



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Aktualisierung SN 640 907, Kostengrundlagen im Erhaltungsmanagement

**Actualisation SN 640 907, bases pour le calcul des coûts
du système de gestion de l'entretien**

**Update of SN 640 907, basics for cost calculation in road
maintenance management**

R+R Burger und Partner AG
A. Schneider, Dipl. Umwelting. ETH
T. Herrmann, Dr. sc. ETH, Dipl. Math. ETH
J. Lüking, Dr. rer. pol., Diplomvolkswirt

RAFI Managementberatung (RMB)
A.-A. Rafi, Dr. Bauing. ETH

**Forschungsauftrag VSS 2010/702 auf Antrag des Schweizerischen
Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen beauftragten Autor(en). Dies gilt nicht für das Formular 3 "Projektabschluss", welches die Meinung der Begleitkommission darstellt und deshalb nur diese verpflichtet.

Bezug: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Le contenu de ce rapport n'engage que l' (les) auteur(s) mandaté(s) par l'Office fédéral des routes. Cela ne s'applique pas au formulaire 3 "Clôture du projet", qui représente l'avis de la commission de suivi et qui n'engage que cette dernière.

Diffusion : Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

Il contenuto di questo rapporto impegna solamente l' (gli) autore(i) designato(i) dall'Ufficio federale delle strade. Ciò non vale per il modulo 3 «conclusione del progetto» che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e pertanto impegna soltanto questa.

Ordinazione: Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS)

The content of this report engages only the author(s) commissioned by the Federal Roads Office. This does not apply to Form 3 'Project Conclusion' which presents the view of the monitoring committee.

Distribution: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Aktualisierung SN 640 907, Kostengrundlagen im Erhaltungsmanagement

**Actualisation SN 640 907, bases pour le calcul des coûts
du système de gestion de l'entretien**

**Update of SN 640 907, basics for cost calculation in road
maintenance management**

R+R Burger und Partner AG
A. Schneider, Dipl. Umwelting. ETH
T. Herrmann, Dr. sc. ETH, Dipl. Math. ETH
J. Lüking, Dr. rer. pol., Diplomvolkswirt

RAFI Managementberatung (RMB)
A.-A. Rafi, Dr. Bauing. ETH

**Forschungsauftrag VSS 2010/702 auf Antrag des Schweizerischen
Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung
Jost Lüking

Mitglieder
Andreas Schneider
Thomas Herrmann
Ali Rafi

Federführende Fachkommission

Fachkommission 7: Erhaltungsmanagement

Begleitkommission

Präsident
Dirk Göbbels

Mitglieder
Bryan Adey
Joachim Albrecht
Hans Bär
Jean-Bernard Duchoud

Antragsteller

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von <http://www.mobilityplatform.ch> heruntergeladen werden.

Inhaltsverzeichnis

	Impressum	4
	Zusammenfassung	7
	Résumé	8
	Summary	9
1	Einleitung	11
1.1	Ausgangslage und Auftrag	11
1.2	Vorgehen	11
2	Aktualisierung der Norm	12
2.1	Aktualisierungen der Norm (Kapitel A – E und H)	12
2.2	Aktualisierung Kapitel F (Kostensätze 2011)	13
2.3	Aktualisierung Kapitel G (Anwendungsbeispiel)	20
3	Wissenslücken, Stand der Forschung, weiterer Forschungsbedarf	21
3.1	Stand der Forschung zu Unfallgeschehen bei Baustellen	21
3.2	Beurteilung der Norm bezüglich Mehr-/Minderkosten durch Erhaltungsmassnahmen resp. Baustellenverkehr; Stand der Forschung	23
3.3	Beurteilung der Norm bezüglich Kosten des verlagerten Verkehrs; Stand der Forschung	25
3.4	Wissenslücken, weiterer Forschungsbedarf	26
3.4.1	Prioritärer Forschungsbedarf	26
3.4.2	Nicht prioritärer Forschungsbedarf	26
	Anhang: Überarbeitete Norm SN 640 907	29
	Abkürzungen	69
	Literaturverzeichnis	71
	Projektabschluss	73
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	76

Zusammenfassung

Ziel des Forschungsprojekts war es, die auf dem Preis- und Erkenntnisstand des Jahres 2001 basierende Norm SN 640 907 „Grundlagen zur Kostenberechnung im Erhaltungsmanagement“ auf das aktuelle Normenwerk (insbesondere SN 641 820ff.) anzupassen, Erkenntnisse aus dem Forschungspaket zur Massnahmenplanung in der Fahrbahnerhaltung und weitere aktuelle Grundlagen zu integrieren sowie Lücken in den Kostenmodellen zu schliessen. Der vorliegende Bericht dokumentiert die Anpassungen, Erkenntnisse und den ausgemachten weiteren Forschungsbedarf.

Wichtige Anpassungen der Norm beinhalten die Hochrechnung der in den verschiedenen Normen enthaltenen Kostensätze einheitlich auf das Basisjahr 2011, die Aktualisierung der Formeln zur Berechnung der Gesamtkosten, die komplette Überarbeitung der Kosten Dritter aufgrund von SN 641 828 sowie die Betonung der Bedeutung von Sensitivitätsanalysen. Da die Norm nur auf Erhaltungsmassnahmen angewendet wird, wird methodisch häufig auf die vereinfachten Verfahren gemäss SN 641 820ff. zurückgegriffen.

Das Anwendungsbeispiel in SN 640 907 wurde vollständig überarbeitet. In einem fiktiven Erhaltungsprojekt soll eine Vergleichsuntersuchung zeigen, welche Gesamtkosten resp. Differenzkosten gegenüber einem Referenzfall zu erwarten sind, wie diese berechnet werden und wie sich diese Kosten in den zwei Varianten unterschiedlich auf die Kostenträger und Kostenarten aufteilen.

Eine Sichtung zum Stand der Forschung zu Unfallgeschehen bei Baustellen zeigt, dass die Baustelleneinrichtung einen entscheidenden Einfluss auf die Unfälle hat. Um dies in die vorliegende Norm einfliessen zu lassen, müssten jedoch zuerst weitere Untersuchungen vorgenommen werden (Auswirkungen von Verengungen der Fahrspurbreiten, der Fahrspurbreiten an sich, der Signalisation, der Länge der Baustellen, etc.).

Zur Beurteilung der Norm bezüglich Mehr-/Minderkosten a) durch Erhaltungsmassnahmen gegenüber dem Referenzfall ohne Erhaltungsmassnahmen resp. b) durch den eigentlichen Baustellenverkehr kann das Fazit gezogen werden, dass es zwar einige Lücken gibt, grundsätzlich aufgrund dieser aber nicht von wesentlichen Verfälschungen der Resultate auszugehen ist.

Prioritärer Forschungsbedarf wurde ausgemacht bei den fehlenden Kostensätzen für Erhaltungsmassnahmen an Kunstbauten sowie für Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen. Weiter wäre es erstrebenswert, bei den Betriebskosten einen funktionalen Zusammenhang zwischen Strassenzustand und Kosten des betrieblichen Unterhalts, insbesondere des kleinen baulichen Unterhalts, herstellen zu können. Zudem sollten Ausmass und Relevanz veränderter Zeitkosten aufgrund durchgeführter Erhaltungsmassnahmen weiter untersucht werden.

Résumé

L'objectif du projet de recherche était d'adapter la norme SN 640 907 «Bases pour le calcul des coûts du système de gestion de l'entretien» aux normes actuelles (en particulier les normes SN 641 820ss), d'intégrer les résultats du projet de recherche sur la planification des mesures d'entretien des chaussées ainsi que d'autres bases actuelles, et de combler les lacunes dans les modèles de coûts. Le présent rapport documente les adaptations, les résultats et le besoin de recherches supplémentaires identifié.

Les adaptations importantes de la norme comprennent l'extrapolation unitaire des taux de calcul contenus dans les différentes normes à l'année de base 2011, l'actualisation des formules de calcul des coûts globaux, le remaniement complet des coûts de tiers sur la base de la norme SN 641 828 ainsi que la mise en évidence de la signification des analyses de sensibilité. La norme n'étant appliquée que pour les mesures d'entretien, la méthode reprend fréquemment la procédure simplifiée conformément aux normes SN 641 820ss.

L'exemple d'application figurant dans la norme SN 640 907 a été entièrement remanié. Dans un projet d'entretien fictif, une étude comparative doit montrer à quels coûts globaux ou différentiels s'attendre par rapport à un cas de référence, comment calculer ces coûts et de quelle manière ils se répartissent entre les centres d'imputation et les genres de coûts dans les deux variantes.

Un examen de l'état de la recherche sur les accidents liés aux chantiers montre que l'aménagement de ceux-ci exerce une influence décisive. Pour intégrer ce fait à la présente norme, il serait cependant nécessaire de procéder d'abord à de plus amples études (effets du rétrécissement de la largeur des voies de circulation, largeur des voies de circulation, signalisation, longueur des chantiers, etc.).

Pour l'évaluation de la norme en matière de coûts supplémentaires/économies a) dûs aux mesures d'entretien par rapport au cas de référence sans de telles mesures ou b) dûs au trafic proprement dit du chantier, on est en droit de conclure qu'il existe bel et bien quelques lacunes. De manière générale, celles-ci ne permettent cependant pas de supposer que les résultats s'en trouvent gravement falsifiés.

Un besoin de recherche prioritaire a été identifié dans les taux de calcul manquant pour les mesures d'entretien des ouvrages d'art ainsi que des équipements d'exploitation et de sécurité. Il serait par ailleurs souhaitable, pour les coûts d'exploitation, de pouvoir établir un lien fonctionnel entre l'état de la route et les coûts de l'entretien d'exploitation, en particulier de petits travaux d'entretien. Enfin, l'ampleur et la pertinence des coûts horaires modifiés sur la base des mesures d'entretien effectuées doivent faire l'objet d'analyses supplémentaires.

Summary

The aim of the research project was to attune the 2001-based standard SN 640 907 “Basics for cost calculation in Road Maintenance Management” to the current body of standards (especially SN 641 820ff.), to integrate findings from the research package “intervention planning in road maintenance” as well as other current fundamentals and to close knowledge gaps in the cost models. This report documents adjustments, findings and further need for research.

Important modifications of the standard include the extrapolation of the cost rates contained in the various standards uniformly to the base year 2011, updating the formulas to calculate the total costs, the complete revision of the external costs based on SN 641 828 and the emphasis on the importance of sensitivity analyzes. As the standard is applied only to maintenance, it is methodologically often reverted to the simplified procedure according to SN 641 820ff.

The example of use in SN 640 907 has been completely revised. In a fictional maintenance project a comparative study shall show what total costs and what differential costs in comparison to a reference case are to be expected, how these costs are calculated and how the two options differ in their cost allocation to the cost objects and cost elements, respectively.

A review of the state of research on accidents at construction sites indicates that the construction site setup has a decisive influence on accidents. For this to be incorporated into the present standard, further investigations would have to be carried out first (impact of narrowing the lane widths, the lane width itself, signalisation, the length of the construction sites, etc.).

To assess if the standard produces reasonable results concerning additional / reduced costs a) entailed by maintenance measures compared to the reference case without maintenance measures, and b) caused by the actual construction site traffic it can be drawn the conclusion that although there are some gaps, generally no significant distortions of the results have to be expected.

Priority needs for research are identified in the missing cost rates for maintenance measures on civil engineering structures as well as for operational and safety equipment. Further it would be desirable to be able to produce a functional relationship between road condition and operational maintenance costs, particularly the costs for minor repairs. Moreover, the extent and relevance of changed travel time costs due to realized maintenance measures should be further investigated.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Auftrag

Die Norm SN 640 907 „Grundlagen zur Kostenberechnung im Erhaltungsmanagement“ wurde im August 2003 publiziert. Sie enthält Kostensätze für die Objektkosten (Betreiberkosten) der Fahrbahnen, Kunstbauten und technischen Ausrüstungen (Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen), für Strassennutzerkosten und für Kosten Dritter auf dem Preis- und Erkenntnisstand des Jahres 2001.

Mittlerweile ist aufgrund von umfangreichen Forschungsarbeiten ein aktuelles, wesentlich vertieftes Normenwerk für die Bewertung von Strassenprojekten entstanden, das hinsichtlich Übertragbarkeit der Erkenntnisse zu analysieren und mit dem die vorliegende Norm SN 640 907 abzustimmen ist (Wahrung der Konsistenz des Normenwerks).

Weitere Erkenntnisse, insbesondere zu den Objektkostensätzen der Fahrbahnerhaltung, die im Rahmen des Forschungspakets VSS 2004/711-715 [1, 2, 3, 4] gewonnen wurden, sollen ebenfalls integriert werden (vgl. v.a. VSS 2004/711: Standardisierte Erhaltungsmassnahmen [2]).

In der seinerzeitigen Vernehmlassung wurden ausserdem, v.a. im Bereich der externen Kosten, Lücken erkannt, die nun geschlossen werden können.

Es werden keine neuen Daten erhoben, sondern nur Kostenüberprüfungen und -anpassungen auf Basis von bestehenden Arbeiten und Normen vorgenommen.

1.2 Vorgehen

Zunächst wurden die Kostenkennzahlen aus dem aktuellen Normenwerk in die Gesamtkostennorm übernommen; danach wurde geprüft, wie die festgestellten Lücken anhand neuer Erkenntnisse gefüllt werden können. Ein entsprechend erweiterter Normentwurf sowie die Dokumentation der Anpassungen und des weiteren Forschungsbedarfs stellten den ersten Meilenstein dar. Darauf erfolgte die endgültige Normenredaktion einschliesslich eines neuen Kostenmodells mit Anwendungsbeispiel. Die vollständig aktualisierte Norm inkl. überarbeiteter Anhänge markiert Meilenstein zwei. Schliesslich wurden in Meilenstein drei die Änderungen an der Norm dokumentiert und erklärt und die Norm in einer Vernehmlassung abschliessend diskutiert und bereinigt.

Zur Kostenüberprüfung und -anpassung auf Basis von bestehenden Arbeiten wurden hauptsächlich folgende drei Quellengruppen verwendet:

- Analysieren und Auswerten der neuen Normen SN 641 820ff. zu Objekt-, Nutzer- und externen Kosten von Strassen und Strassenverkehr sowie der dazugehörigen Forschungsberichte.
- Analysieren und Auswerten der aktuellen Forschungsarbeiten aus dem Forschungspaket Massnahmenplanung im Management der Strassenerhaltung VSS 2004/710ff.
- Ergänzende Auswertung in- und ausländischer Literatur im Hinblick auf die erkannten Lücken.

2 Aktualisierung der Norm

Dem Auftrag entsprechend wurden keine grundlegenden Änderungen an der Norm vorgenommen, sondern die Struktur wurde wie bisher belassen und der Inhalt aufgrund neuer Normen und Kostensätze aktualisiert. Die drei Teile wurden in ein einziges Dokument zusammengefasst, um die Struktur zu vereinfachen und die Übersichtlichkeit zu erhöhen.

Die nachfolgenden Erläuterungen zu den vorgenommenen Aktualisierungen beschränken sich teilweise auf stichwortartige Anmerkungen. Nur geringfügige und eher semantische Anpassungen werden nicht alle explizit aufgeführt und erläutert.

Die überarbeitete Norm ist im Anhang zu diesem Bericht zu finden.

2.1 Aktualisierungen der Norm (Kapitel A – E und H)

zu 1. Geltungsbereich

- Da zu Kunstbauten und Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen (BSA) (fast) keine allgemein verwendbaren Einheitskosten aufgeführt werden können, werden die Teilsysteme nicht mehr explizit erwähnt. Von der Methodik her ist die Norm auf alle Teilsysteme gemäss SN 640 900a [28], auch auf Werkleitungen und Nebenanlagen, anwendbar.

zu 2. Gegenstand

- Neu wird explizit erwähnt, dass die Wirkung resp. Wirkungsdauer von Massnahmen anhand anderer Grundlagen vom Anwender abzuschätzen ist. Die vorliegende Norm behandelt nur die Kosten resp. die Methodik, mit welcher die Gesamtkosten berechnet werden können. Auch wird neu explizit darauf hingewiesen, dass die Norm nicht eine fundierte Kostenschätzung der Erhaltungsmassnahmen ersetzen kann, sondern bei fehlenden Kostenangaben nur eine Hilfestellung zu deren Abschätzung liefert.

zu 3. Zweck

- Umformulierung, um den Text lesbarer zu machen. Für die möglichen Anwendungszwecke wird auf Kapitel D. verwiesen.

zu 4. Begriffe

- Einige kleinere, mehrheitlich semantische Anpassungen
- Aussage in Ziffer 4.1 zum zu verwendenden Diskontsatz ist überholt → Anpassung des Texts in Übereinstimmung mit SN 641 821; Erwähnung, dass Restwerte zu berücksichtigen sind.
- Ziffer 4.2 Whole life cost (Lebenszykluskosten) wird gestrichen, da der Begriff im Weiteren nicht benötigt wird. Ausserdem wird der Begriff heute zum Teil unterschiedlich definiert und es zeigen sich Abgrenzungsschwierigkeiten zum Begriff Gesamtkosten in Ziffer 4.1, was beim Anwender zu unnötiger Verwirrung führen kann.
- In Ziffer 4.3 wird neu von Betreiber- anstelle von Objektkosten gesprochen, dies in Übereinstimmung mit der Begriffsverwendung in VSS 2004/714 [3].

zu 5. Grundlagen und 6. Kosten im Erhaltungsmanagement

- Angepasste Begriffe und Komponenten der Kostenarten
- Abbildung 1 wurde überarbeitet und die Kostenarten wurden ebenfalls integriert
- Umbenennung von „6. Kostenträger und Kostenarten“ in „6. Kostenstruktur“
- Ziffer 6.2: Neu Erwähnung der zwei wesentlichen Betriebszustände zur Bewertung von Erhaltungsmaßnahmen: „normal“ (d.h. Normalbetrieb) und „Bauphase“
- Ziffer 6.3: Neuer Absatz zu relevanten Kostenkomponenten

zu C. Ziele und Bedingungen bei der Ermittlung der Gesamtkosten

- Leichte Umstrukturierung und Anpassung des Textes. Die Ziffern „7. Ziele auf Netzebene“ und „8. Ziele auf Objektebene“ wurden unter der neuen Überschrift „7. Ziele der Gesamtkostenberechnung“ zusammengeführt.
- 8. (bisher 9.) Bedingungen: diverse Anpassungen an SN 641 820ff., um die methodische Konsistenz wieder herzustellen; neuer Spiegel punkt zu Sensitivitätsanalysen

zu D. Anwendungen

- Diverse geringfügige Anpassungen (u.a. angepasster Text und Beispiele in 12. Kennzahlen)
- Der einleitende Satz zur notwendigen „Aktualisierung“ aller Kosten auf ein bestimmtes Jahr wurde in aktualisierter Form in Ziffer 8. Bedingungen integriert.
- Ziffer 11. Whole life cost wurde analog zu „4.2 Whole life cost (Lebenszykluskosten)“ gestrichen, da für diese Norm von untergeordneter Relevanz und da der Abschnitt in dieser Form beim Anwender eher zu Fragen als zu einem Erkenntnisgewinn führt.

zu E. Berechnung

- Ausgehend von den aktualisierten Kostensätzen in Kapitel F wurden die Formeln (vollständige Version und vereinfachte Berechnungsweise) aktualisiert.

zu H. Literaturverzeichnis

- Aktualisiert und vereinheitlicht gemäss Erwähnung im Normentext

2.2 Aktualisierung Kapitel F (Kostensätze 2011)

zur Struktur

- Neu Strukturierung gemäss den Kostenträgern (für KuBa und BSA (bisher „techn. Ausrüstungen“ genannt) sind kaum Kostensätze verfügbar – damit in bisheriger Struktur übergewichtet)

zu Ziffer 15, Anwendung der Kostensätze

- Etwas ausführlichere einleitende Bemerkungen als bisher. So u.a. Empfehlung zur Aktualisierung der Kostensätze in Kapitel F zusammen mit Aktualisierung in SN 641 820ff. oder nach Veröffentlichung neuer Forschungsergebnisse und Verweis darauf, dass bei Bedarf die ausführlicheren Berechnungsverfahren in den Normen

SN 641 820ff. beigezogen werden können. Es wird nochmals auf die Wichtigkeit von Sensitivitätsanalysen hingewiesen, mit welcher die Robustheit der Resultate zu prüfen ist.

generell zur Hochrechnung von Kostensätzen auf das Jahr 2011

- Die Hochrechnung der in den verschiedenen Normen enthaltenen Kostensätze einheitlich auf das Basisjahr 2011 erfolgte entsprechend den Anweisungen in den jeweiligen Normen.
- Da für den Index zur Lohnentwicklung und den Landesindex der Konsumentenpreise zum Zeitpunkt der Normenaktualisierung noch keine Werte für das Jahr 2011 verfügbar waren, wurden jene für das Jahr 2010 verwendet. Es kann davon ausgegangen werden, dass der dadurch entstehende Fehler in den Kostensätzen vernachlässigbar ist.

zu Ziffer 16 Betreiberkosten *BK*

- Für Erhaltungsmaßnahmen an allen Teilsystemen (Fahrbahn, etc.) gilt, dass sämtliche in Zusammenhang mit der Erhaltungsmaßnahme stehenden Betreiberkosten zu berücksichtigen sind. Dazu wurde folgender einleitender Abschnitt eingefügt: „Wo immer möglich ist für die Kosten von Erhaltungsmaßnahmen auf effektive Kostenschätzungen abzustellen. Dabei sind auch jegliche Zusatzkosten zu berücksichtigen, welche durch Umleitungen anfallen (höherer betrieblicher und baulicher Unterhalt, Verstärkungsmaßnahmen auf der Umfahrungsstrecke, aufwendige Konzepte zur Verkehrsführung, etc.).“
- Gemäss Vertretern des ASTRA entfallen bei Nationalstrassen ca. 5-15% der Erhaltungskosten auf die Betriebsführung. Im Normenentwurf wird davon ausgegangen, dass Kosten der Betriebsführung grundsätzlich in den Kostensätzen enthalten sind resp. Kostenschätzungen auch sämtliche Kosten für Betriebsführung enthalten (siehe auch vorhergehender Spiegelstrich). In einer nächsten Normenaktualisierung könnten – soweit vorhanden – in geeigneter Form zusätzliche Angaben zu den Kosten für Betriebsführung in Abhängigkeit von Strassentyp und Baustellenorganisation gemacht werden.

zu Ziffer 16.1 Kostensätze für Erhaltungsmaßnahmen an Fahrbahnen K_{FB}

- Neu separate Betreiberkostensätze für bitumenhaltige Beläge und Beton-Beläge. Die Kennzahlen stammen aus der Forschungsarbeit „Standardisierte Erhaltungsmaßnahmen“ [2] und wurden mit Hilfe von Kostendaten von Bund und Kantonen [17] zu sechs Massnahmen-Kategorien aggregiert. Für Beton-Beläge sind nur Zahlen für Nationalstrassen verfügbar, weshalb in Tabelle 2 keine Unterscheidung nach Strassentyp vorgenommen wurde.
- Auch die Anleitung, bei besonders grossflächigen Massnahmen die Kostensätze um 20% zu reduzieren und bei sehr kleinräumigen Massnahmen um 20% zu erhöhen stammt aus obiger Forschungsarbeit. Genauere Angaben dazu, wie „grossflächige“ und „kleinräumige“ Massnahmen zu definieren sind, sind nicht möglich – die Anwendung im konkreten Fall muss dem Anwender überlassen werden. Es ist somit im Einzelfall ausdrücklich möglich auch andere Zu- und Abschläge zu verwenden.
- Die Ergänzung, dass bei einem 2-Schichtbetrieb die höheren Kosten über einen Zuschlag von 10% berücksichtigt werden können, basiert auf Erfahrungswerten des ASTRA und Angaben in [2].
- Gestützt auf [2] wird in 16.1.3 neu verlangt, dass die Einheitskosten um jeweils 20% zu erhöhen sind, falls keine Totalsperrung der Fahrstreifen erfolgen kann. Dies aufgrund der aufwendigeren Logistik. Auch hier kann im konkreten Einzelfall mit anderen Zu- bzw. Abschlägen gerechnet werden, sofern genauere Angaben vorliegen.

zu Ziffer 16.2 Kostensätze für Erhaltungsmaßnahmen an Kunstbauten K_{KuBa}

- Aufgrund der grossen Variabilität von Erhaltungsmaßnahmen an Kunstbauten und von deren Kosten können – zumindest auf aggregierter Ebene – keine besseren resp. weiter aufgeschlüsselten Einheitskosten in die Norm aufgenommen werden. Auch mehrere Experten empfehlen, besser keine als möglicherweise falsche resp. auf den konkreten Fall falsch angewendete Einheitskosten anzugeben.
- Dass sowohl in der bisherigen als auch in der aktualisierten Norm nur Kostensätze für Erneuerung bzw. Neubau von Kunstbauten angegeben werden können, ist unbefriedigend. Es wird empfohlen, im Hinblick auf eine nächste Aktualisierung der Norm Datengrundlagen zu beschaffen resp. auszuwerten, aufgrund derer zumindest zusätzlich zur Erneuerung Kostensätze für (30-jährigen) Unterhalt resp. Instandsetzung angegeben werden können.

zu Ziffer 16.3 Kostensätze für Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen K_{BSA}

- Aufgrund der grossen Variabilität von Erhaltungsmaßnahmen sowie der schnellen Entwicklung von Technik und Anforderungen in diesem Bereich sind nach wie vor keine sinnvollen Kostensätze aufführbar.
- Gemäss Anlagenkennzeichnungssystem Schweiz (AKS-CH) [41] sind bei Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen folgende Anlagentypen zu unterscheiden:
 - Beleuchtung
 - Energieversorgung
 - Kabelanlage (Infrastruktur)
 - Kommunikation & Leittechnik
 - Lüftung
 - Nebeneinrichtung
 - Signalisation
 - Überwachungsanlage
- Bei einer nächsten Normenaktualisierung kann möglicherweise auf dieser Ebene versucht werden, sinnvolle Einheitskostenbereiche als Orientierungswerte anzugeben.

zu Ziffer 16.4 Bezugsjahr und reale Veränderung über die Zeit

- Die neue Ziffer 16.4 behandelt die notwendige Aktualisierung der Kosten für Erhaltungsmaßnahmen auf ein beliebiges Bezugsjahr.
- Der anzuwendende Tiefbaupreisindex ist fallweise zu wählen – neben dem gesamtschweizerischen Index kann auch ein regionsspezifischer Index sinnvoll sein. Für die in Kapitel F angegebenen Kostensätze wurde jedoch immer der gesamtschweizerische Tiefbaupreisindex verwendet.
- Reale Preisveränderungen über die Zeit – z.B. Annahme, dass die Erneuerungskosten für Brücken stärker steigen als andere Preise – können im Rahmen von Sensitivitätsbetrachtungen berücksichtigt werden.

zu Ziffer 16.5 Finanzierungskosten K_{Fin}

- Kapitalkosten für aufgenommene Kredite waren in der bisherigen Norm nicht erwähnt, sind aber zu berücksichtigen (analog SN 641 820 und eNISTRA2010).

zu Ziffer 16.6 Betriebskosten der Strassenanlage K_{Betr}

- Betriebskosten der Strassenanlage wurden in der bisherigen Norm aufgrund der vereinfachten Formel vernachlässigt. In der aktualisierten vereinfachten Formel (vgl. Kapitel E) wird K_{Betr} zwar nach wie vor vernachlässigt, ist bei der detaillierten Berechnung

jedoch zu berücksichtigen und wird deshalb neu auch bei den Kostensätzen aufgeführt.

