B = 80$ für überholen-des LW (bzw. 100 für Car)
Standstreifenbreite	2.50		
Totalbreite Richtungsfahr-bahn nach VSS-Norm	10.40		
Totalbreite Richtungsfahr-bahn nach ASTRA **	10.25		

* Berechnung für eine Richtungsfahrbahn

** Standardprofil (NS 1. Klasse), Fahrbahn 7.75 m, Standstreifen 2.50

Strassenkategorie: Autobahn 2x2 Fahrstreifen (Vmax = 80 km/h) *

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hochleistungsstrasse mit baulicher Richtungstrennung (reduzierter Typ)****

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: **LW/LW**

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **80/80 für LW (und PW)**

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LW	LW	
Grundabmessung	2.50	2.50	$V_M = 80$ für LW
Bewegungsspielraum	2x0.30	2x0.30	
	0.60	0.60	
Sicherheitszuschlag			<i>Sicherheitszuschlag im Seitenstreifen</i>
- innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	
- äusserer Zuschlag inner-half Fahrbahn	0.00	0.00	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.40	3.40	
Überholzuschlag	0.50		
Überholstreifenbreite	3.65		$V_B = 80$ für überholendes LW
Total Fahrbahnbreite	7.30		
Seitenstreifenbreite ***	1.00		
Totalbreite Richtungsfahr-bahn nach VSS-Norm	8.30		
Totalbreite Richtungsfahr-bahn nach ASTRA****	8.50		

* Berechnung für eine Richtungsfahrbahn

** Bemessung nach VSS-Norm für reduzierter Typ nur bedingt möglich

*** Seitenstreifen anstelle von Standstreifen

**** Reduziertes Profil (NS 2. Klasse), Fahrbahn 7.50 m, mit Seitenstrefen anstelle Standstreifen

Grundbegegnungsfälle "ohne LW"

Strassenkategorie: Autobahn 2x2 Fahrstreifen (Vmax = 120 km/h)

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hochleistungsstrasse mit baulicher Richtungstrennung; Grundtyp ("Vollautobahn" ohne LW)***

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm (ohne LW): **LI/LI**

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **120 / 120 für LI (und PW)**

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LI**	LI**	
Grundabmessung	2.20	2.20	$V_M = 120$
Bewegungsspielraum	2x0.40	2x0.40	
	0.80	0.80	
Sicherheitszuschlag			
- innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
- äusserer Zuschlag inner-half Fahrbahn	0.20	0.20	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.40	3.40	
Überholzuschlag	0.50		
Fahrstreifenbreite	3.65		
Total Fahrbahnbreite	7.30		Auslegung für Breite LI
Standstreifenbreite	2.20		
Totalbreite Richtungsfahrbahn	9.50		

* Berechnung für eine Richtungsfahrbahn

** Lichttrauprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen,Kleinbusse, Wohnmobile"

Strassenkategorie: Autobahn 2x2 Fahrstreifen (Vmax = 80 km/h) *

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hochleistungsstrasse mit baulicher Richtungstrennung (reduzierter Typ)****

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm (ohne LW): **LI/LI**

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **80/80 für LI (und PW)**

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LI****	LI****	
Grundabmessung	2.20	2.20	V _M = 80
Bewegungsspielraum	2x0.30	2x0.30	
	0.60	0.60	
Sicherheitszuschlag			Sicherheitszuschlag im Seitenstreifen
- innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
- äusserer Zuschlag inner-half Fahrbahn	0.00	0.00	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.00	3.00	
Überholzuschlag	0.50		
Überholzuschlag	0.50		V _B = 80
Fahrstreifenbreite	3.25		
Total Fahrbahnbreite	6.50		
Seitenstreifenbreite ***	1.00		
Totalbreite Richtungsfahrbahn	7.50		

* Berechnung für eine Richtungsfahrbahn

** Bemessung nach VSS-Norm für reduzierter Typ nur bedingt möglich

*** Seitenstreifen anstelle von Standstreifen

**** Lichttrauprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen,Kleinbusse, Wohnmobile"

Grundbegegnungsfälle "ohne LW"

Strassenkategorie: Autobahn 2x2 Fahrstreifen (Vmax = 100 km/h)

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hochleistungsstrasse mit baulicher Richtungstrennung; Grundtyp ("Vollautobahn" ohne LW)***

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm (ohne LW): **LI/LI**

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **100 / 100 für LI (und PW)**

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LI**	LI**	
Grundabmessung	2.20	2.20	$V_M = 100$
Bewegungsspielraum	2x0.30	2x0.30	
	0.60	0.60	
Sicherheitszuschlag			
- innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
- äusserer Zuschlag inner-half Fahrbahn	0.20	0.20	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.20	3.20	$V_B = 100$
Überholzuschlag	0.50		
Fahrstreifenbreite	3.45		
Total Fahrbahnbreite	6.90		Auslegung für Breite LI
Standstreifenbreite	2.20		
Totalbreite Richtungsfahrbahn	9.10		

* Berechnung für eine Richtungsfahrbahn

** Lichttrauprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen,Kleinbusse, Wohnmobile"

Grundbegegnungsfälle "mit LW"

Strassenkategorie: Autostrasse mit 2 Fahrstreifen (V _{max} = >70 km/h)			
Strassentyp gemäss VSS-Norm: Hochleistungsstrasse ohne bauliche Richtungstrennung; Grundtyp			
Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: LW/LW			
Bemessungsgeschwindigkeiten V _M / V _B (km/h): 80/80 für LW (100 / 100 für PW)			
Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LW	LW	
Grundabmessung	2.50	2.50	V _M = 80 für LW
Bewegungsspielraum	2x0.30	2x0.30	
	0.60	0.60	
Sicherheitszuschlag			V _B = 80 für überholen-des LW (bzw. 100 für Car)
- innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	
- äusserer Zuschlag inner-half Fahrbahn	0.30	0.30	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.70	3.70	Standard für LW
Gegenverkehrszuschlag	0.50		
Fahrstreifenbreite	3.95		
Total Fahrbahnbreite	7.90		anstelle von Standstreifen
Grundtyp mit 2 Standstreifen	2.50	2.50	
	5.00		
Grundtyp mit 2 Seitenstreifen	1.00	1.00	Totalbreite
	2.00		
- mit 2 Standstreifen	12.90		
- mit 2 Seitenstreifen	9.90		

Strassenkategorie: Autostrasse mit 2 Fahrstreifen ($V_{\max} = <70 \text{ km/h}$)			
Strassentyp gemäss VSS-Norm: Hochleistungsstrasse ohne bauliche Richtungstrennung; reduzierter Typ *			
Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: LW/LW			
Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): 70/70 für LW (und PW)			
Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LW	LW	
Grundabmessung	2.50	2.50	$V_M = 70$
Bewegungsspielraum	2x0.20	2x0.20	
	0.40	0.40	
Sicherheitszuschlag			Sicherheitszuschlag im Seitenstreifen
- innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	
- äusserer Zuschlag inner-half Fahrbahn	0.00	0.00	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.20	3.20	
Gegenverkehrszuschlag	0.30		
Fahrstreifenbreite	3.35		$V_B = 70$
Total Fahrbahnbreite	6.70		
Seitenstreifenbreite **	1.00		
Totalbreite Richtungsfahrbahn	7.70		

* Bemessung nach VSS-Norm für reduzierter Typ nur bedingt möglich
** Seitenstreifen anstelle von Standstreifen

Grundbegegnungsfälle "ohne LW"

Strassenkategorie: Autostrasse mit 2 Fahrstreifen (V _{max} = >70 km/h)			
Strassentyp gemäss VSS-Norm: Hochleistungsstrasse ohne bauliche Richtungstrennung; Grundtyp			
Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm (ohne LW): LI/LI			
Bemessungsgeschwindigkeiten V _M / V _B (km/h): 100/100 für LI (und PW)			
Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LI*	LI*	
Grundabmessung	2.20	2.20	V _M = 100
Bewegungsspielraum	2x0.30	2x0.30	
	0.60	0.60	
Sicherheitszuschlag			V _B = 100
- innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
- äusserer Zuschlag inner-half Fahrbahn	0.20	0.20	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.20	3.20	Auslegung für Breite LI
Gegenverkehrszuschlag	0.50		
Fahrstreifenbreite	3.45		
Total Fahrbahnbreite	6.90		anstelle von Standstreifen
Grundtyp mit 2 Standstreifen	2.20	2.20	
	4.40		
Grundtyp mit 2 Seitenstreifen	1.00	1.00	Totalbreite
	2.00		
- mit 2 Standstreifen	11.30		
- mit 2 Seitenstreifen	8.90		

* Lichtprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen, Kleinbusse, Wohnmobile"

Strassenkategorie: Autostrasse mit 2 Fahrstreifen ($V_{\max} = <70$ km/h)			
Strassentyp gemäss VSS-Norm: Hochleistungsstrasse ohne bauliche Richtungstrennung; reduzierter Typ *			
Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm (ohne LW): LI/LI			
Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): 70/70 für LW (und PW)			
Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LI**	LI**	
Grundabmessung	2.20	2.20	$V_M = 70$
Bewegungsspielraum	2x0.20	2x0.20	
	0.40	0.40	
Sicherheitszuschlag			Sicherheitszuschlag im Seitenstreifen
- innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
- äusserer Zuschlag inner-half Fahrbahn	0.00	0.00	
Total pro Verkehrsteilnehmer	2.80	2.80	
Gegenverkehrszuschlag	0.30		
Fahrstreifenbreite	2.95		$V_B = 70$
Total Fahrbahnbreite	5.90		
Seitenstreifenbreite ***	1.00		
Totalbreite Richtungsfahrbahn	6.90		

* Bemessung nach VSS-Norm für reduzierter Typ nur bedingt möglich
** Lichtprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen, Kleinbusse, Wohnmobile"
*** Seitenstreifen anstelle von Standstreifen

Grundbegegnungsfälle "mit LW"

Strassenkategorie: Autobahn 2x3 Fahrstreifen (V _{max} = 120 und 100 km/h)				
Strassentyp gemäss VSS-Norm: Hochleistungsstrasse mit baulicher Richtungstrennung; Grundtyp ("Vollautobahn")				
Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: LW/LW/LW				
Bemessungsgeschwindigkeiten V _M / V _B (km/h): 80/80 für LW (120/120 für PW)				
Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer			Bemerkungen
	LW	LW	LW	
Grundabmessung	2.50	2.50	2.50	V _M = 80 für LW
Bewegungsspielraum	2x0.30 0.60	2x0.30 0.60	2x0.30 0.60	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn - äusserer Zuschlag inner-half Fahrbahn	0.30 0.00	0.30 0.30	0.30 0.30	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.40	3.70	3.70	äusserer Zuschlag links im Seitenraum des Mittelstreifens V _B = 80 für überholen-des LW (bzw. 100 für Car) Standard für LW
Überholzuschlag	0.50	0.50		
mittlere Fahrstreifenbreite	3.933			
Total Fahrbahnbreite	11.80			
Standstreifenbreite	2.50			
Totalbreite Richtungsfahr-bahn nach VSS-Norm	14.30			
Totalbreite Richtungsfahr-bahn nach ASTRA **	13.25			

* Berechnung für eine Richtungsfahrbahn
** Standardprofil (NS 1. Klasse), Fahrbahn 10.75 m (L=3.50/M=3.50/R=3.75), Standstreifen 2.50

Strassenkategorie: Autobahn 2x3 Fahrstreifen (V _{max} = 80 km/h) *				
Strassentyp gemäss VSS-Norm: Hochleistungsstrasse mit baulicher Richtungstrennung (reduzierter Typ)**				
Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: LW/LW				
Bemessungsgeschwindigkeiten V _M / V _B (km/h): 80/80 für LW (und PW)				
Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer			Bemerkungen
	LW	LW	LW	
Grundabmessung	2.50	2.50	2.50	V _M = 80 für LW
Bewegungsspielraum	2x0.30 0.60	2x0.30 0.60	2x0.30 0.60	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn - äusserer Zuschlag inner-half Fahrbahn	0.30 0.00	0.30 0.30	0.30 0.00	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.40	3.70	3.40	äussere Zuschläge im Seitenraum des Mittelstreifens bzw. im Seitenstreifen V _B = 80 für überholendes LW
Überholzuschlag	0.50	0.50		
mittlere Fahrstreifenbreite	3.833			
Total Fahrbahnbreite	11.50			
Seitenstreifenbreite ***	1.00			
Totalbreite Richtungsfahr-bahn nach VSS-Norm	12.50			
Totalbreite Richtungsfahr-bahn nach ASTRA ****	11.25			

* Berechnung für eine Richtungsfahrbahn
** Bemessung nach VSS-Norm für reduzierter Typ nur bedingt möglich
*** Seitenstreifen anstelle von Standstreifen
**** Reduziertes Profil, Fahrbahn 10.25 m (L=3.25/M=3.50/R=3.50), mit Seitenstreifen anstelle Standstreifen

Grundbegegnungsfälle "ohne LW"

Strassenkategorie: Autobahn 2x3 Fahrstreifen ($V_{max} = 120$ km/h)				
Strassentyp gemäss VSS-Norm: Hochleistungsstrasse mit baulicher Richtungstrennung; Grundtyp ("Vollautobahn" ohne LW)				
Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm (ohne LW): LI/LI/LI				
Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): 120 / 120 für LI (und PW)				
Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer			Bemerkungen
	LI**	LI**	LI**	
Grundabmessung	2.20	2.20	2.20	$V_M = 120$
Bewegungsspielraum	2x0.40 0.80	2x0.40 0.80	2x0.40 0.80	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn - äusserer Zuschlag inner-half Fahrbahn	0.20 0.00	0.20 0.20	0.20 0.20	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.20	3.40	3.40	<i>äusserer Zuschlag links im Seitenraum des Mittelstreifens</i> $V_B = 120$
Überholzuschlag	0.50	0.50		
mittlere Fahrstreifenbreite	3.667			
Total Fahrbahnbreite	11.00			
Standstreifenbreite	2.20			
Totalbreite Richtungsfahrbahn	13.20			
				Auslegung für Breite LI

* Berechnung für eine Richtungsfahrbahn
** Lichtprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen,Kleinbusse, Wohnmobile"

Strassenkategorie: Autobahn 2x3 Fahrstreifen ($V_{max} = 80 \text{ km/h}$) *				
Strassentyp gemäss VSS-Norm: Hochleistungsstrasse mit baulicher Richtungstrennung (reduzierter Typ ohne LW)**				
Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm (ohne LW): LI/LI				
Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): 80/80 für LI (und PW)				
Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer			Bemerkungen
	LI***	LI***	LI***	
Grundabmessung	2.20	2.20	2.20	$V_M = 80$
Bewegungsspielraum	2x0.30 0.60	2x0.30 0.60	2x0.30 0.60	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn - äusserer Zuschlag inner-half Fahrbahn	0.20 0.00	0.20 0.20	0.20 0.00	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.00	3.20	3.00	<i>äussere Zuschläge im Seitenraum des Mittelstreifens bzw. im Seitenstreifen</i> $V_B = 80$
Überholzuschlag	0.50	0.50		
mittlere Fahrstreifenbreite	3.40			
Total Fahrbahnbreite	10.20			
Seitenstreifenbreite ****	1.00			
Totalbreite Richtungsfahrbahn	11.20			

* Berechnung für eine Richtungsfahrbahn
** Bemessung nach VSS-Norm für reduzierter Typ nur bedingt möglich
*** Lichtprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen,Kleinbusse, Wohnmobile"
**** Seitenstreifen anstelle von Standstreifen

Grundbegegnungsfälle "ohne LW"

Strassenkategorie: Autobahn 2x3 Fahrstreifen (V _{max} = 100 km/h)				
Strassentyp gemäss VSS-Norm: Hochleistungsstrasse mit baulicher Richtungstrennung; Grundtyp ("Vollautobahn" ohne LW)*				
Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm (ohne LW): LI/LI/LI				
Bemessungsgeschwindigkeiten V _M / V _B (km/h): 100 / 100 für LI (und PW)				
Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer			Bemerkungen
	LI**	LI**	LI**	
Grundabmessung	2.20	2.20	2.20	V _M = 100
Bewegungsspielraum	2x0.30 0.60	2x0.30 0.60	2x0.30 0.60	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn - äusserer Zuschlag inner-half Fahrbahn	0.20 0.00	0.20 0.20	0.20 0.20	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.00	3.20	3.20	V _B = 100
Überholzuschlag	0.50	0.50		
mittlere Fahrstreifenbreite	3.467			
Total Fahrbahnbreite	10.40			
Standstreifenbreite	2.20			
Totalbreite Richtungsfahrbahn	12.60			
				Auslegung für Breite LI

* Berechnung für eine Richtungsfahrbahn
** Lichtprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen,Kleinbusse, Wohnmobile"

Grundbegegnungsfall "mit LW"

2-streifiger Tunnel mit Richtungsverkehr auf Autobahn (V_{max} = 100 km/h)

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hochleistungsstrasse mit baulicher Richtungstrennung; Grundtyp ("Vollautobahn")***
Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: **LW/LW**
Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **80/80 für LW (100 / 100 für PW)**

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LW	LW	
Grundabmessung	2.50	2.50	$V_M = 80$ für LW
Bewegungsspielraum	2x0.30	2x0.30	
	0.60	0.60	
Sicherheitszuschlag			Sicherheitszuschlag im Bankett
- innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.00	0.00	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.40	3.40	$V_B = 80$ für überholen-des LW (bzw. 100 für Car)
Überholzuschlag	0.50		
Fahrstreifenbreite	3.65		
Total Fahrbahnbreite	7.30		
Bankettbreite	1.00	1.00	
Totalbreite Tunnel nach VSS-Norm	9.30		Mindestmass nach ASTRA
Totalbreite Tunnel nach ASTRA **	9.75		
Kreisprofil nach VSS-Norm	67.89		
Kreisprofil nach ASTRA	74.62		$in\ m^2$

* Berechnung für eine Richtungsfahrbahn
** Standardprofil für Tunnel, Fahrbahn 7.75 m, Bankettbreite min. 2x1.00 m (Quelle: Normalprofile auf Nationalstrassen und Fachhandbuch Tunnel/Geotechnik)

Grundbegegnungsfall "ohne LW"

2-streifiger Tunnel mit Richtungsverkehr auf Autobahn (V_{max} = 100 km/h)

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hochleistungsstrasse mit baulicher Richtungstrennung; Grundtyp ("Vollautobahn" ohne LW)***
Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm (ohne LW): **LI/LI**
Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **100 / 100 für LI (und PW)**

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LI**	LI**	
Grundabmessung	2.20	2.20	$V_M = 100$
Bewegungsspielraum	2x0.30	2x0.30	
	0.60	0.60	
Sicherheitszuschlag			Sicherheitszuschlag im Bankett
- innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.00	0.00	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.00	3.00	$V_B = 100$
Überholzuschlag	0.50		
Fahrstreifenbreite	3.25		
Total Fahrbahnbreite	6.50		
Bankettbreite	1.00	1.00	
Totalbreite Richtungsfahrbahn	8.50		Mindestmass nach ASTRA
Kreisprofil nach VSS-Norm	56.72		
			$in\ m^2$

* Berechnung für eine Richtungsfahrbahn
** Lichtrauprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen,Kleinbusse, Wohnmobile"

Grundbegegnungsfall "mit LW"

2-streifiger Tunnel mit Gegenverkehr auf Autobahn ($V_{\max} = 80 \text{ km/h}$)			
Strassentyp gemäss VSS-Norm: Hochleistungsstrasse mit baulicher Richtungstrennung; Grundtyp ("Vollautobahn")*			
Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: LW/LW			
Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): 80/80 für LW (und für PW)			
Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LW	LW	
Grundabmessung	2.50	2.50	$V_M = 80 \text{ für LW}$
Bewegungsspielraum	2x0.30 0.60	2x0.30 0.60	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	
- äusserer Zuschlag inner-half Fahrbahn	0.00	0.00	Sicherheitszuschlag im Bankett
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.40	3.40	
Gegenverkehrszuschlag	0.50		$V_B = 80 \text{ für LW}$
Fahrstreifenbreite	3.65		
Total Fahrbahnbreite	7.30		
Bankettbreite	1.00	1.00	Mindestmass nach ASTRA
Totalbreite Tunnel nach VSS-Norm	9.30		
Totalbreite Tunnel nach ASTRA **	9.75		
Kreisprofil nach VSS-Norm	67.89		
Kreisprofil nach ASTRA	74.62		

* Berechnung für eine Richtungsfahrbahn
** Standardprofil für Tunnel, Fahrbahn 7.75 m, Bankettbreite min. 2x1.00 m (Quelle: Normalprofile auf

Grundbegegnungsfall "ohne LW"

2-streifiger Tunnel mit Gegenverkehr auf Autobahn ($V_{\max} = 80 \text{ km/h}$)			
Strassentyp gemäss VSS-Norm: Hochleistungsstrasse mit baulicher Richtungstrennung; Grundtyp ("Vollautobahn" ohne LW)*			
Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm (ohne LW): LI/LI			
Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): 80 / 80 für LI (und PW)			
Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LI**	LI**	
Grundabmessung	2.20	2.20	$V_M = 80$
Bewegungsspielraum	2x0.30 0.60	2x0.30 0.60	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn - äusserer Zuschlag inner-half Fahrbahn	0.20 0.00	0.20 0.00	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.00	3.00	<i>Sicherheitszuschlag im Bankett</i>
Gegenverkehrszuschlag	0.50		
Fahrstreifenbreite	3.25		$V_B = 80$
Total Fahrbahnbreite	6.50		
Bankettbreite	1.00	1.00	
Totalbreite Richtungsfahrbahn	8.50		<i>Mindestmass nach ASTRA</i>
Kreisprofil nach VSS-Norm	56.72		
			<i>in m²</i>

* Berechnung für eine Richtungsfahrbahn
** Lichtrauprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen, Kleinbusse, Wohnmobile"

ANHANG B2: HOCHRECHNUNG MINDERBREITEN AUF GESAMTNETZ

Der Anhang zeigt die Hochrechnung der Minderbreiten gemäss Norm (aus Anhang B1) auf das gesamte Schweizer Strassennetz (Längen-gewichtete Mittelwerte je Strassenkategorie) und für Tunnels auf Nationalstrassen.

Übersicht Breitenveränderungen im Zustand "mit LW" / "ohne LW"

Strassen mit Gegenverkehr: Gesamte Fahrbahnbreite

Strassentypbezeichnung	Strassenlängen (km)			V _{max} (km/h)	Breiten je Strassentyp					Längengewichtete Veränderungen in %		
	Gemeinden	Kantone	Bund		"mit LW" [m]	"ohne LW" [m]	Differenz [m]	Differenz [%]		Gemeinde- strassen	Kantons- strassen	National- strassen
Erschliessungsstrasse i.o.	12459.5	106.5	4.9	30	4.80	4.80	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
Erschliessungsstrasse a.o.	23480.4	358.1	64.7	50	6.35	5.55	-0.80	-12.60		-295816.06	-4511.50	-815.12
Sammelstrasse i.o.	3158.7	70.8	0.0	40	6.75	5.75	-1.00	-14.81		-46795.56	-1048.89	0.00
Sammelstrasse a.o.	3545.8	126.0	3.0	60	6.70	5.90	-0.80	-11.94		-42337.91	-1504.48	-35.82
Verbindungsstrasse i.o.	2663.6	2645.4	15.6	50	7.10	6.10	-1.00	-14.08		-37515.49	-37259.15	-219.72
Verbindungsstrasse a.o.	5167.0	7300.4	87.9	80	6.70	5.90	-0.80	-11.94		-61695.52	-87168.96	-1049.55
Hauptstrasse i.o.	279.8	1939.4	50.2	50	7.30	6.30	-1.00	-13.70		-3832.88	-26567.12	-687.67
Hauptstrasse a.o.	168.7	4385.0	431.4	80	7.30	6.50	-0.80	-10.96		-1848.77	-48054.79	-4727.67
Totallängen (km): 68512.8 50923.5 16931.6 657.7					Längen-gewichtete Mittelwerte je Strassenkategorie:					-9.62	-12.17	-11.46

Längengewichtete Veränderungen in %	
Mittelwerte alle Strassen i.o.	Mittelwerte alle Strassen a.o.
-6.58	-12.18
Totallängen (km):	
23394.4	45118.4

Hochleistungsstrassen: Gesamtbreite Richtungsfahrbahn (inkl. Stand- bzw. Seitenstreifen rechts)

Strassentypbezeichnung	Strassenlängen (km)			V _{max} (km/h)	Breiten je Strassentyp					Längengewichtete Veränderungen in %		
	Gemeinden	Kantone	Bund		"mit LW" [m]	"ohne LW" [m]	Differenz [m]	Differenz [%]		Gemeinde- strassen	Kantons- strassen	National- strassen
Autobahn 2x2 nach VSS	15.2	110.6	2124.1	120	10.40	9.50	-0.90	-8.65		-131.54	-957.12	-18381.63
Autobahn 2x2 nach ASTRA					10.25	9.50	-0.75	-7.32		-111.22	-809.27	-15542.20
Autobahn 2x2 nach VSS	14.1	29.5	321.0	100	10.40	9.10	-1.30	-12.50		-176.25	-368.75	-4012.50
Autobahn 2x2 nach ASTRA					10.25	9.10	-1.15	-11.22		-158.20	-330.98	-3601.46
Autobahn 2x2 nach VSS	9.0	22.3	199.0	80	8.30	7.50	-0.80	-9.64		-86.75	-214.94	-1918.07
Autobahn 2x2 nach ASTRA					8.50	7.50	-1.00	-11.76		-105.88	-262.35	-2341.18
Autobahn 2x3 nach VSS	0.0	0.0	110.4	120	14.30	13.20	-1.10	-7.69		0.00	0.00	-849.23
Autobahn 2x3 nach ASTRA					13.25	13.20	-0.05	-0.38		0.00	0.00	-41.66
Autobahn 2x3 nach VSS	0.0	0.0	60.2	100	14.30	12.60	-1.70	-11.89		0.00	0.00	-715.66
Autobahn 2x3 nach ASTRA					13.25	12.60	-0.65	-4.91		0.00	0.00	-295.32
Autobahn 2x3 nach VSS	0.0	0.0	12.3	80	12.50	11.20	-1.30	-10.40		0.00	0.00	-127.92
Autobahn 2x3 nach ASTRA					11.25	11.20	-0.05	-0.44		0.00	0.00	-5.47
Autostrasse mit 2 Seitenstreifen	18.5	107.4	169.1	>70	9.90	8.90	-1.00	-10.10		-186.87	-1084.85	-1708.08
Autostrasse mit 2 Standstreifen					12.90	11.30	-1.60	-12.40		-229.46	-1332.09	-2097.36
Autostrasse	20.3	58.7	17.4	<70	7.70	6.90	-0.80	-10.39		-210.91	-609.87	-180.78
Totallängen (km): 3419.1 77.1 328.5 3013.5					Längen-gewichtete Mittelwerte je Strassenkategorie:					-10.28	-9.85	-9.26
					- Autobahnen nach VSS, Autostrassen mit Seitenstreifen					-10.58	-10.18	-8.00
					- Autobahnen nach ASTRA, Autostrassen mit Standstreifen							

Mittelwerte alle Strassen

Längengewichtete Veränderungen in %			
Gemeinde- strassen	Kantons- strassen	National- strassen	
Längen-gewichtete Mittelwerte je Strassenkategorie:			
- Alle Strassen nach VSS*	-9.62	-12.13	-9.65
- Alle Strassen nach ASTRA**	-9.62	-12.14	-8.62

* mit Autobahnen nach VSS, Autostrassen mit Seitenstreifen
** mit Autobahnen nach ASTRA,, Autostrassen mit Standstreifen

Längengewichtete Veränderungen in %	
Mittelwerte alle Autobahnen	Mittelwerte alle Autostrassen
nach VSS:	mit Seitenstreifen:
-9.23	-10.17
Totallängen (km):	
3027.7	391.4
nach ASTRA:	
-7.80	-11.91
Totallängen (km):	
3027.7	391.4

Neu: alle AB und AS	
einf. Mittel	gew. Mittel
-9.79	-9.34 =VSS
-9.59	-8.27 =ASTRA

Übersicht Veränderungen im Zustand "mit LW" / "ohne LW" für Tunnel auf Nationalstrassen

Gesamtbreite inkl. Bankett

Tunneltyp	Strassenlänge [km] richtungsbezogen	Gesamtbreite [m]				Kreisprofil [m ²]			
		"mit LW"	"ohne LW"	Differenz [m]	Differenz [%]	"mit LW"	"ohne LW"	Differenz [m ²]	Differenz [%]
2-streifiger Tunnel mit Richtungsverkehr	248.2								
- nach VSS-Norm		9.30	8.50	-0.80	-8.60	67.89	56.72	-11.18	-16.46
- nach ASTRA		9.75	8.50	-1.25	-12.82	74.62	56.72	-17.91	-24.00
2-streifiger Tunnel mit Gegenverkehr	95.3								
- nach VSS-Norm		9.30	8.50	-0.80	-8.60	67.89	56.72	-11.18	-16.46
- nach ASTRA		9.75	8.50	-1.25	-12.82	74.62	56.72	-17.91	-24.00

ANHANG B3: KNOTENSTATISTIK AUS SONBASE

Für die ursprünglich beabsichtigte Berechnung von Flächen-Faktoren wurde durch LCC Consulting (im Auftrag des BAFU) eine Spezialauswertung der sonBASE-Datenbank vorgenommen, in welcher mit einem eigens dafür entwickelten Algorithmus die Anzahl Knoten im Schweizer Strassennetz ermittelt werden konnte (siehe nachstehende Figur). Für die dimensionsbedingten Faktoren wurde von der Verwendung dieser Statistik abgesehen (siehe Kapitel 4.3). Die Statistik konnte dann hingegen bei der Ermittlung der kapazitätsbedingten Kostenanteile auf dem innerörtlichen Strassennetz verwendet (Kapitel 5.2 und Anhang C).

Einmündungen (3 Strassen):

	Gemeindestrasse	Kantonsstrasse	Nationalstrasse	Summe alle Knoten	Summe Knoten auf GS+KS
Gemeindestrasse	126571	78050	1406	206027	204621
Kantonsstrasse		43067	1082	44149	43067
Nationalstrasse			3004	3004	
Zwischentotal:				253180	247688

Kreuzungen (4 Strassen):


	Gemeindestrasse	Kantonsstrasse	Nationalstrasse		
Gemeindestrasse	14904	10370	228	25502	25274
Kantonsstrasse		5574	310	5884	5574
Nationalstrasse			272	272	
Zwischentotal:				31658	30848

Knoten mit > 4 Strassen:

	Gemeindestrasse	Kantonsstrasse	Nationalstrasse		
Gemeindestrasse	370	364	22	756	734
Kantonsstrasse		186	26	212	186
Nationalstrasse			15	15	
Zwischentotal:				983	920

Kreisel:

	Gemeindestrasse	Kantonsstrasse	Nationalstrasse		
Gemeindestrasse	1059	1654	116	2829	2713
Kantonsstrasse		1008	164	1172	1008
Nationalstrasse			92	92	
Zwischentotal:				4093	3721
Total:				289914	283177

 Knoten auf Gemeindestrassen (GS) und Kantonsstrassen (KS)

ANHANG B4: AUSWERTUNG VON FALLBEISPIELEN BEZÜGLICH MINDERBREITEN

Auftragsgemäss wurde für praktisch jedes Konto ein Fallbeispiel auf Basis des effektiven Normalprofils und hinsichtlich der Minderbreiten bei Dimensionierung auf leichte Motorfahrzeuge untersucht. Die untersuchten Fallbeispiele bezüglich Minderbreite zeigen zwar auf, wie konsequent die Normen angewendet wurden, bzw. von diesen abgewichen wurde, für die vorliegende Arbeit ist dies aber nicht relevant. Grund dafür ist die umfassende Verwendung des globalen Datensatzes aus sonBASE und der schweizweiten, normbasierten Betrachtung, welche im Ergebnis wesentlich präzisere Aussagen zulässt und bei der seinerzeitigen Disposition der Phase II nicht absehbar war.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Ergebnisse dieser Untersuchung und anschliessend sind für jedes Fallbeispiel die entsprechenden Untersuchungen dokumentiert.

