

BUNDESAMT FÜR STATISTIK
BUNDESAMT FÜR RAUMENTWICKLUNG

AKTUALISIERTE SCHÄTZUNG ZUM SCHWERVERKEHRS-BEDINGTEN ANTEIL AN DEN STRASSENKOSTEN

inFRAS

Synthesebericht

ECOPLAN



SNZ Ingenieure und Planer AG

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

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

INFRAS SNZ ECOPLAN

**AKTUALISIERTE SCHÄTZUNG ZUM
SCHWERVERKEHRS-BEDINGTEN ANTEIL
AN DEN STRASSENKOSTEN**

Synthesebericht

Auftraggeber

Bundesamt für Statistik

Bundesamt für Raumentwicklung

Autoren

Markus Maibach (INFRAS)

Martin Buck (SNZ)

Christoph Lieb (Ecoplan)

Mitglieder der Begleitgruppe

Jean-Marc Pittet, Daniel Fink, (BFS),

Ueli Balmer (ARE),

Markus Liechti (BAV)

Manfred Zbinden (ASTRA)

Zürich / Bern, 18. September 2013

MSR2-Synthesebericht-18092013-final.docx

INHALT

Zusammenfassung	4
1. Einleitung	11
2. Überprüfung der heutigen Methodik	13
2.1. Heutige Praxis	13
2.2. Vergleich mit Theorie und Praxis im Ausland	14
2.3. Beurteilung der heutigen Methodik	18
3. Detailanalyse der Kostenanteile	20
3.1. Ansatz und Vorgehen	20
3.2. Festlegungen	21
3.3. Ergebnisse aus typischen Beispielen	29
3.3.1. Gewichtsbedingte Kosten	29
3.3.2. Dimensionsbedingte Kosten	30
3.3.3. Kapazitätsbedingte Kosten	31
3.3.4. Weitere Aspekte	32
3.4. Ergebnisse: Kostenanteile Schwerverkehr	33
4. Empfehlungen für die Anpassung der Allokationsmethode	36
4.1. Vergleich mit den bisherigen Grundlagen	36
4.2. Aggregation der SV-bedingten Mehrkosten	38
4.3. Neue Allokationsmethode	39
4.4. Weitergehende Empfehlungen	44
5. Auswirkungen der Revisionspunkte	45
5.1. Vorgehen und Ausgangsbasis	45
5.2. Neue Allokationsmethode	46
Anhang 1: Dokumentation und Experten	49
Anhang 2: Projektbeispiele für die gewichtsbedingten Faktoren	50
Glossar	54
Literatur	56

ZUSAMMENFASSUNG

Bedarf nach Anpassung der Methode zur Allokation der Schwerverkehrskosten

Im Rahmen der BfS-Arbeiten zur Revision der Transportrechnung 2010 soll auch die Strassenrechnung an neue methodische Erkenntnisse angepasst werden. Ein wichtiger Punkt ist dabei die Aktualisierung der Allokationsmethode zur Ermittlung der schwerverkehrsbedingten Kosten. In einer ersten Zusatzstudie zur Transportrechnung (Methodikbericht INFRAS/Ecoplan 2011) sind verschiedene Revisionspunkte für die Strassenrechnung untersucht und Vorschläge für deren Umsetzung oder Vertiefung ausgearbeitet worden. Es hat sich gezeigt, dass ein zentraler Revisionspunkt die Aktualisierung der schwerverkehrsbedingten Faktoren und Allokationsschlüssel ist.

Die Überprüfung der heutigen Methode (u.a. auch im Vergleich mit der Praxis im Ausland) zeigt, dass der Ansatz einseitig auf die gewichtsabhängigen Kosten abstützt, die Grundlagen nicht mehr aktuell sind und die Allokationsschlüssel zum Teil von der gängigen Praxis abweichen. Simulationen zeigen, dass die Schweizer Methode im Vergleich zum Ausland zu vergleichsweise tiefen Schwerverkehrsanteilen führt. Dies hat auch ein Hearing mit nationalen und internationalen Experten bestätigt.

Konzept ‚minimale Strasse‘ mit neuen Grundlagen differenzieren

Im Rahmen eines mehrstufigen Projekts sind deshalb die Faktoren zur Allokation der schwerverkehrsbedingten Kosten überarbeitet worden. Dies mit folgenden Eckpfeilern:

- › Die Methode stützt sich auf einen Expertenansatz nach dem Konzept der sogenannten **‚minimalen Strasse‘** ab. Dieses ermittelt die Zusatzkosten, die der Schwerverkehr auslöst im Vergleich zu einer Strasse, die nur für den Leichtverkehr dimensioniert wird. Unter Leichtverkehr fallen Motorräder, Personenwagen und Lieferwagen. Beim Schwerverkehr (Lastwagen, Lastenzüge, Sattelzüge, Cars) wird ebenfalls der öffentliche Busverkehr einbezogen. Dieser Ansatz bildet auch in verschiedenen ausländischen Ansätzen die Basis für die Ermittlung der Schwerverkehrsanteile.
- › Der Schwerverkehr führt insbesondere aus drei Gründen zu Mehrkosten:
 - › **Gewichtsbedingte Mehrkosten:** Aufgrund der höheren Achslasten ergeben sich höhere Verschleisskosten und höhere Ansprüche an die Befestigung der Fahrbahnen und Kunstbauten.

- › **Dimensionsbedingte Mehrkosten:** Aufgrund der grösseren Abmessungen (v.a. Breite und Höhe) ergeben sich grössere Querschnitte und damit höhere Erstellungskosten inkl. Landerwerb, sowohl auf offener Strecke als auch in Tunnels.
- › **Kapazitätsbedingte Mehrkosten:** Aufgrund der geringeren Fahrdynamik (Geschwindigkeiten, Beschleunigungsverhalten/Trägheit) ergeben sich Kapazitätseinbussen und Kosten für Zusatzstreifen.
- › Die Ermittlung der gewichtsbedingten Kosten erfolgt auf Basis einer Analyse von 67 Fallbeispielen: Eine repräsentative Stichprobe mit verschiedenen Strassentypen, verschiedenen Projektkategorien aus verschiedenen Regionen ist von Ingenieur-Spezialisten detailliert ausgewertet worden, indem - nach einzelnen Kostenkategorien differenziert - der schwerverkehrsbedingte Anteil ermittelt worden ist.
- › Das umfangreiche Normenwerk der Schweiz bietet eine zentrale Grundlage für die Ermittlung der Dimensionierungsschritte und der Kapazitätsberechnungen für verschiedene Strassenkategorien. Auf Basis einer detaillierten Auswertung sind die Schwerverkehrsanteile berechnet und auf das schweizerische Strassennetz hochgerechnet worden.
- › Eine konsistente Berechnung der einzelnen Schwerverkehrsanteile benötigt zum Schluss ein solides Mengengerüst, um die Faktoren auf die Schweiz hochzurechnen und daraus die durchschnittlichen Schwerverkehrsanteile pro Strassentyp und Kostenkategorie zu ermitteln. Die Hochrechnung beruht auf verschiedenen aktuellen Mengengerüsten (v.a. Datensatz Lärm, „sonBase“ des Bundesamtes für Umwelt, Datensatz MISTRA des Bundesamtes für Strassen).

Die Berechnungen wurden durch einen Expertenpool, bestehend aus Schweizer Fachleuten aus Wissenschaft und Praxis begleitet (vgl. Anhang 1). Zudem ist die gewählte Methodik durch ausländische Experten validiert worden.

Ergebnis: Schwerverkehrsbedingte Faktoren für Gewicht, Dimension und Kapazität

Für die einzelnen Auslöser resultieren folgende Faktoren.

- › **Gewichtsabhängige Mehrkosten:** Die 67 ausgewerteten Projektbeispiele decken gut 20% der gesamten jährlichen Strassenkosten ab und können als statistisch repräsentativ bezeichnet werden. Für die Fahrbahnen resultieren je nach Kostenkategorie und Strassentyp gewichtsabhängige Anteile von 16.3% bis 29.8%. Am höchsten sind sie für die Nationalstrassen. Bei den Kunstbauten und Nebenanlagen liegen die Anteile je nach Kostenkategorie und Strassentyp zwischen 0% und 18.1%. Im Unterschied zu den Fahrbahnen sind die Anteile für baulichen Unterhalt bei den Kunstbauten niedriger, dafür für Aus- und Neubauten höher.

- › **Dimensionsbedingte Mehrkosten:** Die Auswertung der Normenwerke hat pro Strassenkategorie die Mehrkosten ermittelt. Beispielsweise muss eine Hauptstrasse für den Schwerverkehr ausserorts 0.8m breiter gebaut werden, was zu entsprechenden Mehrkosten von 12% führt. Insgesamt resultieren dimensionsbedingte Anteile von 8.3% bis 24%. Am höchsten sind sie für den Neubau von Tunnels.
- › **Kapazitätsbedingte Mehrkosten:** Der Schwerverkehr senkt je nach Strassenkategorie, Verkehrsanteil und Steigung die Kapazität. Gemäss dem schweizerischen Normenwerk beträgt beispielsweise die Abminderung bei einem LW-Anteil über 15% und je nach Steigung auf Nationalstrassen zwischen 10% und 21%. Hochgerechnet auf das schweizerische gesamte Strassennetz resultieren kapazitätsbedingte Kostenanteile zwischen 1.9% und 3.7%. Sie sind auf Autobahnen aufgrund des hohen LW-Anteils höher als auf Kantonsstrassen. Für die Gemeindestrassen werden keine Mehrkosten angerechnet.

Der Vergleich mit der ursprünglichen Studie der ETH (Scazziga 1984) zeigt deutliche Unterschiede. Vergleichbar sind aber nur die gewichtsbedingten Faktoren, weil damals die Dimension und Kapazität nicht vertieft analysiert worden sind. Die aktuellen Ergebnisse ergeben tiefere Anteile für den baulichen Unterhalt, jedoch höhere für Ausbau und Neubau. Dies hängt damit zusammen, dass der Verschleiss früher eine grössere Rolle gespielt hat, während heute mit besseren (und teureren) Bauweisen dieser Verschleiss mit Investitionen in den Unter- und Oberbau verringert werden. Zu beachten ist auch, dass die damalige Stichprobe deutlich weniger detailliert war und sich auf Fahrbahnen von Kantons- und Gemeindestrassen konzentriert hat.

Mit dem heutigen Normenwerk und den Vorschriften bez. Abmessungen und Geschwindigkeiten sind zudem detaillierte Grundlagen für die Berechnung von dimensions- und kapazitätsbedingten Kosten vorhanden, was in den 80er Jahren noch nicht der Fall war.

Empfehlung für die Anpassung der Allokationsmethode

Die Übertragung der Resultate aus der Detailanalyse bedarf gewisser Aggregationen einzelner Kostenelemente, um eine praxistaugliche und transparente Allokationsmethode in der zukünftigen Strassenrechnung zu implementieren. Dabei ist es sinnvoll, zwischen gewichtsabhängigen, dimensions- und kapazitätsabhängigen Kosten zu unterscheiden, weil die Anlastung unterschiedlichen Allokationsschlüsseln folgt. Ebenfalls sinnvoll ist der Zusammenzug von Kantons- und Gemeindestrassen (Ausnahme kapazitätsbedingte Kosten), da sich die Faktoren nur wenig unterscheiden. Bei der Aggregation ist ein Korrekturfaktor einzuführen, um die gegenseitigen Abhängigkeiten der drei einzelnen Faktoren mathematisch richtig zu berücksichtigen (0.93).

Die Aggregation bei den gewichtsabhängigen Kosten erfolgt gemäss den Anteilen der einzelnen Fallbeispiele. Bei den dimensions- und kapazitätsabhängigen Kosten werden die durchschnittlichen Kostenanteile der Jahre 2004-2009 eingesetzt. Je stärker aggregiert wird, desto einfacher die Methode, desto unpräziser auf der anderen Seite der resultierende Faktor, weil sich die Kostenanteile im Lauf der Zeit ändern können. So ist zu erwarten, dass in Zukunft die Tunnelanteile (v.a. bei Nationalstrassen und Kantonsstrassen) zunehmen dürften.

Während für die Festlegung der einzelnen Faktoren die empirischen Ergebnisse beigezogen und aggregiert werden, ist es auch notwendig, die Allokationsschlüssel selbst anzupassen. Bis anhin wurden die nicht gewichtsbedingten Kosten als Kapazitätskosten bezeichnet. Diese wurden anhand der Fahrleistungen und der Fahrzeuglänge aufgeteilt. Damit wurden die Dimension und die Kapazität der Fahrzeuge indirekt berücksichtigt. Mit der nun neuen direkten Anrechnung der dimensions- und kapazitätsbedingten Kosten erübrigt sich dieser Schritt. Entsprechend ist es konsequent, die übrigen Kosten nur noch nach Fahrleistung aufzuteilen. Die Dimension Fahrzeuglänge wird nur noch verwendet, um die dimensions- und kapazitätsbedingten Schwerverkehrskosten innerhalb des Schwerverkehrs aufzuteilen.

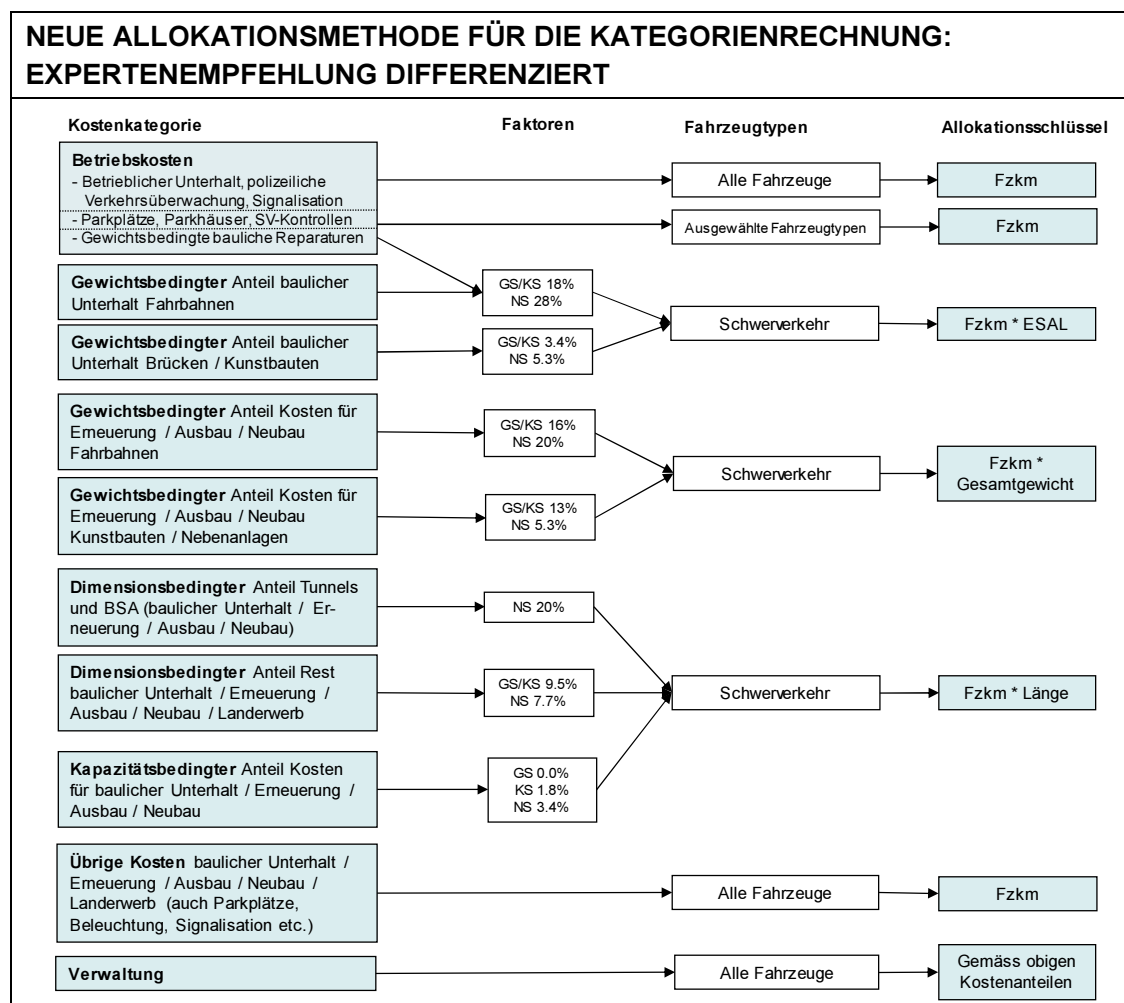
Im Weiteren sind ebenfalls die Revisionspunkte zu berücksichtigen, die bereits im Methodikbericht von INFRAS/ECoplan (2011) empfohlen worden sind; diese haben auf die Anteile der Fahrzeugkategorien ebenfalls einen Einfluss:

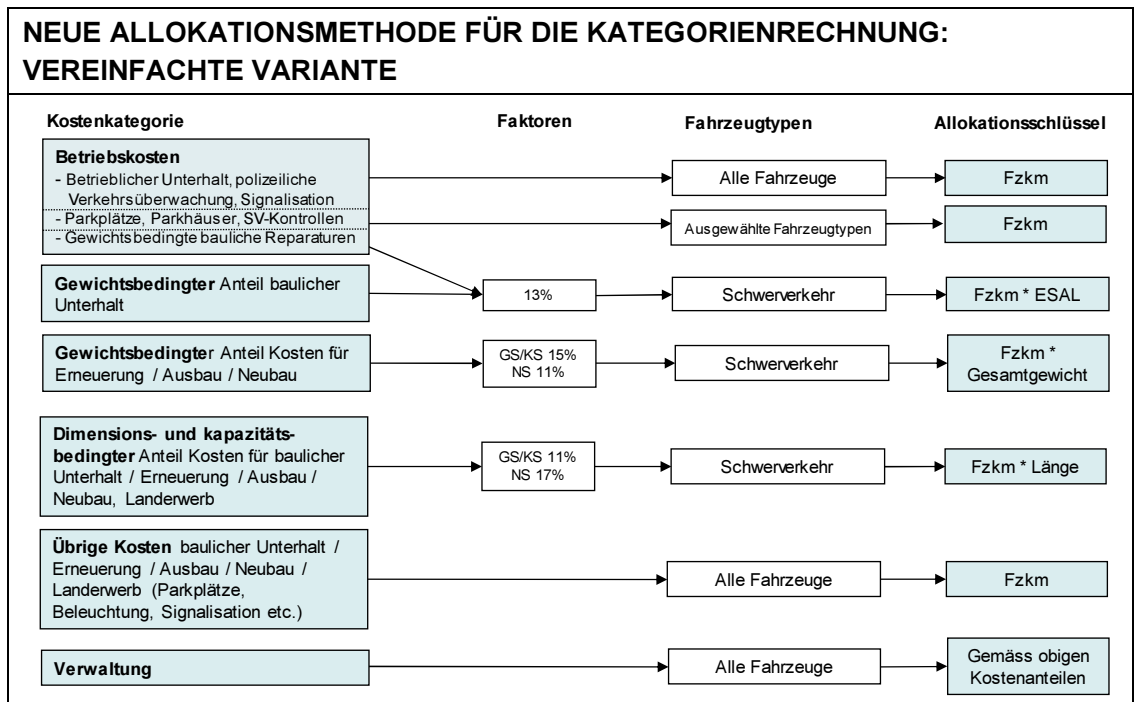
- › Verwendung des Territorialprinzips (statt wie bisher Inländerprinzip),
- › Definition neuer Fahrzeugkategorien (Vereinfachung, Kleinbusse und Anhänger werden nicht mehr separat ausgewiesen),
- › Neue Allokationsfaktoren für die Zuseheidung der gewichtsbedingten Kosten, um die Auswirkungen der 40 Tonnen Limite abzubilden,
- › Direkte Zuseheidung der Kosten auf Basis der Detailkonten (bzw. detaillierter Kostenzahlen),
- › Verzicht auf die Saldierung gewisser Einnahmen mit Ausgaben (z.B. Parkgebühren),
- › Zuseheidung der Kosten für allgemeine Verwaltung gemäss Anteilen der übrigen Kosten anstatt nach Fahrleistung.

Um der Komplexität und den Ansprüchen an die Genauigkeit unterschiedlich Rechnung zu tragen, werden für die Revision der Allokationsmethode zwei Varianten vorgeschlagen.

Zwei Varianten: Expertenempfehlung und vereinfachte Variante

Die folgenden Figuren zeigen die beiden Varianten für die neue Allokationsmethode. Die Expertenvariante ist differenziert und bildet die einzelnen Faktoren möglichst genau ab. Die vereinfachte Variante folgt der bisherigen Aufteilungslogik und reduziert die Anzahl Faktoren.





Weitergehende Empfehlungen

Auf Basis der Arbeiten und Analysen für die Neuberechnung der schwerverkehrsbedingten Kosten lassen sich folgende weitere Empfehlungen formulieren:

- › **Allokationen sonstiger SV-Kosten:** Die neu berechneten Faktoren geben auch vertiefte Aufschlüsse für weitere Kostenallokationen, insbesondere für die externen Kosten:
 - Bei der Aufdatierung der externen Kosten sind die Allokationsschlüssel zur Aufteilung der Kosten auf den Schwerverkehr vor dem Hintergrund der neuen Erkenntnisse zu überprüfen (z.B. Kosten für Natur und Landschaft).
- › **Neuer Datensatz:** Ein differenzierter und auf die Strassenrechnung ausgerichteter Datensatz (z.B. Mengengerüst Strasse, Kontenplan) erhöht die Genauigkeit der jährlichen Berechnungen:
 - Im Hinblick auf künftige Aktualisierungen soll ein auf die Bedürfnisse der Strassenrechnung ausgerichteter Datensatz entwickelt werden (Abstimmung Daten ASTRA/MISTRA, BAFU, ARE, swisstopo).
- › **Anpassung Kontenplan:** Die Analyse hat gezeigt, dass die Zusage bei den einzelnen Konten gemäss Kontenplan BFS manchmal flussend ist:
 - Mittelfristig empfiehlt sich eine Aggregation der Konten und eine Differenzierung zwischen Unterhalt/Erneuerung und Ausbau/Neubau, um den werterhaltenden bzw. wertvermehrenden Charakter der Investitionen besser abbilden zu können.

- › **Baulicher Lärmschutz:** Aufgrund der geringeren Relevanz und der ungenügenden Datenlage sind die Kosten für baulichen Lärmschutz nicht separat differenziert worden:
 - Es ist zu prüfen, ob eine separate Erfassung der Kosten für den baulichen Lärmschutz in Zukunft möglich ist.

Auswirkungen der Empfehlungen

Die Auswirkungen sind mit einem Simulationsmodell auf Basis der Zahlen der Ausgabenrechnung 2007 ermittelt worden. Interessant sind vor allem die relativen Änderungen:

- › Bereits die 2011 gemachten Empfehlungen (Territorialprinzip, direkte Zuschreibung etc.) haben einen sichtbaren Einfluss auf den Schwerverkehrsanteil. Durch diese allgemeinen Anpassungen wird der Schwerverkehr um 196 Mio. CHF stärker belastet. Damit steigt sein Anteil an den Gesamtkosten um 2.3%-Punkte von 13.0% auf 15.3%. Der Deckungsbeitrag bzw. der Deckungsgrad für den Schwerverkehr, der den zurechenbaren Ausgaben die anrechenbaren Einnahmen gegenüberstellt, sinkt um 142 Mio. von 455 Mio. auf 312 Mio. CHF bzw. von 151% auf 129%. Insgesamt (für alle Fahrzeugkategorien) bleibt der Deckungsgrad unverändert (bei 120%).
- › Mit den in dieser Studie neu ermittelten Faktoren für die Kostenanlastung steigt der Anteil des Schwerverkehrs um weitere 240 Mio. CHF. Personenwagen werden hingegen um gut 300 Mio. CHF entlastet, Lieferwagen um 36 Mio. CHF. Der Anteil des Schwerverkehrs an den Gesamtausgaben steigt von 15.3% auf 18.6%. Auch der Anteil der Motorräder nimmt um 1%-Punkt zu, während der Anteil der Personenwagen um 4.3%-Punkte sinkt. Der Deckungsgrad des Schwerverkehrs sinkt somit auf 105%. Der Gesamtdeckungsgrad (120% für 2007) bleibt unverändert.
- › Gegenüber der heute gültigen Methode (Strassenrechnung 2007) steigen also die schwerverkehrsbedingten Kosten um 436 Mio. CHF oder um 49%. 45% dieser Kostensteigerung geht auf die bisherigen Empfehlungen für eine allgemeine Revision der Transportrechnung bzw. Strassenrechnung zurück, 55% auf die hier vorliegenden Empfehlung der neuen Faktoren und Allokationsschlüssel.
- › Die Unterschiede zwischen der differenzierten Expertenempfehlung und der vereinfachten Variante sind gering (9 Mio. CHF). Sie dürften erst im Verlauf der Zeit zunehmen, wenn sich die Kostenanteile gegenüber heute verschieben.

1. EINLEITUNG

Revision der Methodik zur Ermittlung des Schwerverkehrsanteils

Die Strassenrechnung ist Teil der Transportrechnung des BFS und wird als fester Bestandteil der Verkehrsstatistik seit 1984 publiziert. Seither haben verschiedene Revisionen stattgefunden. Im Rahmen der BFS-Arbeiten zur Revision der Transportrechnung 2010 soll auch die Strassenrechnung an neue methodische Erkenntnisse angepasst werden.

In einer mit dieser Revision ausgelösten Zusatzstudie zur Transportrechnung (Methodikbericht INFRAS / Ecoplan 2011) sind verschiedene Revisionspunkte für die Strassenrechnung untersucht und Vorschläge für deren Umsetzung oder Vertiefung ausgearbeitet worden. Es hat sich gezeigt, dass ein zentraler Revisionspunkt die methodisch richtige Ermittlung des Anteils des Schwerverkehrs an den gesamten Strasseninfrastrukturkosten ist. Da die Kosten des Schwerverkehrs ein wichtiges Element zur Bestimmung der leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe (LSVA) sind, ist diesem Thema besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Überblick über die Bearbeitungsschritte

Die Überarbeitung der Methodik für die Ermittlung des Schwerverkehrsanteils ist in mehreren Schritten durchgeführt worden:

- › Der Methodikbericht (INFRAS/Ecoplan (2011) hat verschiedene Revisionspunkte vorgeschlagen, die die Kategorienrechnung allgemein betreffen, insbesondere die Anpassung der Fahrzeugkategorien, Vorschläge für die direkte Zusecheidung von Kosten und Vorschläge für die Allokation der gewichtsabhängigen Kosten.
- › Im Rahmen eines Vertiefungsmandats (unter Leitung SNZ, Martin Buck) sind detaillierte Untersuchungen für die Ermittlung der schwerverkehrsbedingten Kosten angestellt worden. Ein erster Arbeitsbericht (SNZ/INFRAS/Ecoplan 2012) hat die Methodik detailliert überprüft und Anpassungen vorgeschlagen (Phase I). Diese Methodik ist mit Hilfe von repräsentativen Detailanalysen von konkreten Projektbeispielen und Auswertungen von Strassennetzdaten validiert worden (Phase II). Resultat sind neue Faktoren für die Zuordnung der schwerverkehrsbedingten Kosten und die Allokation innerhalb der Kategorien des Schwerverkehrs (SNZ/INFRAS/Ecoplan 2013).

Organisation

Das Projekt ist von einer bundesinternen Arbeitsgruppe (BfS, ARE, ASTRA, BAV) begleitet worden. Zudem haben diverse Experten aus dem In- und Ausland dazu beigetragen, eine mög-

lichst breite fachliche Abstützung sicher zu stellen. Drei Expertenworkshops sind dazu durchgeführt worden:

- › Ein erster Expertenworkshop mit internationalen Experten (März 2011) hat die grundsätzliche methodische Ausrichtung diskutiert. Das Ergebnis ist in den Methodikbericht (INFRAS/ Eco-plan 2011) eingeflossen.
- › Ein zweiter Expertenworkshop (Mai 2012) mit Experten aus Wissenschaft und Praxis hat die Detailmethode und das Vorgehen für die Analyse von einzelnen Projekten diskutiert.
- › Derselbe Kreis hat im Rahmen eines dritten Workshops (Mai 2013) die Ergebnisse der Analyse und die Empfehlungen für neue Allokationsfaktoren diskutiert.

Der vorliegende Synthesebericht fasst die Erkenntnisse zusammen und formuliert Empfehlungen an die Projektoberleitung. Gleichzeitig werden die Auswirkungen der angepassten Faktoren auf die schwerverkehrsbedingten Kosten in der Strassenrechnung simuliert.

Im Anhang 1 findet sich eine Übersicht über die Dokumentation und die einbezogenen Experten in den verschiedenen Bearbeitungsschritten.

2. ÜBERPRÜFUNG DER HEUTIGEN METHODIK

2.1. HEUTIGE PRAXIS

Fokus: Zusätzliche gewichtsbedingte Kosten

Die Methodik und die verwendeten Prozentsätze für die Allokation der schwerverkehrsbedingten Kosten in der heutigen Strassenrechnung basieren auf einer Studie der ETH Zürich (Scazziga 1984). Ausgangspunkt ist das Konzept der sogenannten ‚minimalen Strasse‘: Berechnet wird die Differenz zwischen den Kosten für eine aktuelle Strasse und den (fiktiven) Kosten einer Strasse ohne Schwerverkehr. Die Studie konzentriert sich dabei auf die gewichtsbedingten Zusatzkosten: Infolge der höheren Achslasten entstehen einerseits höhere Ansprüche an die Strassenbefestigung und den Unter- und Oberbau, welche zu höheren Investitionskosten führen. Gleichzeitig verursacht das höhere Gewicht zusätzliche Verschleisskosten der Fahrbahn, welche die Unterhaltskosten erhöhen.

Mit der Auswertung von verschiedenen Fallbeispielen konnten die Kostenanteile für verschiedene Projektelemente (Landerwerb, Projektierung und Bauleitung, Erdbau, Oberbau, Beläge sowie Kunstbauten und Nebenanlagen) mit prozentualen Anteilen an den gesamten Projektkosten beziffert werden.

Im Gefolge der Erhöhung der Gewichtslimite von 28 auf 40 Tonnen ergab sich Anpassungsbedarf. Eine Studie der EPF Lausanne (LAVOC 2000) hat die Methodik überprüft. Auf dieser Basis sind die prozentualen Anteile für Neubau, Verbesserung und Ausbau angepasst worden. Mangels besserer Datengrundlagen für die Allokation der gewichtsbedingten Kosten sind jedoch die Prozentanteile des Schwerverkehrs für den baulichen Unterhalt nicht revidiert worden. Anpassungen erfuhr der Allokationsschlüssel innerhalb der Kategorie Schwerverkehr mittels sogenannter Aggressivitätsfaktoren, die die unterschiedlichen Schäden der verschiedenen Fahrzeugkategorien (insbesondere die neuen 40 Tonnen LW) besser abbilden sollen.

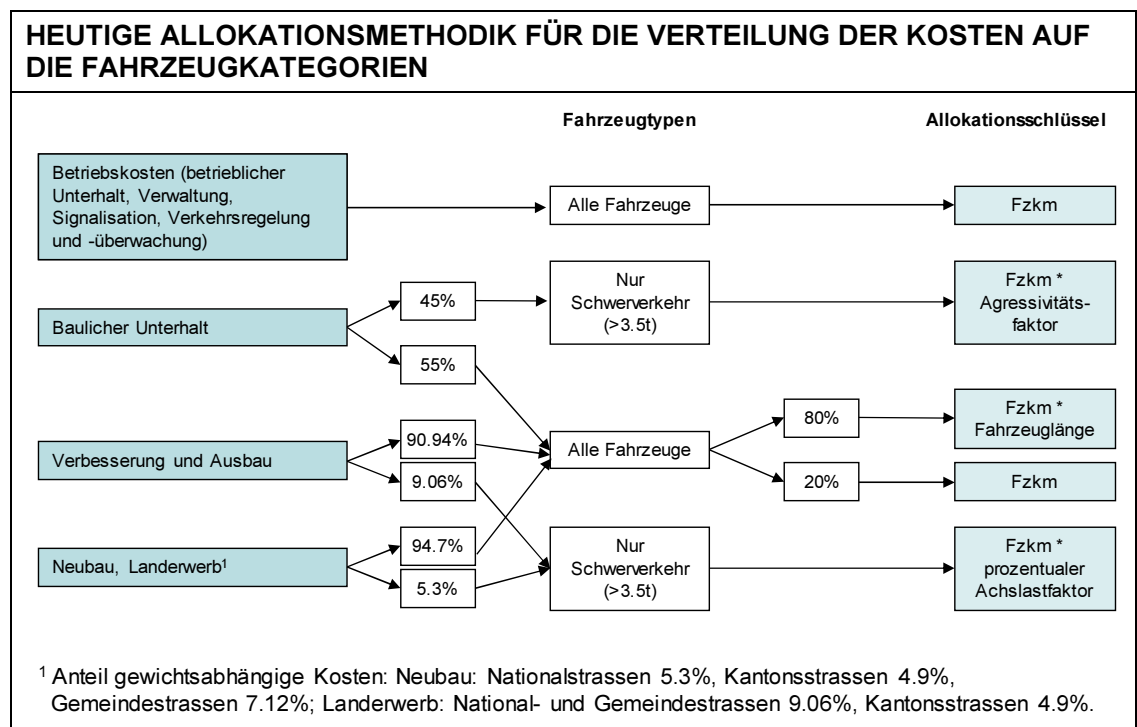
Heutige Allokationsmethodik

Die folgende Figur zeigt die heutige Allokationsmethodik; sie erfolgt in zwei Stufen:

- › **Direkte Zuschreibung:** Nach Kostenarten differenziert werden zunächst prozentuale Anteile ermittelt, die direkt dem Schwerverkehr zugeschrieben werden. Die Aufteilung dieser schwerverkehrsbedingten Kosten auf die einzelnen Fahrzeugkategorien (gemäss maximal zulässigem Gesamtgewicht) erfolgt mit Hilfe von Allokationsschlüsseln (z.B. Aggressivitätsfaktoren für

den baulichen Unterhalt, prozentuale Achslastfaktoren für Neubau, Verbesserung und Ausbau).

- › **Aufteilung der übrigen Kosten.** Die übrigen Kosten werden als Kapazitätskosten bezeichnet und gemäss der Fahrleistung und Fahrzeuglänge auf alle Fahrzeugkategorien (PW und LW) aufgeteilt.