- Definition und Berücksichtigung der Unterkomponenten der Betriebskosten stützen sich auf SN 641 826 Ziff. 4.1
- Kosten des betrieblichen Unterhalts (K_{BU}):
 - Die jährlichen Basiskosten in Tab. 6 stammen aus SN 641 826 Tab. 1 (Kostenkennzahlen betrieblicher Unterhalt, jährliche Basiskosten, Preisbasis 2004), hochgerechnet auf 2011 mittels Tiefbauindex des Schweizerischen Baupreisindex [18], unter Berücksichtigung der jährlich erwarteten Kostenabnahme bei Tunnels gemäss SN 641 826 Tab. 3 und gerundet auf CHF 1'000.
 - Im Rahmen der Vernehmlassung zur Norm wurde eine Diskrepanz zwischen den in der Norm angegebenen jährlichen Basiskosten für HLS / HVS und den effektiven Durchschnittskosten gemäss Strassenrechnung 2009 festgestellt. Gemäss letzterer erhält man bei ca. 1'600 km offener Strecke Nationalstrassen (inkl. Kunstbauten, aber ohne Tunnels) und Ausgaben von ca. CHF 250 Mio Durchschnittskosten, die ca. 60% über den in der Norm ausgewiesenen Basiskosten liegen.
Die Norm SN 641 826 basiert (im Wesentlichen) auf Kosten von 2004. 2008 fand die Umstellung auf NFA statt – in der Strassenrechnung wird für das Jahr 2007 nur ein Betrag von CHF 184 Mio. ausgewiesen. Diese markante Kostensteigerung ab 2008 hängt vermutlich mit dem NFA, der Abgrenzung und dem Inhalt der Arbeiten hinter diesen Zahlen zusammen. So sind z.B. die Schadenwehren bei den Kostenzahlen des ASTRA inbegriffen, bei den Zahlen in SN 641 826 nicht. Die genauen Gründe sind jedoch unklar. Im Sinne der Normenkonsistenz werden die Zahlen in der aktualisierten Norm aber nicht angepasst, die Klärung der Diskrepanz wird in dessen als Forschungsbedarf ausgewiesen.
 - Die altersabhängigen Einflussfaktoren stammen aus SN 641 826 Tab. 2 (Kostenkennzahlen betrieblicher Unterhalt, Einflussfaktoren). Über diese Faktoren kann die Auswirkung der Erhaltungsmassnahmen auf die Kosten des betrieblichen Unterhalts berücksichtigt werden. Zum Ausmass der Rücksetzung des Alters einer Anlage nach erfolgter Erhaltungsmassnahme können jedoch keine verallgemeinerten Regeln vorgegeben werden – diese müssen vom Anwender vernünftig und fallspezifisch gewählt werden. Bei Bedarf kann mittels Sensitivitätsanalyse die Robustheit der gewählten Annahmen überprüft werden.
In der Vernehmlassung zur Norm wurde eine Erweiterung der altersabhängigen Einflussfaktoren auf die Jahre 25, 30, 35 und 40 gewünscht (bei denen vermutet werden kann, dass die Kosten des betrieblichen Unterhalts ungleich stärker ansteigen als beim Schritt nach 20 Jahren). Die Forschungsstelle verfügt jedoch über kein Datenmaterial, um diesbezüglich stabile Aussagen machen zu können. Es besteht hier weiterer Forschungsbedarf.
 - Die Angaben zur Änderung der Preisbasis entsprechen denjenigen in SN 641 826 Ziff. 8 und 9.
- Die Ausführungen zu „Polizeiliche Verkehrsregelung und Überwachung“ ($K_{Polizei}$) entsprechen denjenigen in SN 641 826 Ziff. 7 und 9.

zu Ziffer 16.7 Verwaltungskosten K_{Verw}

- Bei Bedarf sind die Verwaltungskosten des Strassenbetreibers zu berücksichtigen. Bei relativen Betrachtungen können sie vernachlässigt werden.

zu Ziffer 16.8 Restwerte K_{Rest}

- Wie in der Norm Ziff. 4.1 erwähnt, sind für Vergleichszwecke Restwerte zu berücksichtigen. Unter Ziff. 16.8 wird die Berechnungsweise vorgegeben:
 - Der Restwert eines Objektes am Ende des Betrachtungszeitraums entspricht dem Substanzwert zu diesem Zeitpunkt. Die Definition des (monetarisierten) Substanzwerts basiert auf SN 640 904 Ziff. 9.3.

- Können diese Kosten nicht ermittelt werden, kann mittels der Restlebensdauern der verschiedenen Objekte und den erforderlichen Neubaukosten (mit gleicher Dimensionierung und Funktionalität) ein Restwert auf Grund des Alters der Objekte berechnet werden (vgl. SN 641 820, Ziff. 30.3).

zu Ziffer 17.1 Zeitkosten K_{Zeit}

- Zeitkostensätze neu gemäss SN 641 822a und SN 641 823
- Hochrechnung der Kostenansätze auf 2011 wie in der Norm beschrieben

zu Ziffer 17.2 Fahrzeugbetriebskosten K_{FZB}

- Neue Kostensätze gemäss SN 641 827. In Tabelle 9 des aktualisierten Normenanhangs wurden die Fahrzeugkategorien Gesellschaftswagen und Motorräder zur Vereinfachung, und da die entsprechenden Datengrundlagen meistens sowieso nicht vorhanden sind, weggelassen.
- LSVA-Durchschnittswert: beruht auf Flottenzusammensetzung und deren gefahrenen Fzkm von 2008 (vgl. SN 641 827, Tabelle 4). Es erfolgte keine Neuberechnung des Durchschnittswerts aufgrund neuerer Daten.
- Hochrechnung der Kostenansätze auf 2011 wie in der Norm beschrieben. Für die Treibstoffkostensätze wurde der hochgerechnete Faktorpreis für Benzin zusätzlich um 6 Rappen erhöht, um die Differenz zum effektiven Tankstellenpreis in etwa auszugleichen (Tankstellenpreise Januar 2011 gemäss BFS für Benzin: 1.68, für Diesel: 1.79).

zu Ziffer 17.3 Unfallkosten K_{Unfall}

- Unter Unfallkosten werden immer sowohl die unmittelbaren Unfallkosten als auch die Unfallfolgekosten verstanden.
- Neue Kostensätze gemäss SN 641 824
- Hochrechnung der Kostenansätze auf 2011 wie in der Norm beschrieben
- Zu differenzierten Unfallraten und -kosten im Baustellenbereich existieren zwar einige Untersuchungen, die Resultate widersprechen sich aber teilweise und sind nicht genügend belastbar, um in der Norm eine differenzierte Bewertung des Unfallgeschehens infolge Baustelle vorgeben zu können. Auf den Stand der Forschung bzgl. Unfallgeschehen wird in Kapitel 3.1 ausführlicher eingegangen.

zu Ziffer 17.4 Veränderung der Zuverlässigkeit K_{Zuvert}

- Grundlage bildet die SN 641 825. Da die Norm SN 640 907 nur reine Erhaltungsmassnahmen behandelt, kann davon ausgegangen werden, dass die Erhaltungsmassnahmen im Normalbetrieb keinen oder höchstens einen marginalen Einfluss auf die Zuverlässigkeit haben werden. Für die Bauphase kann davon ausgegangen werden, dass die Veränderung der Zuverlässigkeit auf Grund der Baustellenbehinderungen mit der Verlängerung der Reisezeiten (K_{Zeit}) genügend abgebildet wird. Deshalb ist K_{Zuvert} in der vereinfachten Formel nicht enthalten. Sofern der konkrete Anwendungsfall dies sinnvoll erscheinen lässt (erwähnt werden in der Norm Systemeffekte bei Betrachtung verschiedener Baustellen in einem Netz) und die notwendigen Grundlagendaten vorhanden sind, kann die Zuverlässigkeit jedoch gemäss SN 641 825 mit einbezogen werden.
- Häufig werden bei „Zuverlässigkeitsproblemen“ Erhaltungs- mit gezielten Ausbau- oder zumindest Anpassungsmassnahmen kombiniert. Inwiefern dies mit der vorliegenden Norm / Methodik korrekt abgebildet werden kann, ist nicht ganz klar.

zu Ziffer 18 Kosten Dritter *DK*

- Ziffer 18 Kosten Dritter wurde aufgrund von SN 641 828 komplett überarbeitet.

Zu Ziffer 18.1 Externe Unfallkosten $K_{\text{extUnfall}}$

- Grundlage bilden die Zahlen aus SN 641 824. Der Anteil externer Kosten an den Unfallkosten ist gemeinsam mit den übrigen Unfallkosten unter Ziff. 17.3 in Tab. 11 aufgeführt.

zu Ziffer 18.2 Lärmkosten $K_{\text{Lärm}}$

- Der Lärm wird gemäss der vereinfachten Methode in SN 641 828, Ziffer 17 bewertet. Dabei erfolgt die Bewertung über die Fahrleistung (Fzkm) und die Bewertung beinhaltet nur die Auswirkungen des Lärms am Wohnort, d.h. in Wohngebieten.
- Die Hochrechnung der Kostenansätze auf 2011 erfolgte wie in der Norm beschrieben.
- Zur Bewertung von Baulärm sind keine verwendbaren Datengrundlagen bekannt, weshalb darauf verzichtet werden muss. Allerdings ist der Baulärm meist auch nur von kurzer Dauer, so dass die Vernachlässigung in den meisten Fällen zulässig ist.
- Auch Auswirkungen des Lärms am Arbeitsplatz oder in Erholungsgebieten, sowie die Kosten von Schallschutzmassnahmen im Rahmen der Lärmsanierung können mit der aktuellen Norm nicht monetär bewertet werden. (In eNISTRA werden lärmbelastete Flächen in Schutz- und Erholungsgebieten in Indikator U122 mittels Nutzwertpunkten bewertet. Auswirkungen des Lärms am Arbeitsplatz, die Kosten von Schallschutzmassnahmen an Gebäuden (Schallschutzwände sind in den Investitionskosten enthalten) und der Baulärm sind im Kommentarfeld des Indikators U121 zu erwähnen und so qualitativ bei der Gesamtbewertung zu berücksichtigen.)

zu Ziffer 18.3 Kosten der Luftverschmutzung K_{Luft}

- Gemäss SN 641 828, wobei der Einfachheit halber nur die PM_{10} -Emissionen berücksichtigt werden. Gemäss VSS 2004/714 [3] kann davon ausgegangen werden, dass eine Erhaltungsmassnahme keinen wesentlichen Einfluss auf NO_x und Zink-Emissionen und damit auf Ernteauffälle, Waldschäden und Bodenqualität hat.
- Die für die Bewertung benötigten Emissionsfaktoren in Tab. 13 stammen aus dem Handbuch Emissionsfaktoren HBEFA 3.1 [20] (verwendet wurden die für Personewagen etwas höheren Emissionsfaktoren inkl. Berücksichtigung der Klimaanlage) resp. für die Emissionsfaktoren für Abrieb und Aufwirbelung aus Anhang C des Berichts „Externe Kosten im Strassenverkehr: Grundlagen zur Durchführung einer Kosten-Nutzen-Analyse“ [14].
- Analog zu den Fahrzeugbetriebskosten werden nur die Emissionsfaktoren für Personewagen, schwere Nutzfahrzeuge und Linienbusse aufgeführt.
- Der höhere Treibstoffverbrauch und die dadurch höhere Luftbelastung durch Stop'n'Go-Verkehr z.B. bei Baustellenregelung mit LSA können mit den vorliegenden Grundlagen in der Norm nicht berücksichtigt werden.
- Die durch die eigentlichen Bauarbeiten verursachten Kosten der Luftverschmutzung werden gemäss SN 641 828 vereinfacht anhand der Investitionssumme berücksichtigt. Da die Staubemissionen den grössten Anteil an den Luftverschmutzungskosten ausmachen und über die Zeit gemäss Prognosen konstant bleiben, wird vereinfacht von einem über die Zeit konstanten Prozentsatz von proportional zu den Investitionskosten zusätzlichen 6.7% externer Luftverschmutzungskosten ausgegangen.
- Die Hochrechnung der Kostenansätze auf 2011 erfolgte wie in der Norm beschrieben.

zu Ziffer 18.4 Klimakosten K_{Klima}

- Gemäss SN 641 828
- Die für die Bewertung benötigten Emissionsfaktoren in Tab. 15 stammen aus dem Handbuch Emissionsfaktoren HBEFA 3.1 [20] (verwendet wurden die für Personewagen etwas höheren Emissionsfaktoren inkl. Berücksichtigung der Klimaanlage).
- Analog zu den Fahrzeugbetriebskosten werden nur die Emissionsfaktoren für Personewagen, schwere Nutzfahrzeuge und Linienbusse aufgeführt.
- Die Kosten der Bauemissionen der Treibhausgase sind im Verhältnis zu den Kosten der Bauemissionen der Luftschadstoffe vernachlässigbar gering und müssen nicht berücksichtigt werden (SN 641 828, Ziff. 28.1).
- Hochrechnung der Kostenansätze auf 2011 wie in der Norm beschrieben. Zu erwähnen ist hierbei, dass es sich bei dem in der SN 641 828 angegebenen Kostensatz um jenen für das Jahr 2010, jedoch mit Preisstand 2005, handelt. Damit ist die gemäss Norm jährliche Erhöhung des Kostensatzes um CHF 2.50 pro Tonne für 2011 nur von 2010 auf 2011 zu erhöhen und danach auf Basis des Konsumentenpreisindex von 2005 auf 2011 zu aktualisieren.

zu Ziffer 18.5 Externe Kosten des Energieverbrauchs $K_{\text{extEnergie}}$

- Gemäss SN 641 828
- Hochrechnung der Kostenansätze auf 2011 wie in der Norm beschrieben. Entgegen dem Kostensatz für CO_2 ist hier die reale Erhöhung um 1 CHF/MWh pro Jahr von 2005 bis 2011 vorzunehmen.

zu Ziffer 18.6 Nichtrelevante Bewertungstatbestände

- Die Beurteilung, dass die unter Ziff. 18.6 aufgeführten Umweltkosten für die Bewertung von Erhaltungsmassnahmen nicht relevant sind, stützt sich im Wesentlichen auf die Begründungen in VSS 2004/714 [3], S. 84. Landschafts- und Ortsbild, Zerschneidungseffekt sowie Bodenversiegelung bleiben – im Gegensatz zu Aus- und Neubaumassnahmen – mit der Erhaltungsmassnahme gleich, da keine zusätzlichen versiegelten Flächen entstehen und auch die Funktion/Kapazität der Strasse gleich bleibt. Gleiches gilt grundsätzlich für die Bodenbeeinträchtigung im Sinne von Bodenbelastungen, wenn davon ausgegangen wird, dass die Bauphase keine Verdichtungsschäden auf Installationsflächen etc. verursacht und eine allfällige Rekultivierung richtig durchgeführt wird.
- Der in der vereinfachten Formel der Norm nicht enthaltene Faktor Externe Kosten des Energieverbrauchs $K_{\text{extEnergie}}$ wird hier nicht erwähnt, da dessen Kostensatz in Ziffer 18.5 ja grundsätzlich vorliegt.
- Auf im Kennzahlenkatalog nicht enthaltene Kostenansätze für Mehr- oder Minderkosten speziell durch Erhaltungsmassnahmen und deren Baustellenverkehr wird in Kapitel 3 eingegangen.

zu Kapitel H Literaturverzeichnis

- Aktualisiert unter Berücksichtigung aller in der Norm (inkl. Kostensätze und Beispiel) verwendeter Literatur.

2.3 Aktualisierung Kapitel G (Anwendungsbeispiel)

Das Anwendungsbeispiel wurde vollständig überarbeitet. Es wurde ein fiktives Beispiel gewählt, in welchem auf einem Streckenabschnitt Innerorts eine Erneuerung des Oberbaus vorgesehen ist. Dazu stehen zwei Varianten mit unterschiedlicher Baustellenorganisation zur Disposition. Eine Vergleichsuntersuchung soll zeigen, welche Gesamtkosten resp. Differenzkosten gegenüber dem Referenzfall ohne Erhaltungsmassnahmen zu erwarten sind und wie sich diese Gesamtkosten in den zwei Varianten unterschiedlich auf die Kostenträger und Kostenarten aufteilen.

Gezeigt werden soll insbesondere, dass bei einer Gesamtkostenbetrachtung eine Variante mit tiefen Betreiberkosten volkswirtschaftlich teurer sein kann als eine solche mit höheren Betreiberkosten, aber tieferen Kosten von Nutzern und Dritten.

Für Details zum Anwendungsbeispiel wird auf ebendieses in Kapitel G verwiesen. Im Rahmen der Begleitkommission wurde kritisiert, dass die Unfallkosten gemäss Norm einzig von den Fahrzeugkilometern abhängen. Damit würden unterschiedliche Unfallkosten z.B. aufgrund von Rückstaugefahr und Auffahrunfällen nicht resp. zu wenig berücksichtigt. Mit den vorliegenden Grundlagen können solche Unterschiede in der Norm jedoch nicht abgebildet werden. Es bleibt aber dem Anwender überlassen im konkreten Fall eigene Abklärungen und Überlegungen dazu durchzuführen und die Kostenberechnungen sinngemäss mit den eigenen Überlegungen zu ergänzen.

3 Wissenslücken, Stand der Forschung, weiterer Forschungsbedarf

Zu den Themen „Unfallgeschehen bei Baustellen“, „Kosten Dritter“ und „Kosten des verlagerten Verkehrs“ wird im Folgenden etwas detaillierter auf den Stand der Forschung eingegangen. In Kapitel 3.4 folgt eine Auflistung des weiteren Forschungsbedarfs.

3.1 Stand der Forschung zu Unfallgeschehen bei Baustellen

Wichtigste und aktuellste Synthese zum Stand der Forschung zu Unfall- und Unfallkostenraten im Strassenverkehr bildet der Forschungsbericht Nr. 1266 „Unfall- und Unfallkostenraten im Strassenverkehr“ aus dem Jahr 2009 [13]. Die darin dokumentierten Auswertungen und Ergebnisse zu Unfallkostenraten und -ziffern für verschiedene Strassenklassen und Knotenklassen – inkl. Berücksichtigung von Dunkelziffern – bilden die Basis für die SN 641 824 „Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr; Unfallraten und Unfallkostensätze“ [36] (gültig ab 1.2.2010).

Nicht untersucht, und auch nicht Bestandteil der genannten Norm, wurde das Unfallgeschehen bei Baustellen. Wohl wäre es eventuell möglich, aus den vorhandenen Unfallraten Analogieschlüsse zu Unfallraten bei Baustellen zu ziehen, jedoch würde dies erstens den Rahmen dieser Normenaktualisierung sprengen und zweitens wäre es auch unsicher, ob dabei brauchbare Ergebnisse resultieren würden. Im Folgenden werden einige aktuellere Untersuchungsergebnisse aufgeführt, die im Zusammenhang mit Unfallgeschehen bei Baustellen von Interesse sind.

Eine Auswertung des österreichischen Kuratoriums für Verkehrssicherheit (KFV) zum Unfallgeschehen auf Autobahnen mit und ohne Baustellen in den Jahren 2001 bis 2005 kam 2007 zu folgendem Fazit: Die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls auf einer Autobahnbaustelle ist um ein Zehntel höher als auf freien Autobahnabschnitten. Die Wahrscheinlichkeit, auf einer Baustelle tödlich zu verunglücken ist aber um mehr als die Hälfte niedriger als auf Autobahnen ohne Baustellen. Knackpunkte sind die Vorlauf- und Verzweigungsbereiche von Baustellen: Hier passieren die meisten Unfälle, oft ausgelöst durch zu hohe Geschwindigkeiten und zu wenig Sicherheitsabstand. [21]

Eine Studie des IVT zum „Unfallgeschehen auf stark belasteten Autobahnen“ [22] aus dem Jahr 2000 ergab u.a. folgendes:

- Hochbelastete Autobahnen haben einen deutlich höheren Anteil Auffahrunfälle (57%) als dies die gesamten Autobahnen der Schweiz im Durchschnitt aufweisen (24%).
- Noch höhere Anteile an Auffahrunfällen weisen die Anschlussbereiche bei den Autobahnen auf, insbesondere die Einfahrtbereiche (65%).
- In gleichem Masse gehen die Anteile der Fahrunfälle zurück, wie die Anteile der Auffahrunfälle ansteigen.
- Der Anteil der restlichen Unfälle anderer Typen ist klein.
- Erstaunlich ist, dass die Zahl der Unfälle bei Fahrstreifenwechseln gering ist.

Die Auswertung kommt u.a. zum Schluss, dass die Anzahl Auffahrunfälle abhängig von der Verkehrsdichte ist. Dies lässt den Schluss zu, dass auch im Vorlaufbereich von Baustellen, wo es häufig zu Fahrbahnreduktionen und -verengungen, Geschwindigkeitsreduktionen und damit verbunden zu höheren Verkehrsdichten bzw. (Rück-)Staus kommt, eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für Auffahrunfälle besteht. Da sehr stark von den örtlichen Verhältnissen abhängig, sind jedoch keine allgemeinen Aussagen zu Unfallraten möglich.

In einem Faktenblatt der bfu zum Thema Geschwindigkeit [23] wird in ausgewählter Literatur folgender Zusammenhang von Geschwindigkeit und Unfallgeschehen gefunden:

- Die Erhöhung der durchschnittlich gefahrenen Geschwindigkeit um 1 km/h führt zu einem um ca. 3% grösseren Unfallrisiko. Die Wahrscheinlichkeit eines tödlichen Unfalls steigt sogar um 4 bis 5% (Peden et al., 2004).
- In einer Meta-Analyse kommen Elvik und Vaa (2004) zum Schluss, dass bei Geschwindigkeiten über 50 km/h pro Stundenkilometer reduzierter Geschwindigkeit 2% der Unfälle verhindert werden können.
- Nilsson (2004), Elvik, Christensen und Amundsen (2004) und auch Joksch (1993) haben den Zusammenhang zwischen Unfällen und gefahrenen Geschwindigkeiten analysiert. Sie fanden, dass die prozentuale Veränderung der Geschwindigkeit zu einer Veränderung des Unfallgeschehens in einer exponentiellen Beziehung steht. Bei einer Erhöhung der Geschwindigkeiten um $x\%$ ($= 1 + x/100$) steigt die Anzahl der Getöteten auf $(1 + x/100)^4$. Für Schwerverletzte ist der Exponent 4 durch 3, für Leichtverletzte durch 1.5 und für Sachschäden durch 1 zu ersetzen.