Nr.	Feld (Matrix)	Projektbezeichnung	Bauherr	Minderbreiten Projekt (VSS-Norm)
1	G1	Freilagerstrasse	Stadt ZH	9.0% (14.1)
8	K1	10395 Sanierung Dorfstrasse Grosshöchstetten	Kt. BE, OIK II	3.2% (14.1)
10	N1	Kirchberg Instandsetzung Spurrinnen	ASTRA 2	13.6% (14.8)
13	G2	Freiestrasse	Stadt ZH	4.0% (9.4)
23	K2	Sanierung K34 Industriestrasse Abschnitt Süd, Ersatz Oberbau, teilweise Materialersatz im Unterbau	Kt. UR	1.7% (11.9)
27	K3	Gemeinde Zell: Umfahrung Rämismühle-Zell im Tösstal	Kt. ZH	13.3% (11.0)
32	N3	N4.1.6	ASTRA 4	7.3% (8.7)
36b	K4	Sanierung K2 Gotthardstrasse Plattibücke, Sanierung der bestehenden Bogenbrücke (alte Bausubstanz saniert plus neuer Oberbau)	Kt. UR	9.2% (7.8)
37	N4	080391 Überführung X1	ASTRA 3	18.1% (17.0)
47a	G5	Langensandbrücke, Luzern	Stadt Lu	1.4% (3.5) 5.8% (7.8)
51c	K5	Gwattbrücke, Zweisimmen	Kt. BE OIK I	- 1.7% (12.9)
52	N5	Brünig-Wacht Sanierung Kurve	ASTRA 2	- 18.3% (5.6)
56	N11	080001 Lärmschutz Halbüberdeckung Zofingen	ASTRA 3	10.0% (9.1)
57	N11	N20.1.3 Honeret, SNZ intern	ASTRA 4	2.9% (11.3)
60	K6	Hofbrücke, Innertkirchen	Kt. BE OIK I	12.9% (14.1)
65	N6	Jonentobelbrücke	ASTRA 4	7.3% (8.7)
68	N12	Hafnerbergtunnel	ASTRA 4	13.3% (14.6)

Fallbeispiel Nr. 1, G1_01_Stadt_ZH_Freilagerstrasse

Projektvorgaben: $V_A = V_{max} = 50 \text{ km/h}$, Grundbegegnungsfall LW/LW, Länge 270 m, beidseitiges Trottoir, Strassentyp: keine Vorgabe, Fahrbahnbreite $2 \times 3.35 = 6.70 \text{ m}$

Grundbegegnungsfall "mit LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hauptsammelstrasse** (für Grundbegegnungsfall LW/LW)

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: **LW/LW**

Bemessungsgeschwindigkeiten $V_M / V_B \text{ (km/h)}$: **45 / 40**

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LW	LW	
Grundabmessung	2.50	2.50	$V_M = 45^*$
Bewegungsspielraum	2x0.15 0.30	2x0.15 0.30	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.40	3.40	
Gegenverkehrszuschlag	0.30		$V_B = 40$
Fahrstreifenbreite	3.55		
Fahrbahnbreite nach VSS-Norm	7.10		
Fahrbahnbreite im Projekt	6.70		

* Interpolation zwischen 0.10 und 0.20 m

Grundbegegnungsfall "ohne LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hauptsammelstrasse**

Grundbegegnungsfall (ohne LW): **LI/LI**

Bemessungsgeschwindigkeiten $V_M / V_B \text{ (km/h)}$: **45 / 40**

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LI*	LI*	
Grundabmessung	2.20	2.20	$V_M = 45^*$
Bewegungsspielraum	2x0.15 0.30	2x0.15 0.30	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
Total pro Verkehrsteilnehmer	2.90	2.90	
Gegenverkehrszuschlag	0.30		$V_B = 40$
Fahrstreifenbreite	3.05		
Total Fahrbahnbreite	6.10		

* Interpolation zwischen 0.10 und 0.20 m

* Lichtrauprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen, Kleinbusse, Wohnmobile"

Breitenvergleich "mit / ohne LW"

	"mit LW" [m]	"ohne LW" [m]	Differenz in [m] / in [%]
Gemäss VSS-Norm	7.10	6.10	-1.00 / -14.1
Gemäss Projekt	6.70	6.10	-0.60 / -9.0

Fallbeispiel Nr. 8, K1_10395 Dorfstrasse (Grosshöchstetten)

Projektvorgaben: $V_A = V_{max} = 50 \text{ km/h}$, Grundbegegnungsfall LW/LW, Länge 550 m, beidseitiges Trottoir, Strassentyp: keine Vorgabe, Fahrbahnbreite $2 \times 3.15 = 6.30 \text{ m}$

Grundbegegnungsfall "mit LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hauptsammelstrasse oder HVS i.o.** (für Grundbegegnungsfall LW/LW)

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: **LW/LW**

Bemessungsgeschwindigkeiten $V_M / V_B \text{ (km/h)}$: **45 / 40**

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LW	LW	
Grundabmessung	2.50	2.50	$V_M = 45^*$
Bewegungsspielraum	2x0.15 0.30	2x0.15 0.30	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.40	3.40	
Gegenverkehrszuschlag	0.30		$V_B = 40$
Fahrstreifenbreite	3.55		
Fahrbahnbreite nach VSS- Norm	7.10		
Fahrbahnbreite im Projekt	6.30		

* Interpolation zwischen 0.10 und 0.20 m

Grundbegegnungsfall "ohne LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hauptsammelstrasse oder HVS i.o.**

Grundbegegnungsfall (ohne LW): **LI/LI**

Bemessungsgeschwindigkeiten $V_M / V_B \text{ (km/h)}$: **45 / 40**

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LI*	LI*	
Grundabmessung	2.20	2.20	$V_M = 45^*$
Bewegungsspielraum	2x0.15 0.30	2x0.15 0.30	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
Total pro Verkehrsteilnehmer	2.90	2.90	
Gegenverkehrszuschlag	0.30		$V_B = 40$
Fahrstreifenbreite	3.05		
Total Fahrbahnbreite	6.10		

* Interpolation zwischen 0.10 und 0.20 m

* Lichtrauprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen, Kleinbusse, Wohnmobile"

Breitenvergleich "mit / ohne LW"

	"mit LW" [m]	"ohne LW" [m]	Differenz in [m] / in [%]
Gemäss VSS-Norm	7.10	6.10	-1.00 / -14.1
Gemäss Projekt	6.30	6.10	-0.20 / -3.2

Fallbeispiel Nr. 10, N1_10 ASTRA Thun Kirchberg IS Spurrinnen

Projektvorgaben: $V_A = V_{max} = 120 \text{ km/h}$, Grundbegegnungsfall LW/LW, Länge Sanierung: 3 Lose mit total 13.45 km, Strassentyp: HLS 2x2 (N01), Fahrbahnbreite Istzustand: 7.75 m (NS = 4.00, $\ddot{U}S = 3.75$), Standstreifen 3.25 m

Grundbegegnungsfall "mit LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hochleistungsstrasse mit baulicher Richtungstrennung; Grundtyp ("Vollautobahn")***

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: **LW/LW**

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **80/80 für LW (120 / 120 für PW)**

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LW	LW	
Grundabmessung	2.50	2.50	$V_M = 80$ für LW
Bewegungsspielraum	2x0.30 0.60	2x0.30 0.60	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	
- äusserer Zuschlag inner- halb Fahrbahn	0.30	0.30	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.70	3.70	
Überholzuschlag	0.50		$V_B = 80$ für überholendes LW (bzw. 100 für Car)
mittlere Fahrstreifenbreite	3.95		
Total Fahrbahnbreite	7.90		
Standstreifenbreite	3.25		
Totalbreite Richtungsfahr- bahn nach VSS-Norm	11.15		
Totalbreite Richtungsfahr- bahn nach ASTRA **	11.00		

* Berechnung für eine Richtungsfahrbahn

** Standardprofil (NS 1. Klasse) bzw. Istzustand: Fahrbahn 7.75 m, Standstreifen 3.25 statt 2.50 m

Grundbegegnungsfall "ohne LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hochleistungsstrasse mit baulicher Richtungstrennung; Grundtyp ("Vollautobahn" ohne LW)***

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm (ohne LW): **LI/LI**

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **120 / 120 für LI (und PW)**

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	Lj**	Lj**	
Grundabmessung	2.20	2.20	$V_M = 120$
Bewegungsspielraum	2x0.40 0.80	2x0.40 0.80	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
- äusserer Zuschlag inner- halb Fahrbahn	0.20	0.20	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.40	3.40	
Überholzuschlag	0.50		$V_B = 120$
Fahrstreifenbreite	3.65		
Total Fahrbahnbreite	7.30		
Standstreifenbreite	2.20		Auslegung für Breite LI
Totalbreite Richtungsfahrbahn	9.50		

* Berechnung für eine Richtungsfahrbahn

** Lichttrauprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen, Kleinbusse, Wohnmobile"

Breitenvergleich "mit / ohne LW"

	"mit LW" [m]	"ohne LW" [m]	Differenz in [m] / in [%]
Gemäss VSS-Norm	11.15	9.50	-1.65 / -14.8
Gemäss Projekt bzw. Istzustand	11.00	9.50	-1.50 / -13.6

Fallbeispiel Nr. 13, G2_13_Stadt_ZH_Freiestrasse

Projektvorgaben: $V_A = 50 \text{ km/h}$, $V_{\max} = 30 \text{ km/h}$, Grundbegegnungsfall: Einbahnstr. mit Parkierstreifen versetzt, Länge 300 m, beidseitiges Trottoir einseitig kombiniert mit Radweg, Strassentyp: keine Vorgabe, Fahrbahnbreite $3.00 + 2.00 = 5.00 \text{ m}$

Grundbegegnungsfall "mit LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Quartierserschliessungsstrasse** in Tempo-30-Zone

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: **LW/PW (stehend im Parkstreifen)**

Bemessungsgeschwindigkeiten $V_M / V_B \text{ (km/h)}$: **30 / 20**

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LW	PW	
Grundabmessung	2.50	1.80	<i>PW stehend im Parkstreifen</i> $V_M = 30 / 0$ $V_B = 20$
Bewegungsspielraum	2x0.10	0	
	0.20	0.00	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.20	
	- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.30	2.00	
Überholzuschlag	0.00		
Fahrstreifen- /Parkstreifenbreite	3.30	2.00	
Fahrbahnbreite nach VSS- Norm	5.30		
Fahrbahnbreite im Projekt	5.00		

Grundbegegnungsfall "ohne LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Quartierserschliessungsstrasse** in Tempo-30-Zone

Grundbegegnungsfall (ohne LW): **LI/PW (stehend im Parkstreifen)**

Bemessungsgeschwindigkeiten $V_M / V_B \text{ (km/h)}$: **30 / 20**

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LI*	PW	
Grundabmessung	2.20	1.80	PW stehend im Parkstreifen $V_M = 30 / 0$
Bewegungsspielraum	2x0.10	0	
	0.20	0.00	
Sicherheitszuschlag			
- innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.00	
Total pro Verkehrsteilnehmer	2.80	2.00	$V_B = 20$
Gegenverkehrszuschlag	0.00		
Fahrstreifenbreite	2.80	2.00	
Total Fahrbahnbreite	4.80		

* Lichtrauprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen, Kleinbusse, Wohnmobile"

Breitenvergleich "mit / ohne LW"

	"mit LW" [m]	"ohne LW" [m]	Differenz in [m] / in [%]
Gemäss VSS-Norm	5.30	4.80	-0.50 / -9.4
Gemäss Projekt	5.00	4.80	-0.20 / -4.0

Fallbeispiel Nr. 23, K2_23_Kt_UR_K34_Industriestrasse

Projektvorgaben: $V_A = V_{max} = 60 \text{ km/h}$, Grundbegegnungsfall LW/LW, Länge 2'000 m, ohne Trottoir, Strassentyp: keine Vorgabe ("Nebenstrasse"), Fahrbahnbreite $2 \times 3.00 = 6.00 \text{ m}$

Grundbegegnungsfall "mit LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Regionalverbindungsstrasse** oder **Hauptsammelstrasse**
a.o. (für Grundbegegnungsfall LW/LW)

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: **LW/LW**

Bemessungsgeschwindigkeiten $V_M / V_B \text{ (km/h): } 60 / 55$

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LW	LW	
Grundabmessung	2.50	2.50	$V_M = 60$
Bewegungsspielraum	2x0.20 0.40	2x0.20 0.40	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.00	0.00	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.20	3.20	<i>im Bankettbereich ausgewiesen</i>
Gegenverkehrszuschlag	0.30		$V_B = 55$
Fahrstreifenbreite	3.35		
Fahrbahnbreite nach VSS-Norm	6.70		
Fahrbahnbreite im Projekt	6.00		<i>ohne Gegenverkehrszuschlag und Bewegungsspielraum nur 0.10 m</i>

Grundbegegnungsfall "ohne LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Regionalverbindungsstrasse** oder **Hauptsammelstrasse**
a.o. (für Grundbegegnungsfall LW/LW)

Grundbegegnungsfall (ohne LW): **LI/LI**

Bemessungsgeschwindigkeiten $V_M / V_B \text{ (km/h): } 60 / 55$

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LI*	LI*	
Grundabmessung	2.20	2.20	$V_M = 60$
Bewegungsspielraum	2x0.20 0.40	2x0.20 0.40	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.00	0.00	
Total pro Verkehrsteilnehmer	2.80	2.80	<i>im Bankettbereich ausgewiesen</i>
Gegenverkehrszuschlag	0.30		$V_B = 55$
Fahrstreifenbreite	2.95		
Total Fahrbahnbreite	5.90		

* Lichtrauprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen, Kleinbusse, Wohnmobile"

Breitenvergleich "mit / ohne LW"

	"mit LW" [m]	"ohne LW" [m]	Differenz in [m] / in [%]
Gemäss VSS-Norm	6.70	5.90	-0.80 / -11.9
Gemäss Projekt	6.00	5.90	-0.10 / -1.7

Fallbeispiel Nr. 27, K3_27_Kt_ZH_Umf.Rämismühle_Zell

Projektvorgaben: $V_A = 80 \text{ km/h}$, $V_{\max} = k \cdot A$, Grundbegegnungsfall LW/LW, Länge 840 m, ohne Trottoir, Strassentyp: keine Vorgabe ("Staatsstrasse"), Fahrbahnbreite $2 \times 3.75 = 7.50 \text{ m}$

Grundbegegnungsfall "mit LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hauptverkehrsstrasse a.o.**

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: **LW/LW**

Bemessungsgeschwindigkeiten $V_M / V_B \text{ (km/h): } 80 / 80$

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LW	LW	
Grundabmessung	2.50	2.50	$V_M = 80$ <i>im Bankettbereich ausgewiesen</i>
Bewegungsspielraum	2x0.30 0.60	2x0.30 0.60	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.00	0.00	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.40	3.40	
Gegenverkehrszuschlag	0.50		$V_B = 80$
Fahrstreifenbreite	3.65		
Fahrbahnbreite nach VSS- Norm	7.30		
Fahrbahnbreite im Projekt	7.50		

Grundbegegnungsfall "ohne LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hauptverkehrsstrasse a.o.**

Grundbegegnungsfall (ohne LW): **LI/LI**

Bemessungsgeschwindigkeiten $V_M / V_B \text{ (km/h): } 80 / 80$

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LI*	LI*	
Grundabmessung	2.20	2.20	$V_M = 80$
Bewegungsspielraum	2x0.30 0.60	2x0.30 0.60	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.00	0.00	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.00	3.00	<i>im Bankettbereich ausgewiesen</i>
Gegenverkehrszuschlag	0.50		
Fahrstreifenbreite	3.25		
Total Fahrbahnbreite	6.50		

* Lichtrauprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen, Kleinbusse, Wohnmobile"

Breitenvergleich "mit / ohne LW"

	"mit LW" [m]	"ohne LW" [m]	Differenz in [m] / in [%]
Gemäss VSS-Norm	7.30	6.50	-0.80 / -11.0
Gemäss Projekt	7.50	6.50	-1.00 / -13.3

Fallbeispiel Nr. 32, N3_32_ASTRA_Winterthur_N4_1_6

Projektvorgaben: $V_A = k \cdot A$, $V_{max} = k \cdot A$, Grundbegegnungsfall LW/LW, Länge 8'150 m,
 Strassentyp: Autobahn, Fahrbahnbreite pro Richtung 7.75 m + 2.50m Standstreifen

Grundbegegnungsfall "mit LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hochleistungsstrasse mit baulicher Richtungstrennung; Grundtyp ("Vollautobahn")***

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: **LW/LW**

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **80/80 für LW (120 / 120 für PW)**

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LW	LW	
Grundabmessung	2.50	2.50	$V_M = 80$ für LW
Bewegungsspielraum	2x0.30 0.60	2x0.30 0.60	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	
- äusserer Zuschlag inner- halb Fahrbahn	0.30	0.30	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.70	3.70	
Überholzuschlag	0.50		$V_B = 80$ für überholendes LW (bzw. 100 für Car)
mittlere Fahrstreifenbreite	3.95		
Total Fahrbahnbreite	7.90		
Standstreifenbreite	2.50		
Totalbreite Richtungsfahr- bahn nach VSS-Norm	10.40		
Totalbreite Richtungsfahr- bahn nach ASTRA **	10.25		

* Berechnung für eine Richtungsfahrbahn

** Standardprofil (NS 1. Klasse) bzw. Istzustand: Fahrbahn 7.75 m, Standstreifen 2.50 m

Grundbegegnungsfall "ohne LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hochleistungsstrasse mit baulicher Richtungstrennung; Grundtyp ("Vollautobahn" ohne LW)***

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm (ohne LW): **LI/LI**

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **120 / 120 für LI (und PW)**

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LI**	LI**	
Grundabmessung	2.20	2.20	$V_M = 120$
Bewegungsspielraum	2x0.40 0.80	2x0.40 0.80	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.40	3.40	
Überholzuschlag	0.50		$V_B = 120$
Fahrstreifenbreite	3.65		
Total Fahrbahnbreite	7.30		
Standstreifenbreite	2.20		Auslegung für Breite LI
Totalbreite Richtungsfahrbahn	9.50		

* Berechnung für eine Richtungsfahrbahn

** Lichtrauprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen, Kleinbusse, Wohnmobile"

Breitenvergleich "mit / ohne LW"

	"mit LW" [m]	"ohne LW" [m]	Differenz in [m] / in [%]
Gemäss VSS-Norm	10.40	9.50	-0.90 / -8.7
Gemäss Projekt bzw. Istzustand	10.25	9.50	-0.75 / -7.3

Fallbeispiel Nr. XX (Reserve), K4_Res_Kt_UR_Plattibrücke

Projektvorgaben: $V_A / V_{max} = k.A.$ (vermutlich 50 km/h), Grundbegegnungsfall LW/LW, Länge 40 m zwischen zwei Kurven, ohne Trottoir, Strassentyp: keine Vorgabe ("Kantonsstrasse"), Fahrbahnbreite $2 \times 3.25 = 6.50$ m, Längsneigung 7-8%

Grundbegegnungsfall "mit LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hauptverkehrsstrasse a.o.**

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: **LW/LW**

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **50 / 30** (infolge HLFR und VLFR stark reduziert)

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LW	LW	
Grundabmessung	2.50	2.50	$V_M = 50$
Bewegungsspielraum	2x0.20 0.40	2x0.20 0.40	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.00	0.00	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.20	3.20	$V_B = 30$ <i>im Konsolenbereich ausgewiesen</i>
Gegenverkehrszuschlag	0.00		
Fahrstreifenbreite	3.20		
Fahrbahnbreite nach VSS- Norm	6.40		
Fahrbahnbreite im Projekt	6.50		

Grundbegegnungsfall "ohne LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hauptverkehrsstrasse a.o.**

Grundbegegnungsfall (ohne LW): **LI/LI**

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **50 / 40** (infolge HLFR und VLFR reduziert)

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LI*	LI*	
Grundabmessung	2.20	2.20	$V_M = 50$ <i>im Bankettbereich ausgewiesen</i>
Bewegungsspielraum	2x0.20 0.40	2x0.20 0.40	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.00	0.00	
Total pro Verkehrsteilnehmer	2.80	2.80	
Gegenverkehrszuschlag	0.30		$V_B = 40$
Fahrstreifenbreite	2.95		
Total Fahrbahnbreite	5.90		

* Lichtrauprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen, Kleinbusse, Wohnmobile"

Breitenvergleich "mit / ohne LW"

	"mit LW" [m]	"ohne LW" [m]	Differenz in [m] / in [%]
Gemäss VSS-Norm	6.40	5.90	-0.50 / -7.8
Gemäss Projekt	6.50	5.90	-0.60 / -9.2

Fallbeispiel Nr. 37, N4_37_ASTRA_Zofingen Z58_59_X1

Projektvorgaben: $V_A = k.A$, $V_{max} = k.A$. vermutlich 80 km/h im Verzweigungsbereich,
Grundbegegnungsfall k.A., Länge 104 m, Strassentyp: Autobahn A1, Überführung Rampe
Basel-Luzern/Zürich, Fahrbahnbreite pro Richtung 8.55 m + 2.80 m Standstreifen

Grundbegegnungsfall "mit LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hochleistungsstrasse mit baulicher Richtungstrennung; Grundtyp ("Vollautobahn")***

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: **LW/LW**

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **80/80 für LW (und für PW)**

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LW	LW	
Grundabmessung	2.50	2.50	$V_M = 80$ für LW
Bewegungsspielraum	2x0.30 0.60	2x0.30 0.60	
Sicherheitszuschlag			
- innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.70	3.70	$V_B = 80$ für überholendes LW mit Kurvenverbreiterung von 25 cm = 4.20 m*** mit Kurvenverbreiterung von 2x25 cm = 8.40 m*** gemäss Projekt mit Kurvenverbreiterung von 2x25 cm = 11.20 m***
Überholzuschlag	0.50		
mittlere Fahrstreifenbreite	3.95		
Total Fahrbahnbreite	7.90		
Standstreifenbreite	2.80		
Totalbreite Richtungsfahrbahn nach VSS-Norm	10.70		
Totalbreite Richtungsfahrbahn nach ASTRA **	11.35		

* Berechnung für eine Richtungsfahrbahn

** gemäss Projekt, inkl. Verbreiterung in Kurve (A=243 m)

*** gemäss SN 640105a, Kategorie A

Grundbegegnungsfall "ohne LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hochleistungsstrasse mit baulicher Richtungstrennung; Grundtyp ("Vollautobahn" ohne LW)***

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm (ohne LW): **LI/LI**

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **80/80 für LI (und für PW)**

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LI**	LI**	
Grundabmessung	2.20	2.20	$V_B = 80$
Bewegungsspielraum	2x0.30	2x0.30	
	0.60	0.60	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn - äusserer Zuschlag inner- halb Fahrbahn	0.20	0.20	
	0.20	0.20	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.20	3.20	
Überholzuschlag	0.50		$V_B = 80$ für überholendes LI
Fahrstreifenbreite	3.45		mit Kurvenverbreiterung von 10 cm = 3.55 m***
Total Fahrbahnbreite	6.90		mit Kurvenverbreiterung von 10 cm = 7.10 m***
Standstreifenbreite	2.20		Auslegung für Breite LI
Totalbreite Richtungsfahrbahn	9.10		mit Kurvenverbreiterung von 10 cm = 9.30 m***

* Berechnung für eine Richtungsfahrbahn

** Lichtrauprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW,
vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen, Kleinbusse, Wohnmobile"

*** gemäss SN 640105a, Kategorie D

Breitenvergleich "mit / ohne LW" mit Berücksichtigung der Kurvenverbreiterung

	"mit LW" [m]	"ohne LW" [m]	Differenz in [m] / in [%]
Gemäss VSS-Norm	11.20	9.30	-1.90 / -17.0
Gemäss Projekt bzw. Istzustand	11.35	9.30	-2.05 / -18.1

Fallbeispiel Nr. 47a, G5_47a_Stadt LU Langensandbrücke

Projektvorgaben: $V_{A=k.A.} / V_{max}$ 50 km/h, Grundbegegnungsfall LW/LW, massg. Begegnungsfall: LW/Velo/LW/LW/BUS, Brücke Länge 80 m, zwischen 2 Knoten im Abstand ca. 190 m, Trottoir abgetrennt, Strassentyp: k.A. Vorgabe, Fahrbahnbreite Tot. 13.80 m

Grundbegegnungsfall "mit LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hauptverkehrsstrasse i.o.**

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: **LW/LW**

Massgebender Begegnungsfall gemäss Projekt: **LW+BUS/Velo/LW+BUS/LW/BUS**

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **40 / 30** (infolge kurzem Knotenabstand stark reduziert)

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer					Bemerkungen
	LW/BUS	Velo	LW/BUS	LW	BUS	
Grundabmessung	2.50	0.60	2.50	2.50	2.50	$V_M = 40$ <

Grundbegegnungsfall "ohne LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hauptverkehrsstrasse i.o.**

Grundbegegnungsfall (ohne LW): **LI/LI**

Massgebender Begegnungsfall gemäss Projekt: **LI+BUS/Velo/LI+BUS/LI/BUS**

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **40 / 30** (infolge kurzem Knotenabstand stark reduziert)

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer					Bemerkungen
	(LI)/BUS	Velo	(LI)/BUS	LI*	BUS	
Grundabmessung	2.50	0.60	2.50	2.20	2.50	$V_M = 40$ <

* Lichtrauprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen, Kleinbusse, Wohnmobile"

Breitenvergleich "mit / ohne LW"

	"mit LW" [m]	"ohne LW" [m]	Differenz in [m] / in [%]
Gemäss VSS-Norm	14.10	13.60	-0.50 / -3.5
Gemäss Projekt	13.80	13.60	-0.2 / -1.4

Fallbeispiel Nr. 47a, G5_47a_Stadt_LU_Langensandbrücke**Projektvorgaben:** $V_{A=k.A.} / V_{max}$ 50 km/h, Grundbegegnungsfall LW/LW, massg. Begegnungsfall:**Grundbegegnungsfall "mit LW"**Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hauptverkehrsstrasse i.o.**Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: **LW/LW**Massgebender Begegnungsfall gemäss Projekt: **LW+BUS/Velo/LW+BUS/LW/BUS**Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **40 / 30** (infolge kurzem Knotenabstand stark reduziert)

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer					Bemerkungen
	LW/BUS	Velo	LW/BUS	LW	BUS	
Grundabmessung	2.50	0.60	2.50	2.50	2.50	$V_M = 40$ <

Grundbegegnungsfall "ohne LW"Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hauptverkehrsstrasse i.o.**Grundbegegnungsfall (ohne LW): **LI/LI**Massgebender Begegnungsfall gemäss Projekt: **LI+BUS/Velo/LI+BUS/LI/BUS**Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **40 / 30** (infolge kurzem Knotenabstand stark reduziert)

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer					Bemerkungen
	LI*	Velo	LI*	LI*	BUS	
Grundabmessung	2.20	0.60	2.20	2.20	2.50	$V_M = 40$ <

* Lichtrauprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen, Kleinbusse, Wohnmobile"

Breitenvergleich "mit / ohne LW"

	"mit LW" [m]	"ohne LW" [m]	Differenz in [m] / in [%]
Gemäss VSS-Norm	14.10	13.00	-1.10 / -7.8
Gemäss Projekt	13.80	13.00	-0.80 / -5.8

Fallbeispiel Nr. XX (Reserve), K5 Res Kt BE Gwattbrücke

Projektvorgaben: $V_A = 80 \text{ km/h}$ / $V_{\max} 80 \text{ km/h}$, Grundbegegnungsfall LW/LW, Länge 174 m
(davon 26 m Brücke), Trottoir einseitig, Strassentyp: k.A., Fahrbahnbreite Tot. 6.00 m

Grundbegegnungsfall "mit LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Regionalverbindungsstrasse (a.o.)**

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: **LW/LW**

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **70 / 65**

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LW	LW	
Grundabmessung	2.50	2.50	$V_M = 70$
Bewegungsspielraum	2x0.20 0.40	2x0.20 0.40	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.00	0.30	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.20	3.50	<i>im Bankettbereich ausgewiesen (einseitig)</i>
Gegenverkehrszuschlag	0.30		
mittlere Fahrstreifenbreite	3.50		
Fahrbahnbreite nach VSS- Norm	7.00		
Fahrbahnbreite im Projekt	6.00		

Grundbegegnungsfall "ohne LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Regionalverbindungsstrasse (a.o.)**

Grundbegegnungsfall (ohne LW): **LI/LI**

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **70 / 65**

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LI*	LI*	
Grundabmessung	2.20	2.20	$V_M = 70$ <i>im Bankettbereich ausgewiesen (einseitig)</i>
Bewegungsspielraum	2x0.20 0.40	2x0.20 0.40	
Sicherheitszuschlag			
- innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.00	0.20	
Total pro Verkehrsteilnehmer	2.80	3.00	
Gegenverkehrszuschlag	0.30		
mittlere Fahrstreifenbreite	3.05		
Total Fahrbahnbreite	6.10		

* Lichtrauprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen, Kleinbusse, Wohnmobile"

Breitenvergleich "mit / ohne LW"

	"mit LW" [m]	"ohne LW" [m]	Differenz in [m] / in [%]
Gemäss VSS-Norm	7.00	6.10	-0.90 / -12.9
Gemäss Projekt	6.00	6.10	+0.10 / +1.7

Fallbeispiel Nr.52, N5_52_ASTRA_Thun_Brüning-Wacht_Sanierung_Kurve

Projektvorgaben: VA = 40 km/h / Vmax 50 km/h (innerorts), Grundbegegnungsfall LW/LPW/Velo, Länge 250 m (davon 62 m Kurve), kein Trottoir, Strassentyp: k.A., Fahrbahnbreite in Gerade Tot. 8.20 m (3.5 / 3.2 / 1.5 m), R_{Kurve} = 29 m, i = 1.4 bis 7.0% --> **GNP-Bemessung in Gerade, vor Kurve!**

Grundbegegnungsfall "mit LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Lokalverbindungsstrasse (i.o.)**

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: **LW/PW/Velo**

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **45 / 30** (infolge HLFR und VLFR stark reduziert)

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer			Bemerkungen
	LW	PW	Velo	
Grundabmessung	2.50	1.80	0.60	$V_M = 45$ <i>Velo: bei $i = 5\%$</i>
Bewegungsspielraum*	2x0.15* 0.30	2x0.15* 0.30	2x0.25 0.50	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.20	0.20	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.00	0.20	0.20	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.10	2.50	1.50	<i>im Bankettbereich ausgewiesen (einseitig)</i>
Gegenverkehrs- /Überholzuschlag	0.00		0.00	
mittlere Fahrstreifenbreite	2.80		1.50	$V_B = 30$ (inf. VLFR und HLFR stark reduziert)
Fahrbahnbreite nach VSS-Norm	7.10			
Fahrbahnbreite im Projekt	8.20			