Figur 1 Quelle: INFRAS / Ecoplan (2011), basierend auf Bfs (2003)

2.2. VERGLEICH MIT THEORIE UND PRAXIS IM AUSLAND

Überblick über die Methoden: Expertenansatz im Zentrum

Die Theorie unterscheidet im Wesentlichen zwischen drei unterschiedlichen Methoden:

- › **Inkrementeller Ansatz** (Ingenieurwissenschaftlicher **Expertenansatz**): Dieser Ansatz konzentriert sich auf die schwerverkehrsbedingten Zusatzkosten auf Basis von Expertenwissen und konkreten Normen im Vergleich zu einer ‚minimalen Strasse‘ ohne Schwerverkehr. Die aktuelle schweizerische Praxis folgt diesem Ansatz in Bezug auf die gewichtsbedingten Kosten. Die Methode wird sowohl in den amerikanischen „Federal Highway Cost Allocation Studies“ angewendet (1997) als auch in der deutschen Wegekostenrechnung für Bundesfernstrassen bei der Verteilung der Kosten der Fahrbahnen (vgl. Protrans / IWW 2007). Dabei werden sowohl die Gewichte als auch die Dimension und die Kapazität der verschiedenen Fahrzeugka-

tegorien berücksichtigt. Die Analyse der Zusatzkosten dient in der Regel dazu, Schlüssel für die Verteilung der Kosten (auch als Äquivalenzziffern bezeichnet) festzulegen.

- › **Ökonometrische Analysen:** Bei diesen Ansätzen wird mit Hilfe von statistischen Regressionsanalysen untersucht, ob es zwischen verschiedenen Fahrzeugvariablen (z.B. Gewicht, Geschwindigkeit, Dimension) einen statistisch signifikanten Zusammenhang zu den Kosten gibt. Ergebnis ist eine Kostenfunktion, die es zulässt, die Kosten des Schwerverkehrs auf Basis der einzelnen Einflussfaktoren empirisch herzuleiten. Ein solches Verfahren ist in der Wegekostenrechnung Österreichs angewandt worden. Für die Schweiz liegt eine im Rahmen eines Forschungsprojekts erarbeitete Untersuchung vor (INFRAS 2002), die auf Basis einer ökonometrischen Analyse die Infrastrukturgrenzkosten für einzelne Fahrzeug- und Kostenkategorien auf Autobahnen ermittelt hat.
- › **Spieltheoretische Verfahren:** Dieser Ansatz rückt die Fairness und die Gerechtigkeit der Allokation knapper Ressourcen in den Vordergrund, welche von mehreren Gruppen gemeinsam genutzt werden. Die Spieltheorie bildet eine Verhandlungslösung ab, die sich ergibt, wenn sich die einzelnen Akteure (hier Fahrzeugkategorien) kooperativ verhalten. Eine konsistente theoretische Aufarbeitung der Spieltheorie bei der Kostenallokation im Strassenverkehr findet sich in Doll (2003). Dabei zeigt sich, dass der Ansatz im Grundsatz zu einem ähnlichen Ergebnis wie das inkrementelle Verfahren (Expertenansatz) führt. Deshalb wird das spieltheoretische Verfahren oft kombiniert mit dem Expertenansatz, zum Beispiel in der deutschen Wegekostenrechnung.

Vergleich der Praxis: Schweizer Methode führt zu niedrigen Anteilen

Die folgende Tabelle zeigt die Methodik typischer Strassenrechnungen im Vergleich. Dabei wird deutlich, dass die Praxis in der Regel auf dem inkrementellen Ansatz aufbaut. Gemeinhin gelten folgende **Anwendungsgrundsätze für Allokationsmethoden** (Europäische Kommission 1999):

- › Nicht-gewichtsabhängige variable Kosten (bzw. Kapazitätskosten) werden mittels sog. PWE (Personenwageneinheiten) oder Fahrzeuglängen und der Fahrleistung verteilt.
- › Gewichtsabhängige variable Kosten werden mittels standardisierten Achslastfaktoren (meist basierend auf dem AASHO-Test) verteilt.
- › Fixkosten werden entweder nicht dem Verkehr angelastet oder anhand der Fahrleistung oder den PWE verteilt.

Die einzelnen Schlüssel unterscheiden sich jedoch, wie die folgende Tabelle zeigt.

VERGLEICH DER PRAXIS DER ALLOKATION SCHWERVERKEHRSBEDINGTER KOSTEN IN VERSCHIEDENEN STRASSENRECHNUNGEN					
	Schweiz	Deutschland	Österreich	Niederlande	Schweden
Strassen	Alle Strassen, differenzierte Faktoren	Nur Autobahnen	ursprünglich alle Strassen, heute wg. Mautpflicht Autobahnen/Schnellstrassen	Alle Strassen	Alle Strassen
Methodischer Ansatz	Inkrementeller Ansatz	Inkrementeller Ansatz, Elemente Spieltheorie	Ökonometrischer Ansatz	Inkrementeller Ansatz	Inkrementeller Ansatz
Allokation Betriebskosten	Fahrleistung	Fahrleistung	Fahrleistung	Fahrleistung	Fahrleistung
Allokation Kosten baulicher Unterhalt	45 % gewichtsabhängig, aufgeteilt nach Aggressivitätsfaktoren Rest nach Fahrleistung/Fzglänge	vollständige Aufteilung nach Achslachsfaktoren 4. Potenz	vollständige Aufteilung nach Fahrleistung, Gesamtgewicht und Achslasten	30% Schwerkverkehr, aufgeteilt nach Achslastfaktoren 70% Aufteilung nach PWE	Unterschiedliche Faktoren für Fahrbahn und Kunstbauten, z.B. Bundesstrassen: 75% der variablen Kosten und 25% der fixen Kosten für Schwerkverkehr
Allokation Kosten Neubau, Verbesserung und Ausbau 1)	5-9% gewichtsabhängig, aufgeteilt nach Aggressivitätsfaktoren, Rest nach Fahrleistung/ Fzglänge	Vollständige Zuteilung nach PWE	vollständige Aufteilung nach Fahrleistung, Gesamtgewicht und Achslasten	11% Schwerkverkehr, aufgeteilt nach Achslastfaktoren 89% Aufteilung nach PWE	Für Bundesstrassen: 21% Schwerkverkehr, aufgeteilt nach Achslastfaktoren 79% Aufteilung nach PWE

1) Während die Schweiz für Neubau und Verbesserung/Ausbau unterschiedliche Allokationsfaktoren einsetzt, differenzieren andere Länder zwischen diesen Kostenarten nicht.

Tabelle 1 Quelle INFRAS-Ecoplan 2011, auf Basis DIW/VTI/ITS 2008

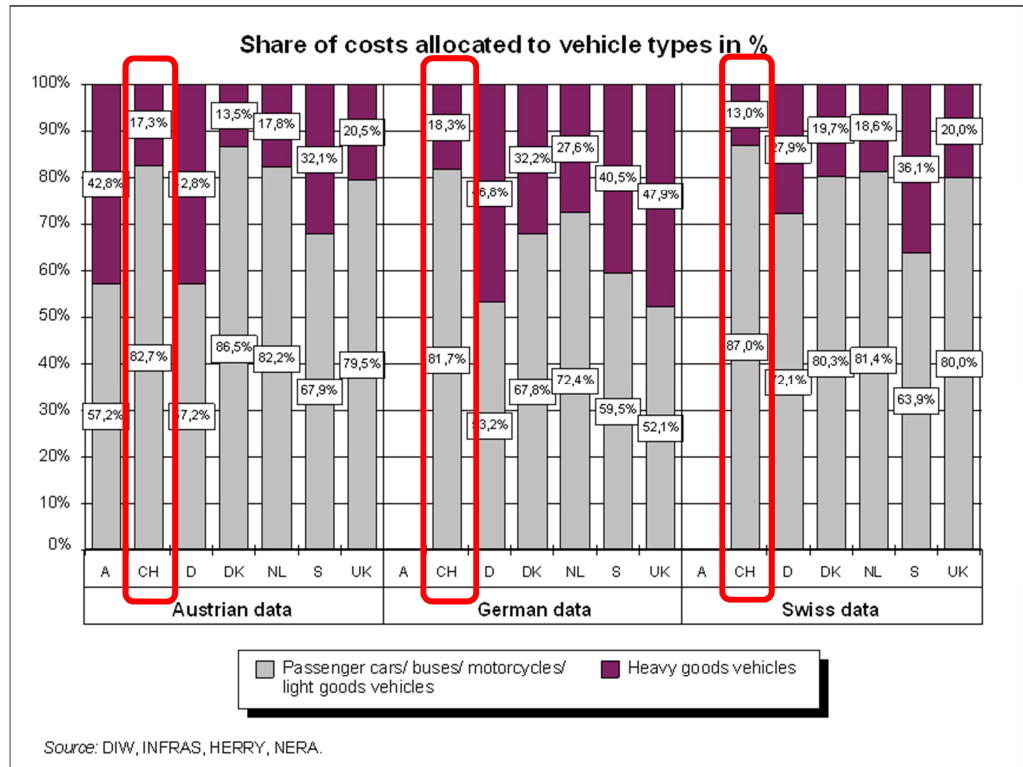
Um die aus der schweizerischen Kostenaufteilung resultierenden Anteile international zu vergleichen, bieten sich die zwei aktuellsten Studien zu den Wegekosten in Deutschland an. In der letzten Mautkostenerhebung (Protrans/IWW 2007) wurden die Kosten für das Bundesautobah-

nen- und Bundesfernstrassennetz unter anderem auf Basis einer Erhebung der einzelnen Baubestandteile (mit je eigenen Kostenverteilungsschlüsseln) ermittelt, was vom Ansatz her dem inkrementellen Verfahren entspricht. Dabei zeigt sich ein deutlich geringerer Anteil der gewichtsabhängigen Kosten in der Schweiz gegenüber den in den beiden letzten deutschen Wegekostenstudien ausgewiesenen Anteilen (ca. um 4.5% bis 7% geringer). Der geringere Anteil an gewichtsabhängigen Kosten in der schweizerischen Strassenrechnung führt unmittelbar zu einer geringeren Belastung des Schwerverkehrs in der Schweiz.

Die Wirkung von unterschiedlichen Allokationsschlüsseln zeigt sich exemplarisch in Figur 2: In Simulationsrechnungen einer EU-Studie (DIW, Infracore, Herry und NERA, 1998) wurden die Verkehrsdaten von Österreich, Deutschland und der Schweiz mit den Allokationssystemen verschiedener europäischer Länder ausgewertet. Die Berechnungen zeigten erhebliche Unterschiede. Das schweizerische Allokationsverfahren führte immer zu einer vergleichsweise tiefen Kostenanlastung beim Schwerverkehr: Bei der Verwendung österreichischer Verkehrsdaten resultierten 17.3%, bei deutschen Daten 18.3% und bei Schweizer Daten 13.0%. Werden Allokationsverfahren aus anderen europäischen Ländern verwendet, ergaben sich Kostenanlastungen an den Schwerverkehr von bis max. 47.9% (englisches Allokationsverfahren mit Verwendung von deutschen Verkehrsdaten).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die schweizerische Strassenrechnung im internationalen Vergleich zwar auf fundierten Grundlagen beruht, demgegenüber aber eher unübliche Allokationsschlüssel berücksichtigt, insbesondere die proportionalen Achslastfaktoren und den Aggressivitätsfaktor. Die resultierenden Schwerverkehrsanteile sind vergleichsweise niedrig.

ANTEIL SCHWERVERKEHR BEI UNTERSCHIEDLICHEN ALLOKATIONSVERFAHREN



Figur 2 Das schweizerische Allokationsverfahren führt vergleichsweise zu niedrigen Schwerverkehrsanteilen
Quelle: DIW, Infrass, Herry und NERA (1998).

2.3. BEURTEILUNG DER HEUTIGEN METHODIK

Expertenansatz weiterhin sinnvoll

Im **Zentrum** steht der **Expertenansatz**, konkret das **inkrementelle Verfahren** (auch Ansatz der minimalen Strasse genannt). Mehrere Gründe sprechen für dieses Verfahren:

- › Der Expertenansatz passt unmittelbar zur Grundmethodik der schweizerischen Strassenrechnung und garantiert Kontinuität. Er ist methodisch transparent. Die internationale Praxis stützt sich in der Regel auf wichtige Elemente dieses Ansatzes ab.
- › Das ökonomische Verfahren kann für die Aufteilung der Kosten von Neubauten kaum sinnvoll eingesetzt werden, weil die Schwerverkehrsanteile auf den einzelnen Strassentypen zu wenig variieren und vor allem schwerverkehrsbedingte Investitionen ungenügend differenziert werden können. Spieltheoretische Verfahren sind solange transparent und umsetzbar, als sie das inkrementelle Verfahren unterstützen und theoretisch untermauern, beispielsweise bei der Frage, welche Strassen gebaut würden, wenn es keinen Schwerverkehr gäbe.

Zu beachten ist allerdings, dass der Expertenansatz naturgemäss teilweise auf subjektiven Experteneinschätzungen beruht. Umso wichtiger ist es, auf objektiven Grundlagen aufzubauen und diese an repräsentativen Projekten zu messen. Basis dazu sind aktuelle Strassenprojekte und die gültigen Strassenbaunormen für die einzelnen Bauwerke und Prozesse.

Überprüfung der Faktoren für schwerverkehrsbedingte Anteile notwendig

Auf Basis des inkrementellen Expertenansatzes ist es weiterhin sinnvoll, schwerverkehrsbedingte Anteile bei den einzelnen Kostenarten (baulicher Unterhalt, Verbesserung, Neubau, Ausbau, Landerwerb) zu unterscheiden. Die zur Zeit verwendeten Faktoren sind allerdings veraltet, beruhen nicht auf dem neuesten Normenwerk und repräsentieren das Strassennetz nicht mehr. Deshalb ergibt sich ein Bedarf nach einer detaillierten Überarbeitung. Dabei sollen das Konzept der ‚minimalen Strasse‘ konsequent angewendet und alle Zusatzkosten des Schwerverkehrs analysiert werden.

Anpassung der Allokationsschlüssel

Die Aufteilung der schwerverkehrsbedingten Kosten und der Kapazitätskosten muss sich einerseits an der Überprüfung der schwerverkehrsbedingten Anteile orientieren, andererseits die Erkenntnisse aus dem Ausland berücksichtigen:

- › **Aggressivitätsfaktoren und Achslastfaktoren:**¹ Im Rahmen einer separaten Studie von Perret & Ould Henia (2010) wurden die bisher in der Strassenrechnung verwendeten Schlüssel „Aggressivitätsfaktor“ und „prozentualer Achslastfaktor“ überprüft. Dabei wurden die Auswirkungen der Einführung der 40t-Gewichtslimite beim schweren Güterverkehr ebenso berücksichtigt wie die vorgeschlagene Anpassung der Fahrzeugkategorien. Demnach soll für die Allokation der gewichtsabhängigen Kosten die standardisierte Achslast eines gesamten Fahrzeugs (ESAL) anstelle des bisherigen Aggressivitätsfaktors verwendet werden, sowie das Gesamtgewicht der Fahrzeuge anstelle des bisherigen prozentualen Achslastfaktors.
- › Verwendung der Fahrzeuglänge zur **Allokation der Kapazitätskosten:** Wenn das Konzept der minimalen Strasse konsequent umgesetzt wird und auch weitere Zusatzkosten dem Schwerverkehr direkt zugeschrieben werden, sind auch die Allokationsschlüssel für die übrigen Kosten (heute als Kapazitätskosten bezeichnet), zu überarbeiten.

¹ Diesen Revisionspunkten (plus eine verbesserte direkte Zuschreibung von Kosten) hat die Projektoberleitung bereits 2012 zugestimmt.

3. DETAILANALYSE DER KOSTENANTEILE

3.1. ANSATZ UND VORGEHEN

Hypothetischer Ansatz: Dimensionierung auf den Leichtverkehr

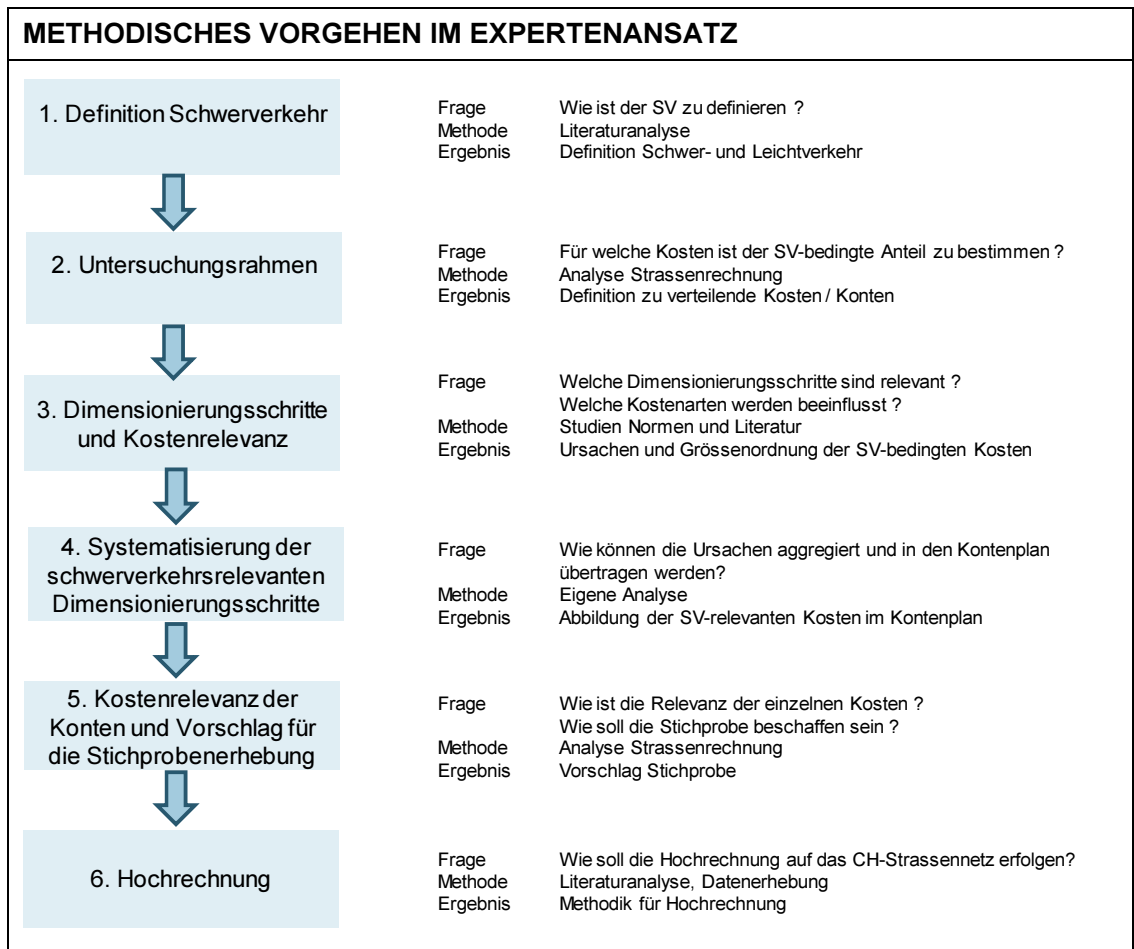
Welche Zusatzkosten verursacht der Schwerverkehr im Vergleich zu einem Zustand einer hypothetischen Dimensionierung der Strassen auf den Leichtverkehr? Die Dimensionierung auf den Leichtverkehr und die Ermittlung der Kostendifferenz ist die inhaltliche Kernaufgabe der Überarbeitung der schwerverkehrsbedingten Anteile und soll unter anderem anhand einer Stichprobe von Strassenbauprojekten untersucht werden.