Allein aufgrund der Geschwindigkeit müssten die Unfallraten im Baustellenbereich also sogar sinken. Ohne genauere Untersuchungen machen es die gegenläufigen Effekte jedoch schwierig, Aussagen zu Unfallraten und Unfallkostenraten im Baustellenbereich zu machen.

Eine 2005 am IVT präsentierte Studie zu „Unfallgeschehen an Baustellen auf Hochleistungsstrassen (HLS)“ [24] kommt zu folgenden Ergebnissen:

- Es bestehen beträchtliche Unterschiede der Unfallhäufigkeit zwischen den einzelnen Baustellen
- Einen Unfallschwerpunkt bilden Ein-/Ausfahrten im Baustellen-Innenbereich
- Bei Baustellen mit Fahrstreifenreduktion besteht eine deutlich erhöhte Unfallhäufigkeit bereits bei mittleren Verkehrsbelastungen
- Überdurchschnittlich häufig sind Unfälle bei Dunkelheit

Eine Studie zum „Verkehrsverhalten und Unfallgeschehen im Bereich von Autobahnbaustellen“ am IVT aus dem Jahr 2001 [25] stellt ebenfalls fest, dass bei den unterschiedlichen Verkehrsführungen im Baustellenbereich aber auch in den einzelnen Abschnitten der Baustelle die Unfallrate stark variiert. Gemäss der Studie erhöht sich auf im Vergleich zu den übrigen Strassen sehr sicheren Autobahnen im Bereich der Autobahnbaustellen die Unfallrate um rund 50%. Interessant sind ausserdem die Ergebnisse, dass sich die Unfallrate ohne die Unfälle im Abschnitt der Anschlussbauwerke bei allen Verkehrsführungen um 30% bis 60% reduziert und dass die Unfallhäufigkeit nicht parallel zur Verkehrsfrequenz verläuft.

Es kann der Schluss gezogen werden, dass die Baustelleneinrichtung einen entscheidenden Einfluss auf die Unfälle hat. Um dies in die vorliegende Norm einfliessen zu lassen, müssten jedoch zuerst weitere Untersuchungen vorgenommen werden. Insbesondere müsste untersucht werden, welche Auswirkungen die häufige Verengung der Fahrspurbreiten, die Fahrspurbreiten an sich, die Signalisation, das Überholen im Baustellenbereich sowie die Länge der Baustellen auf Unfallraten, Unfallschwere aber auch auf weitere Faktoren wie zusätzliche Staukosten etc. haben. Zudem sind die Kostensätze in Abhängigkeit dieser neuen Einflussfaktoren zu ermitteln, wozu die meisten Grundlagen aber noch fehlen.

3.2 Beurteilung der Norm bezüglich Mehr-/Minderkosten durch Erhaltungsmassnahmen resp. Baustellenverkehr; Stand der Forschung

Die Norm liefert zwar einen ausführlichen Kennzahlenkatalog für externe Kosten des allgemeinen Verkehrs, aber nur vereinzelt Aussagen, welche Mehr- oder Minderkosten a) durch Erhaltungsmassnahmen gegenüber dem Referenzfall ohne Erhaltungsmassnahmen resp. b) durch den eigentlichen Baustellenverkehr zu erwarten sind. Im Folgenden wird darauf eingegangen, inwiefern hier im Rahmen der Norm Forschungsbedarf besteht.

a) Auswirkungen der Erhaltungsmassnahmen auf den Normalbetrieb im Vergleich zum Referenzfall ohne Erhaltungsmassnahmen

- **Betriebskosten:** Unter Berücksichtigung des Alters der Anlage kann über die neu in Kapitel F, Ziffer 16.6 altersabhängigen Faktoren auch der Einfluss auf die Betriebskosten rudimentär abgebildet werden. Es besteht jedoch Forschungsbedarf dazu, wie weit dieser einfache Ansatz tatsächlich vernünftige Ergebnisse ergibt, wie gross resp. relevant der Effekt der Erhaltungsmassnahmen für das Gesamtergebnis tatsächlich ist und wie die Methodik und Datenbasis verbessert werden könnte.

- **Nutzerkosten (Zeitkosten, Fahrzeugbetriebskosten, Unfallkosten):** In der Norm wird in der vereinfachten Formel zur Berechnung der Kostenträger der Gesamtkosten davon ausgegangen, dass die Erhaltungsmassnahmen im nachfolgenden Normalbetrieb keinen Einfluss auf die Nutzerkosten haben. In der Schweiz, wo die Strassen äusserst selten in so schlechtem Zustand sind, dass die Fahrgeschwindigkeit (welche den grössten Einfluss auf die Nutzerkosten hat) in relevantem Ausmass reduziert werden muss, ist dies ohne Vorliegen gegenteiliger Fakten näherungsweise zulässig. Es bestehen jedoch folgende Unsicherheiten:

- **Zeitkosten:** Gemäss [3] weisen zwar verschiedene Studien einen Zusammenhang zwischen Strassenzustand und gefahrener Geschwindigkeit nach. Erstens sind die Schweizer Strassen im Normalfall aber doch so gut unterhalten, dass die Fahrgeschwindigkeit nicht reduziert werden muss. Zweitens ist der Effekt vor allem bei höheren gefahrenen Geschwindigkeiten relevant, womit dieser normalerweise höchstens bei Nationalstrassen ins Gewicht fallen könnte. Da die Zeitkosten jedoch einen sehr grossen Einfluss auf die Gesamtkosten haben, können eventuell bereits geringe Differenzen in den gefahrenen Geschwindigkeiten einen relevanten Einfluss auf das Gesamtergebnis haben. Dieser Aspekt sollte weiter untersucht werden.

Zu erwähnen sind hier zusätzlich die Kosten des Fahrkomforts. Aufgrund ungenügender Datengrundlagen können diese heute für Schweizerische Verhältnisse nicht monetarisiert werden. Gemäss [3] zeigen Tests jedoch die Bereitschaft der Verkehrsteilnehmer, für die Möglichkeit auf einer sich in gutem Zustand befindlichen Strasse zu fahren, relativ lange Umwege zu akzeptieren. Dies sollte weiter untersucht werden.

- **Fahrzeugbetriebskosten:** Das Modell in [3] stützt sich auf eine Studie aus dem Jahr 1981 ab, welche eine Erhöhung der Fahrzeugbetriebskosten von „gutem“ zu „nicht ausreichendem“ Strassenzustand von ca. 6% ausweist. Die Resultate sind jedoch relativ alt und nur bedingt auf die Schweiz adaptierbar. Eine bessere Datengrundlage wäre wünschbar.
- **Unfallkosten:** Wie bereits in Kapitel 3.1 erwähnt, führen höhere Fahrgeschwindigkeiten zu höheren Unfallraten. Wie weiter oben erläutert, kann unter schweizerischen Verhältnissen bei reinen Erhaltungsmassnahmen aber meist davon ausgegangen werden, dass sich die Fahrgeschwindigkeiten nach gegenüber vor der Massnahme nicht oder kaum ändern. Schwieriger wird es, wenn im Rahmen von Erhaltungsmassnahmen auch Unfallschwerpunkte entschärft werden – wobei sich die Frage stellt, bei welchem Umfang dies nicht mehr als reine Erhaltungsmassnahme gelten kann. In einem solchen Fall führt der Ansatz über durchschnittliche Unfallraten natürlich zu falschen Ergebnissen, weshalb dann die Unfallraten vor und nach der Massnahme fallspezifisch festzulegen sind. Generalisierte Einheitskosten sind hier vermutlich nur schwer anzugeben.

- Externe Unfallkosten: korrelieren mit den internen Unfallkosten. Grundsätzlich gelten die Aussagen zu den Nutzerkosten, vgl. obiger Spiegelstrich.
- Lärmkosten: Grundsätzlich sind nach Erneuerung des Strassenbelags gegenläufige Effekte zu erwarten: der neue Belag führt zwar eher zu weniger Lärmemissionen, aber durch tendenziell höhere gefahrene Geschwindigkeiten steigen die Lärmemissionen wieder. Ausserdem hat der gewählte Belagstyp einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss, was ein einfaches Bewertungsschema schwierig macht. In VSS 2004/714 [3] wird aufgrund von verschiedenen Studien ein Zusammenhang zwischen Lärmemissionen und Strassenzustand hergestellt und ein Modell zur Quantifizierung präsentiert. Die notwendigen Inputdaten sind jedoch für ein Erhaltungsprojekt im Normalfall zu aufwendig zu erheben, so dass auf eine Übernahme in die Norm verzichtet wird. Es besteht jedoch Forschungsbedarf für eine vereinfachte Formel.
- Luftverschmutzung: Grundsätzlich sind kaum relevante Auswirkungen der Erhaltungsmassnahmen auf den Normalbetrieb zu erwarten. Eine kürzlich veröffentlichte Studie der EMPA [26] hat jedoch einen Zusammenhang zwischen Strassenzustand und PM₁₀-Emissionen festgestellt: Sind Beläge intakt, fallen die Emissionen aus direktem Strassenabrieb gering aus. Schadhafte Beläge können jedoch zu recht hohen Feinstaubemissionen führen. Auch die Belagsbeschaffenheit hat einen Einfluss: Bei heute eingesetzten porösen Belägen, die Lärm schlucken und günstige Hafteigenschaften aufweisen, fiel die Menge der aufgewirbelten Partikel deutlich geringer aus als bei Belägen mit kompakter Oberfläche. Ob das auch für ältere, poröse Beläge gilt, deren Poren allenfalls verstopft sind, bleibt noch offen.
Ausserdem stellt die Studie einen Zusammenhang zwischen Verschmutzung der Strasse und Aufwirbelung fest: bei verschmutzten Belägen ist dies der dominierende Faktor für Feinstaubemissionen aus Aufwirbelung.
Bis jetzt reichen die Forschungsergebnisse nicht, um den Einfluss der Erhaltungsmassnahmen auf die Luftverschmutzung (insbesondere die PM₁₀-Emissionen) in der vorliegenden Norm abzubilden, bei Vorliegen weiterer Erkenntnisse ist dies jedoch zu prüfen.
- Klimakosten: Es sind kaum Auswirkungen der Erhaltungsmassnahmen auf die Klimakosten im Normalbetrieb zu erwarten, da heute von einem in etwa gleichbleibenden Treibstoffverbrauch ausgegangen werden kann.
- Externe Kosten des Energieverbrauchs: Allenfalls wäre es von Interesse, insbesondere bei den Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen die graue Energie durch Erhaltungsmassnahmen (Material, Einbau) mit den Energieeinsparungen aufgrund neuerer Technologie zu vergleichen.
- Gewässerverschmutzung: Bei Entwässerungserneuerung aufgrund geänderter gesetzlicher Bestimmungen könnte dies als Erhaltungsmassnahme gelten und zur Verbesserung der externen Gewässerverschmutzungseffekte nach ausgeführter Erhaltungsmassnahme führen. Die Relevanz scheint aber eher untergeordnet und die Massnahmen zur Verbesserung des Entwässerungssystems sind durch gesetzliche Vorschriften mehrheitlich vorgegeben.

b) Auswirkungen des Baustellenverkehrs resp. der eigentlichen Bauarbeiten

- Externe Unfallkosten: Den Verfassern sind keine Studien hierzu bekannt – es wurde jedoch keine intensive Literaturrecherche hierzu betrieben. Nach heutigem Wissensstand wird davon ausgegangen, dass die (externen) Unfallkosten des Baustellenverkehrs vernachlässigbar sind.
- Lärmkosten: Zur Bewertung von Baulärm liegen keine verwendbaren Zahlen vor, weshalb auf eine Bewertung verzichtet werden muss. Allerdings ist der Baulärm meist nur von kurzer Dauer, so dass die Vernachlässigung in den meisten Fällen kaum relevant ist. Der Forschungsbedarf wird als nicht prioritär beurteilt.
- Luftverschmutzung: Der pragmatische Ansatz gemäss Norm (prozentualer Zuschlag zu den Investitionskosten) erscheint sinnvoll. Es existieren zwar Emissionsfaktoren für Baumaschinen [27], die Verwendung dieser würde aber zu einer starken Verkomplizierung des Verfahrens und kaum zu relevant anderen Ergebnissen führen.

- Klimakosten: Diese sind gemäss 641 828 Ziff. 28.1 im Verhältnis zu den Kosten der Bauemissionen der Luftschadstoffe vernachlässigbar gering und müssen nicht berücksichtigt werden.
- Externe Kosten des Energieverbrauchs: Der Energieverbrauch durch den Baustellenverkehr besteht zum grössten Teil aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe. Deren Kosten wären über die Luftverschmutzung und die Klimakosten abgedeckt.
- Erschütterungen: Sind heute nicht bewertbar, aber wohl meistens vernachlässigbar.

Fazit: Es gibt einige Lücken, grundsätzlich ist aufgrund dieser aber nicht von wesentlichen Verfälschungen der Resultate auszugehen. Der präzisierete Forschungsbedarf ist in Kapitel 3.4 ausgewiesen.

3.3 Beurteilung der Norm bezüglich Kosten des verlagerten Verkehrs; Stand der Forschung

Die Kosten des verlagerten Verkehrs während der Erhaltungsmassnahme (Bauphase) werden in der Norm über die Zeitkosten, Fahrzeugkilometer und bei den Kosten der Luftverschmutzung über die Unterscheidung von bebautem und unbebautem Gebiet abgebildet. In erster Näherung und unter der Prämisse, dass die Methodik möglichst einfach bleiben soll, scheint dieses Vorgehen sinnvoll zu sein und zu näherungsweise vernünftigen Resultaten zu führen.

Schwieriger abzuschätzen sind die Kosten des verlagerten Verkehrs in der Bauphase, wenn im Strassennetz gleichzeitig an verschiedenen Orten Erhaltungsmassnahmen durchgeführt werden und so das gesamte Strassensystem an Zuverlässigkeit einbüsst. Wie in Ziffer 17.4 der aktualisierten Norm beschrieben, können diese Systemeffekte nicht einer einzelnen Massnahme zugeordnet werden, sondern müssen in die Beurteilung einer Massnahmenstrategie einfließen.

3.4 Wissenslücken, weiterer Forschungsbedarf

Im Folgenden werden die in der Norm wesentlichen Lücken bzw. unbefriedigenden Lösungen zusammengefasst und der Forschungsbedarf aufgezeigt:

3.4.1 Prioritärer Forschungsbedarf

- Kostensätze für Erhaltungsmaßnahmen an Kunstbauten: vgl. Kapitel 2.2
 - Es wird empfohlen, vor einer nächsten Aktualisierung der Norm Datengrundlagen zu beschaffen resp. auszuwerten, aufgrund derer zusätzlich zur Erneuerung zumindest Kostenbereiche für (30-jährigen) Unterhalt resp. Instandsetzung angegeben werden können.
- Kostensätze für Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen: vgl. Kapitel 2.2
 - Vor einer nächsten Normenaktualisierung ist zu prüfen, ob auf Ebene der Typen gemäss Anlagenkennzeichnungssystem Schweiz sinnvolle Einheitskostenbereiche als Orientierungswerte angegeben werden können.
- Betriebskosten: Unter Berücksichtigung des Alters der Anlage kann über die neu in Kapitel F Ziff. 16.6.1 altersabhängigen Faktoren auch der Einfluss auf die Betriebskosten rudimentär abgebildet werden.
 - Es besteht jedoch Forschungsbedarf dazu, wie weit dieser einfache Ansatz tatsächlich vernünftige Ergebnisse ergibt, wie gross / relevant der Effekt der Erhaltungsmaßnahmen für das Gesamtergebnis tatsächlich ist und wie die Methodik und Datenbasis verbessert werden könnten. Erstrebenswert wäre es, einen funktionalen Zusammenhang zwischen Strassenzustand und Kosten des betrieblichen Unterhalts, insbesondere des baulichen Unterhalts, herzustellen.
 - Weiter sind die Gründe für die Diskrepanz zwischen den in der Norm angegebenen jährlichen Basiskosten für HLS / HVS und den effektiven Durchschnittskosten gemäss Strassenrechnung 2009 zu klären und die Kostensätze in der Norm gegebenenfalls anzupassen.
- Zeitkosten nach erfolgter Erhaltungsmaßnahme: Da die Zeitkosten einen sehr grossen Einfluss auf die Gesamtkosten haben, können eventuell bereits geringe Differenzen in den gefahrenen Geschwindigkeiten einen relevanten Einfluss auf das Gesamtergebnis haben (vgl. Kapitel 3.2).
 - Ausmass und Relevanz dieser veränderten Zeitkosten sollten weiter untersucht werden.

3.4.2 Nicht prioritärer Forschungsbedarf

- Kosten(anteile) für Betriebsführung während der Bauarbeiten (vgl. Kapitel 2.2): Räumliche Verhältnisse, Umleitungsmöglichkeiten, Verkehrsaufkommen, Strassenkategorie, Art der Erhaltungsmaßnahmen, etc. haben einen Einfluss auf die Kosten für die Betriebsführung während der Bauarbeiten.
 - Es wäre wünschenswert, bessere Grundlagen darüber zu haben, wann, wie und in welchem Ausmass diese verschiedenen Faktoren Einfluss auf die Kosten der Erhaltungsmaßnahmen (Betreiberkosten) haben. Diese könnten z.B. in Form von situationsabhängigen Zu- und Abschlägen (%) in die Norm einfließen.
- Einfluss der Strassenkategorie auf die anzuwendenden Kostensätze: Die z. Zt. in der Norm enthaltenen Kostensätze differenzieren – mit Ausnahmen, wo z.B. mit unterschiedlichen Zu- und Abschlägen gearbeitet wird – nicht zwischen Hochleistungsstrassen, Hauptverkehrsstrassen, Ausserorts, Innerorts, etc.
 - Zu Relevanz und Möglichkeiten einer solchen Differenzierung besteht Forschungsbedarf, dieser ist aber nicht prioritär.

- Unfallkosten im Baustellenbereich (interne und externe Kosten): siehe Kapitel 3.1
 - Die bisherigen Studien reichen noch nicht aus, Kostengrundlagen für die vorliegende Norm zu definieren. Forschungsbedarf besteht insbesondere beim Zusammenhang von Baustelleneinrichtung / Verkehrsführung und Unfallhäufigkeit / Unfallschwere.
- Unfallkosten nach Erhaltungsmaßnahmen: vgl. Kapitel 3.1. Es stellt sich die generelle Frage, wie veränderte Gegebenheiten (z.B. Entschärfung eines Unfallschwerpunkts, veränderte Signalisation) in den Unfallraten abgebildet werden können.
 - Forschungsbedarf besteht, dieser ist aber nicht prioritär.
- Lärmkosten im Normalbetrieb: Das in VSS 2004/714 [3] aufgestellte Modell zum Zusammenhang zwischen Lärmemissionen und Strassenzustand ist relativ kompliziert.
 - Es ist zu prüfen, ob ein einfacheres Modell entwickelt werden kann.
- Lärmkosten aufgrund der Bauarbeiten: Zur Bewertung von Baulärm stehen keine verwendbaren Zahlen zur Verfügung.
 - Angaben wären wünschenswert, sind aber nicht prioritär.
- Höhere Kosten aufgrund von Stop'n'Go-Verkehr in der Bauphase: Untersuchungen deuten auf einen bedeutend höheren Treibstoffverbrauch im Stop'n'Go-Verkehr hin, welcher zu höheren Fahrzeugbetriebs-, Luft- und Klimakosten führt.
 - Klare Datengrundlagen und eine Berücksichtigung in der Norm wären wünschenswert. Dazu sind aber Angaben/Annahmen zum Verkehrsfluss notwendig, der entsprechend in die Norm und in die Berechnungen einzuarbeiten ist. Dabei muss darauf geachtet werden, dass die Norm nicht unnötig kompliziert wird.
- Kosten der Luftverschmutzung im Normalbetrieb: Bis jetzt reichen die Forschungsergebnisse nicht, um den Einfluss der Erhaltungsmaßnahmen auf die Luftverschmutzung (insbesondere die PM₁₀-Emissionen) in der vorliegenden Norm abzubilden (vgl. Kapitel 3.3)
 - Bei Vorliegen weiterer Erkenntnisse ist dies jedoch zu prüfen.
- Externe Kosten des Energieverbrauchs:
 - Allenfalls wäre es von Interesse, insbesondere bei den Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen die graue Energie durch Erhaltungsmaßnahmen (Material, Einbau) mit den Energieeinsparungen aufgrund neuerer Technologie zu vergleichen.

Anhang: Überarbeitete Norm SN 640 907 inkl. Kostensätze und Beispielrechnung



Stand Februar 2013, mit Berücksichtigung der Stellungnahmen aus der Vernehmlassung

EINGETRAGENE NORM DER SCHWEIZERISCHEN NORMEN-VEREINIGUNG

SNV

NORME ENREGISTRÉE DE L'ASSOCIATION SUISSE DE NORMALISATION

Erhaltungsmanagement

Gestion de l'entretien

Grundlagen zur Kostenberechnung im Erhaltungsmanagement EM

Bases pour le calcul des coûts de la gestion de l'entretien GE

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

TABLE DES MATIÈRES

Page

A Allgemeines	3	A Généralités	3
1 Geltungsbereich	3	1 Domaine d'application	3
2 Gegenstand	3	2 Objet	3
3 Zweck	3	3 But	3
B Begriffe	3	B Définitions	3
4 Relevante Begriffe	3	4 Définitions pertinentes	3
4.1 Gesamtkosten	3	4.1 Coûts globaux	3
4.2 Betreiberkosten	3	4.2 Coûts de l'exploitant	3
4.3 Strassennutzerkosten	4	4.3 Coûts des usagers de la route	4
4.4 Kosten Dritter	4	4.4 Coûts des tiers	4
4.5 Lebensdauer eines Objekts	4	4.5 Durée de vie d'un ouvrage	4
4.6 Restwert	4	4.6 Valeur vénale	4
4.7 Wiederbeschaffungswert	4	4.7 Valeur de rachat	4
4.8 Strategie, Erhaltungsstrategie	4	4.8 Stratégie, stratégie d'entretien	4
4.9 Massnahmenvarianten	4	4.9 Variantes de mesures	4
4.10 Wirkungsdauer der Massnahme	4	4.10 Durée de l'effet de la mesure	4
C Grundlagen	5	C Bases	5
5 Komponenten der Gesamtkosten	5	5 Composantes des coûts globaux	5
6 Kostenstruktur	5	6 Structure des coûts	5
6.1 Kostenträger und Kostenarten	5	6.1 Centres d'imputation et genres de coûts	5
6.2 Betriebszustände	5	6.2 Modes d'exploitation	5
6.3 Relevanz der Kostenkomponenten	7	6.3 Pertinence des composantes des coûts	7
D Ziele und Bedingungen bei der Ermittlung der Gesamtkosten	7	D Objectifs et conditions pour l'établissement des coûts globaux	7
7 Ziele der Gesamtkostenberechnung	7	7 Objectifs du calcul des coûts globaux	7
8 Bedingungen	7	8 Conditions	7
E Anwendungen	8	E Applications	8
9 Vergleichsuntersuchungen	8	9 Investigations comparatives	8

Herausgeber:

Schweizerischer Verband der
Strassen- und Verkehrsfachleute VSS
Sihlquai 255, 8005 Zürich

Bearbeitung:

VSS-Fachkommission 7, Erhaltungsmanagement
VSS-Expertenkommission 7.02, Kosten, Nutzen und Werte

Genehmigt: xxxxx

Ersetzt: SN 640 907 vom August 2003

Gültig: ab xxxxx

Editeur:

Association suisse des professionnels
de la route et des transports VSS
Sihlquai 255, 8005 Zürich

Elaboration:

Commission technique VSS 7, Gestion de l'entretien
Commission d'experts VSS 7.02, Coûts, bénéfices et valeurs