* interpoliert für V_M = 45 km/h zwischen 0.10 und 0.20 m

Grundbegegnungsfall "ohne LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Lokalverbindungsstrasse (i.o.)**

Grundbegegnungsfall (ohne LW): **LI/PW/Velo**

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **45 / 30** (infolge HLFR und VLFR stark reduziert)

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer			Bemerkungen
	LI**	PW	Velo	
Grundabmessung	2.20	1.80	0.60	$V_M = 45$ <i>Velo: bei $i = 5\%$</i>
Bewegungsspielraum*	2x0.15* 0.30	2x0.15* 0.30	2x0.25 0.50	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	0.20	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.00	0.20	0.20	
Total pro Verkehrsteilnehmer	2.70	2.50	1.50	<i>im Bankettbereich ausgewiesen (einseitig)</i>
Gegenverkehrs- /Überholzuschlag	0.00		0.00	
mittlere Fahrstreifenbreite	2.60		1.50	
Fahrbahnbreite nach VSS- Norm	6.70			<i>ohne Kurvenverbreiterung</i>

* interpoliert für V_M = 45 km/h zwischen 0.10 und 0.20 m

** Lichtrauprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen, Kleinbusse, Wohnmobile"

Breitenvergleich "mit / ohne LW"

	"mit LW" [m]	"ohne LW" [m]	Differenz in [m] / in [%]
Gemäss VSS-Norm	7.10	6.70	-0.40 / -5.6
Gemäss Projekt	8.20	6.70	-1.50 / +18.3

Fallbeispiel Nr. 56, N5_56_alt_53_ASTRA_Zofingen_HÜ_Zofingen

Projektvorgaben: $V_A = k.A$, $V_{max} = k.A$. (vermutlich 120 km/h), Grundbegegnungsfall k.A., Länge 520 m, Strassentyp: Autobahn A2, Halbüberdeckung FB Basel, Fahrbahnbreite 8.00 m + 2.55 m Standstreifen

Grundbegegnungsfall "mit LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hochleistungsstrasse mit baulicher Richtungstrennung; Grundtyp ("Vollautobahn")***

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: **LW/LW**

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **80/80 für LW (120 für PW)**

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LW	LW	
Grundabmessung	2.50	2.50	$V_M = 80$ für LW
Bewegungsspielraum	2x0.30 0.60	2x0.30 0.60	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	
- äusserer Zuschlag inner- halb Fahrbahn	0.30	0.30	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.70	3.70	
Überholzuschlag	0.50		$V_B = 80$ für überholendes LW
mittlere Fahrstreifenbreite	3.95		
Total Fahrbahnbreite	7.90		
Standstreifenbreite	2.55		
Totalbreite Richtungsfahr- bahn nach VSS-Norm	10.45		
Totalbreite Richtungsfahr- bahn im Projekt	10.55		gemäss Projekt

* Berechnung für eine Richtungsfahrbahn

Grundbegegnungsfall "ohne LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hochleistungsstrasse mit baulicher Richtungstrennung; Grundtyp ("Vollautobahn" ohne LW)***

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm (ohne LW): **LI/LI**

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **120/120 für LI (und für PW)**

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LI**	LI**	
Grundabmessung	2.20	2.20	$V_M = 120$
Bewegungsspielraum	2x0.40 0.80	2x0.40 0.80	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
- äusserer Zuschlag inner- halb Fahrbahn	0.20	0.20	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.40	3.40	
Überholzuschlag	0.50		$V_B = 120$ für überholendes LI
Fahrstreifenbreite	3.65		
Total Fahrbahnbreite	7.30		
Standstreifenbreite	2.20		Auslegung für Breite LI
Totalbreite Richtungsfahrbahn	9.50		

* Berechnung für eine Richtungsfahrbahn

** Lichtrauprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen, Kleinbusse, Wohnmobile"

Breitenvergleich "mit / ohne LW"

	"mit LW" [m]	"ohne LW" [m]	Differenz in [m] / in [%]
Gemäss VSS-Norm	10.45	9.50	-0.95 / -9.1
Gemäss Projekt	10.55	9.50	-1.05 / -10.0

Fallbeispiel Nr. 57, N11_57 Erneuerung Tunnel Honeret

Projektvorgaben: $V_A = 100$, $V_{max} = k.A.$ (vermutlich 100 km/h), Grundbegegnungsfall k.A.
 (vermutlich LW/LW/LW), Länge Tunnel ca. 440 m, Strassentyp: Autobahn N20.1, Fahrbahnbreite in
 3-streifigem Bereich 10.50 m (3x3.30 m + 2x0.30 m), 2x Bankette min. 1.12 m

Grundbegegnungsfall "mit LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hochleistungsstrasse mit baulicher Richtungstrennung;**

Grundtyp ("Vollautobahn")*

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: **LW/LW/LW**

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **80/80 für LW (100 für PW)**

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer			Bemerkungen
	LW	LW	LW	
Grundabmessung	2.50	2.50	2.50	$V_M = 80$ für LW
Bewegungsspielraum	2x0.30 0.60	2x0.30 0.60	2x0.30 0.60	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	0.30	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.00	0.30	0.00	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.40	3.70	3.40	bei äusseren Fahrstreifen im Bankettbereich
Überholzuschlag	0.50	0.50		
mittlere Fahrstreifenbreite	3.833			$V_B = 80$ für überholendes LW
Fahrbahnbreite nach VSS- Norm	11.50			
Fahrbahnbreite im Projekt	10.50			

* Berechnung für eine Richtungsfahrbahn

Grundbegegnungsfall "ohne LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hochleistungsstrasse mit baulicher Richtungstrennung;**

Grundtyp ("Vollautobahn" ohne LW)*

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm (ohne LW): **LI/LI/LI**

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **100/100 für LI (und für PW)**

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer			Bemerkungen
	LI**	LI**	LI**	
Grundabmessung	2.20	2.20	2.20	$V_M = 100$
Bewegungsspielraum	2x0.30 0.60	2x0.30 0.60	2x0.30 0.60	
Sicherheitszuschlag - innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	0.20	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.00	0.20	0.00	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.00	3.20	3.00	$V_B = 100$ für überholendes LI
Überholzuschlag	0.50	0.50		
mittlere Fahrstreifenbreite	3.40			
Fahrbahnbreite nach VSS- Norm	10.20			

* Berechnung für eine Richtungsfahrbahn

** Lichtrauprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl.
 SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen, Kleinbusse, Wohnmobile"

Breitenvergleich "mit / ohne LW"

	"mit LW" [m]	"ohne LW" [m]	Differenz in [m] / in [%]
Gemäss VSS-Norm	11.50	10.20	-1.30 / -11.3
Gemäss Projekt	10.50	10.20	-0.30 / -2.9

Fallbeispiel Nr. 60, K6_60_Kt_BE_Hofbrücke

Projektvorgaben: $V_A = 40 \text{ km/h}$ / $V_{\max} 50 \text{ km/h}$ (innerorts), Grundbegegnungsfall LW/LW, Länge 160 m (davon 43 m Brücke), Trottoir beidseitig (1.5m), Strassentyp: k.A. (Kantonsstrasse), Fahrbahnbreite 7.0 m, $R_{\text{kurve}} = 31.5 \text{ m}$, $i = 4.7\%$

Grundbegegnungsfall "mit LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Regionalverbindungsstrasse i.o.**

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: **LW/LW**

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **45 / 40** (infolge HLFR und VLFR reduziert)

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LW	LW	
Grundabmessung	2.50	2.50	$V_M = 45$
Bewegungsspielraum*	2x0.15 0.30	2x0.15 0.30	
Sicherheitszuschlag			
- innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.40	3.40	$V_B = 40$
Gegenverkehrszuschlag	0.30		
mittlere Fahrstreifenbreite	3.55		
Fahrbahnbreite nach VSS-Norm	7.10		
Fahrbahnbreite im Projekt	7.00		

* interpoliert für $V_M = 45 \text{ km/h}$ zwischen 0.10 und 0.20 m

Grundbegegnungsfall "ohne LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Regionalverbindungsstrasse i.o.**

Grundbegegnungsfall (ohne LW): **LI/LI**

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **45 / 40** (infolge HLFR und VLFR reduziert)

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LI*	LI*	
Grundabmessung	2.20	2.20	$V_M = 45$
Bewegungsspielraum	2x0.15 0.30	2x0.15 0.30	
Sicherheitszuschlag			
- innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
Total pro Verkehrsteilnehmer	2.90	2.90	<i>im Bankettbereich ausgewiesen (einseitig)</i>
Gegenverkehrszuschlag	0.30		
mittlere Fahrstreifenbreite	3.05		
Total Fahrbahnbreite	6.10		

** Lichtrauprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen, Kleinbusse, Wohnmobile"

Breitenvergleich "mit / ohne LW"

	"mit LW" [m]	"ohne LW" [m]	Differenz in [m] / in [%]
Gemäss VSS-Norm	7.10	6.10	-1.00 / -14.1
Gemäss Projekt	7.00	6.10	-0.90 / -12.9

Fallbeispiel Nr. 65, N6_65_ASTRA-Winterthur_Jonentobelbrücke

Projektvorgaben: $V_A = k.A$, $V_{max} = k.A$. (vermutlich 120 km/h), Grundbegegnungsfall k.A.,
Länge Brücke ca. 300 m, Strassentyp: Autobahn A4, Fahrbahnbreite 7.75 m + 2.50 m
Standstreifen

Grundbegegnungsfall "mit LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hochleistungsstrasse mit baulicher Richtungstrennung; Grundtyp ("Vollautobahn")***

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: **LW/LW**

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **80/80 für LW (120 für PW)**

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LW	LW	
Grundabmessung	2.50	2.50	$V_M = 80$ für LW
Bewegungsspielraum	2x0.30 0.60	2x0.30 0.60	
Sicherheitszuschlag			
- innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.70	3.70	$V_B = 80$ für überholendes LW
Überholzuschlag	0.50		
mittlere Fahrstreifenbreite	3.95		
Total Fahrbahnbreite	7.90		
Standstreifenbreite	2.50		
Totalbreite Richtungsfahrbahn nach VSS-Norm	10.40		gemäss Projekt
Totalbreite Richtungsfahrbahn im Projekt	10.25		

* Berechnung für eine Richtungsfahrbahn

Grundbegegnungsfall "ohne LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hochleistungsstrasse mit baulicher Richtungstrennung; Grundtyp ("Vollautobahn" ohne LW)***

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm (ohne LW): **LI/LI**

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **120/120 für LI (und für PW)**

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LI**	LI**	
Grundabmessung	2.20	2.20	$V_M = 120$
Bewegungsspielraum	2x0.40 0.80	2x0.40 0.80	
Sicherheitszuschlag			
- innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.40	3.40	$V_B = 120$ für überholendes LI
Überholzuschlag	0.50		
Fahrstreifenbreite	3.65		
Total Fahrbahnbreite	7.30		
Standstreifenbreite	2.20		Auslegung für Breite LI
Totalbreite Richtungsfahrbahn	9.50		

* Berechnung für eine Richtungsfahrbahn

** Lichtrauprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen, Kleinbusse, Wohnmobile"

Breitenvergleich "mit / ohne LW"

	"mit LW" [m]	"ohne LW" [m]	Differenz in [m] / in [%]
Gemäss VSS-Norm	10.40	9.50	-0.90 / -8.7
Gemäss Projekt	10.25	9.50	-0.75 / -7.3

Fallbeispiel Nr. 68, N12_68_ASTRA-Winterthur_Hafnerberg

Projektvorgaben: $V_A = 100$, $V_{max} = k.A.$ (vermutlich 100 km/h), Grundbegegnungsfall LW/LW, Länge Tunnel ca. 1'390 m, Strassentyp: Autobahn N20.1, Fahrbahnbreite 7.75 m (2x3.875 m)+ Standstreifen 2.75 m, Bankette à 1.00 m

Grundbegegnungsfall "mit LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hochleistungsstrasse mit baulicher Richtungstrennung; Grundtyp ("Vollautobahn")***

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm: **LW/LW**

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **80/80 für LW (100 für PW)**

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LW	LW	
Grundabmessung	2.50	2.50	$V_M = 80$ für LW
Bewegungsspielraum	2x0.30 0.60	2x0.30 0.60	
Sicherheitszuschlag			
- innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.30	0.30	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.70	3.70	$V_B = 80$ für überholendes LW
Überholzuschlag	0.50		
mittlere Fahrstreifenbreite	3.95		
Total Fahrbahnbreite	7.90		
Standstreifenbreite	2.75		
Totalbreite Richtungsfahrbahn nach VSS-Norm	10.65		gemäss Projekt
Totalbreite Richtungsfahrbahn im Projekt	10.50		

* Berechnung für eine Richtungsfahrbahn

Grundbegegnungsfall "ohne LW"

Strassentyp gemäss VSS-Norm: **Hochleistungsstrasse mit baulicher Richtungstrennung; Grundtyp ("Vollautobahn" ohne LW)***

Grundbegegnungsfall gemäss VSS-Norm (ohne LW): **LI/LI**

Bemessungsgeschwindigkeiten V_M / V_B (km/h): **100/100 für LI (und für PW)**

Breiten [m]	Verkehrsteilnehmer		Bemerkungen
	LI**	LI**	
Grundabmessung	2.20	2.20	$V_M = 100$
Bewegungsspielraum	2x0.30 0.60	2x0.30 0.60	
Sicherheitszuschlag			
- innerer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
- äusserer Zuschlag innerhalb Fahrbahn	0.20	0.20	
Total pro Verkehrsteilnehmer	3.20	3.20	$V_B = 100$ für überholendes LI
Überholzuschlag	0.50		
Fahrstreifenbreite	3.45		
Total Fahrbahnbreite	6.90		
Standstreifenbreite	2.20		
Totalbreite Richtungsfahrbahn	9.10		Auslegung für Breite LI

* Berechnung für eine Richtungsfahrbahn

** Lichtrauprofil für Lieferwagen (LI) ausgehend von den Grundabmessungen wie bei den PW, vgl. SN 640 201, Ziffer 6, "Lieferwagen, Kleinbusse, Wohnmobile"

Breitenvergleich "mit / ohne LW"

	"mit LW" [m]	"ohne LW" [m]	Differenz in [m] / in [%]
Gemäss VSS-Norm	10.65	9.10	-1.55 / -14.6
Gemäss Projekt	10.50	9.10	-1.40 / -13.3

ANHANG C: KAPAZITÄTSBEDINGTE FAKTOREN

Anhang C1: Internationale Recherche zum Einfluss des Schwerverkehrs auf die Strassenkapazität

Anhang C2: Kapazitätsabminderung auf Nationalstrassen und Strassen ausserorts

Anhang C2.1: Ergebnisse für Nationalstrassen (Bund)

Anhang C2.2: Ergebnisse für Kantonsstrassen ausserorts

Anhang C3: Kapazitätsabminderung auf Strassen im Innerortsbereich

Anhang C4: Hochrechnung der kapazitätsbedingten Faktoren auf dem Gemeinde- und Kantonsstrassennetz (Überlagerung innerorts/ausserorts)

Bemerkungen zu den Anhängen:

Den Ergebnissen liegen sehr umfangreiche und rechenintensive Analysen und Auswertungen der sonBASE-Datenbank zu Grunde. Diese wurden in Tabellen mit EXCEL oder MS Access ausgeführt, beinhalten z.Z. hunderttausende von Datensätzen und lassen sich aber jederzeit und bei Bedarf einsehen und auch reproduzieren. Art und Umfang der Dokumentation dieser Datenmengen sind im Zuge der Abschlussarbeiten in Phase III zu diskutieren.

ANHANG C1: INTERNATIONALE RECHERCHE ZUM EINFLUSS DES SCHWERVERKEHRS AUF DIE STRASSENKAPAZITÄT

Zur Vertiefung der kapazitätsbedingten Einflüsse des Schwerverkehrs wurde zunächst eine internationale Recherche durchgeführt. Diese ist auf den nachfolgenden Seiten dokumentiert.

Auswirkungen des Schwerverkehrs auf die Kapazität von Strassen

1. Einleitung

Die Verkehrsqualität und Kapazität¹ von Strassen hängt von verschiedenen Strassen-, Verkehrs- und Betriebsbedingungen ab. In den in- und ausländischen Richtlinien werden diese Bedingungen quantitativ durch die folgenden Einflussgrössen definiert:

Strassenart	Quantitative Einflussgrössen
Hochleistungsstrassen mit baulicher Richtungstrennung (Autobahnen)	<ul style="list-style-type: none"> - Anzahl Fahrstreifen pro Fahrtrichtung - Zulässige Höchstgeschwindigkeit (V_{zul}) - Längsneigung (Steigung i %) - Anteil Schwerverkehr (SVA %)
Zweistreifige Strassen ohne bauliche Richtungstrennung (Kantonsstrassen ausserorts)	<ul style="list-style-type: none"> - Anzahl Fahrstreifen pro Querschnitt - Längsneigung (Steigung i %) - Kurvigkeit (KU in gon/km)² - Anteil Schwerverkehr (SVA %)
Strassen innerorts (Gemeindestrassen innerorts)	Auf Strassen innerorts ist die Kapazität der Streckenabschnitte von der Leistungsfähigkeit der Knoten abhängig

Nachfolgend werden Kapazitätsrichtwerte gemäss Schweizernormen sowie gemäss deutschen und amerikanischen Richtlinien angegeben und anschliessend diskutiert.

2. Kapazitätsrichtwerte gemäss Schweizernormen

2.1 Autobahnen (VSS Norm 640 018a³, 2006)

Die Norm-Richtwerte basieren auf der Forschungsarbeit aus dem Jahr 2004⁴. Der empirische Hintergrund der dort durchgeführten Messungen stammt grösstenteils aus Autobahnquerschnitten in Agglomerationsgebieten.

Zweistreifige Autobahnen

Leistungsfähigkeit L [Mfz/h] für eine zweistreifige Autobahn in Abhängigkeit von zulässiger Höchstgeschwindigkeit V_{zul} , Schwerverkehrsanteil SVA und Steigung gemäss [15] <i>Capacité L [vhca/h] d'une autoroute à deux voies de circulation en fonction de la vitesse maximale autorisée V_{aut}, du pourcentage de véhicules lourds SVA et de la rampe selon [15]</i>									
Schwerverkehrsanteil SVA <i>Pourcentage de véhicules lourds SVA</i>	V_{zul} / V_{aut}								
	120 km/h			100 km/h			80 km/h		
	Steigung / Rampe								
	< 2%	2...4%	> 4%	< 2%	2...4%	> 4%	< 2%	2...4%	> 4%
≤ 5%	4000	3800	3550	4000	3800	3600	4000	3800	3650
> 5...15%	3800	3500	3150	3800	3600	3350	3800	3700	3450
> 15...25%	3600	3200	2800	3600	3400	3000	3600	3500	3200

¹ Unter Kapazität oder Leistungsfähigkeit einer Verkehrsanlage wird die grösste Anzahl von Fahrzeugen eines Verkehrsstroms verstanden, die einen Strassenquerschnitt während eines Zeitintervalles (i.d.R. eine Stunde) durchfahren kann.

² Als Kurvigkeit KU wird die Summe aller Absolutbeträge der Winkeländerung (gesamte Richtungsänderung) der Trasse, bezogen auf die Streckenlänge, bezeichnet. Sie wird in gon pro km ausgedrückt.

³ VSS-Norm SN 640 018a; Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Freie Strecke auf Autobahnen

⁴ Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit auf Autobahnen, Bericht Nr. 1090, Jenni + Gottardi AG, Kilchberg; SNZ Ingenieure und Planer AG, Zürich, Oktober 2004

Auf *zweistreifigen* Autobahnen mit V_{zul} von 120 km/h (= Normalfall ausserorts) bei ebenen Verhältnissen (Steigung <2%) variiert die Kapazität je nach SVA zwischen 4'000 (SVA ≤ 5%) und 3'600 (SVA > 15...25%) Fz/h (Abnahme um 10.0%), bei Steigungen >4% variiert die Kapazität je nach SVA zwischen 3'550 (SVA ≤ 5%) und 2'800 (SVA > 15...25%) Fz/h (Abnahme um 21.1%).

Dreistreifige Autobahnen

Leistungsfähigkeit L [Mfz/h] für eine dreistreifige Autobahn in Abhängigkeit von zulässiger Höchstgeschwindigkeit V_{zul} , Schwerverkehrsanteil SVA und Steigung gemäss [15] <i>Capacité L [vhca/h] d'une autoroute à trois voies de circulation en fonction de la vitesse maximale autorisée V_{aut}, du pourcentage de véhicules lourds SVA et de la rampe selon [15]</i>									
Schwerverkehrsanteil SVA <i>Pourcentage de véhicules lourds SVA</i>	V_{zul} / V_{aut}								
	120 km/h			100 km/h			80 km/h		
	Steigung / <i>Rampe</i>								
	< 2%	2...4%	> 4%	< 2%	2...4%	> 4%	< 2%	2...4%	> 4%
≤ 5%	5800	5450	5050	5800	5600	5250	5800	5650	5500
> 5...15%	5450	5050	4500	5550	5250	4950	5600	5500	5200
> 15...25%	5100	4600	4000	5400	5000	4300	5500	5300	4550

Auf *dreistreifigen* Autobahnen mit V_{zul} von 120 km/h (= Normalfall ausserorts) bei ebenen Verhältnissen (Steigung <2%) variiert die Kapazität je nach SVA zwischen 5'800 (SVA ≤ 5%) und 5'100 (SVA > 15...25%) Fz/h (Abnahme um 12.1%), bei Steigungen >4% variiert die Kapazität je nach SVA zwischen 5'050 (SVA ≤ 5%) und 4'000 (SVA > 15...25%) Fz/h (Abnahme um 20.8%).

2.2 Kantonsstrassen ausserorts (VSS Norm 640 020a⁵, 2010)

Die Norm-Richtwerte basieren auf der Forschungsarbeit aus dem Jahr 2010⁶. Auf zweistreifigen Hauptverkehrs- und Regionalverbindungsstrassen (HVS/RVS) mit Gegenverkehr werden 4 Kurvigkeitsklassen, 5 Steigungsklassen und 3 SVA-Klassen unterschieden. Die Kapazitätsrichtwerte beziehen sich auf den gesamten Querschnitt (beide Fahrtrichtungen). Die maximale Kapazität beträgt 2'500 Fz/h⁷.

Leistungsfähigkeit <i>L</i> (in beiden Fahrtrichtungen) für zweistreifige HVS/RVS ausserorts in Abhängigkeit von Kurvigkeit, Schwerverkehrsanteil und Steigungsklasse <i>Capacité L</i> (dans les deux sens de circulation) des RP/RLR, hors des espaces bâtis, à deux voies de circulation en fonction de la sinuosité, du pourcentage de véhicules lourds et de la classe de rampe					
Kurvigkeit <i>Sinuosité</i> <i>KU</i> [gon · km ⁻¹]	Schwerverkehrs- anteil <i>Pourcentage</i> <i>de véhicules lourds</i> <i>SVA</i>	Steigungsklassen <i>Classes de rampe</i> [-] 1, 2 3 4 5 [Mfz · h ⁻¹] / [vhca · h ⁻¹]			
≤ 75	0%	2500	2500	2500	2500
	10%	2500	2350	2190	2090
	20%	2500	2240	2080	1940
> 75...150	0%	2490	2450	2400	2350
	10%	2490	2290	2100	1970
	20%	2490	2180	2000	1840
> 150...250	0%	2280	2280	2270	2270
	10%	2280	2220	2050	1830
	20%	2280	2150	1950	1670
> 250	0%	2080	2080	2080	2050
	10%	2080	1940	1790	1630
	20%	2080	1870	1710	1520

⁵ VSS-Norm SN 640 020a; Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Zweistreifige Strassen ohne bauliche Richtungstrennung

⁶ Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit auf Strassen ohne Richtungstrennung, Bericht Nr. 1286, Rudolf Keller & Partner Verkehringenieure AG, November 2010

⁷ Auf zweistreifigen Autostrassen erhöht sich der maximale Kapazitätsrichtwert von 2'500 auf 2'800 Fz/h. In zweistreifigen Tunneln mit durchgehendem Überholverbot beträgt die Kapazität *pro Richtung* bei günstigen Verhältnissen ($KU \leq 75$ gon/km und Steigungsklasse 1) ca. 1'300 (HVS/RVS) bis 1'500 (Autostrasse) Fz/h.

Auf zweistreifigen HVS/RVS mit *gestreckter Linienführung* ($KU \leq 75$ gon/km) beträgt die Kapazität bei *ebenen Verhältnissen* (Steigungsklasse 1 und 2, bzw. $< \text{ca. } 3.2\%$ Steigung, vgl. nächste Tabelle) unabhängig vom SVA 2'500 Fz/h. Bei *bergigen Verhältnissen* (Steigungsklasse 4, bzw. $> \text{ca. } 6.0\text{--}8.3\%$ Steigung) variiert die Kapazität je nach SVA zwischen 2'500 Fz/h (SVA = 0%) und 2'190 Fz/h (SVA = 10%) bzw. 2'080 (SVA = 20%) Fz/h (Abnahme um 12.4% bzw. um 16.8%).

Auf zweistreifigen HVS/RVS mit *kurviger Linienführung* ($KU > 250$ gon/km) beträgt die Kapazität bei *ebenen Verhältnissen* (Steigungsklasse 1 und 2, bzw. $< \text{ca. } 3.2\%$ Steigung, vgl. nächste Tabelle) unabhängig vom SVA 2'080 Fz/h. Bei *bergigen Verhältnissen* (Steigungsklasse 4, bzw. $6.0 - \text{ca. } 8.3\%$ Steigung) variiert die Kapazität je nach SVA zwischen 2'050 (SVA = 0%) und 1'790 (SVA = 10%) bzw. 1'710 (SVA = 20%) Fz/h (Abnahme um 12.7% bzw. 16.6%).

Charakteristik der Steigungsklassen gemäss SN 640 138b⁸

Massgebende Geschwindigkeit des Bemessungslastwagens in km/h	Steigungs-klasse	Steigung (%) / min. Steigungs-länge (m)
>70	1	< 2.5% / > ca. 3'500 m
>60...70	2	> 2.5...3.2% / ca. 3'500... 2'500 m
>45...60	3	> 3.2...6.0% / ca. 2'500...1'600 m
>30...45	4	> 6.0...8.3% / ca. 1'600...800 m
>30	5	> 8.3% / > ca. 800 m

2.3 Gemeindestrassen innerorts

Bei der Kategorie Gemeindestrassen *ausserorts* kann die Berechnung der Kapazität und der Kapazitätsabnahme infolge des Schwerverkehrs analog wie bei den Kantonsstrassen ausserorts erfolgen.

Bei Gemeindestrassen *innerorts* ist die Kapazität der Streckenabschnitte von der Leistungsfähigkeit der Knoten abhängig. Der Einfluss des Schwerverkehrs auf die Kapazitätsabnahme kann wegen der Vielzahl von Einflussfaktoren und der stark variierenden Strombelastungen nicht direkt und nur mit einem unverhältnismässigen Aufwand abgeschätzt werden. Einen Ansatz zu dieser Abschätzung bietet die Umrechnung des Schwerverkehrs (Lastwagen LW) auf die sog. Personenwageneinheiten (PWE) infolge des grösseren Raumbedarfs und dem ungünstigeren Anfahrvermögen in den Knotenzufahrten (gemäss⁹). Die rechnerische Erhöhung der Belastungsnachfrage ist in folgender Tabelle dargestellt.

SVA in %	Erhöhung der Knotenbelastung durch Umrechnung auf PWE gemäss ⁹ in %		
	bei $i = 0\%$ (1 LW = 1.5 PWE)	bei $i = +2.0\%$ (1 LW = 2.0 PWE)	bei $i = +4.0\%$ (1 LW = 3.0 PWE)
5	2.5	5.0	10.0
10	5.0	10.0	20.0
15	7.5	15.0	30.0
20	10.0	20.0	40.0

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass sich der SVA nur in grösseren Steigungen in den Knotenzufahrten stark auswirkt. Berücksichtigt man zudem die Tatsache, dass auf Strassen innerorts während der Spitzenzeiten nur selten ein SVA von mehr als 5% auftritt, wird empfohlen, für die Gemeindestrassen innerorts auf die Ermittlung der Kapazitätsabnahme infolge des SVA zu verzichten.

⁸ VSS-Norm SN 640 138b: Linienführung; Zusatzstreifen in Steigungen und Gefällen

⁹ VSS-Norm SN 640 022, Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Knoten ohne Lichtsignalanlage und SN 640 024a, Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Knoten mit Kreisverkehr

3. Richtwerte gemäss Deutschen Richtlinien

3.1 Autobahnen (HBS 2001¹⁰, Kap. 3)

Für Autobahnen in Deutschland werden Kapazitätsrichtwerte ohne und mit Geschwindigkeitsbeschränkung angegeben. Bei den Richtwerten ohne Geschwindigkeitsbeschränkung wird zusätzlich unterschieden zwischen Autobahnen ausserhalb und innerhalb von Ballungsräumen. Die Einflussgrössen sind die gleichen wie in den Swezernormen (Schwerverkehrsanteil und Längsneigung).

Mit schweizerischen Verhältnissen vergleichbar sind die Richtwerte *mit Tempolimit 120 km/h* (vgl. Tabelle 3-4 im HBS). Diese Richtwerte entsprechen jenen für Autobahnen ohne Geschwindigkeitsbeschränkung, innerhalb von Ballungsräumen (jeweils rechter Teil in den HBS-Tabellen 3-2 und 3-3). Zur Beurteilung des Einflusses von Schwerverkehr (SV) auf die Kapazität werden deshalb die Richtwerte innerhalb von Ballungsräumen verwendet.

Tabelle 3-3: Kapazitäten auf zweistreifigen Richtungsfahrbahnen ohne Geschwindigkeitsbeschränkung

Längsneigung	Kapazität [Kfz/h]					
	außerhalb von Ballungsräumen			innerhalb von Ballungsräumen		
	SV-Anteil			SV-Anteil		
	0 %	10 %	20 %	0 %	10 %	20 %
≤ 2 %	3600	3500	3400	4000	3800	3600
3 %	3350	3250	3150	3750	3550	3350
4 %	2950	2850	2800	3350	3150	2950
5 %	2650	2600	2500	3050	2850	2650

Tabelle 3-2: Kapazitäten auf dreistreifigen Richtungsfahrbahnen ohne Geschwindigkeitsbeschränkung

Längsneigung	Kapazität [Kfz/h]					
	außerhalb von Ballungsräumen			innerhalb von Ballungsräumen		
	SV-Anteil			SV-Anteil		
	0 %	10 %	20 %	0 %	10 %	20 %
≤ 2 %	5400	5100	4800	5700	5400	5100
3 %	5000	4750	4450	5300	5000	4700
4 %	4450	4200	3950	4700	4450	4200
5 %	4000	3750	3550	4250	4000	3750

Tabelle 3-4: Kapazitäten auf Richtungsfahrbahnen mit Geschwindigkeitsbeschränkung (für Ebene, Gefälle und Steigung bis 2 %)

Anzahl der Fahrstreifen	Tempolimit	Kapazität [Kfz/h]		
		SV-Anteil		
		0 %	10 %	20 %
3	T120	5700	5400	5100
	T100 / T80 / Tunnel	5800	5500	5200
2	T120	4000	3800	3600
	T100 / T80 / Tunnel	4100	3900	3700
2	Arbeitsstelle mit Verkehrsführung 4+0 / 3+1	–	3300	–

Zweistreifige Autobahnen

Auf zweistreifigen Autobahnen innerhalb von Ballungsräumen (vergleichbar mit V_{zul} von 120 km/h) variiert die Kapazität bei ebenen Verhältnissen (Steigung ≤ 2%) je nach SVA zwischen 4'000 (SVA = 0%) und 3'600 (SVA = 20%) Fz/h (Abnahme um 10.0%). Diese Richtwerte sind mit jenen nach VSS-Norm identisch.