Die Anwendung des hypothetischen Ansatzes erfordert profundes bauingenieur-technisches Wissen, indem für irgendein beliebiges Strassenprojekt die Dimensionierungs- und Kosten-schätzungsprozesse nochmals mit der Prämisse „Dimensionierung auf Leichtverkehr“ analysiert und die kostenrelevanten Unterschiede in begründeter Form festgehalten werden müssen.

Das Bauingenieurwesen stützt sich auf Erfahrungen mit konkreten Projekten und das darauf basierende Normenwerk ab. Je nach Fragestellung besteht dabei ein gewisser Ermessens- und Auslegungsspielraum. Im Folgenden soll deshalb dieser Ermessensspielraum ausgeleuchtet und eine Systematik vorgeschlagen werden, wie die Dimensionierung auf Leichtverkehr bei der Untersuchung der Fallbeispiele zu erfolgen hat. Die Vorschläge basieren auf der langjährigen Erfahrung von in der Praxis tätigen Ingenieuren und wurden im Rahmen der Expertenworkshops mit Fachleuten diskutiert und bereinigt.

Vorgehensschritte

Die folgende Figur zeigt das gewählte methodische Vorgehen im Expertenansatz:



Figur 3 Quelle SNZ/INFRAS/Ecoplan 2013

3.2. FESTLEGUNGEN

1) Definition Schwerverkehr

Der Schwerverkehr ist gemäss BfS definiert als Fahrzeuge über 3.5t maximales Gesamtgewicht. Diese Definition gelangt auch hier zur Anwendung. Für die Bestimmung der gewichts-, dimensions- und kapazitätsbedingten Kosten sind das tatsächliche Gewicht, die tatsächliche Dimension und die tatsächliche Fahrdynamik massgebend. Dazu zählen auch die Busse des öffentlichen Verkehrs. Damit ergeben sich für den vorliegenden Bericht folgende Definitionen, die von einer Schwelle von 3.5t ausgehen:

- › **Schwerverkehr:** Lastwagen, Lastenzüge, Sattelzüge, Cars und öffentliche Busse
- › **Leichtverkehr:** Personenwagen, Lieferwagen, Motorräder, Mofas.

In einem zweiten Schritt wird der Schwerverkehr dann aufgeteilt in ÖV-Busse und LSVA-relevanten Schwerverkehr.²

Der grösste Teil des Leichtverkehrs wird von Personenwagen und Motorrädern erbracht (rund 93%, BfS 2010). Beim Leichtverkehr bestimmt aber die Grösse der Lieferwagen die Dimensionierung der Strassen. Deshalb ist es konsequent, auf die Lieferwagen abzustützen, obwohl sie nur 6% der Fahrleistung ausmachen. Die folgende Tabelle zeigt die Eckpunkte für die Dimensionierung des Schwerverkehrs.

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

Figur 4

2) Untersuchungsrahmen: Kostengliederung

Die Strassenrechnung unterscheidet heute für die drei Strassentypen Nationalstrassen, Kantonsstrassen und Gemeindestrassen folgende Kosten: Verwaltungsausgaben, Betriebskosten, Kosten für baulichen Unterhalt, Erneuerung/Ausbau, Neubau und polizeiliche Verkehrsüberwachung.

Die Anpassung der schwerverkehrsbedingten Anteile bezieht sich schwergewichtig auf die Kostenarten baulicher Unterhalt, Erneuerung/Ausbau und Neubau. Dabei stellt sich die Frage, inwieweit nach einzelnen Bauwerkstypen zu unterscheiden ist. Massgebend sind einerseits der Einfluss des Schwerverkehrs, die Datenlage und die Relevanz der einzelnen Kostenarten. Für die Strukturierung der Stichprobe und die Detailuntersuchung wurde folgende Gliederung gewählt:

² In der aktuellen Strassenrechnung werden die ÖV-Busse beim Schwerverkehr ausgeklammert und separat aufgeführt, damit der Schwerverkehr mit der Abgrenzung der LSVA-pflichtigen Fahrzeuge kompatibel ist. Die LSVA-pflichtigen Fahrzeuge werden aufgrund der gewählten Allokationsschlüssel (Achslasten) unterschiedlich belastet.

- › **3 Strassenkategorien:** Nationalstrassen, Kantons- und Gemeindestrassen,
- › **4 Kostenkategorien:** Baulicher Unterhalt, Erneuerung/Ausbau, Neubau, Landerwerb³
- › **2 Bauwerkstypen:** Fahrbahnen, Kunstbauten / Nebenanlagen.

Bei den Nationalstrassen werden diese noch weiter differenziert: Brücken/Kunstbauten, Betriebs- und Sicherheitsausrüstung (BSA), Tunnel, Diverses.

Auf Basis dieser Struktur werden die einzelnen Stichproben gegliedert und auch hochgerechnet. Für den Einbau der neuen schwerverkehrsabhängigen Faktoren in die Strassenrechnung werden weitere Aggregationen vorgenommen (vgl. Kapitel 4).

3) Dimensionierungsschritte und Kostenrelevanz

Wo fallen welche Zusatzkosten an und wie können sie begründet werden? Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Zusatzkosten des Schwerverkehrs und ihre Bestimmungsfaktoren und Relevanz. Zu unterscheiden ist zwischen verschiedenen Faktoren (Gewicht, Dimension, Kapazität, weitere), die alle einen Einfluss auf die Ausgestaltung einzelner Infrastrukturelemente haben.

ZUSATZKOSTEN DES SCHWERVERKEHRS		
Infrastrukturelement	Betroffene Kosten	Effekt/Auswirkung 1)
Gewichtsbedingte Faktoren		
Verschleiss der Fahrbahnen	Baulicher Unterhalt	Höhere Achslasten, bzw. höhere Zahl an Achslastübergängen verkürzen die Lebensdauer des Oberbaus. Die Differenz ergibt sich aus den tatsächlichen Unterhaltskosten.
Fundament Ober- und Unterbau Fahrbahn	Erneuerung/Ausbau und Neubau	Höhere Achslasten benötigen zusätzliche Massnahmen für die Fundamente und setzen höhere Ansprüche an die Materialien. Die Differenz ergibt sich aus den Normen für die Oberbaudimensionierung (Verkehrslastklasse T1 für leichte Motorwagen; T4 – T6 für schwere Motorwagen).
Fundament Kunstbauten	Erneuerung/Ausbau und Neubau	Höhere Verkehrslast und höheres Gesamtgewicht erhöhen Ansprüche an Tragwerkskonzept und Fundation (z.B. Brücken). Massgebend sind die entsprechenden SIA-Normen.
Trassierungsparameter	Erneuerung/Ausbau und Neubau	Höhere Kosten weil geringere Flexibilität bei der vertikalen Linienführung (geringere Längsneigung zur Vermeidung von grossen Steigungen)

³ Die nicht gewichtsabhängigen Betriebskosten und Verwaltungskosten sind nicht vertieft worden, da sie nicht speziell vom SV-Anteil abhängig sind (vgl. Kapitel 4.3).

ZUSATZKOSTEN DES SCHWERVERKEHRS		
Infrastrukturelement	Betroffene Kosten	Effekt/Auswirkung 1)
Dimensionsbedingte Faktoren		
Fahrbahnbreite	Alle Kosten, inkl. Landerwerb	Die grössere Fahrzeugbreite der LW erfordert auch eine zusätzliche Strassenbreite von 5-25% (je nach Strassentyp). Massgebend sind die entsprechenden Normen, die sich auf die Fahrzeugabmessungen beziehen.
Knotengrösse	Alle Kosten, inkl. Landerwerb	Zur Ermöglichung der Abbiegevorgänge mit den Schleppkurven für LW sind gemäss den massgebenden Normen grössere (25-50%) Knoten und Kreisel notwendig.
Tunnelquerschnitt	Alle Kosten Tunnelbauwerke	Die LW-Höhe führt zu grösseren Tunnelprofilen. Der Vergleich mit einem reinen Leichtverkehrs-Tunnel führt zu dimensionsbedingten Unterschieden bei Erneuerung/Ausbau und bei Neubau von 15%-30%.
Lichte Höhe Kunstbauten; Überkopf-Signalisation	Alle Kosten Kunstbauten und Nebenanlagen (ohne Tunnel)	Die LW-Höhe führt bei Überführungsbauwerken kaum zu nennenswerten Mehrkosten.
Kapazitätsbedingte Faktoren		
Bereitgestellte Strassenkapazität	Ausbau- und Neubau, baulicher Unterhalt	Die unterschiedliche Fahrdynamik (Trägheit, Beschleunigungsvorgänge) zwischen Leicht- und Schwerverkehr (Höchstgeschwindigkeiten, Platzbedarf) kann zu Kapazitätsabminderungen von 5-20% führen. Zudem sind auf steilen Strecken Zusatzstreifen (Kriechspuren) notwendig. Massgebend sind die Normen für die Ermittlung der Kapazitätsreduktion. ⁴
Weitere Kosten		
Lärmschutz	Zusatzkosten Lärmschutzmassnahmen	Die höhere Lärmwirkung der LW führt zu einem höheren Aufwand für Lärmschutz (z.B: Lärmschutzwände). Die Zusatzkosten liegen im Bereich von 10 – 20%.
Betriebs- und Sicherheitsausrüstung Passive Sicherheit	Zusatzkosten Betriebs- und Sicherheitsanlagen (BSA)	Die unterschiedlichen Sicherheitsanforderungen für schwere Motorfahrzeuge erhöhen die Ausrüstungsansprüche. Die Zusatzkosten sind vor allem bei der Tunnellüftung relevant.

1) Die Relevanz ergibt sich aus einer Detailauswertung des CH-Normenwerks (VSS-Normen, SIA-Normen). Die Details sind in den Expertenberichten SNZ/INFRAS/Ecoplan 2012/2013 festgehalten.

Tabelle 2 Schattiert sind die relevanten Kosten dargestellt, die im Rahmen der Studie quantifiziert worden sind.

⁴ Hier handelt es sich um zusätzliche Infrastrukturkosten (höhere Ausbaurkosten), dies im Unterschied zu den Staukosten, die sich auf die Zeitverluste beziehen.

4) Systematisierung und Vergleich mit bisherigem Ansatz

Die Detailanalyse der einzelnen Einflussfaktoren auf die unterschiedliche Ausgestaltung der einzelnen Infrastrukturelemente der Strassen und die Diskussion mit den Experten hat deutlich gezeigt, dass es sinnvoll ist, die Faktoren zu differenzieren. Neben den gewichtsbedingten Faktoren spielen dimensionsbedingte Faktoren eine wichtige Rolle. Hinzu kommt die Tatsache, dass der Schwerverkehr die Kapazität der Strasse überdurchschnittlich beansprucht. Auf Basis der aktuellen Normen lassen sich diesbezügliche Unterschiede zum Leichtverkehr festhalten, die einen expliziten Einfluss auf die Mehrkosten haben. Die Normen ermöglichen auch eine Quantifizierung.

Im Vergleich zum heutigen Ansatz der Strassenrechnung bedeutet dies demnach, dass nicht nur die gewichtsbedingten Faktoren zu aktualisieren sind, sondern auch weitere Faktoren hinzukommen sollen, die die Auswirkungen unterschiedlicher Dimensionen und Kapazitätsverhältnisse berücksichtigen. Grundsätzlich ist dies bereits in den ursprünglichen Studien (Scazziga 1984) zur Strassenrechnung anerkannt worden. Auf Basis der damaligen Grundlagen und Vorgaben beschränkte sich aber die Berechnung auf die gewichtsabhängigen Kosten (vgl. Kap. 4.1). Der Expertenworkshop hat klar gezeigt, dass eine solche Differenzierung nach verschiedenen Kostenarten und schwerverkehrsbedingten Einflussfaktoren zielführend ist.

5) Ausgestaltung der Stichprobe für die Fallbeispiele

Für die Analyse der **gewichtsbedingten Mehrkosten** werden insgesamt 67 repräsentative Projektbeispiele ausgewählt, die die verschiedenen Strassentypen, Kostenarten und Bauwerkstypen in Bezug auf die Kostenrelevanz repräsentieren. Die Projekte stammen vom ASTRA, von den Kantonen Bern, Zürich, Uri und Jura sowie von den Städten Zürich und Luzern. Basis bilden die detaillierten Projektunterlagen (Berichte, Pläne, Kostenabrechnungen). Die folgende Tabelle zeigt die Anzahl differenziert auf. Dabei wird auch ersichtlich, dass für alle relevanten Kostenbereiche Fallbeispiele eruiert worden sind. Die insgesamt 67 Fallbeispiele repräsentieren mehr als 20% der gesamten jährlichen Strassenkosten. Die konkreten Projekte sind im Anhang 2 aufgeführt.

Demgegenüber werden die **dimensions- und kapazitätsbedingten Mehrkosten** auf Basis der Analyse des Normenwerks pro Strassentyp bestimmt und hochgerechnet (s. Schritt 6). Die Fallbeispiele dienen der Validierung der normenbasierten Annahmen.

FALLBEISPIELE ZUR ERMITTLUNG DER GEWICHTSABHÄNGIGEN KOSTEN							
	Fahrbahnen			Kunstabauten und Nebenanlagen			Total
	baul. Unterhalt	Erneuerung/Ausbau	Neubau	baul. Unterhalt	Erneuerung/Ausbau	Neubau	
Gemeindestr.	4	5	5	4	1	4	42
Kantonsstr.	4	8			7		
Nationalstr.							
- Trasse	3	3	3				11
- Brücken				4	2	2	6
- BSA				1	1		2
- Tunnels				1	2	3	6
Total	11	16	8	10	13	9	67

Tabelle 3 Anzahl Fallbeispiele für die verschiedenen Strassentypen und Kostenarten

	Fallbeispiele repräsentieren > 20% der Gesamtkosten
	Fallbeispiele repräsentieren > 10% der Gesamtkosten
	Fallbeispiele repräsentieren 5-10% der Gesamtkosten

6) Hochrechnungen

Die Hochrechnung erfolgt entlang folgender Schritte:

Gewichtsbedingte Kosten:

1. Pro Fallbeispiel werden die gewichtsbedingten Mehrkosten ermittelt und auf die relevanten Strassentypen, Kostenarten und Bauwerkstypen übertragen. Dies erfolgt anhand einer Detailanalyse der einzelnen Kostenabrechnungen pro Projekt, zum Teil durch die Datenlieferanten (kantonale und kommunale Tiefbauämter) oder deren Beauftragte, zum Teil durch die Studiennehmer (SNZ).
2. Pro Kostenart und Strassentyp wird ein Mittelwert gebildet. Aufgrund der Repräsentativität der Stichprobe entspricht dieser dem arithmetischen Mittel der einzelnen Fallbeispiele. Die effektiven Anteile pro Untersuchungsfeld können direkt für die Festlegung der prozentualen Faktoren verwendet werden.