Adoptée: xxx

Remplace: SN 640 907 d'août 2003

Valable: dès xxx

10	<i>Einfache Kostenberechnung der Massnahmen</i>	8	10	<i>Calcul simple des coûts des mesures</i>	8
11	<i>Ermittlung von Kostenkennzahlen</i>	8	11	<i>Détermination d'indicateurs de coûts</i>	8
12	<i>Controlling</i>	8	12	<i>Controlling</i>	8
13	<i>Benchmarking</i>	8	13	<i>Benchmarking</i>	8
F	Berechnung	9	F	Calcul	9
14	<i>Berechnung der Gesamtkosten</i>	9	14	<i>Calcul des coûts globaux</i>	9
G	Kostensätze 2011	11	G	Coûts unitaires 2011	11
15	<i>Anwendung der Kostensätze</i>	11	15	<i>Utilisation des coûts unitaires</i>	11
16	<i>Betreiberkosten</i>	11	16	<i>Coûts de l'exploitant</i>	11
	16.1 <i>Kostensätze für Erhaltungs-</i>			16.1 <i>Coûts unitaires des mesures d'entretien des</i>	
	<i>massnahmen an Fahrbahnen</i>	12		<i>chaussées</i>	12
	16.2 <i>Kostensätze für Erhaltungs-</i>			16.2 <i>Coûts unitaires des mesures d'entretien des</i>	
	<i>massnahmen an Kunstbauten</i>	14		<i>ouvrages d'art</i>	14
	16.3 <i>Kostensätze für Erhaltungs-</i>			16.3 <i>Coûts unitaires des mesures d'entretien des</i>	
	<i>massnahmen an Betriebs- und</i>			<i>équipements d'exploitation et de sécurité</i>	
	<i>Sicherheitsausrüstungen</i>	15			15
	16.4 <i>Bezugsjahr und reale Veränderung</i>			16.4 <i>Année de référence et évolution réelle au</i>	
	<i>über die Zeit</i>	15		<i>cours du temps</i>	15
	16.5 <i>Finanzierungskosten</i>	15		16.5 <i>Coûts de financement</i>	15
	16.6 <i>Betriebskosten der Strassenanlage</i>	16		16.6 <i>Coûts d'exploitation de l'aménagement routier</i>	16
	16.7 <i>Verwaltungskosten</i>	17		16.7 <i>Coûts d'administration</i>	17
	16.8 <i>Restwerte</i>	17		16.8 <i>Valeurs vénales</i>	17
17	<i>Strassennutzerkosten</i>	18	17	<i>Coûts des usagers de la route</i>	18
	17.1 <i>Zeitkosten</i>	18		17.1 <i>Coûts horaires</i>	18
	17.2 <i>Fahrzeugbetriebskosten</i>	19		17.2 <i>Coûts d'exploitation des véhicules</i>	19
	17.3 <i>Unfallkosten</i>	21		17.3 <i>Coûts des accidents</i>	21
	17.4 <i>Kosten der Zuverlässigkeit</i>	22		17.4 <i>Coûts liés à la fiabilité</i>	22
18	<i>Kosten Dritter</i>	22	18	<i>Coûts de tiers</i>	22
	18.1 <i>Externe Unfallkosten</i>	22		18.1 <i>Coûts externes des accidents</i>	22
	18.2 <i>Lärmkosten</i>	22		18.2 <i>Coûts liés au bruit</i>	22
	18.3 <i>Kosten der Luftverschmutzung</i>	23		18.3 <i>Coûts de la pollution atmosphérique</i>	23
	18.4 <i>Klimakosten</i>	24		18.4 <i>Coûts liés au climat</i>	24
	18.5 <i>Externe Kosten des</i>			18.5 <i>Coûts externes de la consommation</i>	
	<i>Energieverbrauchs</i>	25		<i>d'énergie</i>	25
	18.6 <i>Nicht relevante</i>			18.6 <i>Critères d'évaluation non pertinents</i>	
	<i>Bewertungstatbestände</i>	25			25
H	Anwendungsbeispiel	25	H	Exemple d'application	25
19	<i>Aufgabe</i>	25	19	<i>Tâche</i>	25
	19.1 <i>Merkmale der Strasse</i>	25		19.1 <i>Caractéristiques de la route</i>	25
	19.2 <i>Beschrieb der Varianten</i>	26		19.2 <i>Description des variantes</i>	26
	19.3 <i>Inputdaten und Annahmen</i>	26		19.3 <i>Inputs et estimations</i>	26
20	<i>Berechnung</i>	26	20	<i>Calcul</i>	26
	20.1 <i>Betreiberkosten</i>	26		20.1 <i>Coûts de l'exploitant</i>	26
	20.2 <i>Strassennutzerkosten</i>	27		20.2 <i>Coûts des usagers de la route</i>	27
	20.3 <i>Kosten Dritter</i>	31		20.3 <i>Coûts de tiers</i>	31
	20.4 <i>Gesamtkosten</i>	35		20.4 <i>Coûts globaux</i>	35
	20.5 <i>Kommentar</i>	35		20.5 <i>Commentaire</i>	35
H	Literaturverzeichnis	36	H	Bibliographie	36

A Allgemeines

1 Geltungsbereich

Diese Norm gilt für alle Strassen. Sie betrifft die Berechnung der Gesamtkosten bei Erhaltungsmassnahmen für alle Objekte der Strassenverkehrsanlagen bzw. der Teilsysteme gemäss SN 640 900 «Erhaltungsmanagement (EM); Grundnorm» [1].

2 Gegenstand

Die Norm beschreibt die einzelnen Komponenten der Gesamtkosten, zeigt das Verfahren zu deren Berechnung auf, weist auf die verschiedenen Anwendungszwecke der Gesamtkosten im Erhaltungsmanagement EM hin und beinhaltet die aktuellen Kostensätze für die Berechnung sowie ein illustratives Beispiel.

Nicht Gegenstand der Norm sind die Auswirkungen einzelner Massnahmen auf den Zustand der Objekte. Die Wirkung resp. Wirkungsdauer von Massnahmen ist anhand anderer Grundlagen vom Anwender abzuschätzen.

Die Norm ersetzt nicht eine fundierte Kostenschätzung der Erhaltungsmassnahmen; bei fehlenden Kostenangaben liefert sie eine Hilfestellung zur deren Abschätzung.

3 Zweck

Die Norm zeigt auf, was zu den Gesamtkosten von Erhaltungsmassnahmen und Erhaltungsstrategien der Strassenverkehrsanlagen gehört, wie die Berechnung der Gesamtkosten für Erhaltungsmassnahmen und Erhaltungsstrategien für Strassenverkehrsanlagen und ihre einzelnen Teilsysteme erfolgt und welche Kostensätze derzeit aktuell sind. Auf die möglichen Anwendungszwecke wird in Kapitel E eingegangen.

B Begriffe

4 Relevante Begriffe

Nachfolgend sind die für die Norm relevanten Begriffe definiert [14].

4.1 Gesamtkosten

Die Gesamtkosten *GK* setzen sich aus den Betreiberkosten, Strassennutzerkosten und Kosten Dritter zusammen, die über einen festgesetzten Zeitraum bezogen auf einen bestimmten Erhaltungsabschnitt (z.B. Strassenabschnitt) anfallen. Diese Kosten sind auf einen vorzuziehenden Zeitpunkt zu beziehen. Der dazu verwendete Diskontsatz wird gemäss SN 641 821 «Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr; Diskontsatz» [5] festgelegt.

Bei Variantenvergleichen sind zusätzlich Restwerte der Objekte am Ende des Betrachtungszeitraums zu ermitteln und in die Gesamtkostenberechnung zu integrieren.

4.2 Betreiberkosten

Die Betreiberkosten *BK* werden auch als Objektkosten, Infrastrukturkosten oder Baulastträgerkosten bezeichnet.

Dies sind Kosten, welche für Neubau, Betrieb, Erhaltung und Rückbau der Strassenverkehrsanlagen entstehen. Diese Kosten belasten ausschliesslich die Strasseneigentümer bzw. -betreiber.

A Généralités

1 Domaine d'application

Cette norme s'applique à l'ensemble des routes. Elle concerne la calculation des coûts globaux des mesures d'entretien pour tous les objets des aménagements routiers ou de leurs systèmes partiels selon la SN 640 900 «Gestion de l'entretien (GE); norme de base» [1].

2 Objet

La norme décrit les différentes composantes des coûts globaux, montre la procédure relative à leur calcul, met en évidence les différents objectifs d'utilisation des coûts globaux dans la gestion de l'entretien GE et contient les coûts unitaires actuels pour le calcul ainsi qu'un exemple illustratif.

Les effets de mesures isolées sur l'état des ouvrages n'entrent pas dans l'objet de la norme. L'effet et la durée de l'effet de mesures doit être estimé sur d'autres bases par l'utilisateur.

La norme ne remplace en aucun cas une estimation solide des coûts pour les mesures d'entretien; pour le cas où les données concernant ces coûts font défaut, la norme peut être une aide pour leur estimation.

3 But

La norme met en évidence ce qui fait partie des coûts globaux des mesures et des stratégies d'entretien des aménagements routiers, comment le calcul des coûts globaux des mesures et des stratégies d'entretien des aménagements routiers et de ses différents sous-systèmes a lieu et quels sont les coûts unitaires actuels. Les buts d'application possibles sont détaillés dans le chapitre E.

B Définitions

4 Définitions pertinentes

Les définitions des termes employés dans la norme sont formulées ci-après [14].

4.1 Coûts globaux

Les coûts globaux *GK* se composent des coûts de l'exploitant, des coûts des usagers de la route et des coûts des tiers imputables sur une durée déterminée et se rapportant à un tronçon d'entretien particulier (p.ex. tronçon de route). Ces coûts doivent se rapporter à une époque qui doit être déterminée. Le taux d'actualisation à utiliser est déterminé selon la SN 641821 «Analyses coûts/avantages du trafic routier; taux d'actualisation» [5].

En cas de comparaison des variantes, les valeurs vénales des objets à la fin de la période considérée doivent être déterminées et intégrées au calcul des coûts globaux.

4.2 Coûts de l'exploitant

Les coûts de l'exploitant *BK* sont également désignés par les coûts de l'objet, les coûts de l'infrastructure ou les coûts du maître de l'ouvrage.

Il s'agit des coûts résultant de la nouvelle construction, de l'exploitation, de la maintenance et de la déconstruction des aménagements routiers. Ces coûts sont exclusivement à la charge des propriétaires ou des exploitants des routes.

4.3 Strassennutzerkosten

Die Strassennutzerkosten *SK* sind wie die Betreiberkosten Teil der «internen Kosten» für die Berechnung der gesamtwirtschaftlich relevanten Kosten und werden ausschliesslich durch die Verkehrsteilnehmer getragen. Sie umfassen die Fahrzeugbetriebskosten, Zeitkosten und Unfallkosten (derjenige Anteil, welcher durch den Verkehrsteilnehmer zu tragen ist).

4.4 Kosten Dritter

Die Kosten Dritter *DK* werden auch als «externe Kosten» bei der Berechnung der gesamtwirtschaftlich relevanten Kosten bezeichnet (siehe SN 641 828 «Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr; Externe Kosten» [12]). Dies sind die Immissionskosten, welche infolge Verkehr oder Baustelle bei Anwohnern und Umwelt entstehen, wie Lärmkosten, Kosten der Luftverschmutzung usw. Zudem gilt ein Teil der Unfallkosten (bzw. Unfallfolgekosten), welcher nicht durch den Verkehrsteilnehmer, sondern durch die Allgemeinheit getragen wird, als Bestandteil der Kosten Dritter. Weitere Arten von Kosten Dritter, wie jene verursacht durch Trennwirkung, Landschaftsbeeinträchtigung, Baulärm, Erschütterungen, Gewässerverschmutzung usw. können mit eingerechnet werden, sofern die entsprechenden Kostensätze bekannt sind und die zu bewertenden Massnahmen einen entscheidenden Einfluss darauf haben.

4.5 Lebensdauer eines Objekts

Die Lebensdauer eines Objekts ist die Zeitdauer, während der das Objekt als funktionstüchtig gilt. Sobald ein Objekt nicht mehr funktionstüchtig ist, ist das Ende der Lebensdauer erreicht.

4.6 Restwert

Der monetäre Wert am Ende der betrachteten Zeitdauer eines Objekts gilt als sein Restwert.

4.7 Wiederbeschaffungswert

Der Wiederbeschaffungswert entspricht den Kosten, welche erforderlich sind, ein aus dem Betrieb ausgeschiedenes Objekt mit ursprünglicher Funktionalität zu ersetzen.

4.8 Strategie, Erhaltungsstrategie

Die Erhaltungsstrategie besteht in der zeitlichen Planung und in der Wahl der Art und des Umfangs der Massnahmen. Die Strategie umfasst die Gesamtheit aller Erhaltungsmaßnahmen für die in Betracht gezogene Zeit gemäss SN 640 931 «Erhaltungsmanagement; Erhaltungsstrategien für Fahrbahnen» [3].

4.9 Massnahmenvarianten

Die Massnahmenvarianten sind die Erhaltungsmaßnahmen, welche im Rahmen der Massnahmenplanung zur Auswahl stehen.

4.10 Wirkungsdauer der Massnahme

Die Wirkungsdauer einer Massnahme ist die Zeitdauer zwischen Fertigstellung der Massnahme bis zum Erreichen einer zustandsbedingten Eingreifsgrenze.

4.3 Coûts des usagers de la route

Comme les coûts de l'exploitant, les coûts des usagers de la route *SK* font partie des «coûts internes» pour le calcul des coûts relevant de l'économie générale. Ils sont exclusivement à la charge des usagers de la route. Ils englobent les coûts de l'exploitation des véhicules, les coûts horaires et les coûts des accidents (s'agissant de la part qui est à la charge de l'utilisateur de la route).

4.4 Coûts des tiers

Les coûts des tiers *DK* sont également désignés par «coûts externes» dans le calcul des coûts relevant de l'économie générale (voir SN 641 828 «Analyses coûts/avantages du trafic routier; coûts externes» [12]). Il s'agit des coûts causés par les immissions relatives au trafic ou aux chantiers sur les riverains et l'environnement, p.ex. les coûts liés au bruit, ceux de la pollution atmosphérique, etc. A cela s'ajoute une partie des coûts des accidents (ou des coûts des suites des accidents), qui ne sont pas à la charge de l'utilisateur de la route mais de la collectivité, et qui font partie des coûts des tiers. D'autres sortes de coûts des tiers, comme ceux qui résultent de l'effet de séparation, des effets préjudiciables au paysage, du bruit des chantiers, des secousses, de la pollution des eaux, etc. peuvent être pris en considération dans la mesure où les coûts unitaires correspondants sont connus et les mesures à évaluer ont une influence décisive sur ces éléments.

4.5 Durée de vie d'un ouvrage

La durée de vie d'un ouvrage est le temps pendant lequel celui-ci est considéré comme étant en état de fonctionner. Dès qu'un ouvrage n'est plus en état de fonctionner, il a atteint la fin de sa durée de vie.

4.6 Valeur vénale

La valeur monétaire considérée à la fin de la durée de vie d'un ouvrage représente la valeur vénale de ce dernier.

4.7 Valeur de rachat

La valeur de rachat correspond aux coûts nécessaires au remplacement d'un ouvrage qui ne peut plus être exploité afin qu'il retrouve sa fonctionnalité d'origine.

4.8 Stratégie, stratégie d'entretien

La stratégie d'entretien consiste en la planification temporelle et le choix du genre et de l'étendue des mesures. La stratégie comprend la globalité des mesures d'entretien pour la période considérée selon la SN 640 931 «Gestion de l'entretien; stratégies d'entretien pour les chaussées» [3].

4.9 Variantes de mesures

Les variantes de mesures sont les mesures d'entretien qui sont à disposition dans le cadre de leur planification.

4.10 Durée de l'effet de la mesure

La durée de l'effet d'une mesure est la période comprise entre l'achèvement de la mesure et le moment auquel une intervention est nécessaire en fonction de l'état.

C Grundlagen

5 Komponenten der Gesamtkosten

Die Gesamtkosten können nach Kostenträgern und Kostenarten gegliedert werden (siehe Ziffer 6.1).

Die Kosten zur Erhaltung von Strassenverkehrsanlagen werden durch die Strassenbetreiber, durch die Verkehrsteilnehmer und durch Dritte getragen.

In der Abbildung 1 sind, ausgehend von den Gesamtkosten im Kontext der Lebensphasen, die drei Kostenträger der Gesamtkosten sowie deren Aufspaltung in die Kostenarten aufgezeigt. Die vollständige Durchführung der Berechnung von Gesamtkosten erfordert, dass alle drei Kostenträger berücksichtigt werden.

6 Kostenstruktur

6.1 Kostenträger und Kostenarten

Die Kosten der Kostenträger (Betreiber, Strassennutzer und Dritte) sind aus folgenden Kostenarten zusammengesetzt

Die Betreiberkosten

- Neubaukosten
- Kosten der Erhaltungsmassnahmen
- Finanzierungskosten
- Betriebskosten der Strassenanlage
 - betrieblicher Unterhalt
 - polizeiliche Verkehrsregelung und Überwachung
- Verwaltungskosten
- Restwerte (bei Variantenvergleichen)
- Rückbaukosten

Die Strassennutzerkosten

- Zeitkosten (Fahrzeit, Zuverlässigkeit)
- Fahrzeugbetriebskosten
- Unfall- und Unfallfolgekosten (Anteil, den die Verkehrsteilnehmer selber oder ihre Versicherer zu tragen haben)

Die Kosten Dritter

- Umweltkosten (Immissionskosten, verursacht durch Beeinträchtigung der Umwelt): Darin enthalten sind Lärmkosten, Kosten der Luftverschmutzung, Klimaschäden, Erschütterungen, Beeinträchtigung von Boden und Gewässern usw.
- Unfall- und Unfallfolgekosten (Anteil, der von der Allgemeinheit getragen wird)
- indirekte externe Kosten verursacht durch Energieverbrauch durch den Betrieb der Strassenanlage

6.2 Betriebszustände

Zeitlich sind bei der Bewertung von Erhaltungsmassnahmen zwei Betriebszustände voneinander zu unterscheiden: Der Betriebszustand «normal» und der Betriebszustand «Bauphase». Die Kosten sind in den beiden Betriebszuständen unterschiedlich.

C Bases

5 Composantes des coûts globaux

Les coûts globaux peuvent être répartis entre centres d'imputation et genres de coûts (voir chiffre 6.1).

Les coûts de maintenance des aménagements routiers sont à la charge de leurs exploitants des routes, de leurs usagers de la route et de tiers.

Sur la base des coûts globaux dans le contexte des phases du cycle de vie des ouvrages, la figure 1 illustre les trois centres d'imputation des coûts globaux ainsi que leur répartition entre les différents genres de coûts. Le calcul de la totalité des coûts globaux nécessite la prise en considération de toutes les composantes.

6 Structure des coûts

6.1 Centres d'imputation et genres de coûts

Les coûts des centres d'imputation (exploitants, usagers de la route et tiers) sont composés des genres de coûts suivants

Les coûts des exploitants

- coûts de construction à neuf
- coûts des mesures d'entretien
- coûts de financement
- coûts d'exploitation de l'aménagement routier
 - entretien d'exploitation
 - régulation et surveillance du trafic par la police
- coûts d'administration
- valeurs vénales (lors de comparaisons de variantes)
- coûts de déconstruction

Les coûts des usagers de la route

- coûts horaires (temps de parcours, fiabilité)
- coûts d'exploitation des véhicules
- coûts des accidents et de leurs suites (la part à la charge des usagers de la route ou de leurs assureurs)

Les coûts des tiers

- coûts environnementaux (coûts des immissions générées par des atteintes portées à l'environnement): ils comprennent les coûts liés au bruit, les coûts de la pollution atmosphérique, les dégâts occasionnés au climat, les secousses, les atteintes portées au sol, aux lacs et aux rivières, etc.
- coûts des accidents et de leurs suites (part supportée par la collectivité)
- coûts externes indirects occasionnés par la consommation d'énergie nécessaire à l'exploitation de l'aménagement routier

6.2 Modes d'exploitation

Au niveau temporel, deux modes d'exploitation doivent être distingués dans le cadre de l'évaluation des mesures d'entretien: le mode d'exploitation «normal» et le mode d'exploitation «phase de construction». Les coûts varient en effet d'un mode d'exploitation à l'autre.

Gesamtkosten im Kontext der Lebensphasen
Coûts globaux dans le contexte du cycle de vie



Abb. 1
 Zusammenhang zwischen den Lebensphasen der Strassenverkehrsanlagen und den Kostenträgern und Kostenarten der Gesamtkosten

Fig. 1
 Relations existant entre les phases du cycle de vie des aménagements routiers et les centres d'imputation et genres de coûts des coûts globaux

6.3 Relevanz der Kostenkomponenten

Nicht alle vorgängig angeführten Kostenkomponenten müssen bei Variantenvergleichen relevant sein; oft sind die Unterschiede der einzelnen Varianten bezüglich einzelner Bewertungskriterien sehr klein. Die grössten Unterschiede bestehen meistens bei den Kosten während der Bauphasen. Hat aber eine Erhaltungsmassnahme zum Beispiel erheblichen Einfluss auf zukünftige Unterhaltskosten, so sind auch im Betriebszustand «normal» diese angepassten Unterhaltskosten zu berücksichtigen.

D Ziele und Bedingungen bei der Ermittlung der Gesamtkosten

7 Ziele der Gesamtkostenberechnung

Gesamtkosten können auf Netzebene oder auf Objektebene berechnet werden [14].

Die Netzebene ist die globale bzw. summarische Betrachtungsebene von Objekten im Erhaltungsmanagement und befasst sich mit der Gesamtheit oder einer Vielzahl der Objekte eines Strassennetzes bzw. Teilen davon.

Die Objektebene ist die Betrachtungseinheit einzelner Objekte, z.B. zur Planung und Projektierung von Erhaltungsmassnahmen eines Strassenabschnitts, einer Brücke oder einer Tunnellüftungsanlage.

Die Berechnung der Gesamtkosten auf Netzebene hat folgende Ziele

- Schaffung von Grundlagen zur langfristigen, wirtschaftlich optimalen Erhaltung der Strassenverkehrsanlagen durch systematische Erhebung und Analyse der anfallenden Kostenarten
- Schaffung von Grundlagen zur Erhöhung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses der Massnahmen
- Schaffung von Entscheidungsgrundlagen

Die Berechnung der Gesamtkosten auf Objektebene hat zum Ziel

- Schaffung von Grundlagen zur Minimierung der Gesamtkosten von Massnahmen einzelner Objekte
- Aufzeigen der finanziellen und zustandsbedingten Konsequenz einzelner Varianten bei der Massnahmenplanung

8 Bedingungen

Bei der Durchführung der Berechnung der Gesamtkosten sind bestimmte Bedingungen zu berücksichtigen. Diese beziehen sich vorwiegend auf das Verfahren der Kostenberechnung und sind nachfolgend aufgeführt

- Die Gesamtkostenberechnung bei wirtschaftlichen Vergleichsuntersuchungen im Erhaltungsmanagement soll mindestens die erwartete Lebensdauer des betrachteten Objekts resp. die längste Lebensdauer aller betrachteten Objekte umfassen.
- Bei der Berechnung der Gesamtkosten werden alle im Laufe des Betrachtungszeitraums anfallenden Kosten auf ein bestimmtes Jahr bezogen, d.h. auf- oder abgezinst, und so Nettobarwerte ermittelt (analog zu den SN 641 820ff. «Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr» [4...12]). Der für die Diskontierung (Abzinsung) der Kosten einzusetzende Diskontsatz beträgt gemäss der SN 641 821 «Kosten-

6.3 Pertinence des composantes des coûts

Toutes les composantes des coûts mentionnées préalablement doivent être pertinentes pour chaque comparaison de variantes; souvent, les différences entre les variantes sont minimales pour chaque critère d'évaluation. Les différences notables se rapportent fréquemment aux coûts pendant la phase de construction. Si toutefois une mesure d'entretien exerce par exemple une influence importante sur les coûts d'entretien futurs, il convient alors de tenir compte des coûts d'entretien adaptés en mode d'exploitation «normal».

D Objectifs et conditions pour l'établissement des coûts globaux

7 Objectifs du calcul des coûts globaux

Les coûts globaux peuvent être calculés au niveau du réseau ou au niveau de l'ouvrage [14].

Le niveau du réseau constitue le niveau de considération global ou sommaire d'ouvrage dans la gestion de l'entretien et se consacre à la globalité ou à la pluralité des ouvrages d'un réseau routier ou de parties de celui-ci.

Le niveau de l'ouvrage constitue l'unité de considération d'ouvrages isolés, p.ex. pour la planification et l'étude de projets de mesures d'entretien d'un tronçon de route, d'un pont ou d'une installation de ventilation d'un tunnel.