Bei Steigungen von 5% variiert die Kapazität je nach SVA zwischen 3'050 (SVA = 0%) und 2'650 (SVA = 20%) Fz/h (Abnahme um 13.1%). Die Abnahme infolge SVA ist in der VSS-Norm (Steigung >4%, SVA >15...25%) mit 21.1% deutlich grösser.

Dreistreifige Autobahnen

Auf dreistreifigen Autobahnen innerhalb von Ballungsräumen (vergleichbar mit V_{zul} von 120 km/h) variiert die Kapazität bei ebenen Verhältnissen (Steigung ≤ 2%) je nach SVA zwischen 5'700 (SVA = 0%) und 5'100 (SVA = 20%) Fz/h (Abnahme um 10.5%). Die Abnahme infolge SVA ist in der VSS-Norm (Steigung <2%, SVA >15...25%) mit 12.1% leicht grösser.

¹⁰ Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen (HBS), Ausgabe 2001.

Bei Steigungen von 5% variiert die Kapazität je nach SVA zwischen 4'250 (SVA ≤ 5%) und 3'750 (SVA > 15...25%) Fz/h (Abnahme um 11.8%). Die Abnahme infolge SVA ist in der VSS-Norm (Steigung >4%, SVA >15...25%) mit 20.8% deutlich grösser.

3.2 Zweistreifige Landstrassen (HBS 2001, Kap. 5)

Für zweistreifige Landstrassen (mit Gegenverkehr) in Deutschland werden im HBS Kapazitätsrichtwerte gemäss der HBS-Tabelle 5.4 angegeben. Die maximale Kapazität beträgt wie in der VSS-Norm 2'500 Fz/h. Die Einflussgrössen sind die gleichen wie in den Schweizernormen (Schwerverkehrsanteil, Längsneigung und Kurvigkeit). Zu berücksichtigen ist jedoch die unterschiedliche V_{zul} (100 km/h in Deutschland, 80 km/h in der Schweiz). Dieser Unterschied fällt jedoch im Verkehrszustand der Kapazität weniger ins Gewicht. Von Bedeutung ist jedoch die unterschiedliche Zuordnung der Steigungsklassen (vgl. folgende Tabelle). Sie ist eine Folge von ungünstigeren fahrdynamischen Eigenschaften des deutschen Bemessungslastwagens.

Charakteristik der Steigungsklassen gemäss HBS 2001

Massgebende Geschwindigkeit des Bemessungslastwagens in km/h	Steigungs- klasse	Steigung (%) /min. Steigungs- länge (m)
>70	1	< 1.9% / > ca. 2'500
>60...70	2	> 1.9...2.7% ca. 2'500... 2'200 m
>45...60	3	> 2.7...3.8% / ca. 2'200...2'000 m
>30...45	4	> 3.8...5.9% / ca. 2'000...1'200 m
>30	5	> 5.9% / > c.a. 1'200 m

Tabelle 5-4: Kapazitäten auf zweistreifigen Landstrassen (Summe aus beiden Fahrtrichtungen)

Steigungs- klasse	Kurvigkeit [gon/km]	Kapazität [Kfz/h] Schwerverkehrsanteil [%]					
		0	5	10	15	20	25
1	0-75	2500	2490	2370	2290	2255	2215
	75-150	2075	2075	2065	2060	2060	2060
	150-225	1935	1875	1840	1815	1800	1780
	> 225	1855	1805	1770	1745	1740	1720
2	0-75	2500	2420	2295	2195	2125	2100
	75-150	2070	2070	2065	2060	2050	2045
	150-225	1930	1870	1830	1810	1795	1780
	> 225	1855	1795	1760	1735	1715	1700
3	0-75	2500	2115	1965	1865	1795	1750
	75-150	2000	1975	1925	1865	1795	1750
	150-225	1930	1840	1795	1755	1735	1720
	> 225	1855	1780	1740	1705	1680	1675
4	0-75	2400	1735	1590	1510	1445	1405
	75-150	2000	1680	1580	1510	1445	1405
	150-225	1930	1665	1570	1510	1445	1405
	> 225	1855	1650	1570	1510	1445	1405
5	0-75	2000	1400	1230	1140	1055	950
	75-150	1800	1385	1230	1140	1045	950
	150-225	1800	1370	1230	1140	1045	950
	> 225	1795	1360	1230	1140	1040	940

Auf zweistreifigen Landstrassen mit $KU \leq 75 \text{ gon/km}$ variiert die Kapazität bei *ebenen Verhältnissen* (Steigungsklasse 1) je nach SVA zwischen 2'500 Fz/h (SVA = 0%) und 2'370 Fz/h (SVA = 10%) bzw. 2'255 (SVA = 20%) Fz/h (Abnahme um 5.2% bzw. um 9.8%). Die Abnahme infolge SVA beträgt in der VSS-Norm bei ebenen Verhältnissen (Steigungsklassen 1 und 2) und bei $KU \leq 75 \text{ gon/km}$ unabhängig vom SVA 0%; sie ist also deutlich kleiner.

Bei *bergigen Verhältnissen* (Steigungsklasse 5) mit $KU \leq 75 \text{ gon/km}$ variiert die Kapazität je nach SVA zwischen 2'000 Fz/h (SVA = 0%) und 1'230 Fz/h (SVA = 10%) bzw. 1055 (SVA = 20%) Fz/h (Abnahme um 38.5% bzw. um 47.3%). Die Abnahme infolge SVA beträgt in der VSS-Norm bei bergigen Verhältnissen (Steigungsklasse 4) zwischen 12.4% (SVA = 10%) und 16.8% (SVA = 20%); sie ist also deutlich kleiner, obwohl es sich hier um Steigungen zwischen 6.0 und 8.3% handelt (gegenüber > 5.9% nach HBS).

Auf zweistreifigen Landstrassen mit $KU > 225 \text{ gon/km}$ variiert die Kapazität bei *ebenen Verhältnissen* (Steigungsklasse 1) je nach SVA zwischen 1'855 Fz/h (SVA = 0%) und 1'770 Fz/h (SVA = 10%) bzw. 1'740 (SVA = 20%) Fz/h (Abnahme um 4.6% bzw. um 6.2%). In der VSS-Norm beträgt die Abnahme infolge SVA bei ebenen Verhältnissen (Steigungsklassen 1 und 2) und bei $KU > 250 \text{ gon/km}$ unabhängig vom SVA 0%; sie ist also deutlich kleiner.

Bei *bergigen Verhältnissen* (Steigungsklasse 5) mit $KU > 225 \text{ gon/km}$ variiert die Kapazität je nach SVA zwischen 1'795 Fz/h (SVA = 0%) und 1'230 Fz/h (SVA = 10%) bzw. 1'040 (SVA = 20%) Fz/h (Abnahme um 31.5% bzw. um 42.1%). In der VSS-Norm beträgt die Abnahme infolge SVA bei bergigen Verhältnissen (Steigungsklasse 4) und bei $KU > 250 \text{ gon/km}$ zwischen 12.7% (SVA = 10%) und 16.6% (SVA = 20%); sie ist also deutlich kleiner, obwohl es sich hier um Steigungen zwischen 6.0 und 8.3% handelt (gegenüber > 5.9% nach HBS).

4. Richtwerte gemäss Amerikanischen Richtlinien

4.1 Autobahnen / Freeways (HCM 2000¹¹, Kap. 13 und 22)

Für die amerikanischen Autobahnen werden Richtwerte der Kapazität unter sog. idealen Verhältnissen¹² angegeben. Ein exakter Vergleich mit Richtwerten aus der Schweiz und aus Deutschland ist deshalb nur bedingt möglich. Für die V_{zul} von 120 km/h auf Autobahnen ausserorts resultieren dort folgende Kapazitätswerte:

2-streifige Autobahn 4'120 Fz bzw. PW/h (zum Vergleich VSS-Norm: 4'000 Fz/h)

3-streifige Autobahn 6'180 Fz bzw. PW/h (zum Vergleich VSS-Norm: 5'800 Fz/h)

Diese Werte werden in den Richtlinien durch mehrere Umrechnungen, entsprechend den gegebenen Verhältnissen reduziert.

Der Einfluss des Schwerverkehrs wird anders als in den Schweizerischen und Deutschen Unterlagen nicht direkt bei den Kapazitätswerten berücksichtigt, sondern auf der Nachfrageseite, indem die Verkehrsbelastungen (sog. flow rate) entsprechend den sog. Gleichwerten für Schwerverkehr erhöht werden. Der resultierende f_{HV} -Faktor (HV für heavy vehicles) zur Berücksichtigung des Schwerverkehrs errechnet sich aus:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T \cdot (E_T - 1) + P_R \cdot (E_R - 1)}$$

P_T = Anteil von Lastwagen (T = Trucks)

P_R = Anteil von Freizeitfahrzeugen¹³ (R = Recreational drivers)

E_T = Gleichwerte (oder Äquivalente) für Lastwagen

E_R = Gleichwerte für Freizeitfahrzeuge

Die E-Gleichwerte können entweder grob abgeschätzt werden (vgl. folgende Tabelle) oder sie werden für einzelne Steigungs- bzw. Gefällsstrecken aus entsprechenden Tabellen ermittelt.

Grobabschätzung der PW-Gleichwerte auf Autobahnen nach Geländetyp (eben, coupiert, bergig)

PASSENGER-CAR EQUIVALENTS ON EXTENDED FREEWAY SEGMENTS			
Factor	Type of Terrain		
	Level	Rolling	Mountainous
E_T (trucks and buses)	1.5	2.5	4.5
E_R (RVs)	1.2	2.0	4.0

Vernachlässigt man den Einfluss der Freizeitfahrzeuge ($P_R = 0\%$), so ergeben sich aus der obigen Gleichung die folgenden Reduktionen der Kapazität (bzw. im HCM die Erhöhungen der auf die Einheit „Personenwagen“ umgerechneten Verkehrsbelastungen) infolge des Schwerverkehrs:

Anteil Schwerverkehr (SVA) in %	Reduktionen infolge SVA in %, in Abhängigkeit vom Typ des Terrains		
	eben ($E_T = 1.5$)	coupiert ($E_T = 2.5$)	bergig ($E_T = 4.5$)
5	2.4	7.0	14.9
10	4.8	13.0	25.9
15	7.0	18.4	34.4
20	9.1	23.1	41.2
zum Vergleich VSS-Norm für SVA von >15...25%	10.0-12.1 (bei $i < 2\%$)	15.6-15.8 (bei $i = 2...4\%$)	20.8-21.2 (bei $i > 4\%$)

¹¹ Highway Capacity Manual (HCM), Ausgabe 2000. In der neuesten Ausgabe vom Jahr 2010 haben die Richtwerte für Autobahnen und zweistreifige Strassen ausserorts nicht geändert.

¹² Fahrstreifenbreite von ≥ 3.6 m, seitliche Hindernisfreiheit rechts: ≥ 1.8 m, links, d.h. zum Mittelstreifen: ≥ 0.6 m, Längsneigung $\leq 2.0\%$, Anschlussabstände bzw. Länge der Autobahnabschnitte ≥ 3.3 km, nur PW im Verkehrsfluss

¹³ Darunter werden langsamer fahrende PW mit Anhänger, Wohnwagen und Wohnmobile verstanden.

4.2 Zweistreifige Strassen ausserorts / Two-lane Highways (HCM 2000¹⁴, Kap. 12 und 20)

Analog zu den Autobahnen werden für die amerikanischen 2-streifigen Strassen Richtwerte der Kapazität unter sog. idealen Verhältnissen¹⁵ angegeben. Ein exakter Vergleich mit Richtwerten aus der Schweiz und aus Deutschland ist deshalb nur bedingt möglich. Für die sog. idealen Verhältnisse wird im HCM unabhängig von V_{zul} die Kapazität im Querschnitt (beide Fahrtrichtungen) mit 3'200 Fz bzw. PW/h angegeben.

Für die 2-streifigen Strassen ausserorts werden im HCM Beispiele mit infolge des erhöhten Anteils an SVA (14% Lastwagen und 4% Freizeitfahrzeuge) angegeben. Daraus resultieren folgende Kapazitätswerte:

Geländetyp eben	2'680 Fz bzw. PW/h (zum Vergleich VSS-Norm: bei SVA = 10%, bei KU ≤ 75 bis 150 gon/km und Steigungsklassen 1-3: 2'290 bis 2'500 Fz/h)
Geländetyp coupiert	2'500 Fz bzw. PW/h (zum Vergleich VSS-Norm: bei SVA = 10%, bei KU bis >75 bis 250 gon/km und Steigungsklasse 4: 2'050 bis 2'100 Fz/h)
Geländetyp bergig	1'410 Fz bzw. PW/h (zum Vergleich VSS-Norm: bei SVA = 10%, bei KU bis >150 bis >250 gon/km und Steigungsklasse 5: 1'630 bis 1'830 Fz/h)

Aus dem Vergleich mit dem Richtwert unter idealen Verhältnissen (3'200 Fz bzw. PW/h) ergibt sich für die obigen Beispiele eine Kapazitätsreduktion infolge SVA (14% Lastwagen und 4% Freizeitfahrzeuge) von 16.3 % (ebene Verhältnisse), bzw. von 21.9 % (coupierte Verhältnisse), bzw. von 55.9 % (bergige Verhältnisse).

Der Einfluss des Schwerverkehrs wird analog jenem wie bei den Autobahnen abgeschätzt.

Grobabschätzung der PW-Gleichwerte auf 2-streifigen Strassen nach Geländetyp (eben, coupiert, bergig):

EXHIBIT 20-9. PASSENGER-CAR EQUIVALENTS FOR TRUCKS AND RVS TO DETERMINE SPEEDS ON TWO-WAY AND DIRECTIONAL SEGMENTS

Vehicle Type	Range of Two-Way Flow Rates (pc/h)	Range of Directional Flow Rates (pc/h)	Type of Terrain	
			Level	Rolling
Trucks, E_T	0-600	0-300	1.7	2.5
	>600-1,200	>300-600	1.2	1.9
	>1,200	>600	1.1	1.5
RVs, E_R	0-600	0-300	1.0	1.1
	>600-1,200	>300-600	1.0	1.1
	>1,200	>600	1.0	1.1

Vernachlässigt man den Einfluss der Freizeitfahrzeuge ($P_R = 0\%$), so ergeben sich aus der gleichen Gleichung wie bei Autobahnen die nachfolgenden Reduktionen (bzw. im HCM die Erhöhungen der auf die Einheit „Personenwagen“ umgerechneten Verkehrsbelastungen) infolge des Schwerverkehrs. Betrachtet wird dabei die Situation auf stark belasteten 2-streifigen Strassen (>1'200 PW/h im Querschnitt und >600 PW/h pro Richtung).

Anteil Schwerverkehr (SVA) in %	Reduktionen infolge SVA in %, in Abhängigkeit vom Typ des Terrains	
	eben ($E_T = 1.1$)	coupiert ($E_T = 1.5$)
5	0.5	2.4
10	1.0	4.8
15	1.5	7.0
20	2.0	9.1

¹⁴ Highway Capacity Manual (HCM), Ausgabe 2000. In der neuesten Ausgabe vom Jahr 2010 haben die Richtwerte für Autobahnen und zweistreifige Strassen ausserorts nicht geändert.

¹⁵ Fahrstreifenbreite von ≥ 3.6 m, seitliche Hindernisfreiheit rechts und links: ≥ 1.8 m, Richtungsanteil 50/50%, Streckenanteil mit Überholverbot 0%, Geländetyp eben, Anzahl Knoten pro km < 6, nur PW im Verkehrsfluss

Ein Vergleich mit den Kapazitätsreduktionen nach VSS-Norm ist hier allerdings nicht möglich, weil in den Zahlen in obiger Tabelle der Einfluss mangelnder Überholmöglichkeiten nicht berücksichtigt ist.

5. Diskussion der Kapazitätsreduktion durch Schwerverkehr auf Autobahnen und Kantonsstrassen ausserorts

Aus dem Vergleich der Kapazitätsrichtwerte und Kapazitätsabnahmen infolge des Schwerverkehrs (SVA) zwischen *schweizerischen und deutschen* Richtwerten ergeben sich die folgenden Erkenntnisse:

- Auf *Autobahnen* sind die Kapazitätsrichtwerte und –abnahmen infolge SVA bei ebenen Verhältnissen (Steigung $\leq 2\%$) praktisch identisch.
Bei grösseren Steigungen ($i = >4\%$ bzw. $i = 5\%$) resultieren nach VSS-Norm deutlich grössere Kapazitätsabnahmen infolge des Schwerverkehrs (SVA) als nach dem deutschen HBS (ca. -21% gegenüber -12 bis 13%). Dies hängt damit zusammen, dass die Kapazitätsrichtwerte im HBS bei grösseren Steigungen auch bei 0% SVA wesentlich tiefer liegen als nach VSS-Normen (z.B. bei 2-streifigen Autobahnen im HBS 3050 Fz/h, in VSS-Normen 3550 Fz/h). Dabei muss berücksichtigt werden, dass es sich bei den HBS-Richtwerten um Angaben auf Autobahnen ohne Geschwindigkeitsbeschränkung¹⁶ handelt.
- Auf *zweistreifigen Hauptverkehrs- und Regionalverbindungsstrassen* (HVS/RVS) bzw. auf den deutschen *zweistreifigen Landstrassen* mit Gegenverkehr sind die Kapazitätsrichtwerte *bei ebenen Verhältnissen* (Steigung $<3.2\%$ bzw. $<1.9\%$), bei Kurvigkeit $KU \leq 75\text{gon/km}$ und bei 0% SVA identisch (2'500 Fz/h). Die Kapazitätsabnahmen infolge SVA sind nach HBS deutlich grösser als nach VSS (-5 bis -10% gegenüber 0%).
Bei grösseren Steigungen ($i = 6.0\text{--}8.3\%$ bzw. $i > 5.9\%$) und sowohl bei kleiner als auch bei grosser Kurvigkeit resultieren nach VSS-Norm deutlich kleinere Kapazitätsabnahmen infolge des Schwerverkehrs (SVA) als nach dem deutschen HBS (ca. -12.5 bis -16.8% gegenüber -31.5 bis 47.3%). Dies ist eine Folge der von ungünstigeren fahrdynamischen Eigenschaften des deutschen Bemessungslastwagens¹⁷ und^{18,19}, die sich in grösseren Steigungen negativ auf die Dauergeschwindigkeiten von Lastwagen auswirken.

Für die *US-amerikanischen Autobahnen (freeways)* werden die Kapazitätsrichtwerte unter idealen Verhältnissen angegeben. Sie liegen im Vergleich zu Schweizerischen und Deutschen Richtwerten etwas höher. Direkt vergleichbare Kapazitätsabnahmen infolge des Schwerverkehrs (SVA) sind nicht möglich. Ein indirekter Vergleich mit über die Gleichwerte bzw. PWE zeigt, dass die Belastungserhöhungen infolge SVA bei kleineren Steigungen niedriger, bei mittleren und grösseren Steigungen grösser sind als die Kapazitätsabnahmen nach VSS-Norm.

Analoges ergibt sich auch für die *US-amerikanischen zweistreifigen Strassen ausserorts (two-lane Highways)*. Die Kapazitätsrichtwerte bei den Geländetypen „eben“ und „coupiert“ liegen höher, beim Geländetyp „bergig“ liegen sie tiefer als gemäss VSS-Norm. Direkt vergleichbare Kapazitätsabnahmen infolge des Schwerverkehrs (SVA) sind wiederum nicht möglich.

¹⁶ Richtwerte für Autobahnen mit Tempolimit von 120 km/h sind im HBS nur für eben Verhältnisse ($i < 2\%$) verfügbar.

¹⁷ Die Nutzleistung des Bemessungslastwagens in der VSS-Norm SN 640 138b ist gemäss dem zugrunde liegenden Forschungsbericht¹⁷ auf den alpenquerenden Lastwagenverkehr ausgelegt und beträgt 11.2 PS/t Betriebsgewicht. Die Nutzleistung des Bemessungslastwagens im HBS beträgt nur 9.5 PS/t Betriebsgewicht.

¹⁸ Geschwindigkeiten in Steigungen und Gefällen, Bericht Nr. 1054, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT – ETH Zürich, November 2003.

¹⁹ Geschwindigkeiten in Steigungen und Gefällen; Überprüfung, Bericht Nr. 1303, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT – ETH Zürich, Juni 2010.

6. Empfehlungen

Aufgrund obiger Erwägungen wird für die Detailstudie empfohlen, die Abschätzung der Kapazitätsabnahmen infolge des Schwerverkehrs aufgrund der schweizerischen-Richtwerte gemäss VSS-Normen vorzunehmen. Dafür sprechen folgende Gründe:

- Die Methodik und Einflussgrössen für die Ermittlung der Richtwerte entsprechen jenen in deutschen Richtlinien, die Kapazitätsrichtwerte und Kapazitätsabnahmen infolge des Schwerverkehrs liegen bei kleineren Steigungen in der gleichen Grössenordnung.
- Die umfangreiche empirische Basis der den VSS-Normen zugrunde liegenden Erhebungen berücksichtigt Verhältnisse im Verkehrsablauf auch schweizerischen Strassen mit ihren topographischen Eigenarten. Insbesondere wurden die für die Verkehrsqualität wesentlichen Geschwindigkeiten von Lastwagen in Steigungen in grossen Stichproben und wiederholt erhoben (vgl. ^{18,19}).
- Die in grösseren Steigungen nach VSS-Normen kleineren Kapazitätsabnahmen infolge des Schwerverkehrs als jene nach deutschen Richtlinien sind erklärbar und berücksichtigen die besonderen Verhältnisse im Transitverkehr durch die Schweiz. Für die Abschätzung der Auswirkungen des Schwerverkehrs auf die Transportkostenrechnung liegen sie zudem auf der sicheren Seite.
- Den hier verwendeten VSS-Normen liegen aktuelle Grundlagen zugrunde (Jahre 2006 bis 2010).

ANHANG C2: KAPAZITÄTSABMINDERUNG AUF NATIONALSTRASSEN UND STRASSEN AUSSERORTS

ANHANG C2.1: ERGEBNISSE FÜR NATIONALSTRASSEN (BUND)

Übersicht Kapazitätsreduktion Autobahnen Bund

Total Längen Autobahnen (AB) in [m]

	MIT Kapazitätsberechnung (V=120,100, 80 km/h)	OHNE Kapazitätsberechnung (V<80 km/h)	Länge Total
AB mit i< 2%	2571334.09	15119.63	2586453.72
AB mit i= 2-4%	208537.81	1712.17	210249.98
AB mit i>4%	47846.97	1357.64	49204.61
Länge Total	2827718.87	18189.44	2845908.31

Längen-gewichtete Mittelwerte der Kapazitätsreduktion infolge Schwerverkehr (SV) alle AB mit V=120,100,80 km/h, Bund

	Länge [m]	Kapazitätsreduktion infolge pSV	
		in Fz/h	in %
AB mit i< 2%	2571334.09	-162	-3.93
AB mit i= 2-4%	208537.81	-230	-5.63
AB mit i>4%	47846.97	-337	-7.86
Alle AB, Bund	2827718.87	-170	-4.12

Hinweis Kapazitätsreduktion Autostrassen Bund (Totallänge 186.5 km)

Die Berechnung der Kapazität von Autostrassen nach VSS-Norm (SN 640 020a) ist für das gesamte Netz nicht möglich! Die Norm macht Angaben nur für Steigungsklassen 1 und 2 (Längsneigung $i < 3.2\%$) und in diesem Neigungsbereich ist für Anteile des Schwerverkehrs <20% kein Einfluss auf die Kapazität vorhanden. Für grössere Längsneigungen werden in der Norm keine Kapazitätsangaben gemacht.

Übersicht Kapazitätsreduktion alle Autobahnen (Bund, Kantone, Gemeinden)

Längen-gewichtete Mittelwerte der Kapazitätsreduktion infolge Schwerverkehr (SV)

	Länge [m]	Kapazitätsreduktion infolge pSV	
Alle AB, Bund	2827718.87	-170	-4.12
Alle AB, Kantone	162434.65	-97	-2.46
Alle AB, Gemeinden	38375.12	-192	-4.82
Länge Total	3028528.64		
Alle AB		-166	-4.04

Übersicht Kapazitätsreduktion HVS a.o. und VS a.o., Bund

Total Längen in [m]

	MIT Kapazitätsberechnung	OHNE Kapazitätsberechnung	Länge Total
Hauptverkehrsstrassen (HVS a.o.)	431419.57		431419.57
Verbindungsstrassen (VS a.o.)	87902.68		87902.68
Sammelstrassen (SS a.o.) *		2973.87	2973.87
Erschliessungsstrassen (ES a.o.) *		64696.20	64696.20
Länge Total	519322.26	67670.07	586992.33

* Auf die Kapazitätsberechnung bei SS a.o. und ES a.o. wurde aus folgenden Gründen verzichtet:

- die Anteile Schwerverkehr (pSV) liegen unter 5%, sodass keine Kapazitätsreduktion resultiert
- die Anwendbarkeit der VSS-Norm SN 640 020a ist wegen $V_{max} \leq 60$ km/h nur bedingt möglich
- die Strassenlängelänge ist nur kurz

Längen-gewichtete Mittelwerte der Kapazitätsreduktion infolge Schwerverkehr (SV) HVS a.o. und VS a.o., Bund

	Länge [m]	Kapazitätsreduktion infolge pSV in Fz/h	in %
Hauptverkehrsstrassen (HVS a.o.; $i > 0 + i < 0$)	431419.57	-16	-1.46
Verbindungsstrassen (VS a.o.; $i > 0 + i < 0$)	87902.68	-9	-0.82
HVS a.o und VS a.o., Bund	519322.26	-15	-1.35

Übersicht Kapazitätsreduktion Nationalstrassen a.o. (Bund)

Längen-gewichtete Mittelwerte der Kapazitätsreduktion infolge Schwerverkehr (SV) Nationalstrassen (Bund)

	Länge [m]	Kapazitätsreduktion infolge pSV in Fz/h	in %
Hauptverkehrsstrassen (HVS a.o.; $i > 0 + i < 0$)	431419.57	-16	-1.46
Verbindungsstrassen (VS a.o.; $i > 0 + i < 0$)	87902.68	-9	-0.82
Autobahnen	2827718.87	-170	-4.12
Nationalstrassen a.o.*	3347041.12	-146	-3.69

* Ohne SS a.o. und ES a.o.

ANHANG C2.2: ERGEBNISSE FÜR KANTONSSTRASSEN AUSSERORTS

Übersicht Kapazitätsreduktion HVS a.o. und VS a.o., Kantone

Total Längen in [m] für Steigungsklassen $\geq 0\%$

	MIT Kapazitätsberechnung	OHNE Kapazitätsberechnung	Länge Total
Hauptverkehrsstrassen (HVS a.o.)	4384970.83		4384970.83
Verbindungsstrassen (VS a.o.)	7300359.86		7300359.86
Sammelstrassen (SS a.o.) *		126046.74	126046.74
Erschliessungsstrassen (ES a.o.) *		358137.45	358137.45
Länge Total	11685330.69	484184.19	12169514.88

* Auf die Kapazitätsberechnung bei SS a.o. und ES a.o. wurde aus folgenden Gründen verzichtet:
 - die Anteile Schwerverkehr (pSV) liegen unter 5% (Mittelwerte SS a.o. = 1.65%, ES a.o. = 2.07%),
 sodass keine Kapazitätsreduktion resultiert
 - die Anwendbarkeit der VSS-Norm SN 640 020a ist wegen $V_{\max} \leq 60$ km/h nur bedingt möglich

Längen-gewichtete Mittelwerte der Kapazitätsreduktion infolge Schwerverkehr (SV) HVS a.o. und VS a.o., Kantone für Steigungsklassen $\geq 0\%$

	Länge [m]	Kapazitätsreduktion infolge pSV	
		in Fz/h	in %
Hauptverkehrsstrassen (HVS a.o.)	4384970.83	-8	-0.37
Verbindungsstrassen (VS a.o.)	7300359.86	-11	-0.50
HVS a.o und VS a.o., Kantone ($i \geq 0$)	11685330.69	-10	-0.45
HVS a.o und VS a.o., Kantone ($i \geq 0$ und $i \leq 0$)			-0.90

ANHANG C3: KAPAZITÄTSABMINDERUNG AUF STRASSEN INNERORTS

Auswirkungen des Schwerverkehrs auf die Kapazität von Strassen innerorts

Bei den Strassen innerorts (Tempolimit 50 km/h) handelt es sich fast ausschliesslich um Gemeindestrassen (18'562 km) und Kantonsstrassen (4'762 km). Diese Gruppe von Strassen zeichnet sich durch wesentlich kleinere Knotenabstände als auf Strassen ausserorts. Deshalb ist die Kapazität der Streckenabschnitte auf Strassen innerorts von der Leistungsfähigkeit der Knoten abhängig.

Der Einfluss des Schwerverkehrs auf die Kapazitätsabnahme kann wegen der Vielzahl von Einflussfaktoren und der stark variierenden Strombelastungen nicht direkt und nur mit einem unverhältnismässigen Aufwand abgeschätzt werden. Einen Ansatz zu dieser Abschätzung bietet die Umrechnung des Schwerverkehrs (Lastwagen LW) auf die sog. Personenwageneinheiten (PWE) infolge des grösseren Raumbedarfs und des ungünstigeren Anfahrvermögens in den Knotenzufahrten (gemäss¹). Die rechnerische Erhöhung der Belastungsnachfrage bzw. der Kapazitätsreduktion in Abhängigkeit von SVA und PWE ist in folgender Tabelle dargestellt. Zwischen den angegebenen Spaltenwerten kann interpoliert werden.

SVA in %	Erhöhung der Knotenbelastung durch Umrechnung LW ² auf PWE gemäss ¹ in %		
	bei i = 0% (1 LW = 1.5 PWE)	bei i = +2.0% (1 LW = 2.0 PWE)	bei i = +4.0% (1 LW = 3.0 PWE)
5	2.5	5.0	10.0
10	5.0	10.0	20.0
15	7.5	15.0	30.0
20	10.0	20.0	40.0

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass sich der Schwerverkehrsanteil (SVA) nur in grösseren Steigungen (+i) in den Knotenzufahrten stark auswirkt. Da die Auswertung der Streckenabschnitte auf allen Gemeinde- und Kantonsstrassen innerorts einen mittleren, längengewichteten Anteil des Schwerverkehrs von nur ca. 2.0% ergab³, wäre für die Abschätzung der Kapazitätsreduktion die Zeile mit SVA von 5% anzuwenden.

Bei den Längsneigungen ist die Verwendung des Mittelwertes nicht sinnvoll. Eine Annäherung an die Längsneigungen in den Knotenzufahrten bietet die Auswertung der Längenanteile der Gemeinde- und Kantonsstrassen innerorts (GS i.o., KS i.o.) nach Längsneigungsgruppen (vgl. folgende Tabelle).