Dimensionsbedingte Kosten:

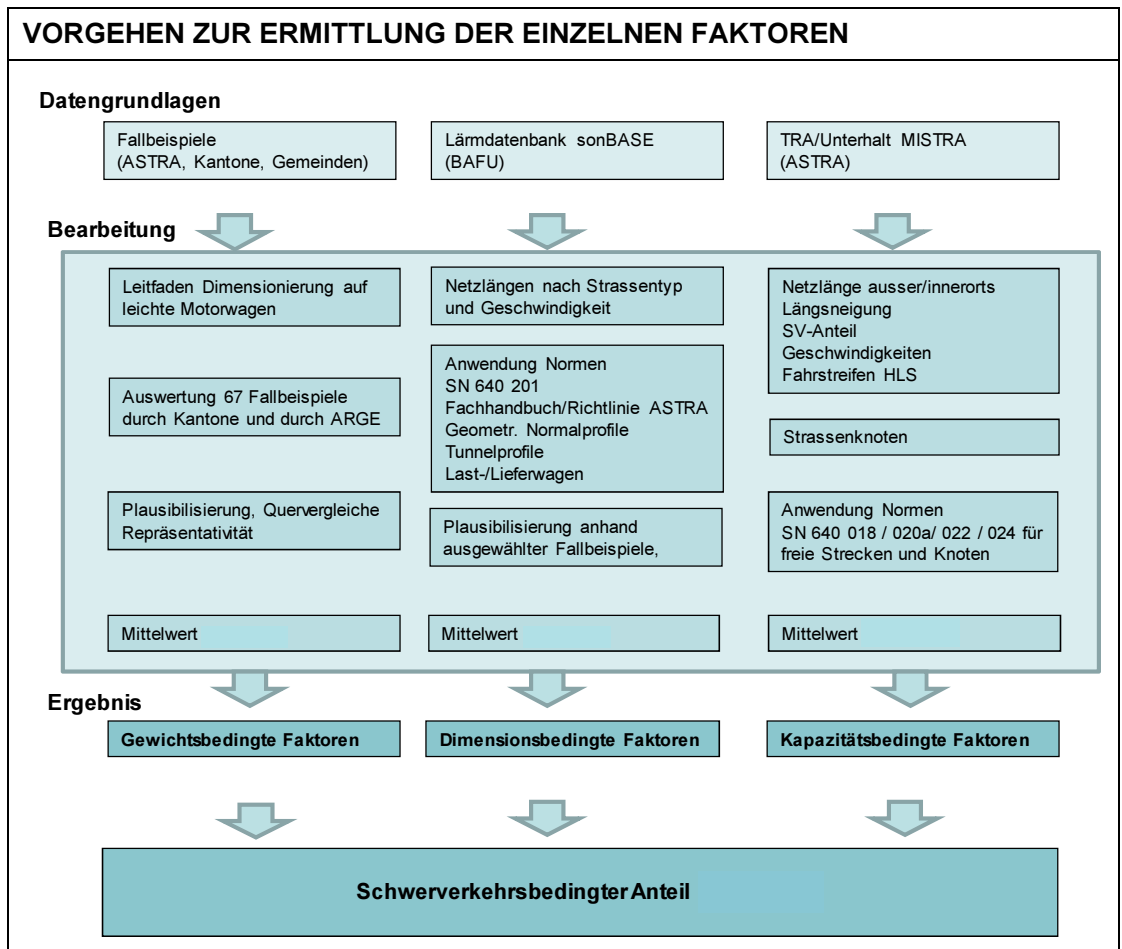
1. Pro Kostenart und Strassentyp werden die Normen spezifiziert und pro Strassentyp die geometrischen Normalprofile mit und ohne Lastwagen erarbeitet. Daraus werden die effektiven Mehrbreiten/-flächen und damit die Mehrkosten abgeleitet. Die Kunstabauten und Tunnels werden separat betrachtet.
2. Die Hochrechnung erfolgt entlang eines differenzierten Mengengerüsts Strassen. Am geeignetsten ist dafür die Datenbasis „sonBase“ des BAFU. Diese Datenbasis besteht

aus über einer Mio. Datensätzen, differenziert nach Strassentypen, Geschwindigkeiten, Steigungen, Schwerverkehrsanteil, Kunstbauten u.v.m..

Kapazitätsbedingte Kosten:

1. Die Zusammenhänge zwischen Schwerverkehrsanteil und Kapazitätsminderung werden anhand von internationalen Recherchen verifiziert.
2. Normbasierte Ermittlung der Kapazitätsminderung für Ausserorts- und Innerorts-Strecken sowie Knoten in Abhängigkeit von
 - Schwerverkehrsanteil, Geschwindigkeit, Längsneigung, Kurvigkeit
 - Fahrstreifenzahl (Autobahnen)
3. Die Hochrechnung erfolgt nach Strassenlängen und Strassentypen, wiederum mit Hilfe der Datenbank ‚sonBase‘ sowie dem Datensatz TRA/Unterhalt aus MISTRA.

Die folgende Figur zeigt schematisch das Prozedere.



Figur 5 Zu unterscheiden sind drei Faktoren: gewichtsbedingt, dimensionsbedingt und kapazitätsbedingt.

3.3. ERGEBNISSE AUS TYPISCHEN BEISPIELEN

3.3.1. GEWICHTSBEDINGTE KOSTEN

Fallbeispiel baulicher Unterhalt Fahrbahnen

Anhand der Instandhaltung der Furttalstrasse im Kanton Zürich (Grundlagen: TBA Kt. ZH, Strasseninspektorat) wird beispielhaft aufgezeigt, wie die gewichtsbedingten Kosten ermittelt worden sind:

1. Typisierung des Fallbeispiels als Grundlage für die Hochrechnung:

- › Durchschnittlicher Täglicher Verkehr (DTV): 15'000 Fahrzeuge
- › LKW-Anteil: 10%
- › Ausbaugeschwindigkeit: 80 km/h
- › Fahrbahnbreite: 7-10m
- › Fahrbahnaufbau: Charakterisierung der Deckschicht und der Binderschicht

2. Allgemeine Annahmen für die Strassengestaltung für leichte Motorwagen

- › Lebensdauer Fahrbahn: 25 Jahre (keine Veränderung)
- › Verkehrslastklassen: T1 statt T4
- › Tragfähigkeitsklasse S4 (keine Veränderung)

3. Objektspezifische Annahmen für die Strassengestaltung für leichte Motorwagen

- › Teilbelagsersatz 30mm statt 140mm (Kosteneinsparung 78%)
- › Kosteneinsparung weil verschiedene Proben/Prüfungen nicht notwendig sind
- › Minderkosten bei Baustelleneinrichtungen: 40%
- › Minderkosten Abbrüche: 78%
- › Minderkosten Belagsarbeiten: Einsparung verschiedener Einzelpositionen

4. Ermittlung der Minderkosten:

- › Anhand der detaillierten Kostenabrechnung NPK werden pro Kostenart die Minderkosten für die Dimensionierung auf leichte Motorwagen berechnet.

5. Ergebnis:

- › Für das Fallbeispiel resultieren gewichtsabhängige Kosten von 41%. Die einzelnen Anteile nach Kostenarten sind in der folgenden Tabelle festgehalten.

FALLBEISPIEL INSTANDSTELLUNG FURTTALSTRASSE KT. ZH						
NPK Kap	Strasseninstandstellung (Aufteilung nach NPK-Kapiteln)	Kosten total CHF	Kosten-anteile	Kosten Leicht-verkehr CHF	Anteil Leicht-verkehr	Gewichts-abhängiger Anteil Schwer-verkehr
113	Baustelleneinrichtungen	143'365	9%	97'891	6%	3%
117	Abbruch und Demontage	185'277	12%	86'133	5.5%	6.5%
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	15.5%	30.5%
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%

Tabelle 4 Zusammenzug auf Basis der Detailanalyse nach NPK
 Quelle: SNZ/INFRAS/Ecoplan 2013, Auszug aus Fallbeispielen

Detaillierte Analyse

Für jedes Fallbeispiel ist eine eigene detaillierte Dokumentation der Mehrkosten nach Kostenarten erstellt worden (vgl. SNZ/INFRAS/Ecoplan 2013).

3.3.2. DIMENSIONSBEDINGTE KOSTEN

Die dimensionsbedingten Kosten werden normbasiert für sämtliche Strassentypen berechnet.

Die Mehrkosten sind proportional zu den unterschiedlichen Abmessungen.⁵ Ein genereller Vergleich der effektiven Abmessungen von 16 Fallbeispielen mit den Normen hat gezeigt, dass sich sowohl gegen unten und oben Abweichungen ergeben. Insgesamt dienen deshalb die Normen als repräsentative Richtgrösse.

Die folgende Figur zeigt die Annahmen am Beispiel von Hauptstrassen ausserorts.

⁵ Damit werden auch allfällige Fixkosten bei Installationen (dies unabhängig von Strassenbreite und -höhe) anfallen, anteilig auf die einzelnen Verkehrsträger verteilt, um nicht den Leichtverkehr einseitig zu belasten. Massgebend sind die geltenden Normen. Diese gehen von einer geringeren max. LW Fahrzeugbreite als heute gültig (2.50m anstatt 2.55m); auf der anderen Seite werden die unterschiedlichen Geschwindigkeiten nicht berücksichtigt. Das Normenwerk befindet sich derzeit in Revision.

BEISPIEL FÜR DIE ERMITTLUNG DER FAHRBAHNBREITE-UNTERSCHIEDE

Strassenkategorie: Hauptstrasse a.o. ($V_{\max} = 80$ 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	<i>Sicherheitszuschlag ausserhalb Fahrbahn</i>
Gegenverkehrszuschlag	0.50		
Fahrstreifenbreite	3.65		
Total Fahrbahnbreite	7.30		

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	<i>Sicherheitszuschlag ausserhalb Fahrbahn</i>
Gegenverkehrszuschlag	0.50		
Fahrstreifenbreite	3.25		
Total Fahrbahnbreite	6.50		

Figur 6 Beispiel Hauptstrasse ausserorts: Oben mit Lastwagen (LW), unten Dimensionierung auf Lieferwagen (LI*). Bei einer Anwendung der Normen würde ein Unterschied in der Strassenbreite um 0.8 Meter (6.5 anstatt 7.3 Meter) resultieren. Entsprechend ergeben sich Mehrkosten von 12%. (Quelle: SNZ/INFRAS/Ecoplan 2013)

3.3.3. KAPAZITÄTSBEDINGTE KOSTEN

VSS Normen

Massgebend für die Bestimmung der schwerverkehrsbedingten Anteile sind die VSS-Normen. Ein vertiefter Vergleich mit der ausländischen Praxis (insbesondere Deutschland, USA) zeigt eine gute Übereinstimmung und die Zweckmässigkeit für die Anwendung der Schweizer Normen. Die folgende Tabelle zeigt die wesentlichen Grundlagen beispielhaft. Kapazitätsabminderungen ergeben sich für das Nationalstrassennetz und für Kantonsstrassen mit grösseren Steigungen und hohen Lastwagenanteilen.

KAPAZITÄTSABMINDERUNGEN DURCH LASTWAGEN (BEISPIELHAFT)			
Strassentyp	Zulässige Höchstgeschwindigkeit	Steigung	Kapazitätsabnahme bei LW-Anteil > 15% (Reduktionsfaktor)
2-streifige Autobahnen	120 km/h	Steigung < 2% Steigung > 4%	10% 21%
3-streifige Autobahnen	120 km/h	Steigung < 2% Steigung > 4%	12% 21%
2-streifige Hauptstrassen	80 km/h	Steigung < 3.2% Steigung > 6%	0% 13-17%
Gemeindestrassen innerorts 1)	50 km/h	Steigung < 3.2% Steigung > 6%	keine Abminderung

Tabelle 5 Quelle: VSS-Normen, zusammengestellt in SNZ/INFRAS/Ecoplan 2013

Lesehilfe: Die Steigung einer Strasse und die Fahrdynamik (Geschwindigkeit, Beschleunigungsvermögen) der LW haben einen Einfluss auf die Kapazität (ausgedrückt in PW-Einheiten pro Stunde). Diese variiert je nach LW-Anteil. Wenn beispielsweise der LW-Anteil auf einer Autobahn höher ist als 15% und die Steigung grösser als 4% ist, beträgt die Abnahme der Kapazität im Vergleich zu einer Strasse ohne LW und ohne Steigung 21%. Dies heisst dass die LW entsprechend eine um 21% grössere Fläche beanspruchen und den Verkehrsfluss der übrigen Verkehrsmittel (Leichtverkehr) entsprechend vermindern.

1) Der Expertenworkshop hat ergeben, dass auf Gemeindestrassen innerorts aufgrund der Verkehrsflüsse keine Einschränkungen durch den Schwerverkehr anzurechnen sind.

Hochrechnung mit ‚sonBase‘

Diese Reduktionsfaktoren sind weiter differenziert worden auf Basis der effektiven Strassen- und Verkehrsverhältnisse in der Schweiz. Die Datenbank ‚sonBase‘ des BAFU enthält für alle Strassentypen die relevanten Merkmale LW-Anteile, Steigungen, Geschwindigkeiten). Entsprechend erfolgt die Hochrechnung auf einer detaillierten aktuellen Datenbasis (s. Detailbericht SNZ/INFRAS/Ecoplan 2013).

3.3.4. WEITERE ASPEKTE

Auch die weiteren (als nicht relevant erachteten) Aspekte sind vertieft untersucht worden, um die ursprüngliche Einschätzung zu rechtfertigen.

› **Lärm:** Die Auswertung verschiedener Lärmgrundlagen beim BAFU und den Kantonen hat ergeben, dass der emissionsseitige Anteil der LW bei 10-15% (Kantonsstrassen) und bei 20% (Nationalstrassen) liegt. Immissionsseitig liegt der Anteil bei 14% (tags) und 18% (nachts).⁶ Die kantonalen Modelle kommen vor allem nachts zu etwas höheren Anteilen (bis 37%). Vergleicht man diese Grössenordnungen mit den übrigen Faktoren (z.B. gewichts- und dimensionsbedingt), sind die Unterschiede zwischen Schwer- und Leichtverkehr relativ gering. Umge-

⁶ Infolge des Nachtfahrverbots für den Schwerverkehr ist nur die erste Morgenstunde (5 bis 6 Uhr) relevant.

kehrt ist der Aufwand für eine repräsentative Quantifizierung gross. Eine eigenständige Betrachtung für die Kosten des baulichen Lärmschutzes empfiehlt sich deshalb zur Zeit nicht.

- › **Frost:** Bei Strassen über 700 Höhenmetern spielt die Frostgefahr eine wichtige Rolle. Entsprechend könnte man argumentieren, dass die Befestigung der Strassen und somit die Dimensionierung des Ober- und Unterbaus nicht aufgrund des Gewichts des Schwerverkehrs, sondern aufgrund der Ausrichtung auf Frostsituationen erfolgt, was den gewichtsbedingten Anteil verringern würde. Die Detailanalyse einzelner Fallbeispiele hat aber diese Annahme widerlegt und zeigt, dass die Dimensionierung der Strassen auch über 700 m auf den Schwerverkehr ausgerichtet ist: Die Gewichte und Dimensionen sind dabei die relevanten Einflussfaktoren. Es konnten keine Unterschiede zwischen Berg- und Talstrassen festgestellt werden.

3.4. ERGEBNISSE: KOSTENANTEILE SCHWERVERKEHR

Repräsentativität und Aggregation

Die Frage der Repräsentativität stellt sich vor allem bei den gewichtsbedingten Kosten, da diese Analyse vollständig auf Fallbeispielen beruht. Demgegenüber basieren die dimensions- und kapazitätsbedingten Faktoren direkt auf den Hochrechnungen mit den entsprechenden strassenseitigen Mengengerüsten.

- › Die Stichprobe ist von Anfang darauf ausgerichtet worden, dass sie alle Kostenarten, alle Strassentypen und alle Landesteile berücksichtigt.
- › Die Projekte sind von den einzelnen Fachstellen (Bund, Kantone, Städte) geprüft worden und repräsentieren typische Projekte, die regelmässig vorkommen.
- › Die Analyse zeigt, dass die Unterschiede zwischen Kantonsstrassen und Gemeindestrassen relativ gering sind. Entsprechend ist es sinnvoll, diese beiden Kategorien zu aggregieren.
- › Die Standardabweichungen liegen je nach Kostenarten in der Grössenordnung von 3% bis 30%. Vor allem beim baulichen Unterhalt gibt es Unterschiede zwischen den verschiedenen Projekten. Dies liegt vor allem daran, dass die Unterhaltsprojekte unterschiedliche Infrastrukturelemente betreffen.

Die Überprüfung der Repräsentativität hat ergeben, dass es gerechtfertigt ist, die Fallbeispiele pro Kostenart und Strassentyp für die gewichtsabhängigen Anteile ungewichtet zu aggregieren.

Übersicht über die detaillierten Faktoren

Die folgende Tabelle zeigt die einzelnen Faktoren für die schwerverkehrsbedingten Anteile. Die gewichtsbedingten Faktoren unterscheiden sich nach Strassentyp und Kostenart und bewegen

sich bei Fahrbahnen zwischen 16.3% und 29.8%, bei Kunstbauten je nach Objekt zwischen 0% und 18.1%.

SCHWERVEREKEHRSANTEILE: GEWICHTSBEABHÄNGIGE FAKTOREN						
	Fahrbahnen			Kunstbauten und Nebenanlagen		
	baul. Unterhalt	Erneuerung/Ausbau	Neubau	baul. Unterhalt	Erneuerung/Ausbau	Neubau
Gemeindestr.	19.6%	16.6%	16.3%	3.7%	9.4%	8.5%
Kantonsstr.	19.4	18.6%			18.1%	
Nationalstr.						
- Trasse	29.8%	22.9%	19.3%			
- Brücken				8.6%	9.8%	13.4%
- BSA				0%	0%	0%
- Tunnels				0%	3.8%	1.1%

Tabelle 6 Quelle: SNZ/INFRAS/Ecoplan 2013

	Standardabweichung unter 10%
	Standardabweichung 10-15%
	Standardabweichung über 15%

Die dimensionsbedingten und kapazitätsbedingten Faktoren sind demgegenüber für die einzelnen Kostenarten grösstenteils identisch, unterscheiden sich aber teilweise nach Strassentyp und Objekt. Die folgende Tabelle zeigt die einzelnen Werte.