Le calcul des coûts globaux au niveau du réseau a pour buts

- l'élaboration des bases nécessaires à la maintenance économiquement optimale à long terme des aménagements routiers au moyen de la saisie systématique et de l'analyse des genres de coûts imputables
- la création de bases aux fins d'améliorer le rapport avantages/coûts des mesures
- la création de bases pour la prise de décision

Le calcul des coûts globaux au niveau de l'ouvrage a pour buts

- l'élaboration de bases permettant de minimiser les coûts globaux de mesures se rapportant à chaque ouvrage
- la mise en évidence des conséquences financières et de celles dues à l'état de certaines variantes dans la planification des mesures

8 Conditions

Certaines conditions doivent être respectées lors du calcul des coûts globaux. Celles-ci se rapportent principalement à la procédure du calcul des coûts et sont énumérées ci-après

- Le calcul des coûts globaux dans le cadre d'investigations comparatives à caractère économique dans la gestion de l'entretien doit porter au moins sur la durée de vie attendue de l'ouvrage considéré ou la durée de vie la plus longue de tous les ouvrages considérés.
- Lors du calcul des coûts globaux, tous les coûts imputables durant la période considérée se rapportent à une année en particulier, c'est-à-dire que les taux d'intérêt ou d'actualisation sont calculés pour déterminer les valeurs au comptant nettes (par analogie aux SN 641 820ss «Analyses coûts/avantages du trafic routier» [4...12]). Selon la SN 641 821 «Analyses coûts/avantages du trafic routier; taux

- Nutzen-Analysen im Strassenverkehr; Diskontsatz» [5] 2%. Für Sensitivitätsanalysen wird ein Wert von 3% verwendet.
- Die Kostensätze in Kapitel G beziehen sich auf die einheitliche Preisbasis des Jahres 2011. Die Anpassung an einen anderen Preisstand erfolgt gemäss SN 641 820ff. [4...12].
 - Bei den Kostensätzen in Kapitel G handelt es sich um Faktorpreise (nicht Marktpreise), d.h. die indirekten Steuern (z.B. Mehrwertsteuer, Treibstoffsteuern) sind herausgerechnet.
 - Anpassungen des Mengen- und Wertgerüsts während der Betrachtungsdauer (reale Fortschreibung) werden analog zu den Bemerkungen in den entsprechenden SN 641 820ff. [4...12] durchgeführt.
 - Annahmen zu zukünftigem Reallohnwachstum, anzuwendenden Preisindizes, Besetzungsgraden usw. müssen vom Anwender selbst getroffen bzw. aus verfügbaren Statistiken abgeleitet werden.
 - In einer Sensitivitätsanalyse sind die Resultate auf ihre Robustheit hin zu prüfen. Soweit die Detailnormen Vorgaben machen, sind die zu verwendenden Werte in Kapitel G bei den entsprechenden Indikatoren aufgeführt.

E Anwendungen

9 Vergleichsuntersuchungen

Vergleichsuntersuchungen sind Gesamtkostenberechnungen für unterschiedliche Massnahmenvarianten. Bei deutlich unterschiedlichen Varianten und somit ungleichen Zuständen am Ende des Betrachtungszeitraums sind Restwerte in die Analyse einzubeziehen.

10 Einfache Kostenberechnung der Massnahmen

Bei einfacher Kostenberechnung der Massnahmen handelt es sich um Betreiberkostenberechnungen im Sinne von Richtkostenschätzungen oder zur Beurteilung von Schlussabrechnungen einer Massnahme.

11 Ermittlung von Kostenkennzahlen

Kennzahlen gelten als Hilfsgrössen zur Entscheidungsvorbereitung. Die Kosten bilden eine ihrer Komponenten, wie folgende Beispiele zeigen

- Massnahmenkosten im Verhältnis zur Sanierungsfläche
- Wirkungsdauer im Verhältnis zu Massnahmenkosten
- Nutzen-Kosten-Verhältnis usw.

12 Controlling

Im Rahmen des operativen Controllings sollen die aufgelaufenen Kosten der Erhaltungsmassnahmen sowohl während der Realisierung (nach Abschluss einer Bauetappe) als auch nach der vollständigen Durchführung überprüft werden.

13 Benchmarking

Die ermittelten Einheitskosten der Erhaltungsmassnahmen können als Vergleichsgrösse für eine Leistungsbeurteilung verwendet werden.

d'actualisation» [5], le taux d'actualisation à appliquer aux coûts est de 2%. Une valeur de 3% est utilisée pour les analyses de sensibilité.

- Les coûts unitaires au chapitre G se réfèrent à la base de prix unifiée pour l'année 2011. L'adaptation à un autre niveau de prix s'effectue conformément aux SN 641 820ss [4...12].
- Les coûts unitaires mentionnés au chapitre G sont des prix de facteurs (et non de marché), c'est-à-dire que les impôts indirects sont déduits (p.ex. TVA, impôts sur les carburants).
- Les adaptations du tableau des performances et des valeurs pendant la durée considérée (mise à jour réelle) ont lieu de manière analogue aux remarques figurant dans les SN 641 820ss [4...12] correspondantes.
- Les hypothèses sur l'augmentation future du salaire réel, les indices de prix à appliquer, les taux d'occupation, etc. doivent être effectuées par l'utilisateur lui-même ou être tirées des statistiques disponibles.
- La solidité des résultats doit être examinée dans le cadre d'une analyse de sensibilité. Dans la mesure où les normes détaillées édictent des prescriptions, les valeurs à utiliser dans le chapitre G doivent être mentionnées pour les indicateurs correspondants.

E Applications

9 Investigations comparatives

Les investigations comparatives sont des calculs des coûts globaux pour des variantes de mesures différentes. Lorsque les variantes sont nettement différentes et que les états à la fin de la durée considérée ne sont donc pas équivalents, les valeurs vénales doivent être prises en compte dans l'analyse.

10 Calcul simple des coûts des mesures

Le calcul simple des coûts des mesures est un calcul des coûts de l'exploitant au sens d'une évaluation des coûts indicatifs ou pour l'évaluation des décomptes finaux d'une mesure.

11 Détermination d'indicateurs de coûts

Les indicateurs sont considérés comme des valeurs de référence servant à préparer la prise de décision. Les coûts constituent l'une de leurs composantes, comme le montrent les exemples suivants

- coûts des mesures en rapport avec la surface d'assainissement
- durée d'effet en rapport avec les coûts des mesures
- rapport avantages/coûts, etc.

12 Controlling

Dans le cadre du controlling opérationnel, les coûts imputables des mesures d'entretien doivent être vérifiés pendant la réalisation (après la fin d'une étape des travaux de construction) et après la réalisation complète.

13 Benchmarking

Les coûts unitaires déterminés des mesures d'entretien peuvent servir de norme comparative pour l'évaluation des prestations fournies.

F Berechnung

Für die einzelnen Kostenkomponenten (Kostenträger und Kostenarten) werden jeweils eine vollständige Formel und eine vereinfachte Formel angegeben. In den vereinfachten Formeln werden diejenigen Kostenkomponenten weggelassen, die im Hinblick auf die typischen Anwendungsfälle oft nur einen marginalen Einfluss haben.

14 Berechnung der Gesamtkosten

Die Gesamtkosten GK zum Vergleichszeitpunkt τ setzen sich aus folgenden Kosten zusammen

- Betreiberkosten BK
- Strassennutzerkosten SK
- Kosten Dritter DK

$$GK = BK + SK + DK$$

Die Betreiberkosten BK setzen sich wiederum aus unterschiedlichen Kosten – alle auf den Vergleichszeitpunkt τ zu aktualisieren – zusammen

- Neubaukosten N
- Kosten der Erhaltungsmassnahmen K_{Erh} , wobei
 - Kosten der Erhaltungsmassnahmen an Fahrbahnen K_{FB}
 - Kosten der Erhaltungsmassnahmen an Kunstbauten K_{KuBa}
 - Kosten der Erhaltungsmassnahmen an Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen K_{BSA}
- Kosten der Finanzierung K_{Fin}
- Betriebskosten der Strassenanlage K_{Betr}
- Verwaltungskosten K_{Verw}
- Restwerte unter Berücksichtigung von Rückbaukosten K_{Rest}

$$BK = N + K_{\text{Erh}} + K_{\text{Fin}} + K_{\text{Betr}} + K_{\text{Verw}} - K_{\text{Rest}}$$

$$\text{wobei / où } K_{\text{Erh}} = K_{\text{FB}} + K_{\text{KuBa}} + K_{\text{BSA}}$$

Die Strassennutzerkosten SK setzen sich wiederum aus unterschiedlichen Kosten – alle auf den Vergleichszeitpunkt τ zu aktualisieren – zusammen

- Zeitkosten K_{Zeit}
- Fahrzeugbetriebskosten K_{FZB}
- Unfallkosten K_{Unfall}
- Kosten der Zuverlässigkeit K_{Zuverl}

$$SK = K_{\text{Zeit}} + K_{\text{FZB}} + K_{\text{Unfall}} + K_{\text{Zuverl}}$$

Die Kosten Dritter DK setzen sich ebenfalls aus unterschiedlichen Kosten – alle auf den Vergleichszeitpunkt τ zu aktualisieren – zusammen

- externe Unfallkosten $K_{\text{extUnfall}}$
- Lärmkosten $K_{\text{Lärm}}$
- Kosten der Luftverschmutzung K_{Luft}
- Klimakosten K_{Klima}
- externe Kosten des Energieverbrauchs $K_{\text{extEnergie}}$

$$DK = K_{\text{extUnfall}} + K_{\text{Lärm}} + K_{\text{Luft}} + K_{\text{Klima}} + K_{\text{extEnergie}}$$

Die Berechnung der Kostenanteile pro Kostenträger ist in Tabelle 1 dargestellt.

F Calcul

Une formule complète et une formule simplifiée sont indiquées pour chacune des diverses composantes des coûts (centres d'imputation et genres de coûts). Les formules simplifiées ne tiennent pas compte des composantes des coûts n'ayant fréquemment qu'une influence marginale sur les cas d'application typiques.

14 Calcul des coûts globaux

Les coûts globaux GK à la date de référence τ sont composés des coûts suivants

- coûts de l'exploitant BK
- coûts des usagers de la route SK
- coûts des tiers DK

Les coûts de l'exploitant BK sont composés de coûts variés qui doivent tous être actualisés à la date de référence τ

- coûts de construction à neuf N
- coûts des mesures d'entretien K_{Erh} comprenant
 - les coûts des mesures d'entretien des chaussées K_{FB}
 - les coûts des mesures d'entretien des ouvrages d'art K_{KuBa}
 - les coûts des mesures d'entretien des équipements d'exploitation et de sécurité K_{BSA}
- coûts de financement K_{Fin}
- coûts d'exploitation de l'aménagement routier K_{Betr}
- coûts d'administration K_{Verw}
- valeurs vénales tenant compte des coûts de déconstruction K_{Rest}

Les coûts des usagers de la route SK sont à leur tour composés de coûts variés qui doivent tous être actualisés à la date de référence τ

- coûts horaires K_{Zeit}
- coûts d'exploitation des véhicules K_{FZB}
- coûts des accidents K_{Unfall}
- coûts liés à la fiabilité K_{Zuverl}

Les coûts des tiers DK sont également composés de coûts variés qui doivent tous être actualisés à la date de référence τ

- coûts externes des accidents $K_{\text{extUnfall}}$
- coûts liés au bruit $K_{\text{Lärm}}$
- coûts de la pollution atmosphérique K_{Luft}
- coûts liés au climat K_{Klima}
- coûts externes de la consommation d'énergie $K_{\text{extEnergie}}$

Le calcul de la part des coûts par centre d'imputation est représenté dans le tableau 1.

Formeln zur Berechnung der Kostenanteile pro Kostenträger an den Gesamtkosten (0 ≤ t ≤ n) Formules pour le calcul des parts de coûts par centre d'imputation aux coûts globaux (0 ≤ t ≤ n)		
BK	Aktualisierte Betreiberkosten <i>Coûts de l'exploitant actualisés</i>	$\sum_{t=0}^n N_t \cdot q^{-(t-\tau)} + \sum_{t=0}^n (K_{Erh,t} + K_{Fin,t} + K_{Betr,t} + K_{Verw,t}) \cdot q^{-(t-\tau)} - K_{Rest,n} \cdot q^{-(t-\tau)}$
SK	Aktualisierte Strassennutzerkosten <i>Coûts des usagers de la route actualisés</i>	$\sum_{t=0}^n \sum_{m=1}^2 (K_{Zeit,t}^m + K_{FZB,t}^m + K_{Unfall,t}^m + K_{Zuvert,t}^m) \cdot q^{-(t-\tau)}$ <p>unter Berücksichtigung der verschiedenen Betriebszustände «normal» (m = 1) und «Bauphase» (m = 2) <i>en tenant compte des différents modes d'exploitation «normal» (m = 1) et «phase de construction» (m = 2)</i></p>
DK	Aktualisierte Kosten Dritter <i>Coûts des tiers actualisés</i>	$\sum_{t=0}^n \sum_{m=1}^2 (K_{extUnfall,t}^m + K_{Lärm,t}^m + K_{Luft,t}^m + K_{Klima,t}^m + K_{extEnergie,t}^m) \cdot q^{-(t-\tau)}$ <p>unter Berücksichtigung der verschiedenen Betriebszustände «normal» (m = 1) und «Bauphase» (m = 2) <i>en tenant compte des différents modes d'exploitation «normal» (m = 1) et «phase de construction» (m = 2)</i></p>

Tab. 1
Formeln zur Berechnung der Kostenanteile pro Kostenträger an den Gesamtkosten (0 ≤ t ≤ n)

Wenn angenommen wird, dass die Erhaltungsmaßnahmen keine Auswirkungen auf den Normalbetrieb haben und dass in der Bauphase keine relevanten Auswirkungen auf die Betriebskosten der Strassenanlage, auf die Kosten der Zuverlässigkeit und auf die externen Kosten des Energieverbrauchs zu erwarten sind, so können die Formeln aus Tabelle 1 gemäss Tabelle 2 vereinfacht werden (siehe auch [14]). Solange Varianten mit identischen Neubaukosten verglichen werden, kann auf diese ebenfalls verzichtet werden.

Tab. 1
Formules pour le calcul des parts de coûts par centre d'imputation aux coûts globaux (0 ≤ t ≤ n)

Si l'on part du principe que les mesures d'entretien n'ont aucun effet sur l'exploitation normale et que, durant la phase de construction, il ne faut pas s'attendre à des effets pertinents sur les coûts d'exploitation de l'aménagement routier, sur les coûts liés à la fiabilité et sur les coûts externes de la consommation d'énergie, les formules du tableau 1 peuvent être simplifiées conformément au tableau 2 (voir aussi [14]). Dans la mesure où les variantes comparées présentent des coûts de construction à neuf identiques, il est également possible d'y renoncer.

Vereinfachte Formeln zur Berechnung der Kostenanteile pro Kostenträger an den Gesamtkosten Formules simplifiées pour le calcul des parts de coûts par centre d'imputation aux coûts globaux		
BK	Aktualisierte Betreiberkosten <i>Coûts de l'exploitant actualisés</i>	$\sum_{t=0}^n (K_{Erh,t} + K_{Fin,t}) \cdot q^{-(t-\tau)} - K_{Rest,n} \cdot q^{-(t-\tau)}$
SK	Aktualisierte Strassennutzerkosten <i>Coûts des usagers de la route actualisés</i>	$\sum_{t=0}^n (K_{Zeit,t} + K_{FZB,t} + K_{Unfall,t}) \cdot q^{-(t-\tau)}$ <p>wobei nur die Kosten während der Bauphase berücksichtigt werden <i>ne sont pris en compte que les coûts pendant la phase de construction</i></p>
DK	Aktualisierte Kosten Dritter <i>Coûts des tiers actualisés</i>	$\sum_{t=0}^n (K_{extUnfall,t} + K_{Lärm,t} + K_{Luft,t} + K_{Klima,t}) \cdot q^{-(t-\tau)}$ <p>wobei nur die Kosten während der Bauphase berücksichtigt werden <i>ne sont pris en compte que les coûts pendant la phase de construction</i></p>

Tab. 2
Vereinfachte Formeln zur Berechnung der Kostenanteile pro Kostenträger an den Gesamtkosten

In den Formeln der Tabellen 1 und 2 bedeuten

- GK Gesamtkosten bezogen auf den Vergleichszeitpunkt τ
- τ Vergleichszeitpunkt der Aktualisierung, relativ zu t = 0

Tab. 2
Formules simplifiées pour le calcul des parts de coûts par centre d'imputation aux coûts globaux

Dans les tableaux 1 et 2 les formules contiennent

- GK Coûts globaux considérés à la date de référence τ
- τ Date de référence pour l'actualisation, par rapport à t = 0

t	Jahr aus dem Betrachtungszeitraum, $t = 0 \dots n$
n	Letztes Jahr im Betrachtungszeitraum
$K_{x,t}$	Kosten der Kostenart x zum Zeitpunkt t (aktualisiert auf den Vergleichszeitpunkt τ)
p	Diskontsatz
q	$1 + p$

G Kostensätze 2011

15 Anwendung der Kostensätze

Die in diesem Kapitel aufgeführten Kostensätze stammen aus anderen Normen, Analysen von Forschungsberichten aus der Schweiz und dem Ausland sowie aus Datenerhebungen bei Bund, Kantonen und Gemeinden in den letzten zehn Jahren. Es handelt sich grundsätzlich um Faktorpreise (nicht Marktpreise), d.h. die indirekten Steuern sind herausgerechnet. Einzig bei den Fahrzeugbetriebskosten werden zusätzlich die Steuern und Abgaben der Treibstoffkosten sowie die LSVA angegeben, welche jedoch nur bei der Bildung von Teilbilanzen zu berücksichtigen sind (siehe SN 641 820 «Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr; Grundnorm» [4]).

Die Kostensätze wurden auf das Basisjahr 2011 umgerechnet. Dabei wurden die in den Normen SN 641 820ff. [4...12] angegebenen Fortschreibungsverfahren angewandt. Im Sinne der Konsistenz der Bewertungsgrundlagen wird empfohlen, die Kostensätze im Zuge der Aktualisierung der Normen SN 641 820ff. [4...12] ebenfalls anzupassen. Eine Aktualisierung der Norm kann auch nach Veröffentlichung neuer Forschungsergebnisse angebracht sein. Die zuständige VSS-Expertenkommission veranlasst eine Aktualisierung.

Bei den aufgeführten Kostensätzen handelt es sich um Durchschnittswerte. Für die Gesamtkostenberechnung müssen die Kostensätze von Fall zu Fall überprüft und gegebenenfalls angepasst werden. Situationsbezogene Anpassungen im Mengengerüst (z.B. Unfallraten) können bei entsprechend vorhandenen und aktuellen Datenreihen ebenfalls angebracht sein. In jedem Fall sind die Resultate mittels geeigneter Sensitivitätsanalysen auf ihre Robustheit hin zu prüfen.

Bei der Bewertung von Erhaltungsmaßnahmen und der Analyse von Variantenvergleichen im Erhaltungsmanagement stehen wegen der oft fehlenden Daten (z.B. fehlende Verkehrs- und Lärmmodelle) vereinfachte Verfahren zur Bestimmung der Kosten im Vordergrund. Bei Bedarf kann auf die detaillierte Berechnung z.B. gemäss SN 641 820ff. [4...12] zurückgegriffen werden. Die so erhaltenen Kosten sind dann sinngemäss in die Gesamtkostenrechnung zu integrieren.

16 Betreiberkosten

Wo immer möglich sind als Basis für die Kosten von Erhaltungsmaßnahmen effektive Kostenschätzungen zu verwenden. Dabei sind auch jegliche Zusatzkosten zu berücksichtigen, welche durch Umleitungen anfallen (höherer betrieblicher und baulicher Unterhalt, Verstärkungsmaßnahmen auf der Umfahrungsstrecke, aufwendige Konzepte zur Verkehrsführung usw.).

t	Année de la période considérée, $t = 0 \dots n$
n	Dernière année de la période considérée
$K_{x,t}$	Coûts du genre de coûts x au moment t (actualisé à la date de référence τ)
p	Taux d'actualisation
q	$1 + p$

G Coûts unitaires 2011

15 Utilisation des coûts unitaires

Les coûts unitaires figurant dans ce chapitre sont tirés d'autres normes, d'analyses de rapports de recherche en Suisse et à l'étranger ainsi que de relevés de données effectués par la Confédération, les cantons et les communes au cours des dix dernières années. Il s'agit en principe de prix de facteurs (et non de marché), c'est-à-dire que les impôts indirects ont été déduits. Les impôts, les taxes sur les carburants et la RPLP ne sont indiqués en plus que pour les coûts d'exploitation des véhicules, coûts qui ne doivent cependant être pris en compte que pour l'établissement de bilans partiels (voir SN 641 820 «Analyses coûts/avantages du trafic routier; norme de base» [4]).

Les coûts unitaires ont été convertis pour l'année de base 2011. La procédure de mise à jour indiquée dans les normes SN 641 820ss [4...12] a été utilisée à cet effet. Pour garantir la consistance des bases d'évaluation, il est recommandé d'actualiser les coûts unitaires en même temps que les SN 641 820ss [4...12]. Dans le cas d'une publication de nouveaux résultats de recherche, une mise à jour de la norme pourra s'imposer. Ce sera à la commission ad hoc d'experts VSS de décider de cette mise à jour.

Les coûts unitaires indiqués sont des valeurs moyennes. Pour le calcul des coûts globaux, les coûts unitaires doivent être vérifiés au cas par cas et adaptés le cas échéant. Les adaptations du tableau des performances (p.ex. taux d'accidents) en fonction de la situation peuvent également être indiquées si les données existantes et actuelles sont disponibles. Dans tous les cas, les résultats doivent être examinés sous l'angle de leur solidité au moyen d'analyses de sensibilité adéquates.

Lors de l'évaluation des mesures d'entretien et de l'analyse des comparaisons de variantes dans la gestion de l'entretien, des procédures simplifiées pour la détermination des coûts jouent un rôle important en raison de l'absence fréquente de données (p.ex. manque de modèles sur le trafic et le bruit). En cas de besoin, il est possible d'utiliser le calcul détaillé, p.ex. selon les SN 641 820ss [4...12]. Les coûts ainsi obtenus doivent ensuite être intégrés par analogie au calcul des coûts globaux.

16 Coûts de l'exploitant

Lorsque c'est possible, il convient de se baser sur les estimations effectives des coûts pour déterminer les coûts des mesures d'entretien. Dans ce contexte, tous les coûts supplémentaires occasionnés par les déviations doivent également être pris en compte (entretien d'exploitation et du gros entretien plus élevé, mesures de renforcement sur le tronçon de contournement, concepts compliqués de guidage du trafic, etc.).

16.1 Kostensätze für Erhaltungsmaßnahmen an Fahrbahnen

Die Kostensätze für Erhaltungsmaßnahmen an Fahrbahnen werden für die beiden Deckschichtarten «Bitumenhaltige Schichten» und «Betondecken» getrennt aufgeführt. Die Kennzahlen stammen aus dem Forschungsbericht [15] und wurden mithilfe von Kostendaten von Bund und Kantonen [16] zu sechs Massnahmenkategorien aggregiert.

Sind keine Kostenangaben zu den einzelnen Erhaltungsmaßnahmen bekannt, so werden mittlere Kosten veranschlagt (z.B. 36.– CHF/m² für Instandsetzungen der Nationalstrassen). Bei besonders grossflächigen Massnahmen können diese Kosten um 20% reduziert, bei sehr kleinräumigen Massnahmen um 20% erhöht werden. Bei einem Zweischichtbetrieb können die höheren Kosten über einen Zuschlag von 10% berücksichtigt werden. Bei einem Nachtschichtbetrieb ist mit noch höheren Kosten zu rechnen. Synergieeffekte bei gleichzeitiger Durchführung mehrerer Massnahmen an der Strassenanlage sind gesondert zu ermitteln.

Für Sensitivitätsbetrachtungen können Massnahmen auch mit dem höchsten bzw. tiefsten Kostenwert veranschlagt werden.

Die Massnahmenkosten in den Ziffern 16.1.1 und 16.1.2 beziehen sich auf einmalige Interventionskosten (Investitionen) und beinhalten nicht die Kosten des kleinen baulichen Unterhalts im Rahmen des betrieblichen Unterhalts (laufende Kosten).

16.1 Coûts unitaires des mesures d'entretien des chaussées

Les coûts unitaires des mesures d'entretien de la chaussée sont déterminés séparément pour les deux genres de couches de roulement: couches bitumineuses et couches de surface en béton. Les chiffres de référence sont tirés du rapport de recherche [15] et ont été agrégées en six catégories de mesures à l'aide des données de la Confédération et des cantons [16].