Steigung	Länge (km)			Längenanteil (%)	Umrechnung infolge PWE	
	GS i.o.	KS i.o.	GS+KS i.o.		Kap. Reduktion (%)*	Kap. Reduktion (%) längengewichtet
≤ 0%	9193.62	2325.17	11518.79	49.39	2.50	1.23
0 - +1.9%	4312.69	1241.41	5554.1	23.81	3.00	0.71
+2.0- +3.9%	1542.12	467.89	2010.01	8.62	7.00	0.60
≥ +4.0%	3513.24	727.62	4240.86	18.18	10.00	1.82
Totallänge	18561.67	4762.09	23323.76	100.00	Mittelwert:	4.37

* Interpoliert aus Richtwerten der Erhöhung der Knotenbelastung durch Umrechnung LW auf PWE bzw. der Kapazitätsreduktion für SVA von 5%

Aus dieser Auswertung ergibt sich bei Knoten auf Gemeinde- und Kantonsstrassen innerorts eine rechnerische Erhöhung der Belastungsnachfrage bzw. der Kapazitätsreduktion infolge des Schwerverkehrsanteils von ca. 4.4%.

¹ VSS-Norm SN 640 022, Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Knoten ohne Lichtsignalanlage und SN 640 024a, Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Knoten mit Kreisverkehr

² Zum Vergleich PWE für Lastenzüge und Sattelschlepper: Bei i = 0%: 2.0 PWE, bei i = +2%: 3.0 PWE, bei i = +4%: 6.0 PWE

³ Die Auswertung ergab, dass SVA grösser als 5% nur bei ca. 6.1% aller Strassenabschnitte auf Kantonsstrassen und nur bei ca. 0.5% auf Gemeindestrassen vorliegen.

Um das Ausmass der erwähnten Kapazitätsreduktion infolge des Schwerverkehrs abzuschätzen, wurde aus den Daten des BAFU die Anzahl Knoten im Strassennetz der Schweiz ermittelt (vgl. folgende Tabelle).

Einmündungen (3 Strassen):

	Gemeindestrasse	Kantonsstrasse	Nationalstrasse	Summe alle Knoten	Summe Knoten auf GS+KS
Gemeindestrasse	126571	78050	1406	206027	204621
Kantonsstrasse		43067	1082	44149	43067
Nationalstrasse			3004	3004	
Zwischentotal:				253180	247688

Kreuzungen (4 Strassen):

	Gemeindestrasse	Kantonsstrasse	Nationalstrasse		
Gemeindestrasse	14904	10370	228	25502	25274
Kantonsstrasse		5574	310	5884	5574
Nationalstrasse			272	272	
Zwischentotal:				31658	30848

Knoten mit > 4 Strassen:

	Gemeindestrasse	Kantonsstrasse	Nationalstrasse		
Gemeindestrasse	370	364	22	756	734
Kantonsstrasse		186	26	212	186
Nationalstrasse			15	15	
Zwischentotal:				983	920

Kreisel:

	Gemeindestrasse	Kantonsstrasse	Nationalstrasse		
Gemeindestrasse	1059	1654	116	2829	2713
Kantonsstrasse		1008	164	1172	1008
Nationalstrasse			92	92	
Zwischentotal:				4093	3721
Total:				289914	283177

 Knoten auf Gemeindestrassen (GS) und Kantonsstrassen (KS)

Aus der Zusammenstellung ist ersichtlich, dass im Bereich der Gemeinde- und Kantonsstrassen mindestens ca. 283'180 Knoten (ohne Knoten mit Nationalstrassen) bestehen. Eine Aufteilung in die Bereiche innerorts / ausserorts kann anhand der mittleren Knotenabstände abgeschätzt werden. Geht man davon aus, dass die Knotenabstände innerorts unter ca. 200 m und jene ausserorts über ca. 400 m betragen, so wären mindestens 2/3 der 283'180 Knoten, also 188'785 Knoten im Innerortsbereich.

Die Kapazitätsreduktion betrifft nur die vortrittsbelasteten Knotenzufahrten. Dies betrifft bei 3-armigen Knoten 1/3 der Zufahrten, bei 4-armigen Knoten 1/2 der Zufahrten, bei mehr als 4-armigen Knoten ca. 3/5 der Zufahrten und bei Kreiseln alle Zufahrten. Insgesamt wären also von der erwähnten Kapazitätsreduktion infolge des Schwerverkehrs ca. 102'300 Knotenzufahrten betroffen.

ANHANG C4: HOCHRECHNUNG DER KAPAZITÄTSBEDINGTEN FAKTOREN AUF DEM GEMEINDE- UND KANTONSSTRASSENNETZ (ÜBERLAGERUNG INNERORTS/AUSSERORTS)

Längen-gewichtete Kapazitätsreduktion auf Innerortsstrassen (gem. Anhang C3)

Steigung	Länge (km)			Längenanteil (%)	Umrechnung infolge PWE	
	GS i.o.	KS i.o.	GS+KS i.o.		Kap. Reduktion	Kap. Reduktion (%)
≤ 0%	9193.62	2325.17	11518.79	49.39	2.50	1.23
0 - 1.9%	4312.69	1241.41	5554.1	23.81	3.00	0.71
2.0-3.9%	1542.12	467.89	2010.01	8.62	7.00	0.60
≥ 4.0%	3513.24	727.62	4240.86	18.18	10.00	1.82
Totallänge	18561.67	4762.09	23323.76	100.00	Mittelwert:	4.37

* Interpoliert aus Richtwerten der Kapazitätsreduktion für SVA von 5%

Längen-gewichtete Mittelwerte der Kapazitätsreduktion infolge Schwerverkehr (SV) HVS a.o. und VS a.o., Kantone (gemäss Anhang C2.2)

HVS a.o. und VS a.o., Kantone	0.90
--------------------------------------	-------------

Längen-gewichtete Kapazitätsreduktion auf Gemeindestrassen und Kantonsstrassen (Überlagerung von Strassen und Faktoren innerorts und ausserorts)

Gesamtlänge Gemeindestrassennetz: 51'008 km (Quelle sonBASE)

Gesamtlänge Kantonsstrassennetz: 17'262 km (Quelle sonBASE)

Kantonsstrassen:	$(4.37 \times 4'762 + 0.9 \times (17'262 - 4'762)) / 17'262 =$	1.9
Gemeindestrassen	$4.37 \times 18'562 / 51'008 =$	1.6

Einschätzung der Experten zu relevanten Aspekten:

Die Anwendung der „Kapazitäts-Analogie“ ist im Grundsatz und namentlich für das Kantons- und Nationalstrassennetz nachvollziehbar und plausibel. Die Anwendung der Faktoren für das Gemeindestrassennetz wird aber in Frage gestellt, da hier die Kapazitätsgrenze nur in seltenen Fällen erreicht und deswegen ein Ausbau erforderlich wird. Die entsprechenden Faktoren auf dem Gemeindestrassennetz sollten deshalb auf null gesetzt werden (0.0% anstatt 1.6%).

ANHANG D: WEITERE GRUNDLAGEN UND AUSWERTUNGEN

Anhang D1: Ergebnisbericht zu den Lärmberechnungen des BAFU

Anhang D2: Netzlängen über 700 m. ü. M.

ANHANG D1: ERGEBNISBERICHT ZU DEN LÄRMBE- RECHNUNGEN DES BAFU



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Auswertung sonBASE für „Aktualisierte Schätzung zum schwerverkehrsbedingten Anteil an den Strassenkosten“

Datum: 02.04.2013

Ansprechpartner: Dominik Aeby, Andreas Catillaz, BAFU

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung	3
1.1 Die Resultate dieser Auswertungen in Kürze:	3
1.2 Vergleich mit Daten Fachstelle Lärmschutz Zürich (FALS):	5
2. Einleitung	6
3. Material und Methoden.....	7
3.1 Grundlagendaten.....	7
3.1.1 Gebäude.....	7
3.1.2 Strassen.....	7
3.1.3 Lärmschutzwände.....	8
3.1.4 Geländemodell.....	8
3.2 Die Aufteilung nach Personen- und schwerem Güterverkehr in der sonBASE.....	8
3.3 Verkehrsstatistik	9
3.4 Defaultwerte Strassenverkehr	9
3.5 Aufteilung Nationalstrassen, Kantonsstrassen und Gemeindestrassen	11
3.6 Statistikdaten.....	11
3.7 Bauzonen/Empfindlichkeitsstufen.....	12
3.8 Berechnungseinstellungen	12
4. Resultate	13
4.1 Auswertung Energieanteile der Emissionen.....	13
4.1.1 Geschwindigkeitsabhängigkeit der Schwerverkehrsemissionen.....	22
4.2 Auswertung Hausbeurteilung (Immission)	22
4.2.1 Anteil SV an den Grenzwertüberschreitungen (IGW)	23
5. Abkürzungen.....	24

Abbildungen

Abbildung 1 Darstellung National-, Kantonal- und Gemeindestrassen.....	11
Abbildung 2 Streckenlänge (%) je Emissionsklasse Leq,e Strasse Tag [dB(A)]	13
Abbildung 3 Streckenlänge (%) je Emissionsklasse Leq,e Strasse Nacht [dB(A)]	15
Abbildung 4 Streckenlänge (%) je Emissionsklasse Lr,e Strasse Tag [dB(A)]	16
Abbildung 5 Streckenlänge (%) je Emissionsklasse Lr,e Strasse Nacht [dB(A)]	18
Abbildung 6 Darstellung Geschwindigkeitsabhängigkeit der PV und SV Emissionen.....	22

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.1 Anteil des schweren Güterverkehrs an den Belastungen Tag.....	3
Tabelle 1.2 Anteil des schweren Güterverkehrs an den Belastungen Nacht.....	3
Tabelle 1.3 Verkehrszahlen Vergleich.....	5
Tabelle 3.1 Gebäudedaten.....	7
Tabelle 3.2 Strassendaten.....	7
Tabelle 3.3 Daten für Lärmschutzwände.....	8
Tabelle 3.4 Digitales Terrainmodell.....	8
Tabelle 3.5 Verkehrszahlenvergleich zwischen sonBASE und BFS.....	9
Tabelle 3.6 Strassenkategorien mit den gefahrenen Geschwindigkeiten	10
Tabelle 3.7 Zuordnung der Empfindlichkeitsstufen	12
Tabelle 3.8 Angewendete Berechnungsparameter	12
Tabelle 4.1 Streckenlänge je Emissionsklasse Leq,e Strasse Tag für den Gesamtverkehr	14
Tabelle 4.2 Streckenlänge je Emissionsklasse Leq,e Strasse Tag für den Personenverkehr.....	14
Tabelle 4.3 Streckenlänge je Emissionsklasse Leq,e Strasse Tag für den Güterverkehr.....	14
Tabelle 4.4 Streckenlänge je Emissionsklasse Leq,e Strasse Nacht für den Gesamtverkehr	15
Tabelle 4.5 Streckenlänge je Emissionsklasse Leq,e Strasse Nacht für den Personenverkehr	15
Tabelle 4.6 Streckenlänge je Emissionsklasse Leq,e Strasse Nacht für den Güterverkehr.....	16
Tabelle 4.7 Streckenlänge (km) je Emissionsklasse Lr,e Strasse Tag für den Gesamtverkehr	17
Tabelle 4.8 Streckenlänge je Emissionsklasse Lr,e Strasse Tag für den Personenverkehr	17
Tabelle 4.9 Streckenlänge je Emissionsklasse Lr,e Strasse Tag für den Güterverkehr	17
Tabelle 4.10 Streckenlänge je Emissionsklasse Lr,e Strasse Nacht für den Gesamtverkehr	18
Tabelle 4.11 Streckenlänge (km) je Emissionsklasse Lr,e Strasse Nacht für den Personenverkehr ...	19
Tabelle 4.12 Streckenlänge je Emissionsklasse Lr,e Strasse Nacht für den Güterverkehr.....	19
Tabelle 4.13 Längengewichteter Energieanteil am Tag des Personen- und Güterverkehrs an der Gesamtemission in Abhängigkeit der Emissionsklassen	20
Tabelle 4.14 Längengewichteter Energieanteil in der Nacht des Personen- und Güterverkehrs an der Gesamtemission in Abhängigkeit der Emissionsklassen	20
Tabelle 4.15 Energieanteil am Tag des Personen- und Güterverkehrs an der Gesamtemission in Abhängigkeit der Emissionsklasse aufgeteilt auf Gemeinde-, Kantons- und Nationalstrassen.....	21
Tabelle 4.16 Energieanteil in der Nacht des Personen- und Güterverkehrs an der Gesamtemission in Abhängigkeit der Emissionsklasse Tag, aufgeteilt auf Gemeinde-, Kantons- und Nationalstrassen ...	21
Tabelle 4.17 Mittlere Geschwindigkeit, Schwerverkehrsanteil und Motorradanteil.....	21
Tabelle 4.18 Anteil des PV und des SV an den IGW-Überschreitungen am Tag.....	23
Tabelle 4.19 Anteil des PV und SV an den IGW-Überschreitungen in der Nacht.....	23

1. Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes „Aktualisierte Schätzung zum schwerverkehrsbedingten Anteil an den Strassenkosten“ wurden, basierend auf den Lärmberechnungsdaten 2013 aus sonBASE des Bundesamts für Umwelt (BAFU), Auswertungen und Analysen zu den Emissions- und Immissionsanteilen des Schwerverkehrs ausgeführt. Der vorliegende Bericht wurde von der Firma LCC-Consulting erstellt und durch das BAFU, Abteilung Lärm und NIS, abgeändert.

1.1 Die Resultate dieser Auswertungen in Kürze:

Tabelle 1.1 Anteil des schweren Güterverkehrs an den Belastungen Tag. Werte zur Spalte „Emissionen, längengewichteter Energieanteil“ wurden aus der Tabelle 4.15 (S. 25) entnommen. Werte zur Spalte „Anteil IGW-Überschreitungen (Personen)“ wurden aus der Tabelle 4.18 (S. 28) entnommen.

	Emissionen, längengewichteter Energieanteil	Anteil IGW-Überschreitungen (Personen)
Nationalstrassen	22.6%	24.3%
Kantonsstrassen	12.0%	14.2%
Gemeindestrassen	14.2%	10.9%
Alle Strassen	14.1%	13.8%

Tabelle 1.2 Anteil des schweren Güterverkehrs an den Belastungen Nacht. Werte zur Spalte „Emissionen, längengewichteter Energieanteil“ wurden aus der Tabelle 4.16 (S. 25) entnommen. Werte zur Spalte „Anteil IGW-Überschreitungen (Personen)“ wurden aus der Tabelle 4.19 (S. 28) entnommen.

	Emissionen, längengewichteter Energieanteil	Anteil IGW-Überschreitungen (Personen)
Nationalstrassen	19.4%	25.2%
Kantonsstrassen	11.4%	18.4%
Gemeindestrassen	14.7%	13.1%
Alle Strassen	14.2%	17.6%

Emissionsseitige Betrachtungen:

Emissionsseitig beträgt der Energieanteil bei den Nationalstrassen ca. 20%, bei den Kantons- und Gemeindestrassen ca. 10-15% (Tabelle 1.1 und 1.2). Der Energieanteil bei den Nationalstrassen ist höher, da auf diesen der Güterverkehrsanteil vergleichsweise hoch und der Anteil an Motorrädern eher gering ist. Trotz etwas höherem Güterverkehrsanteil auf Kantonsstrassen als auf Gemeindestrassen, ist der Emissionsanteil des schweren Güterverkehrs auf Gemeindestrassen höher als auf Kantonsstrassen, da bei geringerer Geschwindigkeit der Schwerverkehr nach Emissionsmodell sonROAD im Vergleich zum Personenverkehr dominanter ist. Bei den immissionsseitigen Betrachtungen

zu Grenzwertüberschreitungen ist dieser Effekt nicht mehr erkennbar, da primär Gemeindestrassen mit höheren Geschwindigkeiten zu Grenzwertüberschreitungen führen.

Immissionsseitige Betrachtungen:

Immissionsseitig fällt der Einfluss des schweren Güterverkehrs am Tag etwas geringer aus als in der Nacht. Insgesamt beträgt der Anteil des schweren Güterverkehrs an den von IGW-Überschreitungen betroffenen Personen am Tag ca. 13.8% und in der Nacht 17.6% (Tab. 1.1 und 1.2). Die IGW-Überschreitungen für Personen wurden jeweils über den lautesten Punkt der Gebäude berechnet. Der Korrekturfaktor K1 gemäss Lärmschutzverordnung (LSV) Anhang 3 wurde bei sämtlichen immissionsseitigen Betrachtungen sowohl für den Personenverkehr, als auch für den schweren Güterverkehr über den Gesamtverkehr berechnet. Bei den emissionsseitigen Betrachtungen wurden Leq-Werte verwendet.

Bei den immissionsseitigen Betrachtungen gilt es zudem zu berücksichtigen, dass die im 2010 bestehenden Lärmschutzwände weitgehend berücksichtigt wurden. Es wurden Daten zu Lärmschutzwänden des ASTRA und Daten von 19 Kantonen verwendet.

1.2 Vergleich mit Daten Fachstelle Lärmschutz Zürich (FALS):

Ein direkter Vergleich (Tabelle 1.3) der Resultate mit den Daten der Fachstelle Lärmschutz Zürich (FALS) ist nicht möglich, da bei den Daten von Zürich beim Anteil des schweren Güterverkehrs auch Motorräder zum Güterverkehr gezählt wurden. In sonBASE wurden die Motorräder zwar akustisch gesehen ebenfalls wie Schwerverkehr gerechnet, bei den Auswertungen wurden sie jedoch zum Personenverkehr gezählt.

Ein Vergleich der Verkehrszahlen hat jedoch gezeigt, dass zumindest die Fahrleistungen gut übereinstimmen.

Tabelle 1.3 Verkehrszahlen Vergleich

	Tag (km/16h)	Nacht (km/8h)
Fahrleistung schwerer Güterverkehr sonBASE	807'606	61'028
Fahrleistung Motorräder sonBASE	569'564	32'593
Fahrleistung schwerer Güterverkehr + Motorräder sonBASE	1'377'170	93622
Fahrleistung sonBASE	19'461'612	1'735'198
Fahrleistung schwerer Güterverkehr + Motorräder FALS	1'342'861 (97.5%)	95'216 (101.7%)
Fahrleistung FALS	19'566'117 (100.5%)	2'000'647 (115.3%)

Der Anteil des schweren Güterverkehrs an den Gesamtemissionen fällt bei den Daten FALS mit durchschnittlich 37.12% am Tag und 26.43% in der Nacht deutlich höher aus als bei unseren Betrachtungen. Dies liegt einerseits an den Motorrädern, die zum Güterverkehr gezählt wurden und andererseits dran, dass bei den Quelldaten FALS im Schnitt etwas tiefere Geschwindigkeiten angenommen wurden. Tiefere Geschwindigkeiten führen, wie bereits erwähnt, bei Berechnungen nach sonROAD zu einer Verlagerung der Energieanteile in Richtung Güterverkehr. Der höhere Emissionsanteil des Schwerverkehrs am Tag im Vergleich zur Nacht ist vermutlich primär darauf zurückzuführen, dass bei den Berechnungen der FALS die Motorräder zum Schwerverkehr gezählt wurden.

2. Einleitung

Für das Projekt „Aktualisierte Schätzung zum schwerverkehrsbedingten Anteil an den Strassenkosten“ wurden die Lärmberechnungsdaten 2013 aus der sonBASE des Bundesamt für Umwelt (BAFU) ausgewertet. Es wurden Auswertungen ausgeführt, um den Anteil der Lärmbelastung durch schweren Strassengüterverkehr bezogen auf die Gesamtbelastung durch Strassenverkehr aufgeteilt nach Nationalstrassen, Kantonsstrassen und Gemeindestrassen aufzuzeigen.

Die Auswertungen umfassen Betrachtungen der Lärmbelastung von Personen und Gebäuden durch den Gesamtverkehr im Vergleich zur Belastung durch den Strassenpersonenverkehr und leichten Güterverkehr. Die Differenz der Belastungen dient der Beurteilung der Belastung durch den schweren Güterverkehr.

Zusätzlich wurden quellenseitige Auswertungen zu den Emissionen des Gesamtverkehrs im Vergleich zu den Emissionen durch den Personen- und Güterverkehr ausgeführt.

3. Material und Methoden

Die Lärmevaluation wurde mittels sonBASE durchgeführt, eines Systems zur schweizweiten Lärmbe-
rechnung des BAFU. In den folgenden Abschnitten werden die Grundlagendaten, ausgeführten Da-
tenaufbereitungsschritte und verwendeten Defaultwerte, sowie die verwendeten Berechnungseinstel-
lungen genauer dargestellt.

3.1 Grundlagendaten

3.1.1 Gebäude

Tabelle 3.1 Gebäudedaten

	Herkunft	Bemerkungen
Geometrie	Swisstopo: V25 Gebäu- dedatensatz 2008	Nah zueinander stehende Gebäude werden in V25 zu Gebäudeblocks zusammengefasst
Höhe	Swisstopo: DOM / DTM, V25	Höhen anhand sonBASE-Algorithmus errechnet
Empfindlichkeitsstufe	ARE: Bauzonen Schweiz 2007	Es wurde pro Bauzonen-Typ bestimmt und danach auf die Gebäude übertragen
Anzahl Wohnungen	BFS: Gebäude- und Wohnungsregister 2008	Punktgenaue GWR-Daten wurden auf V25-Gebäude übertragen
Anzahl Bewohner, Arbeitsstellen	BFS: Volkszählung 2010	Punktgenaue VZ-Daten wurden auf V25-Gebäude über- tragen

3.1.2 Strassen

Tabelle 3.2 Strassendaten

	Herkunft	Bemerkungen
Geometrie	Swisstopo: V25 Stras- sendatensatz (2008)	
DTV	Verkehrsmodell Arendt (2010)	Verkehrsmodell, das aufbauend auf VM-UVEK und Da- ten aus der Volkszählung 2000 schweizweit für alle Strassenabschnitte aus TeleAtlas DTVs berechnet
Geschwindigkeit	ARE: VM UVEK (2008), Defaults	Soweit möglich aus VM-UVEK übernommen. Überall sonst wurden in Abhängigkeit der Strassenkategorie Defaultwerte gesetzt. Es wurden Geschwindigkeiten für Personen- und Schwerverkehr unterschieden
Schwerverkehrsanteile	ARE: VM UVEK (2008), Defaults	Soweit möglich aus VM-UVEK übernommen. Überall sonst wurden in Abhängigkeit der Strassenkategorie Defaultwerte gesetzt, die auf Statistiken über die VM- UVEK-Daten basieren
Motorradanteile	ASTRA: Strassenver- kehrszählung 2005	Anhand der Werte der Zählstationen wurden pro Stras- senkategorie Defaultwerte ermittelt
Brücken / Tunnel	Swisstopo: V25, Jahr 2008	Die Brücken wurden per Algorithmus auf die korrekte Höhe über dem Boden angepasst
Steigungen, Z-Werte	Swisstopo: DOM / DTM (2010)	Über Verschneidung der Geometrien mit DOM / DTM ermittelt
Emissionsmodell	sonROAD	

3.1.3 Lärmschutzwände

Tabelle 3.3 Daten für Lärmschutzwände

	Herkunft	Bemerkungen
Geometrie	SBB (Bahn, 2010) / ASTRA, Kantone (Strasse, 2010)	Lärmschutzwälle wurden ignoriert, da diese bereits im verwendeten Höhenmodells berücksichtigt worden sind
Höhe	SBB / ASTRA / Kantone	Die Höhe war bei den LSW der SBB enthalten. Bei den Daten der Kantone und des ASTRA wurden die Höhen teilweise über Google Streetview abgeglichen und mit Defaultwerten ergänzt. Folgende Kantone haben Daten in analoger oder digitaler Form geliefert: Aargau, Appenzell Ausserrhoden, Appenzell Ausserrhoden, Basel-Landschaft, Basel-Stadt, Freiburg, Genf, Graubünden, Neuenburg, Nidwalden, Obwalden, Schaffhausen, Solothurn, St. Gallen, Tessin, Thurgau, Uri, Zug, Zürich
Reflexionsverlust	8dB(A)	Konstanter Wert

3.1.4 Geländemodell

Tabelle 3.4 Digitales Terrainmodell

	Herkunft	Bemerkungen
Geometrie	Swisstopo: DTM	Aus dem 2x2m Raster wurde über ein TIN (Triangulated Irregular Network) ein Shapefile mit den relevanten Bruchkanten erstellt

3.2 Die Aufteilung nach Personen- und schwerem Güterverkehr in der sonBASE

Der schwere Güterverkehr beinhaltet:

- › Lastwagen
- › Lastenzug
- › Sattelzug

Der Personenverkehr beinhaltet:

- › Personenwagen
- › Personenwagen mit Anhänger
- › Lieferwagen
- › Lieferwagen mit Anhänger
- › Lieferwagen mit Auflieger
- › Bus
- › Car
- › Motorrad (aus akustischer Sicht als Schwerverkehr behandelt)

Bei unseren Betrachtungen wurde lediglich der schwere Güterverkehr isoliert betrachtet. D.h. die Kategorien Bus und Car, welche zum Schwerverkehr gehören würden, wurden beim Personenverkehr eingerechnet und nicht zum schweren Güterverkehr gezählt. Der Gesamtverkehr setzt sich aus dem Personen- und Schwerverkehr zusammen.

3.3 Verkehrsstatistik

Tabelle 3.5 Verkehrszahlenvergleich zwischen sonBASE und BFS

	Fahrleistung laut sonBASE 2010 (in Mio Fzkm)	Fahrleistung laut BFS 2010 (in Mio Fzkm)
Personenverkehr (inkl Privatscars)	57'233	51'067*
Schwerer Güterverkehr	2'475	2'227**
Leichter Güterverkehr	0	3644**
Öffentlicher Verkehr	0	300*
Motorräder/Motorfahrräder	1'945	1'852*
Total	61'653	59'090*

* Quelle: www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/news/01.Document.21295.xls

** Quelle: www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/11/04/blank/key/01/02.Document.21299.xls

Die Fahrleistung des schweren Güterverkehrs ist im Vergleich zu den BFS-Zahlen etwas zu hoch, dadurch wird zumindest teilweise kompensiert, dass sowohl der öffentliche Verkehr als auch der leichte Güterverkehr zum Personenverkehr gezählt wurden. Lärmmässig wird trotz dieser Kompensation insgesamt der Lärmanteil durch schweren Güterverkehr eher unterschätzt.

3.4 Defaultwerte Strassenverkehr

In Tabelle 3.6 sind die Strassenkategorien aufgelistet mit den gefahrenen Maximalgeschwindigkeiten und dem Prozentanteil SV und MR für Tag und Nacht. Fehlende Werte zum Strassenverkehr wurden in Anhängigkeit der Strassenkategorie ergänzt:

Tabelle 3.6 Strassenkategorien mit den gefahrenen Geschwindigkeiten

Strassenkategorie	Anzahl Fahrspuren	Max. Geschwindigkeit (km/h)	Max. Geschwindigkeit SV (km/h)	SV-Anteil tagsüber (exkl. MR)	SV-Anteil nachts (exkl. MR)	MR-Anteil tagsüber	MR-Anteil nachts
Autobahn	4	120	80	6.75%	5.75%	1.40%	1.40%
Autostrasse	2	100	80	5.25%	4.50%	1.90%	1.70%
Hauptstrasse ausserorts	2	80	80	3.25%	2.75%	3.75%	2.25%
Hauptstrasse innerorts	2	50	50	2.50%	2.25%	3.75%	3.00%
Verbindungsstrasse ausserorts	2	80	80	2.00%	1.60%	5.00%	2.00%
Verbindungsstrasse innerorts	2	50	50	2.00%	1.60%	5%	2%
Sammelstrasse ausserorts	1	60	60	2%	1.6%	5%	2%
Sammelstrasse innerorts	1	40	30	2%	1.6%	5%	2%
Erschliessungsstrasse ausserorts	1	50	50	2%	1.6%	5%	2%
Erschliessungsstrasse innerorts	1	30	30	2%	1.6%	5%	2%

3.5 Aufteilung Nationalstrassen, Kantonsstrassen und Gemeindestrassen

Die Zuordnung der Strassen zu Nationalstrassen, Kantonsstrassen und Gemeindestrassen wurde aus den VM-UVEK-Daten übernommen. Alle Strassen, welche weder als Kantons- noch als Nationalstrassen deklariert sind, wurden den Gemeindestrassen zugeordnet (Abb. 1).

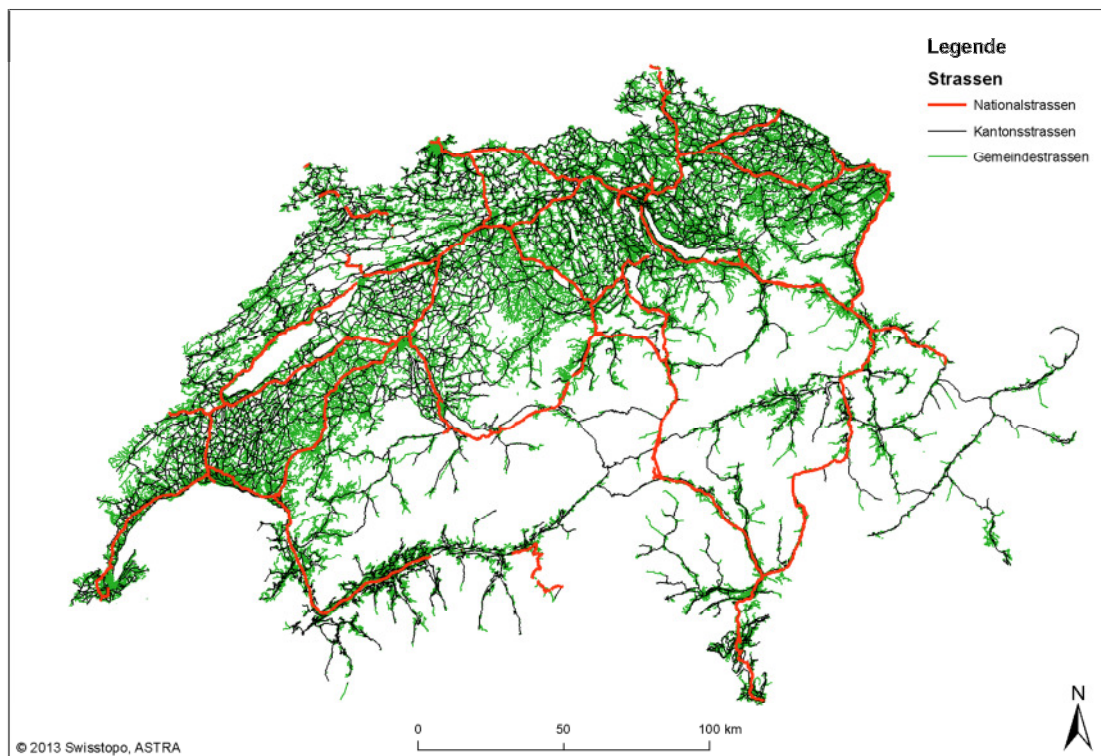


Abbildung 1 Darstellung National-, Kantonal- und Gemeindestrassen

Statistik zu den Streckenlängen:

- › Nationalstrassen: 3'672 km (richtungsgetrent erfasst)
- › Kantonsstrassen: 17'244 km
- Gemeindestrassen: 50'929 km

3.6 Statistikdaten

Für die Auswertungen über Personen wurden die Gebäude den gebäudescharfen BFS-Volkszählungsdaten 2010 zugeordnet. Von den knapp 7.9 Mio. Einwohnern konnten ca. 7.5 Mio. Einwohner Gebäuden zugewiesen werden, ca. 400'000 Personen konnten nicht zugewiesen werden, da sie entweder nicht geokodiert waren, oder die entsprechenden Gebäude noch nicht, respektive nicht mehr im swissBUILDINGS3D Datensatz enthalten waren.