- › Die dimensionsabhängigen Faktoren sind für Gemeindestrassen mit 9.6% etwas geringer als bei den Kantonsstrassen (12.1%), dies vor allem aufgrund der geringeren LW-Anteile und unterschiedlicher Dimensionierungsannahmen (tiefere Geschwindigkeiten, Grundbegegnungsfall PW/LW anstatt LW/LW). Bei den Nationalstrassen sind sie für das Trasse etwas tiefer, für die übrigen Bauwerke höher. Diese Faktoren gelten sinngemäss auch für den Landerwerb.
- › Bei den Gemeindestrassen fallen keine kapazitätsbedingten Kosten an. Bei den Kantonsstrassen beträgt der Faktor 1.9%, bei den Nationalstrassen 3.7%.

SCHWERVERKEHRSANTEILE: DIMENSIONS- UND KAPAZITÄTSBEDINGTE FAKTOREN		
	Dimension	Kapazität
Gemeindestrassen		-
Fahrbahn, Kunstbauten, Landerwerb	9.6%	
Kantonsstrassen		
Landerwerb	12.1%	-
Fahrbahn, Kunstbauten,	12.1%	1.9%
Nationalstrassen		
Landerwerb	8.3%	-
Fahrbahn	8.3%	3.7%
Brücken	8.3%	3.7%
Tunnel und BSA		
baulicher Unterhalt	12.8%	3.7%
Erneuerung/Ausbau	18.4%	3.7%
Neubau	24%	3.7%

Tabelle 7 Quelle: SNZ/INFRAS/Ecoplan 2013

4. EMPFEHLUNGEN FÜR DIE ANPASSUNG DER ALLOKATIONSMETHODE

4.1. VERGLEICH MIT DEN BISHERIGEN GRUNDLAGEN

Die ermittelten Faktoren sind deutlich differenzierter als die Vorschläge der bisherigen Grundlagenstudie (Scazziga 1984). Ein kurzer Vergleich soll die Ergebnisse sowohl bezüglich Ansatz als auch bezüglich Vorgehen und quantitative Resultate würdigen.

VERGLEICH NEUE ERGEBNISSE MIT SCAZZIGA STUDIE 1984		
	Aktuelle Studie 2013 (SNZ/INFRAS/Ecoplan)	Bisherige Studie (Scazziga 1984)
Ansatz	Ermittlung der schwerverkehrsbedingten Zusatzkosten (Konzept minimale Strasse)	Ermittlung der schwerverkehrsbedingten Zusatzkosten (Konzept minimale Strasse)
Fokus	Gewichtsbedingte Kosten Dimensionsbedingte Kosten Kapazitätsbedingte Kosten	Nur gewichtsbedingte Kosten
Differenzierung	Neubau, Verbesserung und Ausbau, baulicher Unterhalt, differenziert nach Strassentypen und spezifischen Bauteilen	Neubau, Verbesserung und Ausbau, baulicher Unterhalt, differenziert nach Strassentypen
Stichprobe, Fallbeispiele für gewichtsabhängige Kosten	67 Fallbeispiele, differenziert nach Kostenarten (ASTRA, Kt. ZH, BE, UR, JU, Städte Zürich, Luzern)	<ul style="list-style-type: none"> › Neubau: 32 Kantonsstrassenprojekte aus vier Kantonen (GR, NE, TG, ZH) und Projektinformationen aus 17 Gemeinden. › Verbesserung/Ausbau: Jährliche Kosten von 2 Kantonen und 10 Gemeinden. › Baulicher Unterhalt: Jährliche Kosten aus 4 Kantonen und 16 Gemeinden. › Für Kunstbauten wurde eine Expertenbefragung durchgeführt.
Ergebnis gewichtsabhängige Faktoren Fahrbahn:		
Baulicher Unterhalt	20-30%	45%
Verbesserung/Ausbau	17-23%	9%
Neubau/Landerwerb	16-19%	5-9%
Ergebnis weitere Faktoren:		nicht quantifiziert
Dimensionsbedingt	8.3-24%	
Kapazitätsbedingt	1.9-3.7%	

Tabelle 8

Sowohl bezüglich Methodik als auch Ergebnisse ergeben sich zwischen den Studien beträchtliche Unterschiede.

- › Der nun vorliegende Ansatz unterscheidet nach verschiedenen Einflussfaktoren und differenziert alle nach den einzelnen Infrastrukturelementen. Die Scazziga-Studie hat auf die gewichtsabhängigen Kosten fokussiert.
- › Die Anzahl Fallbeispiele ist grundsätzlich vergleichbar. Die Scazziga Studie weist aber eine deutlich geringere Repräsentativität auf, da sich die Analyse auf Kantonsstrassen und Gemeindestrassen beschränkt und sowohl Nationalstrassen wie auch die Kunstbauten nicht vertieft untersucht. Die Analyse der Fallbeispiele ist deutlich weniger detailliert. Während die aktuelle Studie nach einzelnen NPK-Kostenarten unterscheidet, konnten in der Scazziga-Studie nur wenige Kostenarten unterschieden werden.
- › Die neuen Faktoren sind für den baulichen Unterhalt tiefer, jedoch für die übrigen Kosten höher, insbesondere unter Einbezug der dimensions- und kapazitätsbedingten Faktoren. Neben den unterschiedlichen Ansätzen und Vorgehensweisen dürfte ein Grund darin liegen, dass früher der Verschleiss der Fahrbahn eine grössere Rolle gespielt hat im Vergleich zu den investitionsbedingten Kosten (für bessere Fundamente, für bessere Beläge). Hinzu kommt auch, dass die dimensions- und kapazitätsbedingten Kosten vorher gar nicht Gegenstand der Analyse waren.⁷
- › Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die neuen Ansätze eine deutlich bessere methodische und empirische Grundlage aufweisen und damit nicht nur eine Aktualisierung, sondern eine umfassende Neuberechnung darstellen. Insbesondere das aktuelle Normenwerk ermöglicht eine fundierte Analyse des Konzepts ‚minimale Strasse‘, die damals gar nicht möglich war.

⁷ Scazziga erörtert zwar die Strassenbreite als möglichen Einflussfaktor für die minimale Strasse, kommt aber (Seite 35) zum Schluss, dass sich eine Berechnung erübrige. Als Grund führt er an, dass sich die Geschwindigkeiten und Fahrzeugbreiten vom Leichtverkehr wenig unterscheiden. Diese damals durchaus nachvollziehbare Folgerung ist heute aufgrund der unterschiedlichen Abmessungen, der Geschwindigkeitsvorgaben und des daraus deutlich weiter entwickelten Normenwerks nicht mehr gültig, was die vorgenommene Erweiterung und Vertiefung der Einflussfaktoren ‚Dimension‘ und ‚Kapazität‘ notwendig macht.

4.2. AGGREGATION DER SV-BEDINGTEN MEHRKOSTEN

Wie sollen die ermittelten Faktoren für schwerverkehrsbedingte Mehrkosten in einen aktualisierten Allokationsschlüssel für die Kategorienrechnung einfließen? Es erscheint zweckmässig, die ermittelten Faktoren weiter zu aggregieren, um eine übersichtliche und praxistaugliche Methode in der Strassenrechnung anwenden zu können. Dabei sind folgende Grundsätze wichtig:

- › **Ausrichtung auf die Allokationsschlüssel:** Es ist notwendig, die Kosten derart zu aggregieren, dass die Allokationsschlüssel kohärent anwendbar sind. Dies erfordert eine Aufteilung nach gewichtsbedingten Faktoren (ESAL für baulichen Unterhalt, Gesamtgewicht für übrige gewichtsbedingte Faktoren) und dimensions- und kapazitätsbedingten Kosten (für die Aufteilung nach Fahrleistung mal Fahrzeuglänge).
- › **Differenzierung nach Strassenkategorien:** Angesichts der Relevanz und der Qualität der Grundlagen sowie der effektiven Ergebnisse ist es sinnvoll, Gemeindestrassen und Kantonsstrassen zusammenzufassen und von den Nationalstrassen zu unterscheiden.
- › **Differenzierung nach Kostenarten:** Hier empfiehlt sich eine Aggregation dort, wo die Faktoren nicht allzu stark voneinander abweichen. Dies gilt insbesondere für Erneuerung/Ausbau und Neubau.
- › **Differenzierung nach Bauteilen:** Analog können einzelne Bauteile zusammengefasst werden, wenn die Abweichungen relativ gering sind. Zu unterscheiden sind insbesondere Brücken und Tunnels. Vor allem letztere dürften in Zukunft anteilmässig an Bedeutung gewinnen.
- › **Korrekturfaktoren für die Aggregation der Faktoren:** Die einzelnen Faktoren (gewichtsbedingt, dimensionsbedingt, kapazitätsbedingt) können nicht einfach addiert werden. Infolge der Abhängigkeit zwischen den Faktoren ist bei der Aggregation ein Korrekturfaktor zu berücksichtigen.⁸ Mathematisch richtig ist folgende Verknüpfung für den schwerverkehrsbedingten Anteil:

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

G: gewichtsbedingter Faktor

D: dimensionsbedingter Faktor

K: kapazitätsbedingter Faktor

Der Einfachheit halber wird für alle Infrastrukturelemente und Strassentypen ein pauschaler

⁸ Wenn beispielsweise ein gewichtsbedingter Faktor angerechnet wird, bezieht sich ein zusätzlicher (z.B. dimensionsbedingter) Faktor auf die bereits angerechneten SV-Anteile. Entsprechend reduziert sich der aggregierte Faktor.

Korrekturfaktor vorgeschlagen. Er beträgt **0.93** (siehe SNZ/INFRAS/Ecoplan 2013). Dieser wird bei jedem Faktor je Kostenkategorie eingesetzt. Die korrigierten Faktoren (G, D und K) können dann einfach addiert werden.

4.3. NEUE ALLOKATIONSMETHODE

Einbettung in die bisherigen Empfehlungen und den Kontenrahmen

Die in Kapitel 2 erwähnten Revisionspunkte bilden die Ausgangsbasis. Die Empfehlungen für die neuen Faktoren bauen auf den bereits im Expertenbericht von INFRAS/Ecoplan (2011) gemachten Empfehlungen auf. Diese sog. **Basiskombination** umfasst folgende Punkte:

- › Verwendung des Territorialprinzips (statt wie bisher Inländerprinzip),
- › Definition neuer Fahrzeugkategorien (Vereinfachung, Kleinbusse und Anhänger werden nicht mehr separat ausgewiesen),
- › Neue Allokationsfaktoren (ESAL und Gesamtgewicht) für die Zuschreibung der gewichtsbedingten Kosten, um die 40t-Limite berücksichtigen zu können,
- › Direkte Zuschreibung der Kosten auf Basis der Detailkonten (bzw. detaillierter Kostenzahlen),
- › Verzicht auf die Saldierung gewisser Einnahmen mit Ausgaben (z.B. Parkgebühren),
- › Zuschreibung der Kosten für allgemeine Verwaltung gemäss Anteilen der übrigen Kosten anstatt nach Fahrleistung.

Hinzu kommen nun die neu mit der vorliegenden Studie berechneten Faktoren für die Berücksichtigung von schwerverkehrsbedingten Kosten aufgrund von Gewicht, Dimension und Kapazität. Dazu schlagen wir zwei Varianten vor⁹:

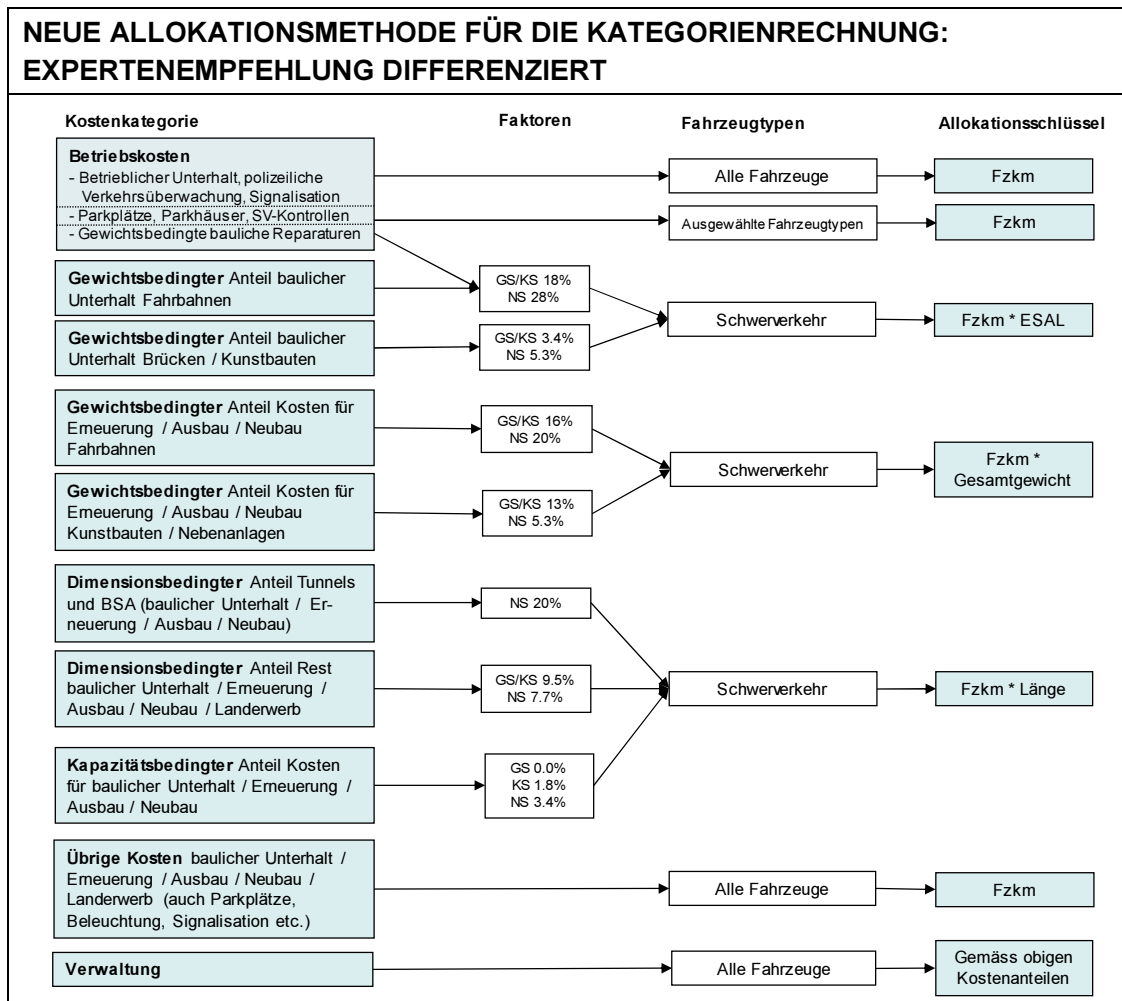
- › Expertenempfehlung differenziert: Hier werden neu 14 differenzierte Prozentsätze vorgeschlagen. Diese Variante setzt die Neuberechnungen bestmöglich differenziert um.
- › Vereinfachte Variante: Die Anteile werden weiter (ebenfalls nach Kostenanteilen) aggregiert, um die Komplexität etwas zu reduzieren. Dies reduziert die Anzahl der neuen Faktoren auf fünf. Da zu erwarten ist, dass die Anteile der Kostenarten in Zukunft nicht konstant sind, reduziert sich die Genauigkeit entsprechend.

⁹ Massgebend sind die Faktoren in den Tabellen 6 und 7. Die Aggregation über Bauteile erfolgt nach den Kostenanteilen der Fallbeispiele (bei den gewichtsbedingten Kosten) und auf Basis der Anteile in den Jahren 2004- 2009 (für dimensions- und kapazitätsbedingte Kosten). Zudem wird bei den Faktoren der Korrekturfaktor von 0.93 eingesetzt.

Expertenempfehlung differenziert

Das folgende Schema zeigt die neue Methode mit den aktualisierten Allokationsschlüsseln. Während die Betriebskosten weiterhin nach Fahrzeugkilometern aufgeteilt werden, ergeben sich für weitere Kategorien neue Faktoren. Neben den neuen Faktoren unterscheidet sich das Schema insbesondere in einem Punkt vom bisherigen (vgl. Figur 1). Bis anhin wurden die nicht gewichtsbedingten Kosten als Kapazitätskosten bezeichnet. Diese wurden anhand der Fahrleistungen und der Fahrzeuglänge aufgeteilt. Damit wurden die Dimension und die Kapazität der Fahrzeuge indirekt berücksichtigt. Mit der nun neuen direkten Anrechnung der dimensions- und kapazitätsbedingten Kosten erübrigt sich dieser Schritt. Entsprechend ist es konsequent, die übrigen Kosten nur noch nach Fahrleistung aufzuteilen. Die Fahrzeuglänge wird nur noch verwendet, um die dimensions- und kapazitätsbedingten Schwerverkehrskosten innerhalb des Schwerverkehrs aufzuteilen.¹⁰

¹⁰ Denkbar ist, dass dazu in Zukunft auch die Fahrzeugbreite anstelle der –länge verwendet wird.