Si aucune donnée n'est connue sur les différentes mesures d'entretien, les coûts moyens sont estimés (p.ex. 36.– CHF/m² pour la remise en état des routes nationales). En cas de mesures à particulièrement large échelle, ces coûts peuvent être réduits de 20% et, en cas de mesures à très petite échelle, ils peuvent être augmentés de 20%. Lorsque les travaux sont organisés entre deux équipes, les coûts supplémentaires peuvent être pris en compte par une majoration de 10%. Lorsque les travaux ont lieu pendant la nuit, les coûts à prendre en compte sont encore plus élevés. Lors de l'exécution simultanée de plusieurs mesures sur l'aménagement routier, les effets de synergie sont à évaluer séparément.

Pour les considérations de sensibilité, les mesures peuvent aussi être estimées sur la base des coûts les plus hauts ou les plus bas.

Les coûts des mesures énumérés sous les chiffres 16.1.1 et 16.1.2 se rapportent à des frais d'interventions uniques (investissements) et ne comprennent pas les frais pour petits travaux d'entretien aux constructions dans le cadre de l'entretien d'exploitation (frais de fonctionnement courants).

16.1.1 Betreiberkosten für bitumenhaltige Schichten

In Tabelle 3 sind die Kostensätze für Massnahmen an der Fahrbahn (bitumenthaltige Schichten) aufgeführt.

16.1.1 Coûts de l'exploitant pour couches bitumineuses

Les coûts unitaires pour des mesures apportées à la chaussée (couches bitumineuses) sont indiqués dans le tableau 3.

Kostensätze für Massnahmen an der Fahrbahn (bitumenhaltige Schichten) Preisbasis 2011 Coûts unitaires pour des mesures apportées à la chaussée (couches bitumineuses) Base de prix 2011			
	Nationalstrassen <i>Routes nationales</i>	Kantonsstrassen ausserorts <i>Routes cantonales hors localités</i>	Strassen innerorts <i>Routes en localité</i>
Massnahmen <i>Mesures</i>	[CHF/m ² Massnahme] [CHF/m ² mesure]		
Reparaturen z.B. Rissanierung, Deckschichtreparaturen, teilweise Oberflächenbehandlung Réparations <i>p.ex. assainissement des fissures, réparations de la couche de roulement, en partie enduit superficiel</i>	4...9	4...9	4...10
Instandhaltung z.B. dünne Deckschicht 10 mm, Oberflächenverbesserung bis 15 mm Entretien <i>p.ex. couche de roulement mince de 10 mm, amélioration des surfaces jusqu'à 15 mm</i>	13...22	13...22	13...26
Instandsetzungen z.B. Deckschichtersatz bis 40 mm Remises en état <i>p.ex. remplacement de la couche de roulement jusqu'à 40 mm</i>	22...50	20...50	25...60
Verstärkungen z.B. Deck- und Binderschicht bis 100 mm, Oberbauverstärkung Renforcements <i>p.ex. couche de roulement et de liaison jusqu'à 100 mm, renforcement de la chaussée</i>	45...100	50...100	55...120
Erneuerung z.B. Gesamt- oder Teilerneuerung (3-schichtig), Gesamt- oder Teilerneuerung Strassenoberbau bis 600 mm Renouvellement <i>p.ex. renouvellement total ou partiel (3 couches), renouvellement total ou partiel de la chaussée des routes jusqu'à 600 mm</i>	100...160	80...300	120...190
Neubau, Ersatz Neubau, Umgestaltung, Gesamterneuerung inkl. Abschlüsse, Verkehrslastklassenwechsel Nouvelle construction, remplacement <i>Nouvelle construction, réaménagement, renouvellement global y compris bordures, changement de classe de trafic pondéral</i>	160...240	240...390	190...290

Tab. 3
Kostensätze für Massnahmen an der Fahrbahn (bitumenhaltige Schichten)

Tab. 3
Coûts unitaires pour des mesures apportées à la chaussée (couches bitumineuses)

16.1.2 Betreiberkosten für Betondecken

16.1.2 Coûts de l'exploitant pour couches de surface en béton

In Tabelle 4 sind die Kostensätze für Massnahmen an der Fahrbahn (Betondecken) aufgeführt.

Les coûts unitaires pour des mesures apportées à la chaussée (couches de surface en béton) sont indiqués dans le tableau 4.

Kostensätze für Massnahmen an der Fahrbahn (Betondecken) Preisbasis 2011 Coûts unitaires pour des mesures apportées à la chaussée (couches de surface en béton) Base de prix 2011	
Massnahmen <i>Mesures</i>	[CHF/m ² Massnahme] [CHF/m ² mesure]
Reparaturen z.B. Kantenschäden, Fugenverguss, Abplatzungen, Hydrophobierung Réparations <i>p.ex. dégâts aux arêtes, jointoyage, écaillages, imprégnations</i>	1...16
Instandhaltung z.B. Oberflächenverbesserung, dünne Deckschicht Entretien <i>p.ex. amélioration des surfaces, couche de roulement mince</i>	11...33
Instandsetzungen z.B. Deckschichtüberzug 40 mm Remises en état <i>p.ex. couche de roulement supplémentaire de 40 mm</i>	33...55
Verstärkungen z.B. Fahrbahnverstärkung 100 bis 180 mm Renforcements <i>p.ex. renforcement de la chaussée de 100 à 180 mm</i>	55...100
Erneuerung Renouvellement	85...200
Neubau, Ersatz Neubau, Umgestaltung, Plattenersatz Nouvelle construction, remplacement <i>Nouvelle construction, réaménagement, remplacement des dalles</i>	360...450

Tab. 4
Kostensätze für Massnahmen an der Fahrbahn (Betondecken)

Tab. 4
Coûts unitaires pour des mesures apportées à la chaussée (couches de surface en béton)

16.1.3 Zusätzliche Kosten für «Bauen unter Verkehr»

16.1.3 Coûts supplémentaires pour les «chantiers sans interruption du trafic»

Bauen unter Verkehr und Bauen mittels Totalsperrung der Strasse verursachen unterschiedlich hohe Kosten. Diese Differenz wird berücksichtigt, indem die Kosten in den Ziffern 16.1.1 bzw. 16.1.2 um jeweils 20% erhöht werden, falls keine Totalsperrung der Fahrstreifen erfolgen kann (aufwendigere Logistik). Siehe dazu auch [15].

Les chantiers sans interruption du trafic et les chantiers avec fermeture totale de la route n'occasionnent pas les mêmes coûts. Cette différence est prise en compte par l'augmentation de 20% des coûts aux chiffres 16.1.1 et 16.1.2 si les voies de circulation ne peuvent pas être totalement fermées (logistique plus compliquée). Voir à ce sujet aussi [15].

16.2 Kostensätze für Erhaltungsmassnahmen an Kunstbauten

16.2 Coûts unitaires des mesures d'entretien des ouvrages d'art

Erhaltungsmassnahmen an Kunstbauten sind ziemlich vielfältig. Je nachdem, ob die Gesamtanlage, ein Bauwerksteil oder ein Bauwerk saniert wird, können die Kosten K_{KuBa} erhebliche Schwankungen aufweisen. Dieser Umstand lässt für die allgemeine Gesamtkostenberechnung auf Netzebene keine genauen Angaben zu den Einheitskosten der Massnahmen, ausser für allfällige voll-

Les mesures d'entretien des ouvrages d'art sont variées. Selon que l'assainissement porte sur l'ensemble de l'ouvrage, une partie ou un élément seulement de celui-ci, les coûts K_{KuBa} peuvent fortement varier. Cet état de fait ne permet pas de définir des indications précises sur les coûts unitaires des mesures pour l'établissement général du calcul des coûts globaux en général au niveau du réseau,

ständige Erneuerung, zu.
In Tabelle 5 sind die Kostensätze für Erneuerung bzw. Neubau von Kunstbauten aufgeführt.

sauf dans le cas d'un éventuel renouvellement complet.
Les coûts unitaires du renouvellement ou de la construction à neuf d'ouvrages d'art sont indiqués dans le tableau 5.

Kostensätze für Erneuerung bzw. Neubau von Kunstbauten <i>Coûts unitaires du renouvellement ou de la construction à neuf d'ouvrages d'art</i>		
Kunstbauten (Objekte) <i>Ouvrages d'art (objets)</i>	Durchschnittliche Einheitskosten (2011) <i>Coûts unitaires moyens (2011)</i>	Einheit <i>Unité</i>
Brücken <i>Ponts</i>	2500	CHF/m ²
Galerie <i>Galerie</i>	1700	CHF/m ²
Unterführung <i>Passage inférieur</i>	2800	CHF/m ²
Überführung <i>Passage supérieur</i>	1100	CHF/m ²
Stützmauer <i>Mur de soutènement</i>	2500	CHF/m ¹
Durchlass (Wasser) <i>Passage (eau)</i>	3500	CHF/m ¹

Tab. 5
Kostensätze für Erneuerung bzw. Neubau von Kunstbauten

Tab. 5
Coûts unitaires du renouvellement ou de la construction à neuf d'ouvrages d'art

16.3 Kostensätze für Erhaltungsmaßnahmen an Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen

Wie bei den Kunstbauten können für die Erhaltungsmaßnahmen an Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen BSA keine genauen Angaben über die Kostensätze gemacht werden. Die Kosten K_{BSA} sind stark objektbezogen und müssen von Fall zu Fall berechnet werden. Grundlage für eine einheitliche strukturelle Sicht und Kennzeichnung der BSA bildet das Anlagenkennzeichnungssystem Schweiz AKS-CH [13] mit Unterscheidung folgender Anlagentypen

- Beleuchtung
- Energieversorgung
- Kabelanlage (Infrastruktur)
- Kommunikation und Leittechnik
- Lüftung
- Nebeneinrichtung
- Signalisation
- Überwachungsanlage

16.3 Coûts unitaires des mesures d'entretien des équipements d'exploitation et de sécurité

Comme dans le cas des ouvrages d'art, il n'est pas possible de fournir d'indications exactes sur les coûts unitaires des mesures d'entretien des équipements d'exploitation et de sécurité EES. Les coûts K_{BSA} dépendent fortement de la nature de l'objet et doivent être calculés au cas par cas. Le système suisse d'identification des installations AKS-CH [13] formule les bases d'une vision et d'une identification structurée et uniformisées des EES et distingue les types d'installations suivants

- éclairage
- distribution d'énergie
- câblage (infrastructure)
- communication et systèmes de gestion
- ventilation
- installation auxiliaire
- signalisation
- installation de surveillance

16.4 Bezugsjahr und reale Veränderung über die Zeit

Wird ein anderes Bezugsjahr als 2011 gewählt, müssen die Kosten K_{FB} , K_{KuBa} und K_{BSA} mit einem geeigneten nominalen Tiefbaupreisindex (z.B. aus [17]) angepasst werden. Reale Preisveränderungen über die Zeit können im Rahmen von Sensitivitätsanalysen berücksichtigt werden.

16.4 Année de référence et évolution réelle au cours du temps

Lorsqu'une autre année de référence que 2011 est choisie, les coûts K_{FB} , K_{KuBa} et K_{BSA} doivent être adaptés au moyen d'un indice des prix du génie civil adéquat (p.ex. de [17]). L'évolution réelle des prix au cours du temps peut être prise en compte dans le cadre de l'analyse de sensibilité.

16.5 Finanzierungskosten

Falls für die Erhaltungsmaßnahmen Fremdkapital eingesetzt werden muss, so sind die entsprechenden Kapitalkosten K_{Fin} in die Gesamtkostenrechnung zu integrieren. Andernfalls entfällt dieser Punkt.

16.5 Coûts de financement

Si du capital étranger doit être utilisé pour financer les mesures d'entretien, les coûts du capital correspondants K_{Fin} doivent être intégrés au calcul des coûts globaux. Dans le cas contraire, ce point ne doit pas être pris en compte.

16.6 Betriebskosten der Strassenanlage

Die Betriebskosten der Strassenanlage K_{Betr} umfassen die Bereiche betrieblicher Unterhalt, polizeiliche Verkehrsregelung und Überwachung sowie die Signalisation. Im Rahmen des Erhaltungsmanagements sind gemäss SN 641 826 «Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr; Kosten des betrieblichen Unterhalts von Strassen» [10] für die Betriebskosten ausschliesslich die beiden ersten Kostenarten von Relevanz. Die Betriebskosten setzen sich damit aus den Kosten des betrieblichen Unterhalts K_{BU} und den Kosten der polizeilichen Verkehrsregelung und Überwachung $K_{Polizei}$ zusammen

$$K_{Betr} = K_{BU} + K_{Polizei}$$

16.6.1 Betrieblicher Unterhalt

Der betriebliche Unterhalt K_{BU} umfasst sämtliche Tätigkeiten, die der kontinuierlichen Gewährleistung von Anlagefunktion, verkehrlicher Leistungsfähigkeit, sowie Betriebs- und Benutzersicherheit dienen (z.B. Winterdienst, Reinigung, Grünpflege, kleine bauliche Unterhaltsarbeiten usw.).

Kann nicht auf vorhandene, für die bestehende Strassenanlage geltende Kostenangaben zurückgegriffen werden, können die Mittelwerte in Tabelle 6 verwendet werden. Das Alter der Anlage wird dabei mit den ebenfalls in Tabelle 6 angegebenen Faktoren berücksichtigt. Es wird hier vereinfachend davon ausgegangen, dass eine Erhaltungsmassnahme ausschliesslich den Strassenzustand beeinflusst; die übrigen Faktoren in SN 641 826 [10] (wie z.B. Höhenlage, Strassenbreite) werden nicht tangiert. Das Alter der Anlage fliesst dabei stellvertretend für den Zustand in die Berechnung ein.

16.6 Coûts d'exploitation de l'aménagement routier

Les coûts d'exploitation de l'aménagement routier K_{Betr} comprennent les domaines de l'entretien d'exploitation, de la régulation et de la surveillance du trafic par la police ainsi que de la signalisation. Dans le cadre de la gestion de l'entretien, seuls les deux premiers genres de coûts sont pertinents pour le calcul des coûts d'exploitation selon la SN 641 826 «Analyses coûts/avantages du trafic routier; coûts de l'entretien d'exploitation des routes» [10]. Les coûts d'exploitation sont ainsi composés des coûts de l'entretien d'exploitation K_{BU} et des coûts de régulation et de surveillance du trafic par la police $K_{Polizei}$.

16.6.1 Entretien d'exploitation

L'entretien d'exploitation K_{BU} regroupe toutes les activités servant à assurer le fonctionnement permanent de l'installation, sa capacité à absorber le trafic, ainsi que la sécurité de l'exploitation et des utilisateurs (p.ex. service hivernal, nettoyage, entretien des surfaces vertes, petits travaux d'entretien aux constructions, etc.).

S'il n'est pas possible de recourir aux données des coûts s'appliquant à l'aménagement routier existant, les valeurs moyennes du tableau 6 peuvent être utilisées. L'âge de l'aménagement est également pris en compte sur la base des facteurs indiqués dans le tableau 6. En guise de simplification il est supposé qu'une mesure d'entretien ait uniquement un effet sur l'état des routes; les autres facteurs (voir SN 641 826 [10]) (p.ex. l'altitude, la largeur de route) ne sont pas concernés. Dans les calculs l'âge de l'aménagement est substitué à l'état des routes.

Kosten des betrieblichen Unterhalts und Korrekturfaktoren zur Berücksichtigung des Alters Preisbasis 2011 Coûts de l'entretien d'exploitation et facteurs de correction pour la prise en compte de l'âge de l'aménagement Base de prix 2011			
	Hochleistungsstrassen, Hauptverkehrsstrassen <i>Routes à haut débit et principales</i>	Übrige Strassen <i>Autres routes</i>	Tunnel <i>Tunnels</i>
Kosten <i>Coûts</i>	[CHF · km ⁻¹]		
Jährliche Basiskosten (pro effektivem Kilometer) <i>Coûts de base annuels (par kilomètre effectif)</i>	95 000	45 000	238 000
Alter der Anlage <i>Age de l'aménagement</i> [a]	Korrekturfaktor <i>Facteur de correction</i>		
Neu <i>Neuf</i>	0,99	0,95	0,96
1 – 5	0,99	0,95	0,99
6 – 10	0,99	0,95	1,00
11 – 20	0,99	0,95	1,02
≥ 21	1,01	1,05	1,03

Tab. 6
Kosten des betrieblichen Unterhalts und Korrekturfaktoren zur Berücksichtigung des Alters

Tab. 6
Coûts de l'entretien d'exploitation et facteurs de correction pour la prise en compte de l'âge

Nach einer erfolgten Erhaltungsmaßnahme ist das Alter der Anlage abhängig von Massnahmentyp und -umfang entsprechend zurückzusetzen.

Erneuerungsarbeiten können auch einen Einfluss auf die Kosten des betrieblichen Unterhalts haben, wenn durch die Arbeiten die Strassenanlage neu dimensioniert oder technisch aufgerüstet wird. Dies ist bei der Gesamtkostenberechnung zu berücksichtigen.

Eine Änderung der Preisbasis wird mit einem geeigneten Tiefbaupreisindex durchgeführt. Die Betriebskosten werden wie folgt fortgeschrieben: Die Kosten für die Strassenanlagen werden als real konstant und diejenigen für Tunnels als real abnehmend fortgeschrieben. Bis 2020 sind jährlich real 2% weniger Betriebskosten aufzuwenden, ab 2020 jährlich 1% weniger.

16.6.2 Polizeiliche Verkehrsregelung und Überwachung

Die polizeiliche Verkehrsregelung und Überwachung umfasst alle Arbeiten, Anordnungen und Massnahmen im Zuständigkeitsbereich der Verkehrspolizei, soweit sie für den sicheren Verkehr auf den Strassen und zum Schutz der Umwelt unerlässlich sind.

Die Kosten für die polizeiliche Verkehrsregelung und Überwachung $K_{Polizei}$ betragen $0.044 \text{ CHF} \cdot \text{Fzkm}^{-1}$ (Preisbasis 2011). Die Aktualisierung auf eine andere Preisbasis erfolgt mit dem Nominal-, die reale Fortschreibung dieser Kosten mit dem Reallohnwachstum.

16.7 Verwaltungskosten

Bei Bedarf sind die Verwaltungskosten K_{Verw} zu berücksichtigen. Bei relativen Betrachtungen können sie vernachlässigt werden.

16.8 Restwerte

Für die Berechnung der Restwerte K_{Rest} am Ende des Betrachtungszeitraums kann auf die Berechnung der Substanzwerte aufgebaut werden. Der Substanzwert ist gemäss SN 640 904 «Erhaltungsmanagement (EM); Gesamtbewertung von Fahrbahnen, Kunstbauten und technischen Ausrüstungen: Substanz- und Gebrauchswerte» [2] die Differenz der Ersatzkosten (Neubau- und Abbruch-/Entsorgungskosten) und der vollständigen Instandsetzungskosten.

Können diese Kosten nicht ermittelt werden, kann mittels der Restlebensdauern der verschiedenen Objekte und den erforderlichen Neubaukosten (mit gleicher Dimensionierung und Funktionalität) ein Restwert aufgrund des Alters der Objekte berechnet werden.

Restwerte werden als «Einnahmen» (negative Kosten) verbucht. Dieser Wert ist ebenfalls zu diskontieren.

Après la réalisation d'une mesure d'entretien, l'âge de l'aménagement doit être réévalué en fonction du type et de l'étendue de la mesure.

Les travaux de renouvellement peuvent également influencer les coûts de l'entretien d'exploitation lorsque l'aménagement routier est redimensionné ou doté de nouveaux équipements techniques. Ce point doit être pris en compte dans le calcul des coûts globaux.

Une modification de la base de prix s'effectue par le choix d'un indice des prix du génie civil adéquat. Les coûts d'exploitation sont mis à jour comme suit: les coûts des aménagements routiers sont mis à jour sur une base réelle constante et ceux des tunnels sur une base réelle décroissante. Jusqu'en 2020, il convient d'appliquer une déduction réelle de 2% par année pour les coûts d'exploitation et, à partir de 2020, une déduction réelle de 1% par année.

16.6.2 Régulation et surveillance du trafic par la police

La régulation et la surveillance du trafic par la police comprennent tous les travaux, dispositions et mesures relevant du domaine de responsabilité de la police routière ainsi que ceux indispensables à la sécurité du trafic sur les routes et à la protection de l'environnement.

Les coûts de régulation et de surveillance du trafic par la police $K_{Polizei}$ se montent à $0.044 \text{ CHF} \cdot \text{vhckm}^{-1}$ (base de prix 2011). L'actualisation à une autre base de prix s'effectue sur la base de l'augmentation du salaire nominal, la mise à jour réelle de ces coûts sur la base de l'augmentation du salaire réel.

16.7 Coûts d'administration

En cas de besoin, les coûts d'administration K_{Verw} doivent être pris en compte. Lors de considérations relatives, ils peuvent être ignorés.

16.8 Valeurs vénales

Le calcul des valeurs vénales K_{Rest} à la fin de la période considérée peut se baser sur le calcul de la valeur intrinsèque. Selon la SN 640 904 «Gestion de l'entretien (GE); évaluation globale des chaussées, des ouvrages d'art et des installations électromécaniques: valeurs intrinsèques et valeurs d'usage» [2] la valeur intrinsèque est la différence entre les coûts de remplacement (coûts de la nouvelle construction et coûts de démolition/élimination) et les coûts de remise en état complète.

Si ces coûts ne peuvent pas être déterminés, une valeur vénale peut être calculée sur la base de l'âge de l'objet grâce aux valeurs vénales des différents ouvrages et des coûts nécessaires à la nouvelle construction (de dimensions et fonctionnalités identiques).

Les valeurs vénales sont comptabilisées comme des «recettes» (coûts négatifs). Cette valeur doit également être actualisée.

17 Strassennutzerkosten

17.1 Zeitkosten

Die Zeitkostensätze im Personenverkehr werden nach Fahrzeugkategorie differenziert; in Anlehnung an die SN 641 822 «Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr; Zeitkosten im Personenverkehr» [6]. Um aus der Anzahl Fahrzeuge die Kosten K_{Zeit} zu berechnen, müssen die Besetzungsgrade bekannt sein. Für Fahrzeuge des öffentlichen Verkehrs (Busse, Trams usw.) muss somit die durchschnittliche Anzahl Passagiere pro Fahrzeug ermittelt werden. Beim motorisierten Individualverkehr MIV können die Angaben aus SN 641 822 [6] oder entsprechend neuere Daten (z.B. Mikrozensus) verwendet werden. Liegen detaillierte Angaben zu Fahrtzwecken, Distanzen, Einkommen und/oder Besetzungsgraden von Fahrzeugen vor, so ist die detaillierte Berechnungsmethode gemäss SN 641 822 [6] zu verwenden und hier sinngemäss einzusetzen.

17 Coûts des usagers de la route

17.1 Coûts horaires

Les coûts horaires du transport de personnes sont différenciés d'après les catégories de véhicules, conformément à la SN 641 822 «Analyses coûts/avantages du trafic routier; coûts horaires du transport de personnes» [6]. Pour calculer les coûts K_{Zeit} d'après le nombre de véhicules, les taux d'occupation doivent être connus. Pour les véhicules des transports publics (bus, tramways, etc.), il faut donc déterminer le nombre de passagers moyen par véhicule. Pour le trafic motorisé individuel TIM, les données de la SN 641 822 [6] ou des données plus récentes correspondantes (p.ex. microrecensement) peuvent être utilisées. En présence de données détaillées sur les motifs de déplacement, les distances, le revenu et/ou les taux d'occupation des véhicules, la méthode de calcul détaillée selon la SN 641 822 [6] doit être utilisée et appliquée par analogie.

Zeitkostensätze nach Fahrtzweck pro Person Preisbasis 2011 Coûts horaires unitaire d'après le motif de déplacement par personne Base de prix 2011		
Fahrtzweck Motif de déplacement	MIV TIM	ÖV TP
	[CHF·h ⁻¹]	
Pendlerfahrt Déplacement pendulaire	33.03	16.89
Einkaufsfahrt Déplacement pour achats	21.76	12.94
Nutzfahrt Déplacement utilitaire	33.86	37.52
Freizeitfahrt Déplacement touristique	23.16	12.61
Alle Zwecke Tous les motifs	24.46	15.15

Tab. 7 Zeitkostensätze nach Fahrtzweck pro Person

Tab. 7 Coûts horaires unitaire d'après le motif de déplacement par personne

Besetzungsgrad MIV Taux d'occupation TIM					
	Alle Zwecke Tous les motifs	Pendlerfahrt Déplacement pendulaire	Nutzfahrt Déplacement utilitaire	Einkaufsfahrt Déplacement pour achats	Freizeitfahrt Déplacement touristique
2010	1,52	1,09	1,24	1,56	1,80
2020	1,46	1,05	1,22	1,52	1,71
≥ 2030	1,43	1,03	1,20	1,50	1,67

Tab. 8 Besetzungsgrad MIV

Tab. 8 Taux d'occupation TIM

Die Zeitkosten im Güterverkehr betragen $15.69 \text{ CHF}\cdot\text{h}^{-1}$ pro Fahrzeug (Preisstand 2011) oder, wenn Lasten bekannt sind, $2.18 \text{ CHF}/\text{t}\cdot\text{h}^{-1}$. Falls zu Güterverkehrstransporten Distanzen und Verkehrsarten (Binnenverkehr, Transitverkehr usw.) bekannt sind, so ist das detaillierte Berechnungsverfahren gemäss SN 641 823 «Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr; Zeitkosten im Güterverkehr» [7] zu verwenden und hier sinngemäss einzusetzen.