3.7 Bauzonen/Empfindlichkeitsstufen

Die Empfindlichkeitsstufen der Gebäude wurden aus dem Bauzonendatensatz 2007 des ARE gemäss Tabelle 3.7 übertragen.

Tabelle 3.7 Zuordnung der Empfindlichkeitsstufen

Bauzonentyp	ES
Arbeitszonen	4
Mischzonen	3
Ortsbildschutzzonen	3
Sonderbauzonen	3
Tourismus- und Freizeitzone	2
Verkehrszonen (innerhalb Bauzone)	3
Wohnzonen	2
Zentrumszonen	3
Zonen für öffentliche Nutzungen	2
eingeschränkte Bauzonen	2
eingeschränkte Bauzonen	2
kombinierte Bauzonen	2

3.8 Berechnungseinstellungen

Tabelle 3.8 Angewendete Berechnungsparameter

Parameter	Wert
Verwendete Immissionsberechnung-Software	CadnaA
Berechnete Raster	10x10m Raster in 4m Höhe über Boden
Berechnete Immission pro Gebäude	Lautester Immissionspunkt pro Gebäude
Emissionsquellen	Strasse, Bahn
Schallreflexion	1. Ordnung
Max. Distanz Emissionsquelle zu Gebäude	1500m
Höhenmodell	Aus DTM (Swisstopo, 2010) generierte TIN-Polygone.

4. Resultate

4.1 Auswertung Energieanteile der Emissionen

Bei den Auswertungen über die Emissionen wurden die Energieanteile der Emissionen des Personen- und Güterverkehrs berechnet und mit der Energie der Emissionen des Gesamtverkehrs verglichen. Es wurden sowohl Lr-Betrachtungen als auch Leq-Betrachtungen ausgeführt. Nebst Statistiken zu den Energieanteilen wurden in den Tabellen 4.1 bis 4.12 die Streckenlängen in km je Emissionsklasse, aufgeteilt nach Nationalstrassen, Kantonsstrassen und Gemeindestrassen für den Gesamt-, Personen- und Güterverkehr aufgelistet. Diese Tabellen wurden für Tag und Nacht erstellt mit je acht Emissionsklassen. Eine Emissionsklasse bilden die Lärmemissionen unter 50 dB(A), sechs Emissionsklassen sind zwischen 50 dB(A) und 80 dB(A) in 5 dB(A)-Schritte aufgeteilt und die achte Emissionsklasse sind Lärmemissionswerte über 80 dB(A).

Die Pegelkorrektur K1 (gemäss LSV Anhang 3) zur Berechnung der Lr-Werte, wurde auch bei den Betrachtungen für Personen- und schwerer Güterverkehr über den Gesamtverkehr bestimmt.

Die Grafik (Abb. 2) zeigt den Anteil der Streckenlänge (%) in Abhängigkeit der Emissionsklasse (Leq,e Strasse Tag) aufgeteilt auf Personenverkehr, schweren Güterverkehr und Gesamtverkehr für Gemeinde-, Kantons- und Nationalstrassen. Es ist deutlich zu erkennen, dass der Peak des schweren Güterverkehrs um ca. 8-10 dB(A) tiefer liegt als beim Gesamtverkehr. Während bei den Kantonsstrassen der Anteil des schweren Güterverkehrs etwas in die breite gezogen ist, ist der Peak auf den Nationalstrassen sehr scharf. Der vergleichsweise scharfe Peak bei den Gemeindestrassen folgt daher, dass aufgrund fehlender Verkehrsdaten bei einem grossen Teil der Gemeindestrassen Defaultwerte verwendet wurden.

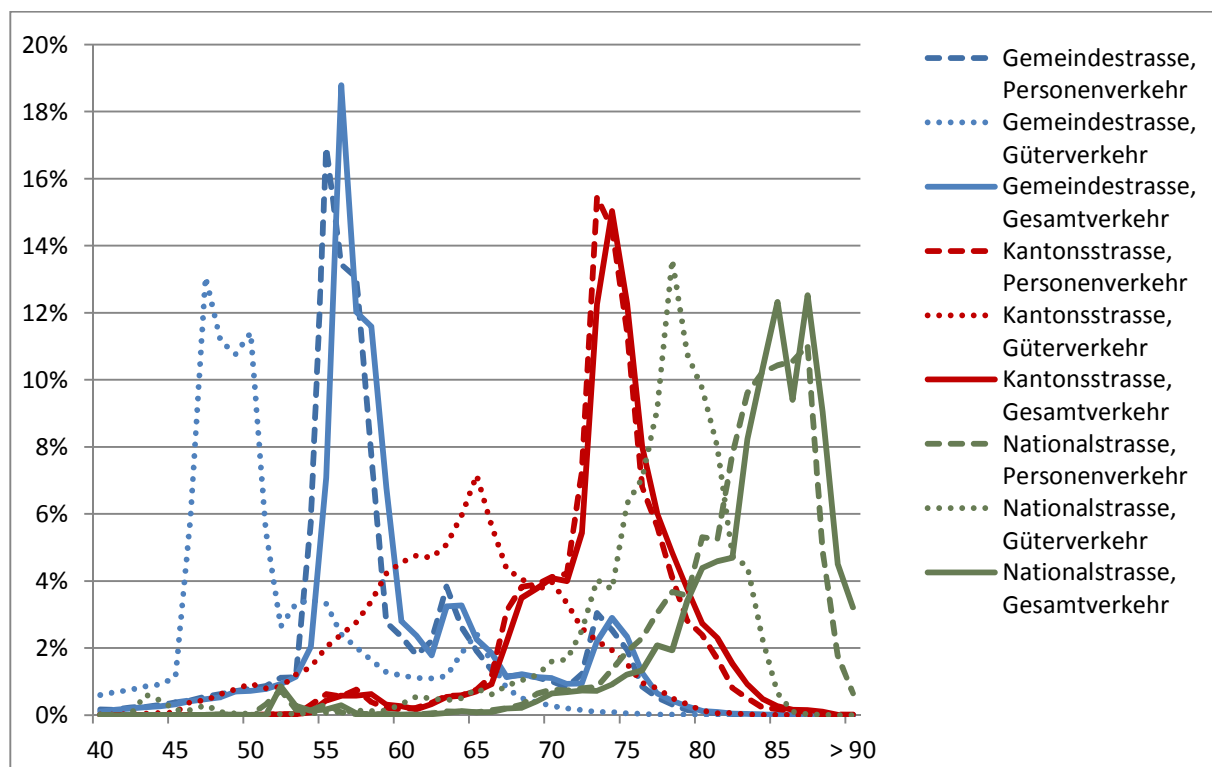


Abbildung 2 Streckenlänge (%) je Emissionsklasse Leq,e Strasse Tag [dB(A)]
(Y-Achse: Anteil der Streckenlänge; X-Achse: dB(A).)

Tabelle 4.1 Streckenlänge je Emissionsklasse Leq,e Strasse Tag für den Gesamtverkehr

Strassentyp	Total	< 50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80	>= 80
Gemeindestrassen	51008.0	1924.2	2855.9	28694.0	6862.9	3870.5	4118.6	2513.3	168.6
Kantonsstrassen	17262.2	3.7	23.7	436.4	322.1	1913.4	7046.9	6026.8	1489.1
Nationalstrassen	3690.2	1.8	46.7	21.0	8.1	36.2	136.5	367.5	3072.3
Total	71960.4	1929.7	2926.4	29151.5	7193.1	5820.1	11302.0	8907.6	4730.0

Tabelle 4.2 Streckenlänge je Emissionsklasse Leq,e Strasse Tag für den Personenverkehr

Strassentyp	Total	< 50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80	>= 80
Gemeindestrassen	51008.0	2168.4	4922.7	27510.4	6528.8	3421.6	4408.4	1929.5	118.2
Kantonsstrassen	17262.2	5.8	63.1	440.2	327.8	2202.5	7865.6	5314.8	1042.4
Nationalstrassen	3690.2	1.9	50.3	17.7	10.7	51.1	165.4	534.1	2858.9
Total	71960.4	2176.1	5036.1	27968.4	6867.3	5675.2	12439.4	7778.4	4019.5

Tabelle 4.3 Streckenlänge je Emissionsklasse Leq,e Strasse Tag für den Güterverkehr

Strassentyp	Total	< 50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80	>= 80
Gemeindestrassen	51008.0	25532.2	13422.8	5437.6	3257.4	2879.2	400.4	70.5	7.8
Kantonsstrassen	17262.2	2001.9	899.9	2558.3	4324.5	4301.2	2421.2	707.4	47.7
Nationalstrassen	3690.2	78.7	7.1	19.7	85.3	165.7	500.2	1728.5	1104.9
Total	71960.4	27612.8	14329.9	8015.6	7667.2	7346.2	3321.9	2506.4	1160.4

In der Nacht (Abb. 3) zeigt sich ein ähnliches Bild wie am Tag (Abb. 2), mit dem Unterschied, dass sämtliche Kurven um ca. 10 dB(A) nach links verschoben sind.

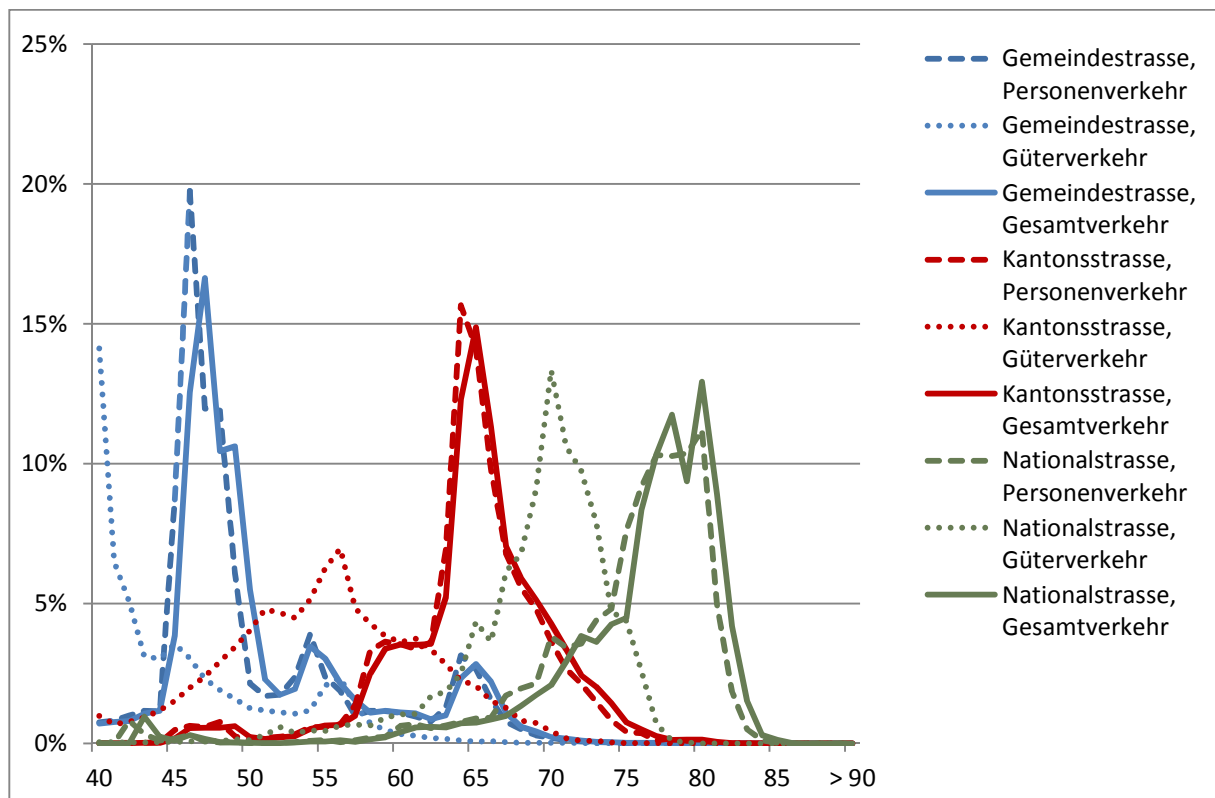


Abbildung 3 Streckenlänge (%) je Emissionsklasse Leq,e Strasse Nacht [dB(A)]
(Y-Achse: Anteil der Streckenlänge; X-Achse: dB(A).)

Tabelle 4.4 Streckenlänge je Emissionsklasse Leq,e Strasse Nacht für den Gesamtverkehr

Strassentyp	Total	< 50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80	>= 80
Gemeindestrassen	51008.0	31583.1	7609.2	4580.2	3254.7	3642.4	299.3	35.6	3.5
Kantonsstrassen	17262.2	438.3	236.9	1407.2	4857.2	7645.3	2335.3	306.0	36.1
Nationalstrassen	3690.2	69.0	4.3	21.0	105.1	207.9	617.5	1633.5	1032.0
Total	71960.4	32090.5	7850.4	6008.4	8217.0	11495.6	3252.0	1975.0	1071.6

Tabelle 4.5 Streckenlänge je Emissionsklasse Leq,e Strasse Nacht für den Personenverkehr

Strassentyp	Total	< 50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80	>= 80
Gemeindestrassen	51008.0	34235.4	6038.5	3850.3	3693.9	2944.7	219.4	24.5	1.3
Kantonsstrassen	17262.2	485.2	247.7	1658.5	5717.7	7082.3	1853.4	197.5	19.8
Nationalstrassen	3690.2	69.8	5.5	26.1	120.1	281.5	738.2	1761.1	687.8
Total	71960.4	34790.4	6291.6	5534.8	9531.7	10308.5	2811.1	1983.2	709.0

Tabelle 4.6 Streckenlänge je Emissionsklasse Leq,e Strasse Nacht für den Güterverkehr

Strassentyp	Total	< 50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80	>= 80
Gemeindestrassen	51008.0	43860.9	2939.3	3544.7	527.7	115.5	19.3	0.7	0.0
Kantonsstrassen	17262.2	4785.1	3991.7	4515.3	2727.5	1098.7	139.4	4.0	0.5
Nationalstrassen	3690.2	100.3	67.3	122.1	299.1	1106.4	1708.0	287.1	0.0
Total	71960.4	48746.2	6998.3	8182.0	3554.3	2320.7	1866.6	291.7	0.5

Bei den Emissionen Lr,e Tag (Abb. 4) ist zu erkennen, dass der Unterschied zwischen Kantons- und Gemeindestrassen aufgrund der verkehrsabhängigen Korrektur K1 (gemäss LSV Anhang 3) im Vergleich zu den Leq,e Tag-Werten (Abb. 2) um ca. 2-3 dB(A) grösser ist.

Bei den Abschnitten mit hohen Emissionen ist kaum ein Unterschied zu erkennen, da bei diesen Strecken die Pegelkorrektur K1 im Allgemeinen 0 ist.

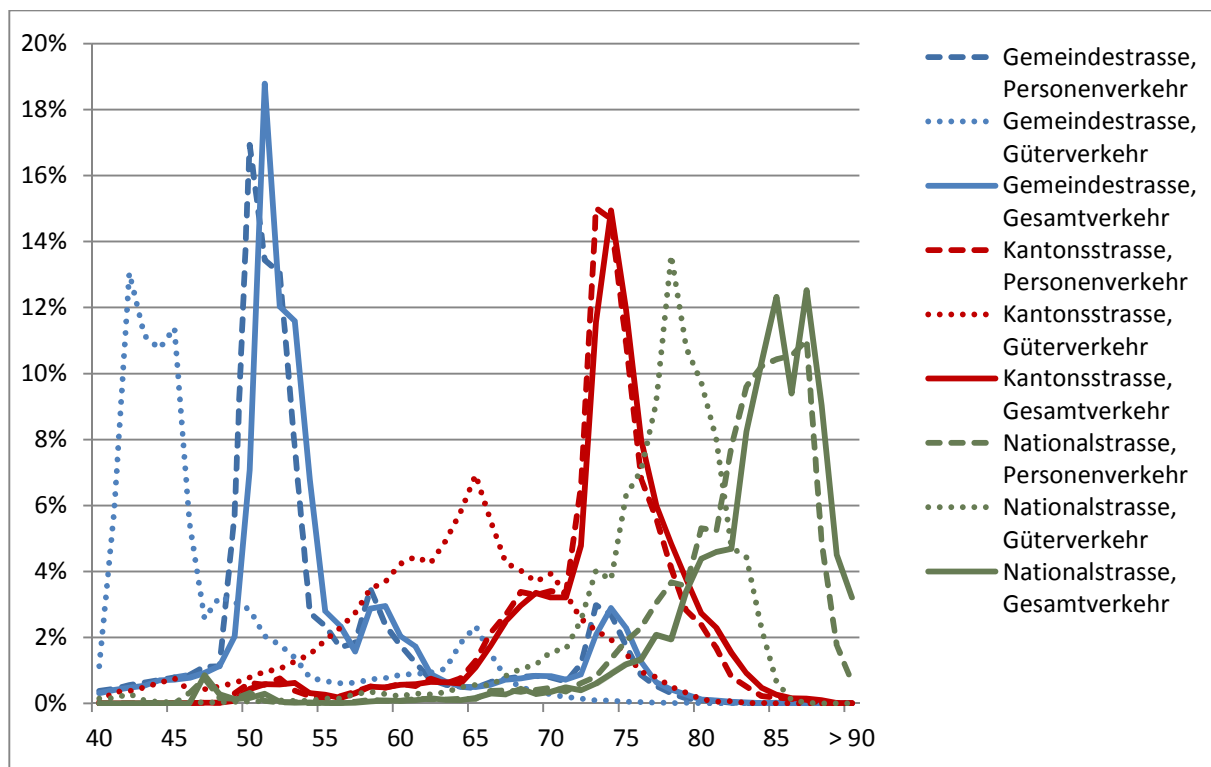


Abbildung 4 Streckenlänge (%) je Emissionsklasse Lr,e Strasse Tag [dB(A)]
(Y-Achse: Anteil der Streckenlänge; X-Achse: dB(A)).

Tabelle 4.7 Streckenlänge (km) je Emissionsklasse Lr,e Strasse Tag für den Gesamtverkehr

Strassentyp	Total	< 50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80	>= 80
Gemeindestrassen	51008.0	4780.1	28694.0	6400.6	2981.4	1723.2	3771.8	2488.2	168.6
Kantonsstrassen	17262.2	27.5	436.4	298.8	526.0	2008.6	6512.4	5963.5	1489.1
Nationalstrassen	3690.2	48.5	21.0	7.0	19.9	54.3	100.5	366.7	3072.3
Total	71960.4	4856.1	29151.5	6706.4	3527.3	3786.1	10384.7	8818.4	4730.0

Tabelle 4.8 Streckenlänge je Emissionsklasse Lr,e Strasse Tag für den Personenverkehr

Strassentyp	Total	< 50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80	>= 80
Gemeindestrassen	51008.0	38631.9	4512.3	1740.2	2843.3	2802.4	399.6	70.5	7.8
Kantonsstrassen	17262.2	2396.9	960.2	2439.5	4083.5	4218.8	2410.8	704.9	47.7
Nationalstrassen	3690.2	85.0	13.8	45.2	60.1	154.0	498.7	1728.5	1104.9
Total	71960.4	41113.8	5486.3	4224.9	6986.9	7175.2	3309.1	2503.9	1160.4

Tabelle 4.9 Streckenlänge je Emissionsklasse Lr,e Strasse Tag für den Güterverkehr

Strassentyp	Total	< 50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80	>= 80
Gemeindestrassen	51008.0	7091.1	27510.4	5990.3	2442.1	1792.6	4234.4	1828.7	118.2
Kantonsstrassen	17262.2	68.9	440.2	296.9	557.8	2206.1	7425.2	5224.7	1042.4
Nationalstrassen	3690.2	52.2	17.7	9.9	22.1	61.8	133.5	534.1	2858.9
Total	71960.4	7212.2	27968.4	6297.2	3021.9	4060.6	11793.1	7587.5	4019.5

Bei den Emissionen $L_{r,e}$ Nacht (Abb. 5) wächst insbesondere der Unterschied zwischen den Kantons- und Nationalstrassen im Vergleich zu den $L_{eq,e}$ Tag (Abb. 4) Werten an, da die Korrektur K1 bei vielen Kantonsstrassen in der Nacht -5 dB(A) beträgt.

Bei den Abschnitten mit hohen Emissionen ist kaum ein Unterschied zu erkennen, da bei diesen Strecken die Pegelkorrektur K1 im Allgemeinen 0 ist.

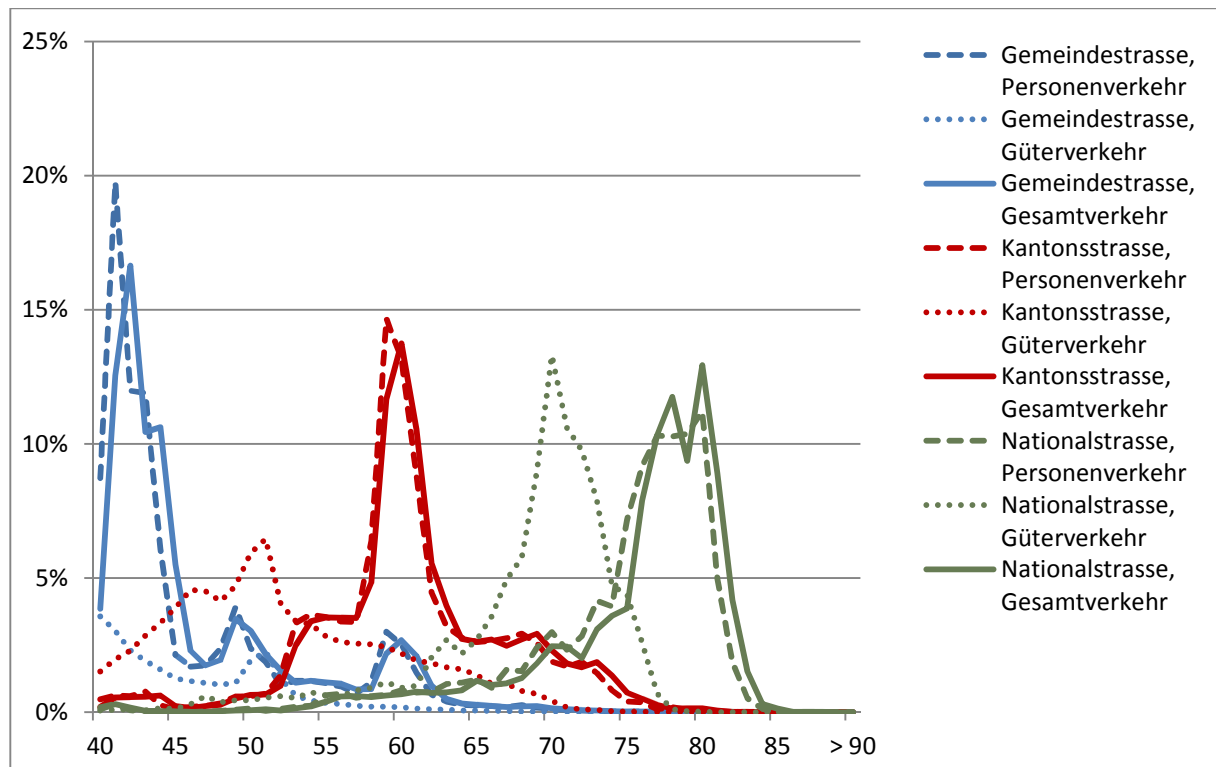


Abbildung 5 Streckenlänge (%) je Emissionsklasse $L_{r,e}$ Strasse Nacht [dB(A)]
(Y-Achse: Anteil der Streckenlänge; X-Achse: dB(A).)

Tabelle 4.10 Streckenlänge je Emissionsklasse $L_{r,e}$ Strasse Nacht für den Gesamtverkehr

Strasstyp	Total	< 50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80	>= 80
Gemeindestrassen	51008.0	39192.3	4580.2	3079.9	3347.1	572.3	197.7	34.9	3.5
Kantonsstrassen	17262.2	675.2	1407.2	4667.6	6309.1	2316.2	1549.8	301.0	36.1
Nationalstrassen	3690.2	73.3	21.0	100.9	135.0	232.8	501.1	1594.0	1032.0
Total	71960.4	39940.9	6008.4	7848.4	9791.2	3121.3	2248.5	1930.0	1071.6

Tabelle 4.11 Streckenlänge (km) je Emissionsklasse Lr,e Strasse Nacht für den Personenverkehr

Strassentyp	Total	< 50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80	>= 80
Gemeindestrassen	51008.0	40273.9	3849.3	3470.1	2695.7	539.8	153.6	24.3	1.3
Kantonsstrassen	17262.2	732.9	1658.5	5402.8	5591.7	2332.4	1329.6	194.4	19.8
Nationalstrassen	3690.2	75.3	26.1	113.1	163.1	281.0	598.8	1745.0	687.8
Total	71960.4	41082.1	5533.9	8986.0	8450.5	3153.2	2082.0	1963.7	709.0

Tabelle 4.12 Streckenlänge je Emissionsklasse Lr,e Strasse Nacht für den Güterverkehr

Strassentyp	Total	< 50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80	>= 80
Gemeindestrassen	51008.0	46685.7	3293.5	644.4	283.0	84.4	16.3	0.7	0.0
Kantonsstrassen	17262.2	8476.9	3979.9	2228.6	1584.4	854.2	133.7	4.0	0.5
Nationalstrassen	3690.2	166.5	103.6	148.1	323.2	956.0	1705.7	287.1	0.0
Total	71960.4	55329.0	7377.0	3021.1	2190.6	1894.6	1855.7	291.7	0.5

Es zeigt sich, dass bei den lauten Quellen der Anteil des Güterverkehrslärms am Gesamtlärm mit ca. 20% vergleichsweise hoch ist (Tab. 4.13 und 4.14).

Tabelle 4.13 Längengewichteter Energieanteil am Tag des Personen- und Güterverkehrs an der Gesamtemission in Abhängigkeit der Emissionsklassen

Leq,e Tag [dB(A)]	Energieanteil Personenverkehr	Energieanteil schwerer Güterverkehr	Längenanteil
>= 80	78.1%	21.9%	6.6%
75 - 80	85.8%	14.2%	12.4%
70 - 75	90.0%	10.0%	15.7%
65 - 70	88.2%	11.8%	8.1%
60 - 65	85.6%	14.4%	10.0%
55 - 60	85.3%	14.7%	40.5%
< 55	85.5%	14.5%	6.7%
Mittel	85.9%	14.1%	

Tabelle 4.14 Längengewichteter Energieanteil in der Nacht des Personen- und Güterverkehrs an der Gesamtemission in Abhängigkeit der Emissionsklassen

Leq,e Nacht [dB(A)]	Energieanteil Personenverkehr	Energieanteil schwerer Güterverkehr	Längenanteil
>= 80	82.5%	17.5%	1.5%
75 - 80	80.4%	19.6%	2.7%
70 - 75	81.3%	18.7%	4.5%
65 - 70	88.4%	11.6%	16.0%
60 - 65	90.3%	9.7%	11.4%
55 - 60	87.5%	12.5%	8.3%
< 55	84.6%	15.4%	55.5%
Mittel	85.8%	14.2%	

Interessanterweise ist der Einfluss des schweren Güterverkehrs auf den Gemeindestrassen höher als auf den Kantonsstrassen (Tab. 4.15 und 4.16), obwohl im Mittel bei Kantonsstrassen der Anteil schwerer Güterverkehr höher und der Anteil Motorräder tiefer ist, als bei Gemeindestrassen (Tab. 4.17).

Tabelle 4.15 Energieanteil am Tag des Personen- und Güterverkehrs an der Gesamtemission in Abhängigkeit der Emissionsklasse aufgeteilt auf Gemeinde-, Kantons- und Nationalstrassen

Leq,e Tag [dB(A)]	Gemeindestrassen			Kantonsstrassen			Nationalstrassen		
	PV	SV	Länge	PV	SV	Länge	PV	SV	Länge
>= 80	81.4%	18.6%	0.3%	79.7%	20.3%	8.6%	77.1%	22.9%	83.3%
75 - 80	87.4%	12.6%	4.9%	85.7%	14.3%	34.9%	75.9%	24.1%	10.0%
70 - 75	88.9%	11.1%	8.1%	90.8%	9.2%	40.8%	82.1%	17.9%	3.7%
65 - 70	86.7%	13.3%	7.6%	91.3%	8.7%	11.1%	84.5%	15.5%	1.0%
60 - 65	85.6%	14.4%	13.5%	86.7%	13.3%	1.9%	84.9%	15.1%	0.2%
55 - 60	85.3%	14.7%	56.3%	86.3%	13.7%	2.5%	85.4%	14.6%	0.6%
< 55	85.5%	14.5%	9.4%	88.1%	11.9%	0.2%	86.4%	13.6%	1.3%
Mittel	85.8%	14.2%		88.0%	12.0%		77.4%	22.6%	
Summe			100%			100%			100%

Tabelle 4.16 Energieanteil in der Nacht des Personen- und Güterverkehrs an der Gesamtemission in Abhängigkeit der Emissionsklasse Tag, aufgeteilt auf Gemeinde-, Kantons- und Nationalstrassen

Leq,e Nacht [dB(A)]	Gemeindestrassen			Kantonsstrassen			Nationalstrassen		
	PV	SV	Länge	PV	SV	Länge	PV	SV	Länge
>= 80	81.6%	18.4%	0.3%	85.2%	14.8%	0.2%	82.4%	17.6%	28.0%
75 - 80	80.4%	19.6%	0.0%	80.7%	19.3%	1.8%	80.4%	19.6%	44.3%
70 - 75	83.2%	16.8%	0.6%	82.3%	17.7%	13.5%	76.7%	23.3%	16.7%
65 - 70	88.4%	11.6%	7.1%	88.6%	11.4%	44.3%	80.5%	19.5%	5.6%
60 - 65	88.5%	11.5%	6.4%	91.5%	8.5%	28.1%	84.5%	15.5%	2.8%
55 - 60	86.2%	13.8%	9.0%	91.4%	8.6%	8.2%	83.8%	16.2%	0.6%
< 55	84.6%	15.4%	76.6%	86.6%	13.4%	3.9%	86.1%	13.9%	2.0%
Mittel	85.3%	14.7%		88.6%	11.4%		80.6%	19.4%	
Summe			100%			100%			100%

Tabelle 4.17 Mittlere Geschwindigkeit, Schwerverkehrsanteil und Motorradanteil

	Geschwindigkeit		Schwerverkehrsanteil		Motorradanteil	
	PV	SV	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Gemeindestrassen	48.4 km/h	47.7 km/h	2.0%	1.6%	5.0%	2.0%
Kantonsstrassen	71.0 km/h	70.6 km/h	2.1%	1.7%	4.5%	2.2%
Nationalstrassen	105.5 km/h	78.5 km/h	6.5%	5.2%	1.9%	1.6%

Beim sonROAD-Emissionsansatz ist bei gleichem Anteil Schwerverkehr der prozentuale Einfluss des Schwerverkehrs bei tiefen Geschwindigkeiten deutlich höher.