Figur 7 GS: Gemeindestrassen, KS Kantonsstrassen, NS Nationalstrassen

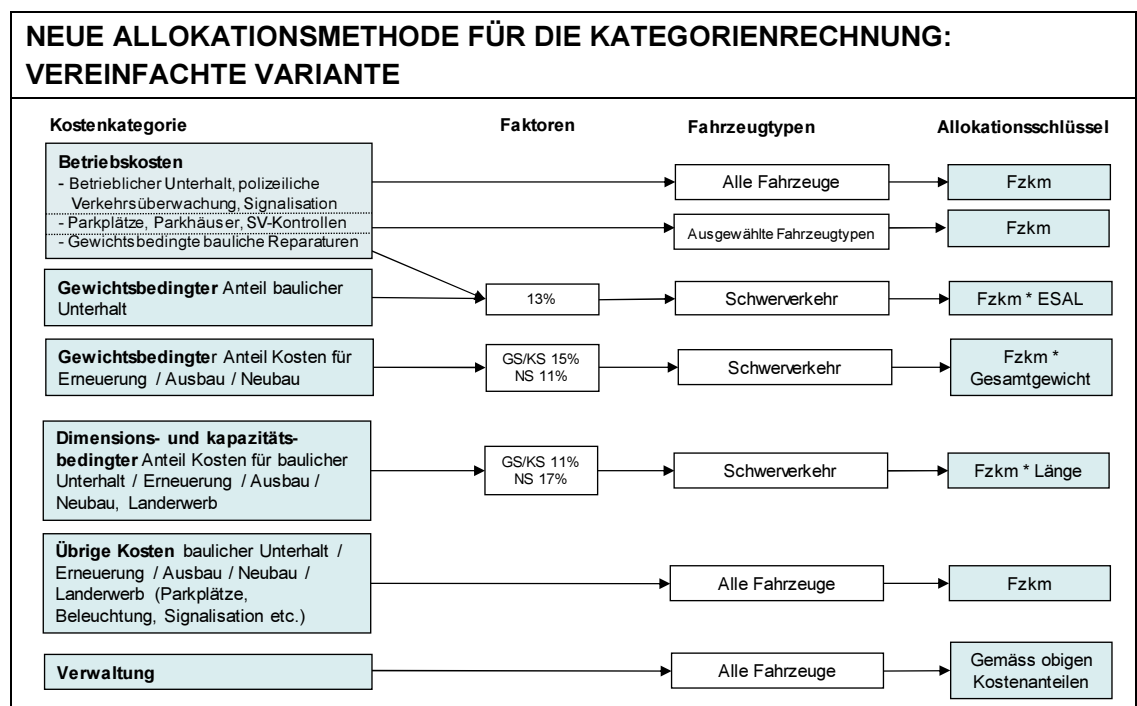
Vereinfachte Variante

Das folgende Schema zeigt den Vorschlag für eine vereinfachte Variante. Die Grundlogik der Anwendung der Schlüssel bleibt dieselbe wie bei der differenzierten Expertenempfehlung. Zur Verringerung der Komplexität wurden aber weitere Aggregationen vorgenommen:

- › Der gewichtsbedingte Anteil des baulichen Unterhalts wird nicht mehr nach Bauteilen differenziert. Gleichzeitig werden die verschiedenen Strassenkategorien beim baulichen Unterhalt zusammengefasst, da die Prozentsätze für National- bzw. Kantons- und Gemeindestrassen zufälligerweise gleich gross sind. Damit wird die Anzahl Faktoren von acht auf drei reduziert. Die Aggregation erfolgt anhand der Resultate der Fallbeispiele.

- › Die dimensions- und kapazitätsbedingten Kosten werden zu einer Kategorie zusammengefasst. Die Anzahl der Faktoren reduziert sich hier von sechs auf zwei Faktoren. Die Aggregation erfolgt anhand der effektiven Kostenanteile 2004-2009.

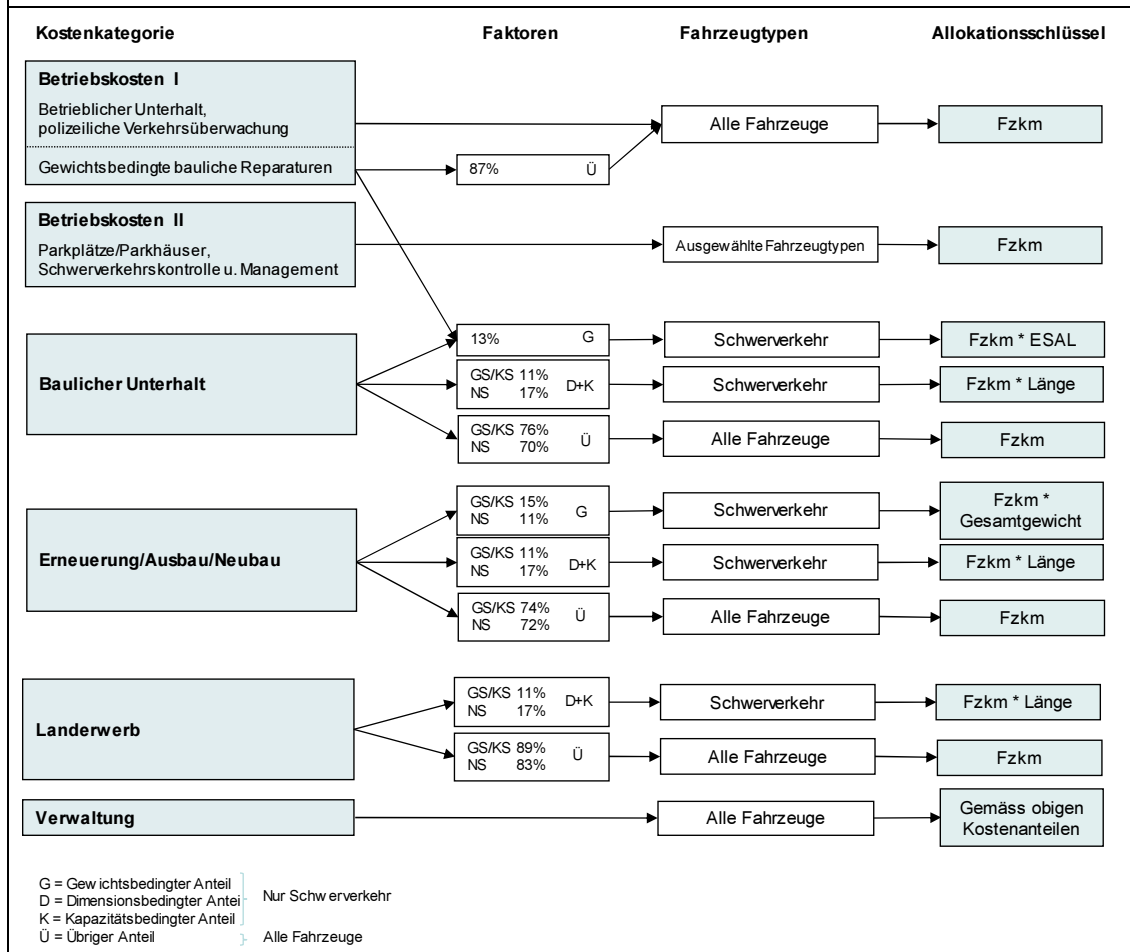
Die vereinfachte Variante weist im Vergleich zur Expertenempfehlung eine geringere Komplexität auf, was insbesondere auch die Datenbearbeitung erleichtern dürfte. Demgegenüber ist sie aber weniger präzise. Wenn sich die einzelnen Kostenarten in Zukunft unterschiedlich entwickeln (anders als in der Aggregation zugrundegelegt gemäss Zeitperiode 2004-2009) können sich in Zukunft Verzerrungen ergeben. Entsprechend wäre die Aggregation allenfalls anzupassen, wenn spätere Aufdatierungen erfolgen.



Figur 8 GS: Gemeindestrassen, KS Kantonsstrassen, NS Nationalstrassen

Die folgende Darstellung ist alternativ zu Figur 8 zu betrachten und orientiert sich an der bisherigen Darstellung mit Aufteilung der Kostenkategorien gemäss Figur 1.

NEUE ALLOKATIONSMETHODE FÜR DIE KATEGORIENRECHNUNG: VEREINFACHTE VARIANTE (ALTERNATIVE DARSTELLUNG NACH KOSTENARTEN)



Figur 9

4.4. WEITERGEHENDE EMPFEHLUNGEN

Auf Basis der Arbeiten und Analysen für die Neuberechnung der schwerverkehrsbedingten Kosten lassen sich folgende weitere Empfehlungen formulieren:

- › **Allokationen sonstiger SV-Kosten:** Die neu berechneten Faktoren geben auch vertiefte Aufschlüsse für weitere Kostenallokationen, insbesondere für die externen Kosten:
 - Bei der Aufdatierung der externen Kosten sind die Allokationsschlüssel zur Aufteilung der Kosten auf den Schwerverkehr vor dem Hintergrund der neuen Erkenntnisse zu überprüfen (z.B. Kosten für Natur und Landschaft).
- › **Neuer Datensatz:** Ein differenzierter und auf die Strassenrechnung ausgerichteter Datensatz (z.B. Mengengerüst Strasse, Kontenplan) erhöht die Genauigkeit der jährlichen Berechnungen:
 - Im Hinblick auf künftige Aktualisierungen soll ein auf die Bedürfnisse der Strassenrechnung ausgerichteter Datensatz entwickelt werden (Abstimmung Daten ASTRA/MISTRA, BAFU, ARE, swisstopo).
- › **Anpassung Kontenplan:** Die Analyse hat gezeigt, dass die Zuschreibung bei den einzelnen Konten gemäss Kontenplan BFS manchmal fliessend ist.
 - Mittelfristig empfiehlt sich eine Aggregation der Konten und eine Differenzierung zwischen Unterhalt/Erneuerung und Ausbau/Neubau, um den werterhaltenden bzw. wertvermehrenden Charakter der Investitionen besser abbilden zu können.
- › **Baulicher Lärmschutz:** Aufgrund der geringeren Relevanz und der ungenügenden Datenlage sind die Kosten für baulichen Lärmschutz nicht separat differenziert worden.
 - Es ist zu prüfen, ob eine separate Erfassung der Kosten für den baulichen Lärmschutz in Zukunft möglich ist.

5. AUSWIRKUNGEN DER REVISIONSPUNKTE

5.1. VORGEHEN UND AUSGANGSBASIS

Ausgangspunkt: Strassenrechnung 2007

Im Folgenden soll aufgezeigt werden, welche Auswirkungen die vorgeschlagenen Anpassungen auf das Ergebnis der Strassenrechnung haben. Zu diesem Zweck verwenden wir ein Simulationsmodell, das auf der Ausgabenrechnung der Strassenrechnung des Jahres 2007 basiert.¹¹ Es ist dasselbe Simulationsmodell, welches bereits in Infrac/Ecoplan (2011) Anwendung fand. Für das vorliegende Projekt wurde das Simulationsmodell ausgebaut, um die neuen gewichts-, dimensions- und kapazitätsbedingten Faktoren abbilden zu können. Im Zentrum des Interesses steht dabei die Aufteilung der Kosten auf die verschiedenen Fahrzeugkategorien.

Das Simulationsmodell umfasst insgesamt 13 Fahrzeugkategorien, die für die Berechnungen auf 8 Fahrzeugkategorien zusammengefasst werden.

Basiskombination

Die damaligen Simulationsrechnungen haben gezeigt, dass die Empfehlungen gemäss Basiskombination (siehe Kapitel 4.3) bereits signifikante Auswirkungen auf das Ergebnis haben. Das Ergebnis dieser Simulationsrechnung wird in der folgenden Tabelle dargestellt.¹² Durch die Anpassungen der Basiskombination wird der Schwerverkehr um 196 Mio. CHF stärker belastet. Damit steigt sein Anteil an den Gesamtkosten um 2.3%-Punkte von 13.0% auf 15.3%. Werden auch die Einnahmen mitberücksichtigt, sinkt der Deckungsbeitrag des Schwerverkehrs um 142 von 455 auf 312 Mio. CHF bzw. von 151% auf 129%. Insgesamt (für alle Fahrzeugkategorien) bleibt der Kostendeckungsgrad unverändert (bei 120%).

¹¹ Die Strassenrechnung unterscheidet zwischen einer Ausgabenrechnung und einer Kapitalrechnung. Grundsätzlich gibt die Kapitalrechnung die ökonomisch richtigen Kosten wider, da die Investitionen kapitalisiert werden. Für die Simulationsrechnungen ist aber die Ausgabenrechnung deutlich einfacher einzusetzen. Da es vor allem um die relativen Änderungen gegenüber der bisherigen Praxis geht, dürften die Unterschiede zwischen Ausgabenrechnung und Kapitalrechnung nur geringfügig sein.

¹² Im Vergleich zum Ergebnis der Basiskombination in Infrac / Ecoplan (2011, S. 129) wurde noch eine kleinere Anpassung vorgenommen, die sich aufgrund von Zuordnungen ergibt. Deshalb sind die Ergebnisse nicht mehr identisch.

KATEGORIENRECHNUNG 2007 AUSGANGSBASIS						
2007	Ergebnis in Mio. CHF			Anteile an Gesamtkosten		
	Basis- kombination	Referenzfall SR 2007	Differenz zu Referenzfall	Basis- kombination	Referenzfall SR 2007	Differenz zu Referenzfall
Motorzweiräder	197	186	12	2.78%	2.73%	0.06%
Personenwagen	5'314	5'075	239	74.97%	74.60%	0.38%
Kleinbusse / Wohnmobile	-	18	-18	0.00%	0.27%	-0.27%
Öffentliche Cars / Busse	110	131	-21	1.56%	1.93%	-0.37%
Private Cars	73	56	17	1.03%	0.82%	0.21%
Lieferwagen	385	385	0	5.43%	5.66%	-0.23%
Lastwagen / Lastenzüge	539	694	-155	7.61%	10.20%	-2.59%
Sattelzüge	469	259	210	6.62%	3.81%	2.81%
Total	7'088	6'803	285	100.00%	100.00%	0.00%
Personenverkehr	5'695	5'465	229	80.34%	80.34%	0.00%
Güterverkehr	1'393	1'338	56	19.66%	19.66%	0.00%
Schwerverkehr (ohne ÖV)	1'081	885	196	15.25%	13.01%	2.25%

Tabelle 9 Vergleich der Basiskombination im Vergleich zur ursprünglichen Strassenrechnung (SR) 2007

Das Total der Basiskombination unterscheidet sich vom Referenzfall SR 2007¹³, weil die Saldierung von Ausgaben und Einnahmen geändert worden ist.

5.2. NEUE ALLOKATIONSMETHODE

Expertenempfehlung differenziert

Das Ergebnis in der folgenden Tabelle zeigt, dass durch die neuen gewichts-, dimensions- und kapazitätsbedingten Faktoren der Schwerverkehr um 240 Mio. stärker belastet wird als in der Basiskombination. Personenwagen werden hingegen um gut 300 Mio. CHF entlastet, Lieferwagen um 36 Mio. CHF. Motorzweiräder müssen 72 Mio. CHF mehr Ausgaben tragen, weil sie in der bisherigen Methodik bei der Verteilung der sogenannten Kapazitätskosten über die mit der Fahrzeuglänge gewichteten Fzkm nur wenig belastet wurden. Diese Kosten werden neu über die ungewichteten Fzkm verteilt, womit Motorzweirädern mehr Ausgaben zugewiesen werden. Der Anteil des Schwerverkehrs an den Gesamtausgaben steigt von 15.3% auf 18.6%. Auch der Anteil der Motorräder nimmt um 1%-Prozentpunkt zu, während der Anteil der Personenwagen um 4.3%-Punkte sinkt.

Werden auch die Einnahmen mitberücksichtigt, sinkt der Deckungsbeitrag des Schwerverkehrs um ebenfalls 240 von 312 auf 72 Mio. CHF (Deckungsgrad neu 105%). Der Deckungsbeitrag der Motorzweiräder wird neu negativ (-62 Mio CHF, Deckungsgrad 77%). Den höchsten

¹³ Aufgrund der Anpassung der Fahrzeugkategorien sind die Totale zudem nicht identisch mit der offiziellen Publikation des BfS.

Deckungsgrad haben neu die Lieferwagen mit 159%. Der gesamte Deckungsgrad bleibt unverändert bei 120%.

Gegenüber der ursprünglichen Methode (Strassenrechnung 2007) steigen also die schwerverkehrsbedingten Kosten um 436 Mio. CHF oder um 49%. 45% dieser Kostensteigerung geht auf die bisherigen Empfehlungen gemäss Basiskombination zurück, 55% auf die Empfehlung der neuen Allokationsschlüssel.

SIMULATION EXPERTENEMPFEHLUNG						
2007	Ergebnis in Mio. CHF			Anteile an Gesamtkosten		
	Experten- empfehlung	Basis- kombination	Differenz zu Basiskombi.	Experten- empfehlung	Basis- kombination	Differenz zu Basiskombi.
Motorzweiräder	269	197	72	3.79%	2.78%	1.01%
Personenwagen	5'012	5'314	-302	70.71%	74.97%	-4.26%
Kleinbusse / Wohnmobile	-	-	-	0.00%	0.00%	0.00%
Öffentliche Cars / Busse	137	110	26	1.93%	1.56%	0.37%
Private Cars	88	73	15	1.24%	1.03%	0.21%
Lieferwagen	349	385	-36	4.93%	5.43%	-0.50%
Lastwagen / Lastenzüge	693	539	154	9.78%	7.61%	2.17%
Sattelzüge	540	469	71	7.62%	6.62%	1.00%
Total	7'088	7'088	-	100.00%	100.00%	0.00%
Personenverkehr	5'506	5'695	-189	77.67%	80.34%	-2.67%
Güterverkehr	1'583	1'393	189	22.33%	19.66%	2.67%
Schwerverkehr (ohne ÖV)	1'321	1'081	240	18.64%	15.25%	3.38%

Tabelle 10 Vergleich der Simulationen für die Expertenempfehlung differenziert im Vergleich zur Basiskombination (2007)

Vereinfachte Variante

Die folgende Tabelle zeigt, dass die Vereinfachung das Ergebnis im Jahr 2007 nicht wesentlich verändert: Der Schwerverkehr wird um 9 Mio. CHF mehr belastet als im Expertenvorschlag (+249 statt +240 Mio. CHF). Entsprechend werden die Personenwagen um 9 Mio. CHF stärker entlastet.