Eine Anpassung an einen anderen Preisstand bei den Zeitkostensätzen im Personenverkehr ist mit dem Nominallohnwachstum vorzunehmen. Reale Veränderungen der Kostensätze über die Zeit werden mit dem Reallohnwachstum berücksichtigt.

Die Zeitkostensätze im Güterverkehr müssen mit dem Landesindex der Konsumentenpreise aktualisiert werden, bleiben aber real konstant.

Für Sensitivitätsanalysen ist im Personenverkehr mit Bandbreiten von $\pm 25\%$ gemäss SN 641 822 [6], im Güterverkehr mit solchen von $\pm 20\%$ gemäss SN 641 823 [7] in den Kostensätzen zu rechnen.

17.2 Fahrzeugbetriebskosten

Die Fahrzeugbetriebskosten K_{FZB} sind der SN 641 827 «Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr; Betriebskosten von Strassenfahrzeugen» [11] entnommen. Die Kalkulation der Kostensätze beruht auf dem Forschungsbericht [20].

Die Kostensätze bestehen aus vier Komponenten: Einerseits werden die Fahrzeugkilometer [$\text{CHF}\cdot\text{Fzkm}^{-1}$] und die Betriebsstunden [$\text{CHF}\cdot\text{h}^{-1}$] bewertet, andererseits die Treibstoffkosten und die leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe LSVA.

Die Motorfahrzeuge werden in drei Kategorien eingeteilt: Personenwagen, Sachtransportfahrzeuge und Linienbusse (Fahrzeuge des öffentlichen Verkehrs).

Die leistungs- und zeitbezogenen Kosten $\text{CHF}\cdot\text{Fzkm}^{-1}$ und $\text{CHF}\cdot\text{h}^{-1}$ unterscheiden sich nicht nur in ihren Kostensätzen, sondern auch in der Fortschreibung (siehe Tabelle 9).

Les coûts horaires dans le transport de marchandises se montent à $15.69 \text{ CHF}\cdot\text{h}^{-1}$ par véhicule (état des prix 2011) ou, si les charges sont connues, à $2.18 \text{ CHF}/\text{t}\cdot\text{h}^{-1}$. Si les distances et les genres de trafic (trafic intérieur, transit, etc.) des transports de marchandises sont connus, la procédure de calcul détaillée conformément à la SN 641 823 «Analyses coûts/avantages du trafic routier; coûts horaires du transport de marchandises» [7] doit être appliquée et utilisée ici par analogie.

Une adaptation à un autre niveau de prix pour les coûts horaires unitaires dans le transport de personnes doit être effectuée sur la base de l'augmentation du salaire nominal. Les évolutions réelles des coûts unitaires au cours du temps sont prises en compte avec l'augmentation du salaire réel.

Les coûts horaires unitaires dans le transport de marchandises doivent être actualisés sur la base de l'indice national des prix à la consommation mais restent réels constants.

Pour les analyses de sensibilité, il faut compter des marges de fluctuation de $\pm 25\%$ selon la SN 641 822 [6] dans les coûts unitaires du transport de personnes, et des marges de fluctuation de $\pm 20\%$ selon la SN 641 823 [7] dans les coûts unitaires du transport de marchandises.

17.2 Coûts d'exploitation des véhicules

Les coûts d'exploitation des véhicules K_{FZB} sont tirés de la SN 641 827 «Analyses coûts/avantages du trafic routier; coûts d'exploitation des véhicules routiers» [11]. Le calcul des coûts unitaires repose sur le rapport de recherche [20].

Les coûts unitaires sont constitués de quatre composantes: d'une part les véhicule-kilomètres [$\text{CHF}\cdot\text{vhckm}^{-1}$] et les heures d'exploitation [$\text{CHF}\cdot\text{h}^{-1}$], d'autre part les coûts de carburant et la redevance sur le trafic des poids lourds liée aux prestations RPLP.

Les véhicules automobiles sont répartis en trois catégories: voitures de tourisme, véhicules automobiles affectés au transport de choses et bus de ligne (véhicules des transports publics).

Les coûts liés aux performances et au temps $\text{CHF}\cdot\text{vhckm}^{-1}$ et $\text{CHF}\cdot\text{h}^{-1}$ ne se différencient pas seulement au niveau des coûts unitaires, mais également au niveau de leur mise à jour (voir tableau 9).

Fahrzeugbetriebskostensätze Coûts unitaires d'exploitation des véhicules			
Fahrzeugkategorie Catégorie de véhicules	Kostensätze Fortschreibung Coûts unitaires Mise à jour	Fahrzeugbetriebskosten (2011) Coût d'exploitation des véhicules (2011)	
		[CHF·100 ⁻¹ Fzkm ⁻¹] [CHF·100 ⁻¹ vhckm ⁻¹]	[CHF·Fzh ⁻¹]
Personenwagen Voitures de tourisme	Kostensätze Coûts unitaires	14.65	0.71
	Fortschreibung Mise à jour	Nominale Aktualisierung durch Landesindex der Konsumentenpreise, real konstant <i>Actualisation nominale au moyen de l'indice national des prix à la consommation, réelle constante</i>	Nominale Aktualisierung durch Nominallohnveränderung, real konstant <i>Actualisation nominale au moyen de la modification du salaire nominal, réelle constante</i>
Sachtransportfahrzeuge (Lieferwagen, Lastwagen, Sattelmotorfahrzeuge) Véhicules automobiles affectés au transport de choses (voitures de livraison, camions, véhicules articulés)	Kostensätze Coûts unitaires	36.55	41.78
	Fortschreibung Mise à jour	Nominale Aktualisierung durch Landesindex der Konsumentenpreise, real konstant <i>Actualisation nominale au moyen de l'indice national des prix à la consommation, réelle constante</i>	Nominale Aktualisierung durch Nominallohnveränderung, 6,3% real konstant, 93,7% Reallohnveränderung <i>Actualisation nominale au moyen de la modification du salaire nominal, 6,3% réelle constante, 93,7% évolution du salaire réel</i>
Linienbusse Bus de ligne	Kostensätze Coûts unitaires	83.33	71.12
	Fortschreibung Mise à jour	Nominale Aktualisierung durch Landesindex der Konsumentenpreise, real konstant <i>Actualisation nominale au moyen de l'indice national des prix à la consommation, réelle constante</i>	Nominale Aktualisierung durch Nominallohnveränderung, 11,9% real konstant, 88,1% Reallohnveränderung <i>Actualisation nominale au moyen de la modification du salaire nominal, 11,9% réelle constante, 88,1% évolution du salaire réel</i>

Tab. 9
Fahrzeugbetriebskostensätze

Zu den leistungs- und zeitabhängigen Kosten kommt für den Schwerverkehr die LSVA hinzu. Sie beträgt im Durchschnitt 0.75 CHF·Fzkm⁻¹ (Wert 2008). Dieser Wert entspricht einem gewichteten Durchschnitt in Abhängigkeit von Gewicht, Transportdistanzen und Emissionen und kann sich im Laufe der Zeit ändern (siehe auch SN 641 827 [11]).

Sowohl die nominale Aktualisierung der LSVA als auch die reale Fortschreibung erfolgen jeweils entsprechend dem gültigen Satz.

Treibstoffkosten bestehen aus den beiden Komponenten Faktorkosten (Preise ohne indirekte Steuern) und Steuern bzw. Abgaben. Diese Komponenten haben unterschiedliche Werte für Benzin und Diesel (siehe Tabelle 10). Die nominale Preisanpassung für Treibstoffkosten erfolgt durch den Landesindex der Konsumentenpreise. Für die reale Fortschreibung können die Faktorpreise als real konstant angesehen werden; die Steuern und Abgaben hingegen werden entsprechend des jeweils gültigen Satzes verändert.

Tab. 9
Coûts unitaires d'exploitation des véhicules

Pour le trafic lourd, la RPLP s'ajoute aux coûts liés aux performances et au temps. Elle se monte en moyenne à 0.75 CHF·vhckm⁻¹ (valeur 2008). Cette valeur correspond à une moyenne pondérée dépendant du poids, des distances parcourues et des émissions. Elle peut évoluer au cours du temps (voir aussi SN 641 827 [11]).

Tant l'actualisation nominale de la RPLP que la mise à jour réelle s'effectuent en fonction du taux valable correspondant.

Les coûts de carburant sont composés des deux composantes: des coûts des facteurs (prix sans impôts indirects) et des impôts ou redevances. Ces composantes ont des valeurs différentes pour l'essence et le diesel (voir tableau 10). L'adaptation de prix nominale pour les coûts de carburant s'effectue sur la base de l'indice national des prix à la consommation. Pour la mise à jour réelle, les prix des facteurs peuvent être considérés comme réels constants; les impôts et les redevances en revanche peuvent être modifiés en fonction du taux valable correspondant.

Treibstoffkostensätze Coûts unitaires de carburant		
Preisstand 2011 Etat des prix de 2011	Benzin Essence	Diesel Diesel
	[CHF·l ⁻¹]	
Faktorpreis Prix des facteurs	0.7719	0.8291
Steuern und Abgaben Impôts et redevances	0.9063	0.9561

Tab. 10
Treibstoffkostensätze

Tab. 10
Coûts unitaires de carburant

Steuern und Abgaben der Treibstoffkosten sowie die LSV sind nur bei der Bildung von Teilbilanzen (Betreiber, Nutzer, Dritte) zu berücksichtigen (siehe SN 641 820 [4]).

Les impôts et les redevances sur les coûts de carburant ainsi que la RPLP ne doivent être pris en compte que pour l'établissement de bilans partiels (exploitant, utilisateur, tiers) (voir SN 641 820 [4]).

17.3 Unfallkosten

17.3 Coûts des accidents

Die Unfall- und Unfallfolgekosten K_{Unfall} sind der SN 641 824 «Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr; Unfallraten und Unfallkostensätze» [8] entnommen. Dabei werden drei Strassenkategorien unterschieden: innerorts, ausserorts und Autobahn. Die Unfallkostenraten inkl. Dunkelziffern sind der Tabelle 11 zu entnehmen.

Les coûts des accidents et de suites d'accidents K_{Unfall} sont tirés de la SN 641 824 «Analyses coûts/avantages du trafic routier; taux d'accidents et coûts unitaires des accidents» [8]. Dans ce contexte, trois catégories de routes sont différenciées: en localité, hors localités et autoroute. Les taux des coûts des accidents, y compris chiffres officiels, doivent être tirés du tableau 11.

Die Unfallkostenrate nimmt jährlich 2% ab. Die Aktualisierung an einen anderen Preisstand erfolgt mit dem Nominallohnwachstum. Für die Fortschreibung sind die Unfallkostenraten mit dem Reallohnwachstum anzupassen.

Le taux des coûts des accidents diminue chaque année de 2%. L'actualisation à une autre base de prix s'effectue sur la base de l'augmentation du salaire nominal. Pour la mise à jour les taux des coûts des accidents doivent être adaptés sur la base de l'augmentation du salaire réel.

Unfallkostenraten inkl. Dunkelziffer für Strecken inkl. Knoten Preisstand 2011 (gerundet) Taux des coûts des accidents, y compris chiffres officiels pour les tronçons, avec carrefours Etat des prix 2011 (arrondi)			
	Unfallkostenrate Taux des coûts des accidents	Anteil Strassennutzerkosten Part des coûts des usagers de la route K_{Unfall}	Anteil externe Kosten Part des coûts externes $K_{extUnfall}$
	[CHF·MFzkm ⁻¹] / [CHF·Mvhckm ⁻¹]		
Autobahn Autoroute	47 500	40 500	7 000
Ausserorts Hors localités	211 600	175 900	35 700
Innerorts En localité	461 600	390 300	71 300
Gewichteter Durchschnitt Moyenne pondérée	236 400	199 000	37 400

Tab. 11
Unfallkostenraten inkl. Dunkelziffer für Strecken inkl. Knoten

Tab. 11
Taux des coûts des accidents, y compris chiffres officiels pour les tronçons, avec carrefours

17.4 Kosten der Zuverlässigkeit

Die Zuverlässigkeit K_{Zuvel} einer Strassenanlage wird durch die Pünktlichkeit, mit der ein Verkehrsteilnehmer an seinem Zielort eintrifft, gemessen. Je höher die Wahrscheinlichkeit zur gewünschten Zeit am Zielort einzutreffen, desto zuverlässiger ist die Strassenanlage. Die SN 641 825 «Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr; Bewertung und Abschätzung der Zuverlässigkeit» [9] beschäftigt sich mit der Bewertung der Zuverlässigkeit von Strassenanlagen.

Erhaltungsmassnahmen haben auf die Zuverlässigkeit der Strassenanlage im Normalbetrieb (keine Baustellen aufgrund von Erhaltungsmassnahmen, siehe auch Ziffer 6.2) nur marginalen Einfluss. Während des Normalbetriebs wird daher auf eine Bewertung der Zuverlässigkeit verzichtet.

Während der Bauphase ist die Zuverlässigkeit des betroffenen Abschnitts eingeschränkt. Bei hohem Verkehrsaufkommen kann es in dieser Zeit zu Behinderungen im Strassenverkehr kommen. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass die Veränderung der Zuverlässigkeit aufgrund der Baustellenbehinderungen mit der Verlängerung der Reisezeiten genügend abgebildet wird.

Sind allerdings Fahrzeitverteilungen bekannt, so können die SN 641 825 [9] angewendet und die Ergebnisse hier sinngemäss eingesetzt werden.

Relevant ist die Beurteilung der Zuverlässigkeit in der Bauphase, wenn im Strassennetz gleichzeitig an verschiedenen Orten Erhaltungsmassnahmen durchgeführt werden und so das gesamte Strassensystem an Zuverlässigkeit einbüsst. Diese Systemeffekte können aber nicht einer einzelnen Massnahme zugeordnet werden, sondern müssen in die Beurteilung einer Massnahmenstrategie einfließen.

18 Kosten Dritter

18.1 Externe Unfallkosten

Die externen Unfallkosten $K_{extUnfall}$ sind in Ziffer 17.3 in Tabelle 11 aufgeführt.

18.2 Lärmkosten

Der Lärm $K_{Lärm}$ wird gemäss der vereinfachten Methode in SN 641 828 [12], Ziffer 17, bewertet. Dabei erfolgt die Bewertung über die Fahrleistung [Fzkm] und die Bewertung beinhaltet nur die Auswirkungen des Lärms am Wohnort. Auswirkungen des Lärms am Arbeitsplatz oder in Erholungsgebieten, Baulärm oder Kosten von Schallschutzmassnahmen sind ausserhalb dieser Norm zu bewerten.

In den Lärmkosten sind Mietzinsausfälle und Gesundheitskosten enthalten. Die Kostensätze sind Tabelle 12 zu entnehmen. Auf die Bewertung des Baulärms wird verzichtet, da dieser meist nur von kurzer Dauer ist.

Muss eine örtlich differenziertere Beurteilung des Lärms erfolgen, so sind die Angaben bezüglich Lärmkosten aus der SN 641 828 [12] zu verwenden.

17.4 Coûts liés à la fiabilité

La fiabilité K_{Zuvel} d'un aménagement routier est mesurée selon la ponctualité avec laquelle un usager de la route arrive à son destination. Plus la probabilité d'arriver à destination à l'heure souhaitée est grande, plus un aménagement routier est fiable. La SN 641 825 «Analyses coûts/avantages du trafic routier; évaluation et estimation de la fiabilité» [9] porte sur l'évaluation de la fiabilité des aménagements routiers.

Les mesures d'entretien n'ont qu'une influence marginale sur la fiabilité d'un aménagement routier en exploitation normale (pas de chantiers suite à des mesures d'entretien, voir également chiffre 6.2). On renoncera donc à évaluer la fiabilité pendant cette période.

Pendant la phase de construction, la fiabilité du tronçon concerné est limitée. En cas de forte volume de trafic, celui-ci peut être entravé durant cette période. On peut cependant partir du principe que la modification de la fiabilité en raison des entraves dues au chantier est suffisamment illustrée par l'allongement des temps de déplacement.

Si toutefois des distributions des temps de parcours sont connues, la SN 641 825 [9] peut être appliquée et les résultats utilisés ici par analogie.

L'évaluation de la fiabilité durant la phase de construction est pertinente lorsque des mesures d'entretien sont effectuées parallèlement en divers endroits du réseau routier, provoquant ainsi une diminution de la fiabilité de l'ensemble du système routier. Ces effets de système ne peuvent toutefois pas être attribués à une seule mesure mais doivent être intégrés à l'évaluation d'une stratégie de mesures.

18 Coûts de tiers

18.1 Coûts externes des accidents

Les coûts externes des accidents $K_{extUnfall}$ sont mentionnés dans le tableau 11, au chiffre 17.3.

18.2 Coûts liés au bruit

Le bruit $K_{Lärm}$ est évalué selon la méthode simplifiée de la SN 641 828 [12], chiffre 17. L'évaluation a lieu sur la base des kilomètres parcourus [vhckm] et comprend uniquement les effets du bruit dans les lieux d'habitation. Les effets du bruit sur les lieux de travail ou dans les lieux de repos, le bruit de chantier ou les coûts des mesures d'insonorisation sont à évaluer hors de cette norme.

Les coûts liés au bruit comprennent les pertes de loyers et les coûts de la santé. Les coûts unitaires figurent dans le tableau 12. Le renoncement à la prise en compte du bruit de chantier est dû au fait qu'il n'est souvent que de courte durée.

S'il s'agit d'effectuer une évaluation différenciée du bruit en fonction du lieu, les données des coûts liés au bruit de la SN 641 828 [12] doivent être utilisées.

Lärmkosten, Preisstand 2011 <i>Coûts liés au bruit, état des prix 2011</i>			
	Personenverkehr <i>Transport de personnes</i>	Güterverkehr <i>Transport de marchandises</i>	Gewichteter Durchschnitt <i>Moyenne pondérée</i>
	[CHF·Fzkm ⁻¹] / [CHF·vhckm ⁻¹]		
Mietzinsausfälle <i>Pertes de loyers</i>	0.0145	0.0636	0.0190
Gesundheitskosten <i>Coûts de la santé</i>	0.0014	0.0063	0.0019
Total	0.0159	0.0699	0.0208

Tab. 12
Lärmkosten

Die Anpassung an einen anderen Preisstand erfolgt für die gesundheitsbedingten Kosten über das Nominallohnwachstum, für die Mietzinsausfälle über den Mietpreisindex. Für die reale Veränderung über die Zeit wird angenommen, dass die Lärmkosten jährlich real um 0,3% zunehmen (siehe SN 641 828 [12], Ziffer 16).

18.3 Kosten der Luftverschmutzung

Die Luftverschmutzung K_{Luft} verursacht höhere Aufwendungen im Gebäudeunterhalt und bei den Krankheitskosten. Die Luftverschmutzung aufgrund von Erhaltungsmassnahmen wird im Wesentlichen durch die Feinstaubkonzentration PM₁₀ bestimmt und wie in SN 641 828 [12], Kapitel E, bewertet. Die Bewertung erfolgt über die Fahrleistung [Fzkm] und während der Bauphase zusätzlich über die Investitionskosten. Dabei müssen verschiedene Fahrzeugtypen und je nach Bewertungsjahr unterschiedliche Emissionsfaktoren unterschieden werden (siehe Tabelle 13).

Tab. 12
Coûts liés au bruit

Pour les coûts de la santé, l'adaptation à un autre état de prix a lieu au moyen de l'augmentation du salaire nominal et, pour les pertes de loyer, au moyen de l'indice des loyers. Pour l'évolution réelle sur la durée, l'augmentation réelle des coûts liés au bruit est estimée à 0,3% par année (voir SN 641 828 [12], chiffre 16).

18.3 Coûts de la pollution atmosphérique

La pollution atmosphérique K_{Luft} occasionne des dépenses importantes dans l'entretien des bâtiments et les coûts liés aux maladies. La pollution atmosphérique due aux mesures d'entretien est déterminée pour l'essentiel par la concentration de particules fines PM₁₀ et évaluée comme dans la SN 641 828 [12], chapitre E. L'évaluation a lieu sur la base des kilomètres parcourus (vhckm) et, pendant la phase de construction, également sur la base des coûts d'investissement. Dans ce cas, divers types de véhicules et, selon l'année d'évaluation, divers coefficients d'émissions doivent être différenciés (voir tableau 13).

PM₁₀-Emissionsfaktoren inkl. Abrieb und Aufwirbelung 2010 bis 2030 gemäss Luftschadstoffemissionen des Strassenverkehrs [18], [19] <i>Coefficients d'émission PM₁₀, y compris abrasion et tourbillonnement 2010 à 2030, selon les émissions polluantes du trafic routier [18], [19]</i>			
	Personenwagen <i>Voiture de tourisme</i>	Schweres Nutzfahrzeug <i>Véhicule utilitaire lourd</i>	Linienbus <i>Bus de ligne</i>
	[g·Fzkm ⁻¹] / [g·vhckm ⁻¹]		
2010	0,053	0,278	0,535
2015	0,049	0,241	0,464
2020	0,045	0,211	0,428
2025	0,043	0,193	0,413
2030	0,043	0,185	0,409

Tab. 13
PM₁₀-Emissionsfaktoren inkl. Abrieb und Aufwirbelung 2010 bis 2030 gemäss Luftschadstoffemissionen des Strassenverkehrs [18], [19]

Zusätzlich zum Strassenverkehr verursacht die Ausführung der Erhaltungsmassnahmen ebenfalls Feinstaubemissionen. Die Bewertung erfolgt über die Investitionssumme. Pro investierte Million Franken können zusätzlich 67 000 CHF (Preisstand 2011) bzw. 6,7% als Kosten der

Tab. 13
Coefficients d'émission PM₁₀, y compris abrasion et tourbillonnement 2010 à 2030, selon les émissions polluantes du trafic routier [18], [19]

En plus du trafic routier, l'exécution des mesures d'entretien occasionne également des émissions de particules fines. L'évaluation se fait sur la base de la somme des investissements. Par million de francs investi, on estime que les coûts de la pollution atmosphérique se mon-

Luftverschmutzung veranschlagt werden gemäss SN 641 828 [12].

Bei der Bewertung der Kosten der Luftverschmutzung ist zwischen lokalen und regionalen Schäden zu unterscheiden (siehe Tabelle 14). Kann die Fahrleistung nicht nach bebaut und unbebaut differenziert werden, so sind die Durchschnittskosten anzuwenden.

tent à 67 000 CHF (état des prix 2011) ou à 6,7% selon la SN 641 828 [12].

Lors de l'évaluation des coûts de la pollution atmosphérique, il convient de différencier les dégâts locaux des dégâts régionaux (voir tableau 14). Si les kilomètres parcourus ne peuvent pas être différencié entre zones construites et non construites, les coûts moyens doivent être utilisés.

Kostensätze Luftverschmutzung PM₁₀ Preisstand 2011 (gerundet) Coûts unitaires de la pollution atmosphérique PM₁₀ Etat des prix 2011 (arrondis)				
	Lokale Schäden			Regionale Schäden
	<i>Dégâts locaux</i>			
	Bebautes Gebiet <i>Zone construite</i>	Unbebautes Gebiet <i>Zone non construite</i>	Durchschnitt <i>Moyenne</i>	<i>Dégâts régionaux</i>
[CHF · t ⁻¹ PM ₁₀]				
Gesundheitskosten <i>Coûts de la santé</i>	372 600	49 700	200 900	280 800
Gebäudeschäden <i>Dégâts aux bâtiments</i>	104 500	13 700	56 000	26 100

Tab. 14
Kostensätze Luftverschmutzung PM₁₀

Tab. 14
Coûts unitaires de la pollution atmosphérique PM₁₀

Die Anpassungen an einen anderen Preisstand erfolgen für die Gesundheitskosten mit dem Nominallohnwachstum und für die Gebäudeschäden mit dem Hochbaupreisindex. Zu beachten ist die Abnahme der Luftschadstoffe bis 2030. Von diesem Datum an wird von konstanten Emissionsfaktoren ausgegangen.

Die realen Veränderungen der Kostensätze werden für die Gesundheitskosten mit dem Reallohnwachstum fortgeschrieben. Für die Kostensätze Gebäudeschäden werden bis 2030 jährlich 1,1% mehr veranschlagt, ab 2030 noch 0,5% jährlich und ab 2040 noch 0,4% jährlich.