4.1.1 Geschwindigkeitsabhängigkeit der Schwerverkehrsemissionen

Die untenstehende Grafik (Abb. 6) zeigt den prozentualen Emissionsanteil des PV und SV, wenn davon ausgegangen wird, dass die maximale Geschwindigkeit des SV 80 km/h beträgt und für alle Strassen ein Schwerververkehrsanteil von 5% angenommen wird.

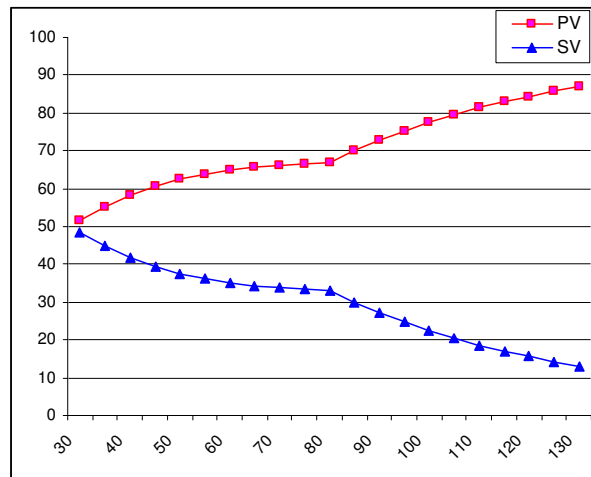


Abbildung 6 Darstellung Geschwindigkeitsabhängigkeit der PV und SV Emissionen. Y-Achse: Prozent (%). X-Achse: Geschwindigkeit in km/h, gilt für die PV-Kurve. Für die SV-Kurve gilt die X-Achse von 30 bis zu 80 km/h.

4.2 Auswertung Hausbeurteilung (Immission)

Die folgenden Auswertungen wurden anhand des lautesten Punktes je Gebäude ausgeführt. Der zugrundeliegende swissBUILDINGS3D-Datensatz wurde für die Auswertungen über Personen mit den gebäudescharfen BFS-Volkszählungsdaten 2010 zugeordnet. Ca. 400'000 Personen konnten nicht zugewiesen werden, da sie entweder nicht geokodiert waren, oder die entsprechenden Gebäude noch nicht, respektive nicht mehr im swissBUILDINGS3D-Datensatz enthalten waren. Die Empfindlichkeitsstufen (ES) der Gebäude wurden durch eine Verschneidung mit dem ARE-Bauzonendatensatz (Bauzonen Schweiz 2007) gesetzt. Ca. 500'000 Personen wohnen in Gebäuden, die ausserhalb dieser Bauzonen liegen und denen deshalb keine ES zugewiesen werden konnte. Diesen Gebäuden/Personen wurde für die Betrachtungen der Grenzwertüberschreitungen die ES 2 zugewiesen.

Die Pegelkorrektur K1 (gemäss LSV Anhang 3) zur Berechnung der Lr-Werte wurde auch bei den Betrachtungen für Personen- und schweren Güterverkehr über den Gesamtverkehr bestimmt.

4.2.1 Anteil SV an den Grenzwertüberschreitungen (IGW)

Die Tabellen 4.18 und 4.19 geben die relativen Anteile des SV bzw. des PV an den gesamten IGW-Überschreitungen an für National-, Kantonal- und Gemeindestrassen bei Tag und bei Nacht.

Tabelle 4.18 Anteil des PV und des SV an den IGW-Überschreitungen am Tag

Strassentyp	Personenverkehr	Schwerer Güterverkehr
Nationalstrassen	75.7%	24.3%
Kantonsstrassen	85.8%	14.2%
Gemeindestrassen	89.1%	10.9%
Alle Strassen	86.2%	13.8%

Tab. 4.19 Anteil PV und SV an den IGW-Überschreitungen in der Nacht

Strassentyp	Personenverkehr	Schwerer Güterverkehr
Nationalstrassen	74.8%	25.2%
Kantonsstrassen	81.6%	18.4%
Gemeindestrassen	86.9%	13.1%
Alle Strassen	82.4%	17.6%

5. Abkürzungen

ES	Empfindlichkeitsstufe
IGW	Immissionsgrenzwert
Leq	Energieäquivalenter Dauerschallpegel
Leq,e	Emissionseitiger Energieäquivalenter Dauerschallpegel
Lr	Beurteilungspegel
Lr,e	Emissionsseitiger Beurteilungspegel
PV	Personenverkehr
SV	Schwerverkehr/Güterverkehr

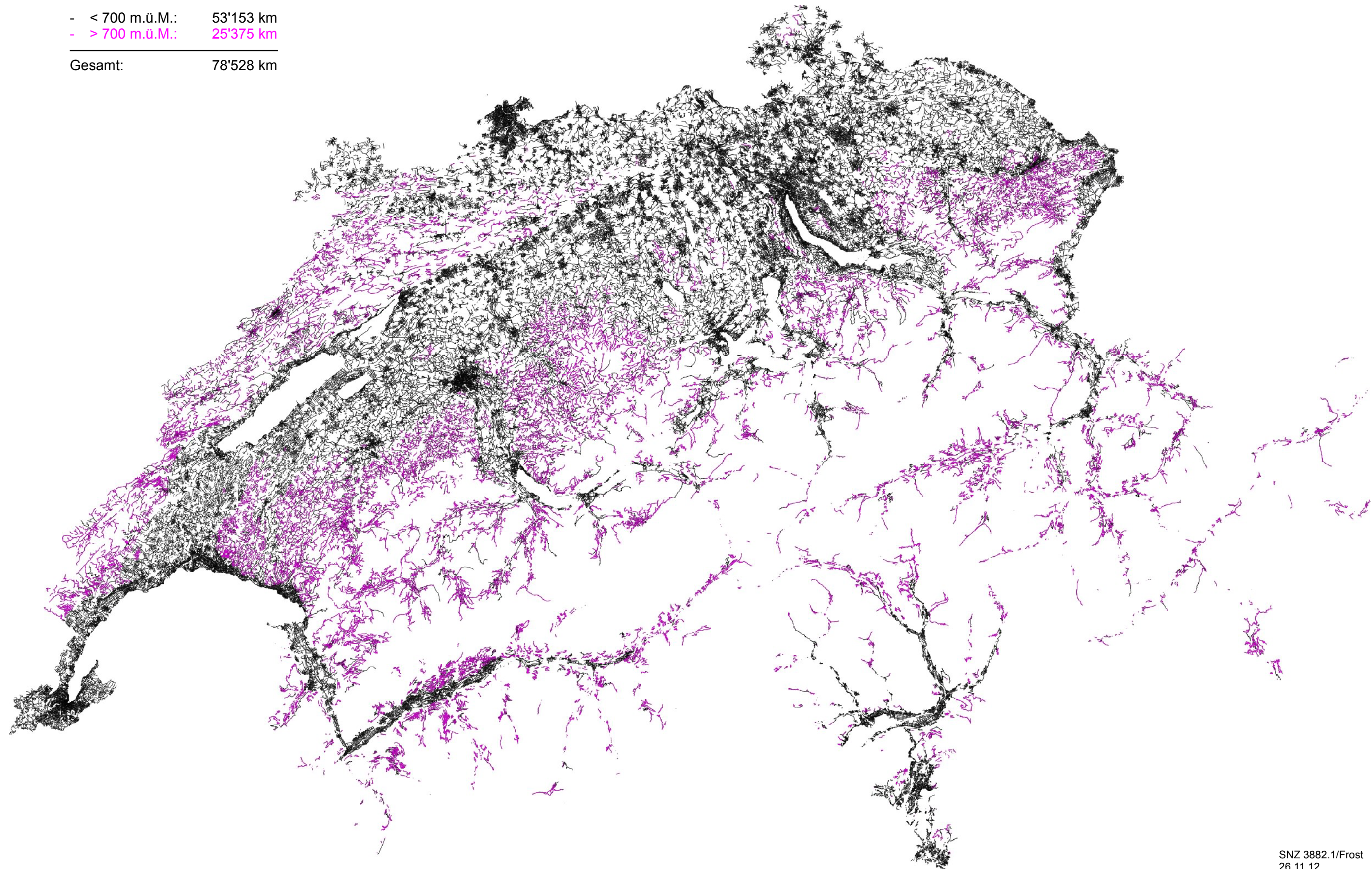
ANHANG D2: NETZLÄNGEN ÜBER 700 M Ü. M.

Gemeindestrassennetz (übrige Strassen)

Codiertes Netz CH (Achsen)

- < 700 m.ü.M.: 53'153 km
- > 700 m.ü.M.: 25'375 km

Gesamt: 78'528 km

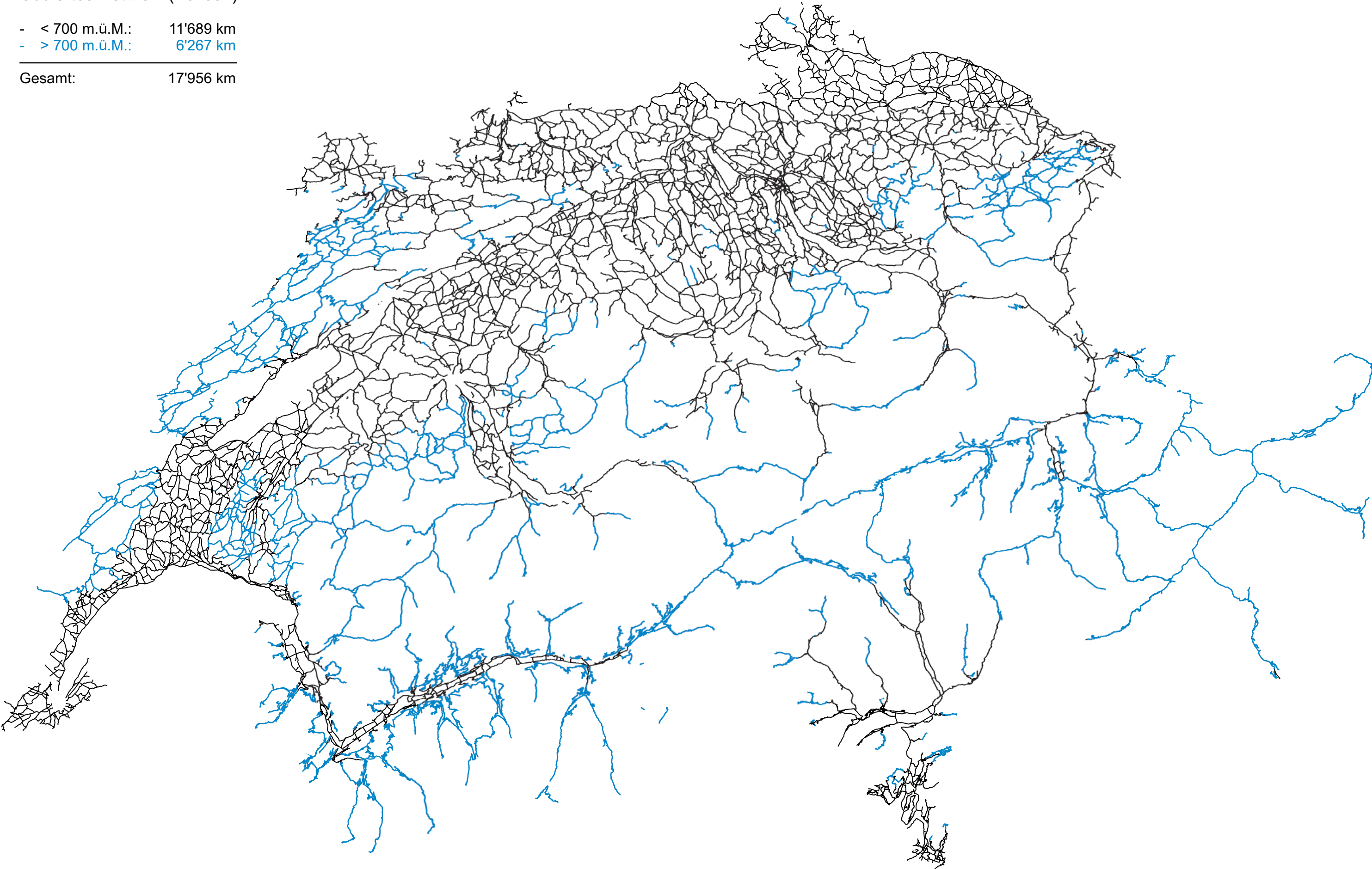


Kantonsstrassennetz

Codiertes Netz CH (Achsen)

- < 700 m.ü.M.: 11'689 km
- > 700 m.ü.M.: 6'267 km

Gesamt: 17'956 km

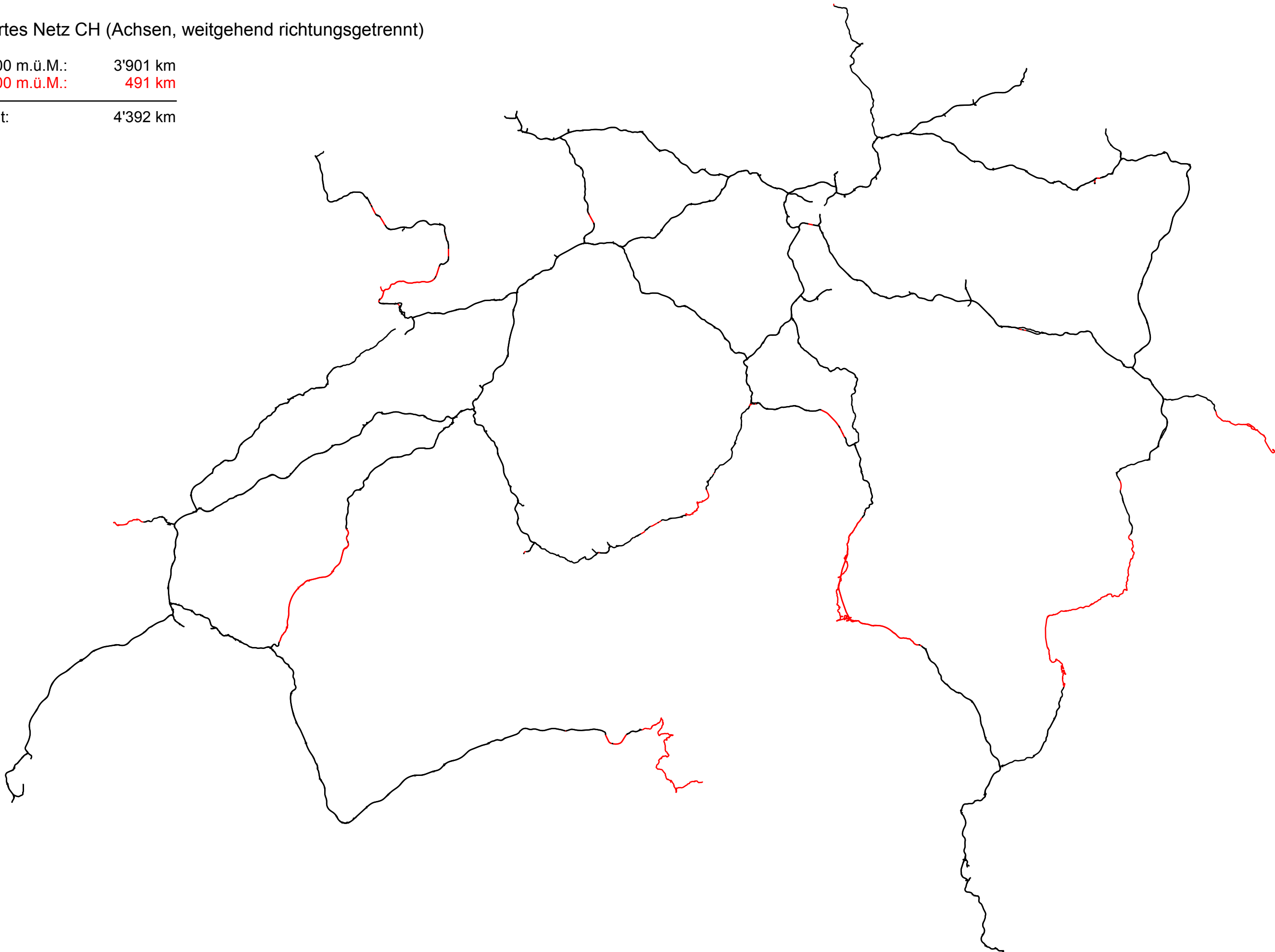


Nationalstrassennetz

Codiertes Netz CH (Achsen, weitgehend richtungsgetrennt)

- < 700 m.ü.M.: 3'901 km
- > 700 m.ü.M.: 491 km

Gesamt: 4'392 km



ANHANG E: SYNTHESE DER FAKTOREN UND AGGREGATIONEN

Anhang E1: Berechnung der Synthese-Faktoren

Anhang E2: Berechnung des pauschalen Abminderungsfaktors

Anhang E3: Aggregierte Faktoren zuhanden Phase III

ANHANG E1: BERECHNUNG DER SYNTHESE-FAKTOREN

Gewichtsbedingte Faktoren G	An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen		
	Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen	19.60%	16.60%	16.30%		3.70%	9.40%	8.50%
Kantonsstrassen	19.40%	18.60%	16.30%		3.70%	18.10%	8.50%
Nationalstrassen	Trassee	29.80%	22.90%	19.30%			
	Brücken/Kunstbauten				8.60%	9.80%	13.40%
	BSA				0.00%	0.00%	0.00%
	Tunnels				0.00%	3.80%	1.10%
	Diverses						
Dimensionsbedingte Faktoren D	An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen		
	Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen	9.60%	9.60%	9.60%	9.60%	9.60%	9.60%	9.60%
Kantonsstrassen	12.10%	12.10%	12.10%	12.10%	12.10%	12.10%	12.10%
Nationalstrassen	Trassee	8.30%	8.30%	8.30%			
	Brücken/Kunstbauten				8.30%	8.30%	8.30%
	BSA				12.80%	18.40%	24.00%
	Tunnels				12.80%	18.40%	24.00%
	Diverses						
Kapazitätsbedingte Faktoren K	An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen		
	Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen	0.00%	0.00%	0.00%		0.00%	0.00%	0.00%
Kantonsstrassen	1.90%	1.90%	1.90%		1.90%	1.90%	1.90%
Nationalstrassen	Trassee	3.70%	3.70%	3.70%			
	Brücken/Kunstbauten				3.70%	3.70%	3.70%
	BSA				3.70%	3.70%	3.70%
	Tunnels				3.70%	3.70%	3.70%
	Diverses						
$S = 1 - (1 - G) * (1 - D) * (1 - K)$							
Synthese-Faktoren S	An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen		
	Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen	27.3%	24.6%	24.3%	9.6%	12.9%	18.1%	17.3%
Kantonsstrassen	30.5%	29.8%	27.8%	12.1%	17.0%	29.4%	21.1%
Nationalstrassen	Trassee	38.0%	31.9%	28.7%	8.3%		
	Brücken/Kunstbauten				19.3%	20.3%	23.5%
	BSA				16.0%	21.4%	26.8%
	Tunnels				16.0%	24.4%	27.6%
	Diverses						

ANHANG E2: BERECHNUNG DES PAUSCHALEN ABMIN- DERUNGSFAKTORS

Synthese-Faktoren S neu S = 1 - (1 - G)*(1 - D)*(1 - K)		An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen			
		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau	
Gemeindestrassen		27.3%	24.6%	24.3%	9.6%	12.9%	18.1%	17.3%	
Kantonsstrassen		30.5%	29.8%	27.8%	12.1%	17.0%	29.4%	21.1%	
Nationalstrassen		Trassee	38.0%	31.9%	28.7%	8.3%			
	Brücken/Kunstbauten					19.3%	20.3%	23.5%	
	BSA					16.0%	21.4%	26.8%	
	Tunnels					16.0%	24.4%	27.6%	
	Diverses								
Synthese-Faktoren S (einfache Summe) S = G + D + K		An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen			
		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau	
Gemeindestrassen		29.2%	26.2%	25.9%	9.6%	13.3%	19.0%	18.1%	
Kantonsstrassen		33.4%	32.6%	30.3%	12.1%	17.7%	32.1%	22.5%	
Nationalstrassen		Trassee	41.8%	34.9%	31.3%	8.3%			
	Brücken/Kunstbauten					20.6%	21.8%	25.4%	
	BSA					16.5%	22.1%	27.7%	
	Tunnels					16.5%	25.9%	28.8%	
	Diverses								
Strassenrechnungen 2004 - 2009 Mittelwerte in Mio. CHF		An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen			Total
		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau	
Gemeindestrassen		113.62	309.27	24.14	18.01	22.65	105.18	12.63	605.50
Kantonsstrassen		210.90	426.65	116.29	36.03	25.01	142.98	99.06	1'056.91
Nationalstrassen		Trassee	135.16	181.48	122.26	16.88			455.78
	Brücken/Kunstbauten					166.89	104.88	114.31	386.08
	BSA					89.06	57.61	62.82	209.49
	Tunnels					41.93	105.93	503.01	650.88
	Diverses								
	Total	459.68	917.39	262.68	70.92	345.55	516.58	791.84	3'364.64
Schwerverkehrsbedingte Kosten mit neuen Faktoren S		An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen			
		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau	
Gemeindestrassen		31.04	76.10	5.87	1.73	2.93	19.04	2.18	138.89
Kantonsstrassen		64.32	127.18	32.36	4.36	4.24	42.00	20.90	295.36
Nationalstrassen		Trassee	51.37	57.92	35.13	1.40			145.82
	Brücken/Kunstbauten					32.19	21.34	26.89	80.42
	BSA					14.27	12.34	16.84	43.46
	Tunnels					6.72	25.85	138.92	171.49
	Diverses					0.00	0.00	0.00	0.00
		146.73	261.20	73.36	7.49	60.36	120.57	205.74	875.45
									875.45
									26.0%
Schwerverkehrsbedingte Kosten mit neuen Faktoren S (einfache Summe)		An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen			
		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau	
Gemeindestrassen		33.18	81.03	6.25	1.73	3.01	19.98	2.29	147.47
Kantonsstrassen		70.44	139.09	35.23	4.36	4.43	45.90	22.29	321.73
Nationalstrassen		Trassee	56.50	63.34	38.27	1.40			159.50
	Brücken/Kunstbauten					34.38	22.86	29.04	86.28
	BSA					14.69	12.73	17.40	44.83
	Tunnels					6.92	27.44	144.87	179.22
	Diverses					0.00	0.00	0.00	0.00
		160.11	283.45	79.75	7.49	63.43	128.91	215.88	939.03
									939.03
									27.9%

ANHANG E3: AGGREGIERTE FAKTOREN ZUHANDEN PHASE III

Anhang E3.1: Konten-Aggregation gewichtsbedingte Faktoren

Anhang E3.2: Konten-Aggregation dimensionsbedingte Faktoren

Anhang E3.3: Konten-Aggregation kapazitätsbedingte Faktoren

Anhang E3.4: Berücksichtigung des pauschalen Abminderungsfaktors (Definitive Faktoren)

ANHANG E3.1: KONTEN-AGGREGATION GEWICHTSBE- DINGTE FAKTOREN

Kontenaggregation gewichtsbedingte Faktoren

Fallbeispiele in Phase II		An Fahrbahnen			Lander- werb	An Kunstbauten und Nebenanlagen		
		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen		G1	G2	G3		G4	G5	G6
Kantonsstrassen		K1	K2	K3		K4	K5	K6
Nationalstrassen		N1	N2	N3				
Trassee								
Brücken/Kunstbauten						N4	N5	N6
BSA						N7	N8	N9
Tunnels						N10	N11	N12
Diverses								

Gewichtsbedingte Faktoren G		An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen		
		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen		19.5%	17.4%			3.7%	14.2%	
Kantonsstrassen								
Nationalstrassen		Trassee	29.8%	21.1%				
	Brücken/Kunstbauten					5.7%	5.7%	
	BSA							
	Tunnels							
	Diverses							

Nr.	Feld (Matrix)	Projektbezeichnung	Ca. Baukosten (Mio. Fr.)	Bauherr	Bearbeitet von		Gewichtsbedingter Kostenanteil	Standard-abw.	Frost	Aggregation	
1	G1	Freilagerstrasse	0.50	Stadt ZH	WKP		12.3%				
2	G1	Glattalstrasse	0.80	Stadt ZH	WKP		15.0%				
3	G1	Luggwegstrasse	1.10	Stadt ZH	WKP		35.0%				
4	G1	Tièchestrasse	1.70	Stadt ZH	WKP		16.0%				
Zwischensumme			4.10	Mittelwert			19.6%	10.4%			
6	K1	KS Bure-Fahy	0.50	Kt. JU	Kt. Ju		11.3%				
8	K1	10395 Sanierung Dorfstrasse Grosshöchstetten	1.00	Kt. BE, OIK II	Kt BE		8.0%		F		
9	K1	IS Furtalstrasse, Buchs	1.60	Kt. ZH		SNZ	45.1%				
9a	K1	Schweizerhofquai, TP2 (Sanierung)	5.30	Stadt LU		SNZ	13.1%				
Zwischensumme			8.40	Mittelwert			19.4%	17.3%			
							19.5%			13.2%	
10	N1	Kirchberg Instandsetzung Spurrinnen	5.30	ASTRA 2		SNZ	62.9%				
11	N1	090071 Deckbelagssanierung Rothrist-Lenzburg	10.00	ASTRA 3		SNZ	26.6%				
12	N1	F4 GE VI, Belagsarbeiten N01/N03	0.50	ASTRA 4		SNZ	0.0%				
Zwischensumme			15.80	Mittelwert			29.8%	31.6%			
							29.8%			31.6%	

Nr.	Feld (Matrix)	Projektbezeichnung	Ca. Baukosten (Mio. Fr.)	Bauherr	Bearbeitet von		Gewichtsbedingter Kostenanteil	Standard-abw.	Frost	Aggregation	
13	G2	Freiestrasse	1.40	Stadt ZH	WKP		11.0%				
14	G2	Hagenholzstrasse	1.20	Stadt ZH	WKP		28.9%				
15	G2	Kilchbergstrasse	0.50	Stadt ZH	WKP		9.0%				
16	G2	Schneckenmannstrasse	0.50	Stadt ZH	WKP		19.0%				
17	G2	Seebacher-Buhn-Strasse	0.90	Stadt ZH	WKP		15.0%				
Zwischensumme			4.50	Mittelwert		16.6%	7.9%				
19	K2	2033 Ortsdurchfahrt Viehweid	6.30	Kt. BE, OIK II			19.0%				
20	K2	8038 Sanierung Worbstrasse Gümligen	2.20	Kt. BE, OIK II			14.0%				
21	K2	Sanierung Laubegg, Boltigen	8.90	Kt. BE OIK I			24.0%		F		
22	K2	Kreisel Fahy	1.00	Kt. JU	Kt. Ju		11.5%				
23	K2	Sanierung K34 Industriestrasse Abschnitt Süd, Ersatz Oberbau, teilweise Materialersatz im Unterbau	2.20	Kt. UR		SNZ	25.1%				
23a	K2	H18 Entrée Est Le Noirmont	1.60	Kt. JU		SNZ	27.4%		F		
23b	K2	Sanierung K21 Seelisbergstrasse Los 2, Ersatz Oberbau teilweiser Ersatz Unterbau/Materialersatz, wenig Werkleitungen	1.00	Kt. UR		SNZ	18.7%		F		
23c	K2	Sanierung K32 Flüelen innerorts Los 3b, Ersatz Oberbau, teilweiser Ersatz Unterbau/Materialersatz, viele Werkleitungen	1.60	Kt. UR		SNZ	8.7%				
Zwischensumme			24.80	Mittelwert		18.6%	6.7%				
24	N2	N20.1.3, SNZ intern, Gesamtabschnitt offene Strecke	26.90	ASTRA 4		SNZ	34.8%				
25	N2	080015 Anschluss Grenchen, Umgestaltung	6.00	ASTRA 3		SNZ	7.1%				
26	N2	N20.1.3, SNZ intern, Teilstrecke Anschluss Urdorf.	6.00	ASTRA 4		SNZ	26.9%				
Zwischensumme			38.90	Mittelwert		22.9%	14.3%				
27	K3	Gemeinde Zell: Umfahrung Rämismühle-Zell im Tösstal	3.20	Kt. ZH		SNZ	25.1%				
28	K3	Umfahrung Emdthal	38.10	Kt. BE OIK I			2.4%		F		
29	K3	Kreisel + NUeLes Emibois	2.30	Kt. JU		SNZ	25.2%		F		
30	K3	1002 Flughafenerschliessung Bern-Belp	1.90	Kt. BE, OIK II			17.2%			MW	Stabw
30a	K3	H18 – Les Emibois – Le Noirmont	1.80	Kt. JU		SNZ	11.5%		F	17.4%	7.5%
Zwischensumme			47.30	Mittelwert		16.3%	9.7%				
31	N3	A16-Grands'Combes-NeuBois	8.00	Kt. JU		SNZ	15.0%				
32	N3	N4.1.6	77.00	ASTRA 4		SNZ	19.0%				
33	N3	N4.1.7	26.50	ASTRA 4		SNZ	24.0%			MW	Stabw
Zwischensumme			111.50	Mittelwert		19.3%	3.5%			21.1%	9.7%
34	G4	Überführung Muriaux	0.40	Kt. JU		SNZ	1.7%		F		
35	K4	8086 Sanierung Saanebrücke Laupen	0.80	Kt. BE, OIK II	X		5.0%				
36a	K4	Überführung Kasernenstrasse Bülach	0.32	Kt. ZH		SNZ	6.2%			MW	Stabw
36b	K4	Sanierung K2 Gotthardstrasse Plattibrücke, Sanierung der bestehenden Bogenbrücke (alte Bausubstanz saniert plus neuer Oberbau)	0.65	Kt. UR		SNZ	1.7%			3.7%	2.3%
Zwischensumme			2.17	Mittelwert		3.7%	2.3%				