SIMULATION VEREINFACHTE VARIANTE						
2007	Ergebnis in Mio. CHF			Anteile an Gesamtkosten		
	Vereinfachte Variante	Basis-kombination	Differenz zu Basiskombi.	Vereinfachte Variante	Basis-kombination	Differenz zu Basiskombi.
Motorzweiräder	268	197	71	3.79%	2.78%	1.00%
Personenwagen	5'003	5'314	-311	70.58%	74.97%	-4.39%
Kleinbusse / Wohnmobile	-	-	-	0.00%	0.00%	0.00%
Öffentliche Cars / Busse	137	110	27	1.94%	1.56%	0.38%
Private Cars	89	73	16	1.25%	1.03%	0.22%
Lieferwagen	349	385	-36	4.92%	5.43%	-0.51%
Lastwagen / Lastenzüge	696	539	156	9.81%	7.61%	2.21%
Sattelzüge	547	469	77	7.71%	6.62%	1.09%
Total	7'088	7'088	-	100.00%	100.00%	0.00%
Personenverkehr	5'497	5'695	-197	77.56%	80.34%	-2.78%
Güterverkehr	1'591	1'393	197	22.44%	19.66%	2.78%
Schwerverkehr (ohne ÖV)	1'331	1'081	249	18.77%	15.25%	3.52%

Tabelle 11 Vergleich der Simulationen für die vereinfachte Variante differenziert im Vergleich zur Basiskombination (2007)

Die Ähnlichkeit der Ergebnisse zwischen Expertenvorschlag und Vereinfachung gilt nur für die Daten des Jahres 2007. Im Jahr 2010 oder 2015 könnten hingegen die Unterschiede zwischen den beiden Ansätzen bedeutend grösser sein und auch ein anderes Vorzeichen haben. Dies hängt z.B. von der Aufteilung der gewichtsbedingten Ausgaben im baulichen Unterhalt ab: Gemäss Vereinfachung werden diese Kosten zu 13% dem Schwerverkehr zugewiesen, in der Expertenempfehlung hingegen auf den Nationalstrassen-Fahrbahnen zu 28% und bei den Brücken und Kunstbauten auf Gemeinde- und Kantonsstrassen nur zu 3.4%. Je nachdem wie sich die Ausgaben verteilen, stimmt der Durchschnitt 13% relativ gut (wie 2007). Bei einer Veränderung der Kostenanteile im Laufe der Zeit könnten sich aber Verschiebungen ergeben.

ANHANG 1: DOKUMENTATION UND EXPERTEN

ERSTELLTE BERICHTE

Basisarbeiten:

- › INFRAS/ECOPLAN 2011: Zusatzstudien zur Transportrechnung, Analyse der Kategorienrechnung und Verbesserungsvorschläge
- › 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).

Vertiefungsarbeiten:

- › SNZ/INFRAS/ECOPLAN 2012: Aktualisierte Schätzung zum schwerverkehrsbedingten Anteil an den Strassenkosten: Bericht Phase I: Methodik und Konzeption der Fallbeispiele
- › SNZ/INFRAS/ECOPLAN 2013: Aktualisierte Schätzung zum schwerverkehrsbedingten Anteil an den Strassenkosten: Bericht Phase II: Ergebnisse der Fallbeispiele und Vorschläge für neue Faktoren

EXPERTENGRUPPE FÜR DIE VERTIEFUNGSANALYSE

ASTRA:

Christoph Käser, Jean-Bernard Duchoud, Alain Jeanneret, Maurice Hennemann

Kantone und Städte:

Jean-Philippe Chollet (Kt. Jura)

Martin Pola (TAZ Stadt ZH)

Markus Wyss (Kt. BE OIK I)

Wissenschaft:

Prof. Dr. Markus Caprez (ETH-IGT)

Dr. Jacques Perret (NibuXs)

Peter Spacek (em. Prof. IVT/SNZ)

Dr. Philipp Stoffel (Helbling AG, Präsident FOKO UVEK)

Dr. Micaël Tille (Ecole d'Ingénieur de Fribourg)

ANHANG 2: PROJEKTBEISPIELE FÜR DIE GEWICHTS- BEDINGTEN FAKTOREN

Projektbezeichnung	Baukosten (Mio. Fr.)	Bauherr	Gewichtsbedingter Kostenanteil	Standard- abweichung
Freilagerstrasse	0.50	Stadt ZH	12.3%	10.4%
Glattalstrasse	0.80	Stadt ZH	15.0%	
Luggwegstrasse	1.10	Stadt ZH	35.0%	
Tièchestrasse	1.70	Stadt ZH	16.0%	
Baulicher Unterhalt Fahr- bahn Gemeindestrassen	4.10		19.6%	
KS Bure-Fahy	0.50	Kt. JU	11.3%	17.3%
10395 Sanierung Dorfstrasse Grosshöchstet- ten	1.00	Kt. BE, OIK II	8.0%	
IS Furttalstrasse, Buchs	1.60	Kt. ZH	45.1%	
Schweizerhofquai, TP2 (Sanierung)	5.30	Stadt LU	13.1%	
Baulicher Unterhalt Fahr- bahn Kantonsstrassen	8.40		19.4%	
Kirchberg Instandsetzung Spurrinnen	5.30	ASTRA 2	62.9%	31.6%
090071 Deckbelagssanie- rung Rothrist-Lenzburg	10.00	ASTRA 3	26.6%	
F4 GE VI, Belagsarbeiten N01/N03	0.50	ASTRA 4	0.0%	
Baulicher Unterhalt Fahr- bahn Nationalstrassen	15.80		29.8%	
Freiestrasse	1.40	Stadt ZH	11.0%	
Hagenholzstrasse	1.20	Stadt ZH	28.9%	7.9%
Kilchbergstrasse	0.50	Stadt ZH	9.0%	
Schneckenmannstrasse	0.50	Stadt ZH	19.0%	
Seebacher-Buhn-Strasse	0.90	Stadt ZH	15.0%	
Erneuerung Ausbau Fahr- bahn Gemeindestrassen	4.50		16.6%	
2033 Ortsdurchfahrt Vieh- weid	6.30	Kt. BE, OIK II	19.0%	
8038 Sanierung Wor- bstrasse Gümligen	2.20	Kt. BE, OIK II	14.0%	
Sanierung Laubegg, Bolti- gen	8.90	Kt. BE OIK I	24.0%	
Kreisel Fahy	1.00	Kt. JU	11.5%	
Sanierung K34 Industrie- strasse Abschnitt Süd, Ersatz Oberbau, teilweise Materialersatz im Unterbau	2.20	Kt. UR	25.1%	
H18 Entrée Est Le Noir- mont	1.60	Kt. JU	27.4%	

Projektbezeichnung	Baukosten (Mio. Fr.)	Bauherr	Gewichtsbedingter Kostenanteil	Standard- abweichung
Sanierung K21 Seelisberg- strasse Los 2, Ersatz Oberbau teilweiser Ersatz Unterbau/Materialersatz, wenig Werkleitungen	1.00	Kt. UR	18.7%	6.7%
Sanierung K32 Flüelen innerorts Los 3b, Ersatz Oberbau, teilweiser Ersatz Unterbau/Materialersatz, viele Werkleitungen	1.60	Kt. UR	8.7%	
Erneuerung Ausbau Fahr- bahn Kantonsstrassen	24.80		18.6%	
N20.1.3, SNZ intern, Ge- samtabschnitt offene Stre- cke	26.90	ASTRA 4	34.8%	14.3%
080015 Anschluss Gren- chen, Umgestaltung	6.00	ASTRA 3	7.1%	
N20.1.3, SNZ intern, Teils- trecke Anschluss Urdorf.	6.00	ASTRA 4	26.9%	
Erneuerung Ausbau Fahr- bahn Nationalstrassen	38.90		22.9%	
Gemeinde Zell: Umfahrung Rämismühle-Zell im Tösstal	3.20	Kt. ZH	25.1%	9.7%
Umfahrung Emdthal	38.10	Kt. BE OIK I	2.4%	
Kreisel + NUeLes Emibois	2.30	Kt. JU	25.2%	
1002 Flughafenerschlies- sung Bern-Belp	1.90	Kt. BE, OIK II	17.2%	
H18 – Les Emibois – Le Noirmont	1.80	Kt. JU	11.5%	
Neubau Fahrbahn Kan- tonsstrassen	47.30		16.3%	
A16-Grands'Combes- NeuBois	8.00	Kt. JU	15.0%	3.5%
N4.1.6	77.00	ASTRA 4	19.0%	
N4.1.7	26.50	ASTRA 4	24.0%	
Neubau Fahrbahn Natio- nalstrassen	111.50		19.3%	
Überführung Muriaux (GS)	0.40	Kt. JU	1.7%	2.3%
8086 Sanierung Saanebrü- cke Laupen (KS)	0.80	Kt. BE, OIK II	5.0%	
Überführung Kaser- nenstrasse Bülach (0.32	Kt. ZH	6.2%	
Sanierung K2 Gott- hardstrasse Plattibrücke, Sanierung der bestehen- den Bogenbrücke (alte Bausubstanz saniert plus neuer Oberbau) (KS)	0.65	Kt. UR	1.7%	
Baulicher Unterhalt Kunst- bauten Gemeinde- und Kantonsstrassen	2.17		3.7%	

Projektbezeichnung	Baukosten (Mio. Fr.)	Bauherr	Gewichtsbedingter Kostenanteil	Standard- abweichung
080391 Überführung X1	2.60	ASTRA 3	10.0%	2.2%
080391 Überführung Z58	2.50	ASTRA 3	7.6%	
080391 Überführung Z59	2.40	ASTRA 3	10.7%	
080227 Ant.Vennes- Chexbres Ouvrages Art (TP3 murs)	1.20	ASTRA 1	5.9%	
Baulicher Unterhalt Kunst- bauten Nationalstrassen	8.70		8.6%	0.0%
N07/76, Tunnel Girsberg, Instands. BSA	0.60	ASTRA 4	0.0%	
Baulicher Unterhalt BSA Nationalstrassen	0.60		0.0%	0.0%
080482 VoMa Beckenried- Seedorf Bau	2.00	ASTRA 3	0.0%	
Baulicher Unterhalt Tunnel Nationalstrassen	2.00		0.0%	0.0%
Langensandbrücke, Luzern	24.00	Stadt Lu	9.4%	
Erneuerung Ausbau Kunst- bauten Gemeindestrassen	24.00		9.4%	13.5%
10190 Verstärkung Güm- menenbrücke Typ 1	1.63	Kt. BE, OIK II	39.0%	
Wylérbrücke, Innertkirchen	1.67	Kt. BE OIK I	9.0%	
Brücke Souby	0.70	Kt. JU	3.6%	
Ersatzneubau H17 Klau- senstrasse Brücke Fritertal, Ersatz der bestehenden Brücke mit angepasster Linienführung	1.90	Kt. UR	11.9%	
Baumgartenbrücke, Lütschental	1.50	Kt. BE OIK I	12.1%	
Garstatt-Brücke, Boltigen	1.30	Kt. BE OIK I	35.0%	
Gwattbrücke, Zweisimmen	1.40	Kt. BE OIK I	16.0%	
Erneuerung Ausbau Kunst- bauten Kantonsstrassen	10.10		18.1%	
Brünig-Wacht Sanierung Kurve	3.00	ASTRA 2	9.4%	
N20.1.3 Brücke Anschluss Urdorf, SNZ intern	0.40	ASTRA 4	10.1%	0.5%
Erneuerung Ausbau Brü- cken Nationalstrassen	3.40		9.8%	
N03/70, Spur GR - ZH, Tunnelsicherheit	3.90	ASTRA 4	0.0%	0.0%
Erneuerung Ausbau BSA Nationalstrassen	3.90		0.0%	
080001 Lärmschutz Hal- überdeckung Zofingen	12.00	ASTRA 3	0.0%	5.3%
N20.1.3 Honeret, SNZ intern	9.60	ASTRA 4	7.5%	
Erneuerung Ausbau Tun- nels Nationalstrassen	21.60		3.8%	

Projektbezeichnung	Baukosten (Mio. Fr.)	Bauherr	Gewichtsbedingter Kostenanteil	Standard- abweichung
8077 Neubau Gürbebrücke Moos	0.70	Kt. BE, OIK II	11.0%	2.6%
Hofbrücke, Innertkirchen	3.20	Kt. BE OIK I	8.0%	
Stägmattebrücke, Lütschental	2.10	Kt. BE OIK I	5.0%	
Brücke Flughafen	1.26	Kt. ZH	10.0%	
Neubau Kunstbauten Kantonsstrassen	7.26		8.5%	
N01/50, Kreisel Alp Matzingen, <u>Murgbrücke</u> , Neubau	1.00	ASTRA 4	11.3%	3.0%
Jonentobelbrücke	16.00	ASTRA 4	15.5%	
Neubau Brücken Nationalstrassen	17.00		13.4%	
Tunnel de Bure	147.00	Kt. JU	1.3%	0.1%
Hafnerbergtunnel	100.00	ASTRA 4	1.0%	
Islisbergtunnel	224.74	ASTRA 4	1.1%	
Neubau Tunnel Nationalstrassen	471.74		1.1%	

GLOSSAR

AASHO	American Association of State Highway and Transportation Officials: Faktoren zur Bestimmung des Einflusses der Achslasten auf den Verschleiss einer Strasse. Die Organisation wurde 1973 in ASSHTO umbenannt. Das Label für die Analyse der Faktoren wird aber immer noch als AASHO-Text bezeichnet.
Aggressivitätsfaktor	Er wird in der aktuellen Strassenrechnung für die Allokation der gewichtsabhängigen Kosten des baulichen Unterhalts verwendet. Der Aggressivitätsfaktor beruht auf dem klassischen Faktor Achslast in der 4. Potenz und berücksichtigt daneben auch technische Eigenschaften der LW (Achsort und Bereifung). Der Faktor wurde im Rahmen der Revision der Strassenrechnung 2000 eingeführt.
ARE	Bundesamt für Raumentwicklung
ASTRA	Bundesamt für Strassen
BAFU	Bundesamt für Umwelt
Basiskombination	Allgemeine Anpassungen auf Basis der Empfehlungen der Überprüfung der Strassenrechnung (INFRAS/Ecoplan 2011), z.B. Anwendung Territorialprinzip, Vereinfachung Fahrzeugkategorien, direkte Zuschreibung der Kosten und Verrechnung von Einnahmen, Umgang mit Verwaltungskosten. Dies dient als Ausgangsgrösse zur Abbildung der Auswirkungen der revidierten Allokationsschlüssel.
BFS	Bundesamt für Statistik
BSA	Betriebs- und Sicherheitsanlagen
ESAL	Equivalent Single Axle Load: standardisierte Achslast eines gesamten Fahrzeugs
Fz	Fahrzeug
GS	Gemeindestrasse
LI	Lieferwagen
LW	Lastwagen
LSVA	Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe
MISTRA	Managementinformations-System Strasse und Strassenverkehr. Die Datenbank TRA/Unterhalt enthält Angaben zu diversen Netzcharakteristika
NPK	Kostenartengliederung nach Projektkostenrechnung
NS	Nationalstrasse
PW	Personenwagen
PWE	Personenwageneinheiten

R	Radius
SN	Schweizer Norm
sonBase	Lärmdatenbank des Bundesamtes für Umwelt mit umfassenden Informationen zu den Schwerverkehrsanteilen für einzelne Strassen
SR	Strassenrechnung
SV	Schwerverkehr
V	Geschwindigkeit
Verkehrslastklasse	Verkehrslastklasse (T1 bis T6): Wichtige Einflussgrösse zur Dimensionierung (Schichtdicke, Belagstyp) von Strassenaufbauten. (SN 640 430a).
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute

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 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.
- BFS Bundesamt für Statistik:** Strassenrechnung diverse Jahrgänge.
- Bundesrat 2010:** Verordnung über eine leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe vom 6. März 2000 (Stand 1. Januar 2010). SR 641.811. Online im Internet: <http://www.admin.ch/ch/d/sr/6/641.811.de.pdf> (4.5.2010).
- 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, Infras, 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 Infras 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.
- 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).
- Highway Research Board 1961:** The AASHO-Road-Test. History and Description of Project. Special Report 61A. Washington D.C.

- 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 2011:** Zusatzstudien zur Transportrechnung, Analyse der Kategorienrechnung und Verbesserungsvorschläge
- 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.
- 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 Auftrage des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin.
- Scazziga 1984:** Ermittlung der gewichtsbedingten Mehrkosten in der Strassenrechnung, ISETH-ETHZ
- SNZ/INFRAS/Ecoplan 2012:** Aktualisierte Schätzung zum schwerverkehrsbedingten Anteil an den Strassenkosten: Bericht Phase I: Methodik und Konzeption der Fallbeispiele
- SNZ/INFRAS/Ecoplan 2013:** Aktualisierte Schätzung zum schwerverkehrsbedingten Anteil an den Strassenkosten: Bericht Phase II: Ergebnisse der Fallbeispiele und Vorschläge für neue Faktoren