Nr.	Feld (Matrix)	Projektbezeichnung	Ca. Baukosten (Mio. Fr.)	Bauherr	Bearbeitet von		Gewichtsbedingter Kostenanteil	Standard-abw.	Frost	Aggregation	
37	N4	080391 Überführung X1	2.60	ASTRA 3		SNZ	10.0%				
38	N4	080391 Überführung Z58	2.50	ASTRA 3		SNZ	7.6%				
39	N4	080391 Überführung Z59	2.40	ASTRA 3		SNZ	10.7%				
39a	N4/5	080227 Ant.Vennes-Chexbres Ouvrages Art (TP3 murs)	1.20	ASTRA 1		SNZ	5.9%				
Zwischensumme			8.70	Mittelwert			8.6%	2.2%			
40	N7	N07/76, Tunnel Girsberg, Instands. BSA	0.60	ASTRA 4		SNZ	0.0%			MW	Stabw
Zwischensumme			0.60	Mittelwert			0.0%				
41	N10	080482 VoMa Beckenried-Seedorf Bau	2.00	ASTRA 3		SNZ	0.0%			5.7%	4.7%
Zwischensumme			2.00	Mittelwert			0.0%				
47a	G5	Langensandbrücke, Luzern	24.00	Stadt Lu		SNZ	9.4%				
Zwischensumme			24.00	Mittelwert			9.4%				
48	K5	10190 Verstärkung Gümnenenbrucke Typ 1	1.63	Kt. BE, OIK II	X		39.0%				
49	K5	Wylérbrücke, Innertkirchen	1.67	Kt. BE OIK I	X		9.0%		F		
50	K5	Brücke Souby	0.70	Kt. JU		SNZ	3.6%				
51	K5	Ersatzneubau H17 Klausenstrasse Brücke Fritertal, Ersatz der bestehenden Brücke mit angepasster Linienführung	1.90	Kt. UR		SNZ	11.9%		F		
51a	K5	Baumgartenbrücke, Lütschental	1.50	Kt. BE OIK I	X		12.1%		F		
51b	K5	Garstatt-Brücke, Boltigen	1.30	Kt. BE OIK I	X		35.0%		F		
51c	K5	Gwattbrücke, Zweisimmen	1.40	Kt. BE OIK I	X		16.0%		F		
Zwischensumme			10.10	Mittelwert			18.1%	13.5%			
52	N5	Brünig-Wacht Sanierung Kurve	3.00	ASTRA 2		SNZ	9.4%		F		
54	N5	N20.1.3 Brücke Anschluss Urdorf, SNZ intern	0.40	ASTRA 4		SNZ	10.1%				
Zwischensumme			3.40	Mittelwert			9.8%	0.5%			
55	N8	N03/70, Spur GR - ZH, Tunnelsicherheit	3.90	ASTRA 4		SNZ	0.0%				
Zwischensumme			3.90	Mittelwert			0.0%				
56	N11	080001 Lärmschutz Halbüberdeckung Zofingen	12.00	ASTRA 3		SNZ	0.0%				
57	N11	N20.1.3 Honeret, SNZ intern	9.60	ASTRA 4		SNZ	7.5%				
Zwischensumme			21.60	Mittelwert			3.8%	5.3%			
59	K6	8077 Neubau Gürbebrücke Moos	0.70	Kt. BE, OIK II	X		11.0%		F	MW	Stabw
60	K6	Hofbrücke, Innertkirchen	3.20	Kt. BE OIK I	X		8.0%		F		
61	K6	Stägmattebrücke, Lütschental	2.10	Kt. BE OIK I	X		5.0%		F		
62	K6	Brücke Flughafen	1.26	Kt. ZH		SNZ	10.0%			14.2%	11.2%
Zwischensumme			7.26	Mittelwert			8.5%	2.6%			
63	N6	N01/50, Kreisel Alp Matzingen, Murgbrücke, Neubau	1.00	ASTRA 4		SNZ	11.3%				
65	N6	Jonentobelbrücke	16.00	ASTRA 4		SNZ	15.5%				
Zwischensumme			17.00	Mittelwert			13.4%	3.0%			
67	N12	Tunnel de Bure	147.00	Kt. JU	Kt. Ju	SNZ	1.3%				
68	N12	Hafnerbergtunnel	100.00	ASTRA 4		SNZ	1.0%			MW	Stabw
69	N12	Islisbergtunnel	224.74	ASTRA 4		SNZ	1.1%			5.7%	5.7%
Zwischensumme			471.74	Mittelwert			1.1%	0.1%			

ANHANG E3.2: KONTEN-AGGREGATION DIMENSIONS- BEDINGTE FAKTOREN

Dimensionsbedingte Faktoren D		An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen		
		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen		9.60%	9.60%	9.60%	9.60%	9.60%	9.60%	
Kantonsstrassen		12.10%	12.10%	12.10%	12.10%	12.10%	12.10%	
Nationalstrassen	Trassee	8.30%	8.30%	8.30%	8.30%			
	Brücken/Kunstbauten					8.30%	8.30%	8.30%
	BSA					12.80%	18.40%	24.00%
	Tunnels					12.80%	18.40%	24.00%
	Diverses							
Aggregation Gemeinde-/Kantonsstrassenkonti mittels Gewichtung mit Netzlänge:								
- Gemeindestrassennetz: 51'008.0 km								
- Kantonsstrassennetz: 17'262.2 km								
Dimensionsbedingte Faktoren D aggregiert		An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen		
		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen		10.2%						
Kantonsstrassen								
Nationalstrassen	Trassee	8.30%						
	Brücken/Kunstbauten					8.30%		
	BSA							
	Tunnels							
	Diverses							
Aggregation BSA/Tunnels auf Nationalstrassen mittels Gewichtung nach Mittelwerten der Strassenrechnungen 2004 - 2009								
Strassenrechnungen 2004 - 2009 Mittelwerte in Mio. CHF		An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen		
		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen		113.62	309.27	24.14	18.01	22.65	105.18	12.63
Kantonsstrassen		210.90	426.65	116.29	36.03	25.01	142.98	99.06
Nationalstrassen	Trassee	135.16	181.48	122.26	16.88			
	Brücken/Kunstbauten					166.89	104.88	114.31
	BSA					89.06	57.61	62.82
	Tunnels					41.93	105.93	503.01
	Diverses					32.58	51.59	70.66
Dimensionsbedingte Faktoren D aggregiert		An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen		
		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen		10.2%						
Kantonsstrassen								
Nationalstrassen	Trassee	8.30%						
	Brücken/Kunstbauten					8.30%		
	BSA					21.2%		
	Tunnels							
	Diverses							

ANHANG E3.3: KONTEN-AGGREGATION KAPAZITÄTSBEDINGTE FAKTOREN

Kapazitätsbedingte Faktoren K	An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen		
	Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen	0.00%	0.00%	0.00%		0.00%	0.00%	0.00%
Kantonsstrassen	1.90%	1.90%	1.90%		1.90%	1.90%	1.90%
Nationalstrassen	Trassee	3.70%	3.70%				
	Brücken/Kunstbauten				3.70%	3.70%	3.70%
	BSA				3.70%	3.70%	3.70%
	Tunnels				3.70%	3.70%	3.70%
	Diverses						
Kapazitätsbedingte Faktoren K aggregiert	An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen		
	Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen		0.00%				0.00%	
Kantonsstrassen		1.90%				1.90%	
Nationalstrassen	Trassee	3.70%					
	Brücken/Kunstbauten						
	BSA					3.70%	
	Tunnels						
	Diverses						

ANHANG E3.4: BERÜCKSICHTIGUNG DES PAUSCHALEN ABMINDERUNGSFAKTORS (DEFINITIVE FAKTOREN)

Vor Abminderungsfaktor								
Gewichtsbedingte Faktoren G		An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen		
		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen		19.5%	17.4%			3.7%	14.2%	
Kantonsstrassen								
Nationalstrassen		Trassee	29.8%	21.1%				
	Brücken/Kunstbauten					5.7%	5.7%	
	BSA							
	Tunnels							
	Diverses							
Dimensionsbedingte Faktoren D		An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen		
		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen		10.2%						
Kantonsstrassen								
Nationalstrassen		Trassee	8.30%					
	Brücken/Kunstbauten					8.30%		
	BSA					21.2%		
	Tunnels							
	Diverses							
Kapazitätsbedingte Faktoren K		An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen		
		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen						1.90%		
Kantonsstrassen								
Nationalstrassen		Trassee	3.70%					
	Brücken/Kunstbauten					3.70%		
	BSA							
	Tunnels							
	Diverses							
Nach Abminderungsfaktor (0.93), gerundet auf zwei signifikante Stellen								
Gewichtsbedingte Faktoren G		An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen		
		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen		18%	16%			3.4%	13%	
Kantonsstrassen								
Nationalstrassen		Trassee	28%	20%				
	Brücken/Kunstbauten					5.3%	5.3%	
	BSA							
	Tunnels							
	Diverses							
Dimensionsbedingte Faktoren D		An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen		
		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen		9.5%						
Kantonsstrassen								
Nationalstrassen		Trassee	7.7%					
	Brücken/Kunstbauten					7.7%		
	BSA					20%		
	Tunnels							
	Diverses							
Kapazitätsbedingte Faktoren K		An Fahrbahnen			Landerwerb	An Kunstbauten u. Nebenanlagen		
		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau		Baulicher Unterhalt	Erneuerung/ Ausbau	Neubau
Gemeindestrassen						1.8%		
Kantonsstrassen								
Nationalstrassen		Trassee	3.4%					
	Brücken/Kunstbauten					3.4%		
	BSA							
	Tunnels							
	Diverses							

ANHANG F: PROTOKOLL DES EXPERTENWORKSHOPS VOM 24. APRIL 2013

Aktualisierte Schätzung der schwerverkehrsbedingten Strassenkosten

Protokoll EXPERTENWORKSHOP

1|7

MSR2_EXPERTENWORKSHOP 130424_PROTOKOLL-DEF.DOCX

VON Christoph Lieb, ECOPLAN

24. April 2013, 08.30 – 12.00 Uhr, ARE-Gebäude, Ittigen, Zimmer 003

Teilnehmerkreis:

Experten

Markus Caprez	ETH IGT
Jacques Perret	nibuXs
Martin Pola	TAZ, Stadt Zürich
Peter Spacek	em. Prof. IVT / SNZ
Micaël Tille	Ecole d'Ingénieur de Fribourg
Markus Wyss	BVE, Kt. Bern

Bundesämter

Jean-Marc Pittet	Bundesamt für Statistik
Daniel Fink	Bundesamt für Statistik
Ueli Balmer	Bundesamt für Raumentwicklung
Manfred Zbinden	Bundesamt für Strassen
Christoph Käser	Bundesamt für Strassen
Maurice Hennemann	Bundesamt für Strassen
Markus Liechti	Bundesamt für Verkehr

Auftragnehmer

Markus Maibach	INFRAS (Moderation)
Martin Buck	SNZ (Bearbeitung, Referat)
Christoph Lieb	ECOPLAN (Protokoll)

Entschuldigt

Jean-Philippe Chollet	BPUK / KI Kt. Jura
Philipp Stoffel	ehem. Präs. AGB / Helbling
Jean-Bernard Duchoud	Bundesamt für Strassen

1. BEGRÜSSUNG

Jean-Marc Pittet begrüsst die Anwesenden und führt in den Workshop ein. Markus Maibach fasst den bisherigen Projektverlauf zusammen: Die Methodik (Konzept ‚minimale Strasse‘) mit den Fallbeispielen wurde im ersten Workshop vom 2. Mai 2012 gutgeheissen. Es geht um die Allokation der Kosten zwischen dem Schwer- und dem Leichtverkehr.

2. PRÄSENTATION BERICHTSENTWURF PHASE 2

Martin Buck stellt die wichtigsten Ergebnisse des Berichtes vor (vgl. Beilage).

Ergänzende Erläuterung: Bei den aggregierten Prozentsätzen (Tabelle 27) handelt es sich um Mittelwerte der Mittelwerte aus allen Fallbeispielen in den aggregierten Konten; deshalb sind auch die Standardabweichungen vergleichsweise klein.

3. ALLGEMEINE DISKUSSION

- › Insgesamt wird der Bericht von den Experten sehr positiv aufgenommen. Die Arbeit sei beeindruckend, der Gesamteindruck gut, die Methodik nachvollziehbar, die Ergebnisse plausibel, aber die Resultate politisch heikel. Es sollte überlegt werden, welche Fallstricke in der politischen Diskussion es geben könnte und welche möglichen Angriffspunkte in der Methodik zu finden seien.
- › Der Aspekt, dass der Schwerverkehr die Lebensdauer der Strasse reduziert (Unterhalt wegen Spurrillen nötig), wird nur indirekt abgedeckt im Bericht: Dank besser gebauten Strassen erreicht Strasse trotz Schwerverkehr die gleiche Lebensdauer wie ohne Schwerverkehr (und schlechter gebaut – dann gäbe es schon mit Leichtverkehr Spurrillen). Dies soll in der finalen Kommunikation gegenüber Nicht-Experten stärker herausgearbeitet werden.
- › Die Datenbasis soll mitveröffentlicht werden (für Nachvollziehbarkeit).
- › Der Schwerverkehr wurde schwerer (z.B. aufgrund von Supersinglereifen). Dies ist noch nicht in den Schweizer Normen enthalten.
- › Die Datenbasis SonBASE ist zweckmässig. Die Experten können die Datenqualität der SonBASE jedoch nicht beurteilen. Es ist aber kein vergleichbarer Datensatz bekannt. Zudem konnten keine fundamentalen Widersprüche zu anderen Datensätzen gefunden werden.
- › Bezüglich der weitergehenden Empfehlung (in Kapitel 7.4) einen eigenen Datensatz für die Strassenrechnung zu erarbeiten wurde angemerkt, dass eine jährliche Nachführung der Datenbank zu aufwändig und damit nicht realistisch sei. Vielleicht wäre eine 5- oder eine 10-jährige Aktualisierung der Daten sinnvoll.
- › Formel S. 39: Erläuterung von S, G, D, K: Jeweils „(in %)“ streichen.

- › Es ist zu prüfen, ob nicht der Mittelwert der Fallbeispiele zu verwenden ist.

4. AT LEAST ANSATZ

Da es um eine Verteilung der Kosten geht, ist der ‚at least‘ Ansatz nur für den Schwerverkehr ‚at least‘, aber nicht für den Leichtverkehr. Deshalb könnte der Ansatz aus Sicht Leichtverkehr als ungerecht angesehen werden. Es wurden verschiedene Argumente vorgebracht:

- › Es dürfte in der Kommunikation schwierig sein, absolute Mindestwerte zu vermitteln.
- › Alternativ könnte ein ‚best guess‘ Ansatz gewählt werden (wahrscheinlichster Wert). Diese sollte dargestellt werden und nicht zu stark auf politische Überlegungen Rücksicht genommen werden.
- › Im Rahmen der Simulationen könnte eine Sensitivität mit ‚at least‘ und ‚best guess‘ Ansatz sinnvoll sein.
- › Allerdings hat das Allokationsergebnis (wg. LSVA) nur für den Schwerverkehr momentan direkte Kostenfolgen. Deshalb ist es sinnvoll, einen wissenschaftlich gut abgestützten Anteil zu empfehlen.
- › Aufgrund der Unterschiede zwischen VSS-Normen und ASTRA-Richtlinie wurde bisher bei den dimensionsbedingten Kosten der ‚at least‘ Ansatz angewendet. **Neu** soll für Nationalstrassen die **ASTRA-Richtlinie** verwendet werden, da diese für den Nationalstrassenbau gilt.
- › Das ASTRA dürfte tendenziell die Standards in den Richtlinien in Zukunft eher zurück nehmen, was im Bericht nicht berücksichtigt wird, da es um den momentanen Strassenbau geht, nicht um den künftigen.

Fazit: Im Bericht soll der Begriff ‚at least‘ Ansatz vermieden werden. Das Projektteam macht einen Vorschlag für einen plausiblen Wert.

5. GEWICHTSBEDINGTE KOSTENANTEILE

- › Die Bearbeitung der Fallbeispiele wird von den Fallbeispielgebern als seriös angesehen – auch dank des guten Leitfadens.
- › Kritisch ist die Repräsentativität. Das zeigt die grosse Streuung der Fallbeispiele. Für gewisse Fragestellungen ist die Stichprobe jedoch klein (nur 1-2 Fallbeispiele).
- › In den Fallbeispielen sind aber keine Ausreisser erkennbar, welche den Mittelwert verzerren würden. Aus Sicht der Tiefbauämter, die die Fallbeispiele bereitgestellt haben, sind die Projekte durchaus typisch. Die Streuung insbesondere beim baulichen Unterhalt ist des-

halb hoch, weil in diesem Konto sehr viele und unterschiedliche Arbeiten subsummiert werden.

- › In der Stadt Zürich sei der Anteil des Schwerverkehrs eher tiefer als in kleineren Gemeinden. Deshalb führt die Anwendung der Zürcher Zahlen für die Gemeindestrassen eher zu einer Unterschätzung des Schwerverkehrsanteils. Die Zürcher Zahlen seien wohl repräsentativ für Städte, ob sie für ländliche Gemeinden auch gelten, kann nicht mit Sicherheit beantwortet werden. Es gibt aber auch keine konkreten Hinweise, dass eine Übertragbarkeit der Zürcher Zahlen auf alle Gemeindestrassen nicht zulässig wäre. Im Weiteren ist zu berücksichtigen, dass die Bedeutung einzelner Gemeindestrassen-Konten bezgl. absoluter Kosten vergleichsweise gering ist und deshalb ja auch gezielt Gemeinde- und Kantonsstrassenkonten für die Fallbeispiel-Untersuchungen zusammengelegt wurden. Schliesslich wäre im Zweifelsfall auch zu prüfen, ob nicht die Kantonsstrassen-Werte auf die Gemeindestrassen übertragen werden könnten (Beispielsweise sind bei den Kunstbauten kaum Unterschiede zu erwarten).
- › Es wurde angeregt, bei den gewichtsabhängigen Kosten nicht nur mit Fallbeispielen zu arbeiten, sondern auch theoretische typische Beispiele zu betrachten. Es wurde erwidert, dass es ganz schwierig sei, solche typische Beispiele zu definieren. Es ist im Bericht besser (allenfalls grafisch) aufzuzeigen, wie die Kostenanteile des Schwerverkehrs begründet werden können.
- › Die **Repräsentativität** wird vor allem bei den **Gemeindestrassen** hinterfragt. Es ist zu überlegen, ob eine typische Erschliessungsstrasse für ein Wohnquartier nicht als zusätzliches (hypothetisches) Beispiel berechnet werden kann. In jedem Fall ist die Repräsentativität bei den Gemeindestrassen nochmals zu prüfen.
- › Es wurde die Frage aufgeworfen, ob bei den Gemeindestrassen nicht oft die Werkleitungen der Auslöser für Unterhalt sind. Dies ist der Fall, doch wird dies im Kostenteiler berücksichtigt, d.h. in der Strassenrechnung sind nur die Strassenkosten enthalten, nicht die Kosten für Werkleitungen. Aufgrund einer Studie über einen 80-jährigen Betrachtungshorizont ist der Unterhalt ca. 10% günstiger, wenn der Unterhalt der Strassen und Werkleitungen koordiniert wird (manchmal erfolgt zwar der Ersatz der Strasse oder Werkleitung eigentlich zu früh (d.h. vor Ablauf der Lebensdauer), doch sind die Synergien grösser als der Wertverlust durch den zu frühen Ersatz).

6. DIMENSIONSBEDINGTE KOSTENANTEILE

- › Die Berechnung basiert auf den Normen. Für die Praxis stellt sich die Frage, ob die Normen regelmässig über- oder unterschritten werden, was die Repräsentativität beeinträchtigen könnte. Innerorts werden die Normen eher unterschritten, ausserorts eher überschritten. Im Kanton Luzern entsprechen etwa 70% der Strassen nicht den heutigen Normen (aber vielleicht den bei Erstellung gültigen Normen). Im Kanton Bern dürften mehr als 70% der Strassen nicht den heutigen Normen entsprechen (teilweise bewusste Verengung der Strasse, um Kosten zu sparen). Aber die Gründe für die Nicht-Berücksichtigung der Normen für den Schwerverkehr würden auch bei einer Dimensionierung auf den Leichtverkehr gelten. Fazit: Die Hochrechnung ist richtig und die Berechnungen können so verwendet werden.

7. KAPAZITÄTSBEDINGTE KOSTEN

- › Es wurde die Frage aufgeworfen, ob der Strassen-ÖV separat berücksichtigt werden muss für eine faire Allokation der Kosten innerhalb des Schwerverkehrs. Die Bevorzugung des ÖV hat aber keinen Einfluss auf die Kapazität, da die Grünzeiten für den ÖV einfach schneller geschaltet werden, aber nicht die Dauer der Grünphase verlängert wird. Die ÖV-Bevorzugung führe sogar tendenziell eher zu höheren Kapazitäten für den MIV. Zudem gebe es auf den insgesamt ca. 50'000 km Gemeindestrassen nur wenig ÖV, so dass separate Busspuren, Anpassung in Kreiseln etc. für das gesamtes Netz nicht relevant seien.
- › Es ist fraglich, ob es bei Gemeindestrassen zulässig ist, eine Kapazitätsgrenze anzuwenden, denn die meisten Gemeindestrassen sind weit weg von der Kapazitätsgrenze. Die Argumentation, dass der Schwerverkehr dazu führe, dass die Kapazitätsgrenze früher erreicht und damit langfristig mehr Strassen gebaut werden müssen, trifft für Gemeindestrassen eher weniger zu. Es sollte geprüft werden, ob nicht auf einen Kapazitäts-Faktor bei den Gemeindestrassen (oder Teilen davon, z.B. innerorts) verzichtet werden kann.

8. WEITERE FAKTOREN

- › Der Lärm wird zurückgestellt, weil er hier wenig relevant ist (weil sonst als Schwerverkehrsanteil der Durchschnitt der Strasse verwendet wird). Die externen Lärmkosten werden andernorts berücksichtigt.
- › Frost, Stützmauern etc. sind in den Fallbeispielen enthalten und so in Ordnung.

9. DARSTELLUNG ERGEBNISSE (TABELLE 26 / 27)

In Tabelle 26 des Berichtes werden die Ergebnisse gerundet, in Tabelle 27 wird eine starke Vereinfachung auf lediglich noch 3 Prozentzahlen zur Diskussion gestellt. Es wurde angemerkt, dass einzelne Bauwerke die politische Diskussion (z.B. Felsenauviadukt in Bern, Gotthardtunnel) prägen dürften. Folgende Argumente für Tabelle 26 wurden vorgebracht:

- › Man solle nicht zu stark vereinfachen, bereits die Tabelle 26 ist generalisiert, Tabelle 27 aggregiert zu stark.
- › In Kapitel 3 werden die Unterschiede erläutert und teilweise als gut interpretierbar und zu erwarten taxiert. Diese Unterschiede würden mit Tabelle 27 verloren gehen.
- › Zumindest sollte eine Differenzierung zwischen National- und Kantons-/Gemeindestrassen erhalten bleiben.

Die Tabelle 27 hat hingegen die folgenden Vorteile:

- › Man solle eher vereinfachen, weil die Fallbeispiele hinter den Zahlen in Tabelle 26 stark schwanken bzw. weil die Fallbeispiele nicht a priori repräsentativ seien für die Schweiz.
- › Die Tabelle 26 sei für Politiker zu kompliziert. Die Vereinfachung sei einfacher publizierbar.

Die Auftragnehmer werden im Schlussbericht einen Vorschlag erarbeiten, wie stark aggregiert werden soll. Falls aggregiert wird, ist eine saubere Methodik entscheidend.

10. WEITERES VORGEHEN

- › Das Projektteam (Buck) holt noch eine Rückmeldung bei Herrn Duchoud sowie von Herrn Stoffel ein.
- › Das BFS hakt nochmals beim Kanton Jura nach, ob die fehlenden 5 Fallbeispiele noch geliefert werden (bis 1.5.2013). Ansonsten wird die Studie mit den vorhandenen Fallbeispielen fertig gestellt.
- › **Detaillkommentare** können **bis am Freitag, 10. Mai 2013** an Martin Buck gesendet werden.
- › Die Phase 2 ist mit der Einarbeitung der Workshop-Bemerkungen in den bereinigten Bericht abgeschlossen.
- › Phase 3 beinhaltet eine Simulation der Ergebnisse in der Strassenrechnung und eine Synthese. Neben dem Synthesebericht wird eine Materialiensammlung erstellt. Phase 3 soll im Sommer 2013 abgeschlossen werden.
- › Der Entwurf des Synthese-Berichtes geht für eine Stellungnahme an die Workshop-Teilnehmer.

- › Die Publikation des Berichtes soll zusammen mit der gesamten Transportrechnung 2010 im Jahr 2014 erfolgen.

Die sehr wertvollen Inputs der teilnehmenden Experten werden von der ARGE und von Vertretern der auftraggebenden Bundesämter verdankt.

LITERATUR

- BFS Bundesamt für Statistik 1982: Schlussbericht der Kommission zur Überprüfung der Strassenrechnung (so genannter “Bericht Nydegger”), Bundesamt für Statistik BFS, Bern.
- BFS Bundesamt für Statistik 2003: Schweizerische Strassenrechnung: Revision 2000.
- BFS Bundesamt für Statistik 2008: Leistungen der Sachentransportfahrzeuge. Aktualisierte Zeitreihen bis 2007.
- BFS Bundesamt für Statistik 2008b: Detailauswertung Strassenrechnung: Kostenanteile Langsamverkehr am Beispiel von zwei Infrastrukturprojekten, Neuchâtel.
- BFS Bundesamt für Statistik 2009: Gütertransporterhebung GTE 2008: Erhebungsbericht. Online im Internet:
http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/erhebungen_quellen/blank/blank/gte/02.Document.127408.pdf (22.4.2010).
- BFS Bundesamt für Statistik 2010: Detailauswertung Strassenrechnung: Ausgaben für Gemeindestrassen nach Gemeinde 1999-2008, inkl. Einwohnerzahl und Strassenlänge (Strassenlänge basierend auf Daten 1984), Neuchâtel.
- BFS Bundesamt für Statistik: Strassenrechnung diverse Jahrgänge.
- Bundesrat 2010: Verordnung über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeuge (VTS), SR 741.41. Online: <http://www.admin.ch/ch/d/sr/7/741.41.de.pdf>.
- Bundesrat 2010: Verordnung über eine leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (SVAV) vom 6. März 2000 (Stand 1. Januar 2012). SR 641.811. Online im Internet:
<http://www.admin.ch/ch/d/sr/6/641.811.de.pdf> (6.1.2012).
- DIW 2000: Wegekosten und Wegekostendeckung des Strassen- und Schienenverkehrs in Deutschland 1997.
- DIW 2009: Wegekosten und Wegekostendeckung des Straßen- und Schienenverkehrs in Deutschland im Jahre 2007, Heike Link, Dominika Kalinowska, Uwe Kunert Sabine Radke, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung DIW, Berlin 2009.
- DIW, Infrac, Herry und NERA 1998: Infrastructure Capital, Maintenance and Road Damage Costs for different Heavy Goods Vehicles in the EU. Commissioned by the Commission of the European Communities, DG Transport. Brussels.
- DIW, VTI, ITS 2008: CATRIN, Cost Allocation of TRansport Infrastructure cost, Deliverable D1: Cost allocation Practices in the European Transport Sector.
- Doll C. 2003: Allokation gemeinsamer Kosten der Strasseninfrastruktur. Anwendbarkeit der Lösungskonzepte kooperativer Spiele in der Wegekostenrechnung, Dissertation, Karlsruhe.

- Ecoplan und Infrac 2009: Abgrenzung des Schwerverkehrs. Arbeitspapier für das Bundesamt für Raumentwicklung. Bern.
- Europäische Kommission 1999: Calculating Transport Infrastructure Costs. Final Report of the Expert Advisors to the High Level Group on Infrastructure Charging.
- Expert Advisors to the High Level Group on Infrastructure Charging (Working Group 1) 1999: Calculating Transport Infrastructure Costs. Final Report of the Expert Advisors. Brussels
- Federal Highway Administration 1997: 1997 Federal Highway Cost Allocation Study, Final Report. Online im Internet: "<http://www.fhwa.dot.gov/policy/hcas/final/index.htm> (Stand: 04.05.2010).
- FHCA 1982: Final Report on the Federal Highway Cost Allocation Study. Report of the Secretary of Transportation to the United States Congress, Washington D.C.
- Herry M., Sedlacek 2001: Österreichische Wegekostenrechnung für die Strasse 2000. Strassenforschungsauftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien.
- Highway Research Board 1961: The AASHO-Road-Test. History and Description of Project. Special Report 61A. Washington D.C.
- INFRAS 1997: Überprüfung der Strassenrechnung. Bericht zu konkreten Fragen des BFS, Zürich.
- INFRAS 2002: Road econometrics – Case study motorways Switzerland, Deliverable 10, Christoph Schreyer, Nicolas Schmidt, Markus Maibach, UNification of accounts and marginal costs for Transport Efficiency) Deliverable 10, funded by 5th Framework RTD Programme, ITS, University of Leeds, Leeds, March 2002.
- INFRAS/Ecoplan 2005: Transportkostenrechnung, Grundlagen und Konzeption.
- INFRAS/Ecoplan 2006: Transportkostenrechnung, Konzept und Pilotrechnung. Zürich/Altdorf/Bern.
- INFRAS/Ecoplan 2008: Weiterentwicklung der Transportrechnung. Vertiefungsarbeiten. Zürich/Bern.
- INFRAS/Ecoplan 2011: Zusatzstudien zur Transportrechnung. Methodik Strassenrechnung, im Auftrag BFS. Mit Unterstützung von SNZ und NibuXs.
- Interdepartementale Arbeitsgruppe für die Neugestaltung der Strassenrechnung 1985: Bericht über die Neugestaltung der Strassenrechnung. Bern.
- Kommission zur Überprüfung der Strassenrechnung 1982: Bericht der Kommission zur Überprüfung der Strassenrechnung. Bern.

- LAVOC Laboratoire des voies de circulation, Dumont A.-G., Perret J., Torday A. (EPFL) 2000: Compte routier, Vérification des coefficients de répartition des coûts. Lausanne.
- Link H., Becker A. (DIW), Matthews B., Nash C. (ITS), Martin J.C. (ULPG), Ruijgrok C. (TNO) 2007: GRACE – Generalisation of Research on Accounts and Cost Estimation, Estimation of variable infrastructure costs. Annex A1 to Deliverable 5, Berlin and Leeds.
- Link H., Stuhlemmer A. (DIW), Haraldsson M (VTI), Abrantes P., Eheat P. Iwnicki S., Nash C., Smith A. (ITS) 2007: Cost Allocation Practices in the European Transport Sector. Deliverable 1 of CATRIN – Cost Allocation of TRansport INfrastructure costs.
- Link H., Kalinowska D., Kunert U., Radke S. (2009), Wegekosten und Wegekostendeckung des Strassen- und Schienenverkehrs in Deutschland im Jahre 2007. DIW Berlin.
- Marti M. and Neuenschwander R. (Ecoplan) 2007: GRACE – Generalisation of Research on Accounts and Cost Estimation, Case study 1.2E: Track Maintenance Costs in Switzerland. Annex to Deliverable 3 Marginal cost cost studies for road and rail transport, Bern and Leeds.
- Perret J., Ould Henia M. 2010: Compte routier: Actualisation des coefficients pour la répartition des coûts liés au poids (rapport final), J. Perret und M. Ould Henia (nibuXs), im Auftrag des Bundesamtes für Statistik BFS, Ecublens (VD).
- Prognos/IWW 2002: Wegekostenrechnung für das Bundesfernstrassennetz unter Berücksichtigung der Vorbereitung einer streckenbezogenen Autobahnnutzungsgebühr. Berlin.
- Prograns/IWW 2007: Aktualisierung der Wegekostenrechnung für die Bundesfernstrassen in Deutschland. Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Basel und Karlsruhe.
- Richtlinie 2006/38/EG 2006: des Europäischen Parlaments und Rates vom 17. Mai 2006 zur Änderung der Richtlinie 1999/62/EG über die Erhebung von Gebühren für die Benutzung bestimmter Verkehrswege durch schwere Nutzfahrzeuge. Brüssel.
- Scazziga I. 1984, Ermittlung der gewichtsbedingten Mehrkosten in der Strassenrechnung, ISETH-ETHZ.
- Schweizer M. (BFS) 2003: Schweizerische Strassenrechnung, Revision 2000. Schlussbericht, Version 2, Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.
- Slembeck T. (Uni SG), Graf S. (ZHW) 2002: Gutachten über die Anrechnung der Mehrwertsteuer in der Schweizerischen Strassenrechnung, Revision Strassenrechnung 2000. St. Gallen und Winterthur.