Auf die Berücksichtigung demographischer Aspekte (Bevölkerungswachstum, Siedlungsentwicklung) wird für die Bewertung von Erhaltungsmassnahmen verzichtet.

18.4 Klimakosten

Für die Bewertung der Klimakosten K_{Klima} wird der Ausstoss von Treibhausgasen bewertet – analog zur SN 641 828 [12], Kapitel F. Das Mengengerüst beruht auf Tonnen CO₂-Äquivalenten.

CO₂-Äquivalente werden aus dem Ausstoss von CO₂, CH₄ (Multiplikationsfaktor 23) und N₂O (Multiplikationsfaktor 296) ermittelt. Tabelle 15 gibt den Ausstoss von Gramm CO₂-Äquivalenten pro Fahrzeugkilometer bis 2030 wieder – differenziert nach Fahrzeugkategorien.

Pro Tonne CO₂-Äquivalent werden für das Jahr 2011 44.37 CHF (Preisstand 2011) veranschlagt. Der Kostensatz ist um 2.61 CHF pro Jahr (Preisstand 2011) zu erhöhen.

Les adaptations à un autre niveau de prix des coûts de la santé s'effectuent sur la base de l'augmentation du salaire nominal et, pour les dégâts aux bâtiments, sur la base de l'indice des prix de la construction (bâtiment). Il convient de tenir compte de la diminution des polluants atmosphériques jusqu'en 2030. A partir de cette date, on part du principe que les coefficients d'émissions seront constants. Pour les coûts de la santé, l'évolution réelle des coûts unitaires sont mis à jour sur la base de l'augmentation du salaire réel. Pour les coûts unitaires des dégâts aux bâtiments, on estime à 1,1% la hausse annuelle des coûts jusqu'en 2030, puis seulement à 0,5% par année à partir de 2030 et à 0,4% par année à partir de 2040.

Pour l'évaluation de mesures d'entretien on renonce à tenir compte des aspects démographiques (croissance de la population, développement de l'urbanisation).

18.4 Coûts liés au climat

Pour l'évaluation des coûts liés au climat K_{Klima} , les émissions de gaz à effet de serre sont évaluées de façon analogue à la SN 641 828 [12], chapitre F. Le tableau des performances repose sur des tonnes d'équivalent CO₂.

Les équivalents CO₂ sont déterminés sur la base des émissions de CO₂, CH₄ (facteur de multiplication 23) et N₂O (facteur de multiplication 296). Le tableau 15 indique les émissions de grammes d'équivalent CO₂ par véhicule-kilomètre jusqu'en 2030 – une valeur différenciée d'après les catégories de véhicules.

Pour 2011, on estime à 44.37 CHF (état des prix 2011) le coût de la tonne d'équivalent CO₂. Le coût unitaire doit être augmenté de 2.61 CHF par année (état des prix 2011).

Emissionsfaktoren CO ₂ -Äquivalente Coefficients d'émission des équivalents CO ₂			
Jahr Année [a]	Personenwagen Voiture de tourisme	Schweres Nutzfahrzeug Véhicule utilitaire lourd	Linienbus Bus de ligne
	[g·Fzkm ⁻¹] / [g·vhckm ⁻¹]		
2010	196	771	1147
2015	175	747	1110
2020	162	741	1102
2025	149	738	1097
2030	139	736	1095

Tab. 15
Emissionsfaktoren CO₂-Äquivalente

Die Anpassung an einen anderen Preisstand erfolgt über den Konsumentenpreisindex. Reale Veränderungen über die Zeit im Mengengerüst (Emissionen) sind in Tabelle 15 abgebildet, wobei ab 2030 konstant fortgeschrieben wird.

18.5 Externe Kosten des Energieverbrauchs

Der Energieverbrauch durch den Betrieb der Infrastruktur (Tunnellüftung, Strassenbeleuchtung usw.) $K_{extEnergie}$ wird analog zu SN 641 828 [12], Kapitel G, bewertet. Als Input wird die Veränderung des Energiebedarfs benötigt (in MWh). Eine zusätzliche (bzw. eingesparte) MWh wird mit 38.23 CHF bewertet.

Anpassungen an den Preisstand erfolgen je hälftig über das Nominallohnwachstum und den Konsumentenpreisindex. Die reale Veränderung über die Zeit wird mit einem jährlichen Mehraufwand von 1.06 CHF·MWh⁻¹ angegeben.

18.6 Nicht relevante Bewertungstatbestände

Erhaltungsmassnahmen haben im Normalfall keinen Einfluss auf die Veränderung der Bodenbeeinträchtigung, auf das Landschafts- und Ortsbild, auf die Veränderung des Zerschneidungseffekts und die Bodenversiegelung. Deshalb dürfen diese Bewertungstatbestände in den meisten Fällen weggelassen werden.

H Anwendungsbeispiel

19 Aufgabe

Auf einem Streckenabschnitt innerorts ist eine Erneuerung des Oberbaus vorgesehen. Es stehen zwei Varianten mit unterschiedlicher Baustellenorganisation zur Disposition. Eine Vergleichsuntersuchung soll zeigen, welche Gesamtkosten zu erwarten sind.

19.1 Merkmale der Strasse

Strassentyp	Hauptverkehrsstrasse innerorts
Länge	350 m
Breite	6,5 m
DTV	12 000 (im 2011)
Schwerverkehrsanteil	10%

Tab. 15
Coefficients d'émission des équivalents CO₂

L'adaptation à un autre état des prix s'effectue sur la base de l'indice des prix à la consommation. Les évolutions réelles au cours du temps dans le tableau des performances (émissions) figurent dans le tableau 15, la mise à jour étant constante à partir de 2030.

18.5 Coûts externes de la consommation d'énergie

La consommation d'énergie due à l'exploitation de l'infrastructure (ventilation des tunnels, éclairage public, etc.) $K_{extEnergie}$ est évaluée de manière analogue à la SN 641 828 [12], chapitre G. L'input nécessaire est l'évolution des besoins énergétiques (en MWh). Un MWh supplémentaire (ou économisé) est évalué à 38.23 CHF.

Les adaptations de l'état des prix ont lieu pour moitié sur la base de l'augmentation du salaire nominal et pour moitié sur la base de l'indice des prix à la consommation. L'évolution réelle au cours du temps est traduite par un supplément annuel de 1.06 CHF·MWh⁻¹.

18.6 Critères d'évaluation non pertinents

Dans le cas normal, les mesures d'entretien n'ont aucune influence sur l'évolution de l'atteinte au sol, sur l'aspect du paysage et de l'image sur site, sur l'évolution de l'effet de morcellement et sur l'imperméabilisation des sols. Raison pour laquelle ces critères d'évaluation peuvent être ignorés dans la plupart des cas.

H Exemple d'application

19 Tâche

Le renouvellement de la chaussée d'un tronçon routier en localité est prévu. Deux variantes sont à disposition, chacune avec une organisation du chantier différente. Une étude comparative doit permettre de déterminer quels coûts globaux sont attendus.

19.1 Caractéristiques de la route

Type de route	route principale en localité
Longueur	350 m
Largeur	6,5 m
TJM	12 000 (en 2011)
Part du trafic lourd	10%

19.2 Beschrieb der Varianten

Die Erneuerung des Oberbaus (gesamte Fahrbahnfläche) soll im Jahr 2020 ausgeführt werden. Die zwei Varianten unterscheiden sich nur in der Baustellenorganisation.

Variante 1

Bauen unter Verkehr (Lichtsignalanlage), 45 Tage, durchschnittliche gefahrene Geschwindigkeit unter Berücksichtigung von Wartezeiten an Lichtsignalen von 50 auf 25 km/h reduziert, kein Einfluss auf DTV, keine Alternativrouten bzw. kein Ausweichverkehr.

Variante 2

Totalsperrung während 30 Tagen, Alternativroute mit Länge 0,8 km und durchschnittlicher gefahrener Geschwindigkeit von 40 km/h.

19.3 Inputdaten und Annahmen

Bezugsjahr	2011
Betrachtungszeitraum	40 Jahre (bis 2050)
Annahme Reallohnwachstum	1% p.a.

Vereinfachend wird von einem über die Jahre konstant bleibenden DTV und gleich bleibender Verkehrszusammensetzung ausgegangen. Weitere Annahmen werden im Rahmen der Berechnung festgelegt.

20 Berechnung

Die Berechnung erfolgt anhand der vereinfachten Formel gemäss Ziffer 14.

20.1 Betreiberkosten

Die Betreiberkosten *BK* lassen sich gemäss vereinfachter Formel berechnen

$$\sum_{t=0}^n (K_{Erh,t} + K_{Fin,t}) \cdot q^{-(t-\tau)} - K_{Re.st,n} \cdot q^{-(t-\tau)}$$

20.1.1 Kosten der Erhaltungsmassnahmen *K_{Erh}*

Es wird davon ausgegangen, dass der Erhaltungsabschnitt weder über Kunstbauten noch über Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen verfügt. Damit sind einzig Erhaltungsmassnahmen an der Fahrbahn notwendig. Da keine Kostenangaben zu den Erhaltungsmassnahmen *K_{Erh}* bekannt sind, werden mittlere Kosten gemäss Tabelle 3 verwendet

- Erneuerung Oberbau: 155.– CHF/m²

Bei Variante 1 ist der Kostensatz für «Bauen unter Verkehr» um 20% zu erhöhen. Damit werden die Zusatzaufwendungen für die aufwendigere Logistik berücksichtigt.

Bei Variante 2 wird davon ausgegangen, dass der zusätzliche Verkehr auf der Umfahrungsstrecke keinen Einfluss auf die Kosten für betrieblichen und baulichen Unterhalt hat und deshalb der mittlere Kostensatz von 155.– CHF/m² verwendet werden kann.

In diesem Beispiel wird vereinfachend von real konstanten Kostensätzen ausgegangen.

Weiter wird angenommen, dass keine Finanzierungskosten anfallen (*K_{Fin}* = 0). Wenn ausserdem davon ausgegangen wird, dass der Zustand des Erhaltungsabschnitts nach

19.2 Description des variantes

Le renouvellement de la chaussée (sur toute la surface de la chaussée) doit avoir lieu en 2020. Les deux variantes ne se distinguent qu'au niveau de l'organisation du chantier.

Variante 1

Les chantiers sans interruption du trafic (installation de signaux lumineux), pendant 45 jours, vitesse de circulation moyenne tenant compte des temps d'attente aux signaux lumineux réduite de 50 à 25 km/h, sans influence sur le TJM, pas de route alternative ou de trafic d'évitement.

Variante 2

Blocage total pendant 30 jours, route alternative d'une longueur de 0,8 km et vitesse de circulation moyenne de 40 km/h.

19.3 Inputs et estimations

Année de référence	2011
Période considérée	40 ans (jusqu'en 2050)
Augmentation du salaire réel estimée	1% p.a.

A des fins de simplification, on part du principe que le TJM et la composition du trafic restent constants sur la durée.

D'autres hypothèses seront définies dans le cadre du calcul.

20 Calcul

Le calcul s'effectue au moyen de la formule simplifiée, conformément au chiffre 14.

20.1 Coûts de l'exploitant

Les coûts de l'exploitant *BK* peuvent se calculer conformément à la formule simplifiée

20.1.1 Coûts des mesures d'entretien *K_{Erh}*

On part du principe que le tronçon à entretenir ne comprend ni ouvrages d'art ni équipements d'exploitation et de sécurité. Ainsi, seules les mesures d'entretien de la chaussée s'avèrent nécessaires.

En l'absence d'indications sur les coûts des mesures d'entretien *K_{Erh}*, les coûts moyens selon le tableau 3 sont utilisés

- renouvellement de la chaussée: 155.– CHF/m²

Dans la variante 1, le coût horaire doit être augmenté de 20% pour les chantiers sans interruption de trafic. Cette mesure permet de tenir compte des dépenses supplémentaires engendrées par une logistique plus compliquée.

Dans la variante 2, on part du principe que le trafic supplémentaire sur le tronçon de contournement n'aura pas d'influence sur les coûts de l'entretien d'exploitation et des constructions. Raison pour laquelle le coût unitaire moyen de 155.– CHF/m² peut être utilisé.

Dans cet exemple, à des fins de simplification, l'hypothèse repose sur des coûts unitaires réels constants.

On suppose également qu'il n'y aura pas de coûts de financement (*K_{Fin}* = 0). Si l'on part de plus du principe que l'état du tronçon à entretenir est le même après le renou-

Erneuerung des Oberbaus in beiden Varianten gleich ist, kann beim Vergleich der Varianten auf die Bestimmung des Restwerts K_{Rest} verzichtet werden.

vement de la chaussée dans les deux variantes, il est possible de renoncer à la détermination de la valeur vé-nale K_{Rest} pour la comparaison des variantes.

Damit ergeben sich in Tabelle 16 folgende Kosten der Erhaltungsmassnahmen.

Il en résulte les coûts des mesures d'entretien suivants dans le tableau 16.

Kosten der Erhaltungsmassnahmen K_{Erh} Coûts des mesures d'entretien					
Jahr Année [a]	K_{Erh} (real, nicht diskontiert) K_{Erh} (réel, non actualisé)		Diskontfaktor Facteur d'actualisation $q^{(t-\tau)}$	K_{Erh} (diskontiert) K_{Erh} (actualisé)	
	Variante 1	Variante 2		Variante 1	Variante 2
	[CHF]			[CHF]	
2020	423 150	352 625	0.837	354 073	295 061

Tab. 16
Kosten der Erhaltungsmassnahmen K_{Erh}

Tab. 16
Coûts des mesures d'entretien K_{Erh}

In der vereinfachten Formel wird davon ausgegangen, dass die Auswirkungen der Erhaltungsmassnahmen auf die Betriebskosten im Normalbetrieb K_{Betr} sowie auf die Verwaltungskosten K_{Verw} vernachlässigbar sind.

Dans la formule simplifiée, on part du principe que les effets des mesures d'entretien sur les coûts d'exploitation normale K_{Betr} et sur les coûts d'administration K_{Verw} sont négligeables.

20.2 Strassennutzerkosten

20.2 Coûts des usagers de la route

Für die Strassennutzerkosten SK aufgrund der Bauphase ist beim Variantenvergleich mittels vereinfachter Formel jeweils die Differenz zum Normalbetrieb zu ermitteln

Pour déterminer les coûts des usagers de la route SK dûs à la phase de construction, la formule simplifiée permet de déterminer la différence entre l'exploitation normale et la phase de construction afin de comparer les variantes

$$\sum_{t=0}^n (K_{Zeit,t} + K_{FZB,t} + K_{Unfall,t}) \cdot q^{-(t-\tau)}$$

20.2.1 Zeitkosten K_{Zeit}

20.2.1 Coûts horaires K_{Zeit}

Als Zeitkostensätze werden jene für «alle Zwecke» verwendet (Tabelle 7) und mit dem Reallohnwachstum angepasst. Da keine Lasten bekannt sind, wird für den Güterverkehr der Zeitkostensatz von 15.69 CHF/h und Fahrzeug (Preisstand 2011) verwendet. Dieser bleibt real konstant.

On utilise comme coûts horaires unitaires ceux de «tous les motifs» (tableau 7) en les adaptant à l'augmentation du salaire réel. Aucune charge n'étant connue, le coût horaire unitaire de 15.69 CHF/h et véhicule (état des prix 2011) est utilisé pour le transport de marchandises. Ce taux reste réel constant.

In Tabelle 17 wird der Besetzungsgrad für den MIV aus Tabelle 8 übernommen und für die entsprechenden Jahre linear interpoliert. Für den öffentlichen Verkehr (inkl. Cars) werden ein Verkehrsanteil von 1,5% und ein Besetzungsgrad von 30 Fahrgästen pro Bus angenommen, welche über die Zeit konstant bleiben.

Le taux d'occupation du TIM est tiré du tableau 8 et interpolé de façon linéaire pour les années considérées dans le tableau 17. Pour les transports publics (cars compris), une part au trafic de 1,5% et un taux d'occupation de 30 passagers par bus est supposé. Ces valeurs restent constantes au cours du temps.

Zeitkostensätze und Besetzungsgrade Coûts horaires unitaires et taux d'occupation					
Jahr Année [a]	Zeitkostensatz (real, nicht diskontiert) Coût horaire unitaire (réel, non actualisé)			Besetzungsgrad Taux d'occupation	
	MIV TIM	ÖV TP	GV TM	MIV TIM	ÖV TP
	[CHF·h ⁻¹]			[Pers.·Fz ⁻¹] / [pers.·vhc ⁻¹]	
2011	24.46	15.15	15.69	1,51	30
2012	24.70	15.30	15.69	1,51	30
2013	24.95	15.45	15.69	1,50	30
2014	25.20	15.61	15.69	1,50	30
2015	25.45	15.77	15.69	1,49	30
2016	25.71	15.92	15.69	1,48	30
2017	25.96	16.08	15.69	1,48	30
2018	26.22	16.24	15.69	1,47	30
2019	26.49	16.41	15.69	1,47	30
2020	26.75	16.57	15.69	1,46	30

MIV Motorisierter Individualverkehr
 ÖV Öffentlicher Verkehr
 GV Güterverkehr

TIM Trafic individuel motorisé
 TP Transports publics
 TM Transport de marchandises

Tab. 17
Zeitkostensätze und Besetzungsgrade

Tab. 17
Coûts horaires unitaires et taux d'occupation

Die Differenz der Zeitkosten gegenüber dem Normalbetrieb berechnet sich wie folgt

La différence des coûts horaires vis-à-vis de l'exploitation normale se calcule comme suit

$$\Delta K_{Zeit} = (ZKA_{MIV} \cdot BG_{MIV} \cdot DTV_{MIV} + ZKA_{ÖV} \cdot BG_{ÖV} \cdot DTV_{ÖV} + ZKA_{GV} \cdot DTV_{GV}) \cdot d \cdot \left(\frac{L_{bau}}{v_{bau}} - \frac{L_n}{v_n} \right)$$

Dabei bedeuten

ZKA Zeitkostensatz
 BG Besetzungsgrad
 DTV Durchschnittlicher täglicher Verkehr
 MIV Motorisierter Individualverkehr
 ÖV Öffentlicher Verkehr (inkl. Cars)
 GV Güterverkehr
 d Dauer der Bauphase in Anzahl Tagen
 L_{bau} Länge der Route für den Strassenverkehr während der Bauphase [km]
 v_{bau} Durchschnittlich gefahrene Geschwindigkeit während der Bauphase [km/h]
 L_n Länge der Route im Normalbetrieb [km]
 v_n Durchschnittlich gefahrene Geschwindigkeit im Normalbetrieb [km/h]

Signification des abréviations

ZKA Coût horaire unitaire
 BG Taux d'occupation
 DTV Trafic journalier moyen
 MIV Trafic individuel motorisé
 ÖV Transports publics (cars compris)
 GV Transport de marchandises
 d Durée de la phase de construction en jours
 L_{bau} Longueur de la route pour le trafic routier pendant la phase de construction [km]
 v_{bau} Vitesse moyenne de circulation pendant la phase de construction [km/h]
 L_n Longueur de la route en phase d'exploitation normale [km]
 v_n Vitesse moyenne de circulation pendant la phase d'exploitation normale [km/h]

Es resultieren folgende Differenzen der Zeitkosten (Varianten unterscheiden sich nur im Baujahr 2020) gemäss Tabelle 18.

Il en résulte les différences des coûts horaires suivantes (les variantes ne se distinguent qu'en l'année de construction 2020) selon le tableau 18.

Differenz der Zeitkosten ΔK_{Zeit} Différence des coûts horaires					
Jahr Année [a]	ΔK_{Zeit} (real, nicht diskontiert) ΔK_{Zeit} (réel, non actualisé)		Diskontfaktor Facteur d'actualisation $q^{(t-\tau)}$	ΔK_{Zeit} (diskontiert) ΔK_{Zeit} (actualisé)	
	Variante 1	Variante 2		Variante 1	Variante 2
	[CHF]			[CHF]	
2020	166 098	205 646	0.837	138 984	172 075

Tab. 18
Differenz der Zeitkosten

Tab. 18
Différence des coûts horaires

20.2.2 Fahrzeugbetriebskosten K_{FZB}

Die Kostensätze werden aus Ziffer 17.2 übernommen. Bei den Fahrzeugbetriebskostengrundwerten sind die Betriebsstunden für Sachtransportfahrzeuge mit 93,7% der Reallohnveränderung und jene für Linienbusse mit 88,1% Reallohnveränderung auf das jeweilige Jahr anzupassen, alle übrigen bleiben real konstant (siehe Tabelle 19).

20.2.2 Coûts d'exploitation des véhicules K_{FZB}

Les coûts unitaires sont repris du chiffre 17.2. Concernant les valeurs de base pour les coûts d'exploitation des véhicules, les heures d'exploitation des véhicules automobiles affectés au transport de choses doivent être adaptées à la modification du salaire réel au taux de 93,7% et ceux des bus de ligne au taux de 88,1% pour l'année considérée, les autres restant réels constants (voir tableau 19).

Fahrzeugbetriebskostengrundwerte Valeurs de base pour les coûts d'exploitation des véhicules						
Jahr Année [a]	Personenwagen Voitures de tourisme	Sachtransportfahrzeuge Véhicules automobiles affectés au transport de choses	Busse Bus	Personenwagen Voitures de tourisme	Sachtransportfahrzeuge Véhicules automobiles affectés au transport de choses	Busse Bus
	[CHF · 100 ⁻¹ Fzkm ⁻¹] / [CHF · 100 ⁻¹ vhckm ⁻¹]			[CHF · h ⁻¹]		
2020	14.65	36.55	83.33	0.71	45.44	76.96

Tab. 19
Fahrzeugbetriebskostengrundwerte

Tab. 19
Valeurs de base pour les coûts d'exploitation des véhicules K_{FZB}

Die Faktorpreise der Treibstoffkosten bleiben gemäss Kapitel G real konstant. Vereinfachend wird nicht nach Diesel- und Benzinantrieb differenziert, sondern für alle Fahrzeugkategorien wird ein mittlerer Faktorpreis von 0.80 CHF · l⁻¹ angenommen. Ebenfalls vereinfachend wird von folgenden über die Zeit konstant bleibenden spezifischen Treibstoffverbräuchen ausgegangen

- Personenwagen 7 l · 100 km⁻¹
- Sachtransportfahrzeuge 29 l · 100 km⁻¹
- Linienbusse (inkl. Cars) 42 l · 100 km⁻¹

- Les prix des facteurs des coûts de carburant restent réels constants, conformément au chapitre G. Pour simplifier, on ne différencie pas le diesel de l'essence et on part du principe d'un prix de facteur moyen de 0.80 CHF · l⁻¹ pour toutes les catégories de véhicules. A titre de simplification également, on part du principe de consommation de carburant spécifique constante sur la durée suivante
- voitures de tourisme 7 l · 100 km⁻¹
 - véhicules automobiles affectés au transport de choses 29 l · 100 km⁻¹
 - bus de ligne (cars inclus) 42 l · 100 km⁻¹

Da keine Teilbilanzen betrachtet werden, sind die LSVA und die Steuern und Abgaben der Treibstoffkosten nicht einzubeziehen.

Les bilans partiels n'étant pas considérés, la RPLP, les impôts et les taxes n'ont pas à être intégrés aux coûts de carburant.

Damit berechnet sich die Differenz der Fahrzeugbetriebskosten der Bauphase gegenüber dem Normalbetrieb für die jeweilige Erhaltungsmassnahme wie folgt

Les coûts d'exploitation des véhicules dans la phase de construction se différencient des coûts d'exploitation normale pour la mesure d'entretien considérée de la façon suivante

$$\Delta K_{FZB} = DTV_{MIV} \cdot d \cdot \left[(L_{bau} - L_n) \cdot \left(\frac{KA_{FzkmPW} + SV_{PW} \cdot FK_{Treibstoff}}{100} \right) + \left(\frac{L_{bau}}{v_{bau}} - \frac{L_n}{v_n} \right) \cdot KA_{StdPW} \right] \\ + DTV_{STF} \cdot d \cdot \left[(L_{bau} - L_n) \cdot \left(\frac{KA_{FzkmSTF} + SV_{STF} \cdot FK_{Treibstoff}}{100} \right) + \left(\frac{L_{bau}}{v_{bau}} - \frac{L_n}{v_n} \right) \cdot KA_{StdSTF} \right] \\ + DTV_{Bus} \cdot d \cdot \left[(L_{bau} - L_n) \cdot \left(\frac{KA_{FzkmBus} + SV_{Bus} \cdot FK_{Treibstoff}}{100} \right) + \left(\frac{L_{bau}}{v_{bau}} - \frac{L_n}{v_n} \right) \cdot KA_{StdBus} \right]$$

Dabei bedeuten

- KA_{Fzkm} Kostensatz pro 100 Fzkm
- KA_{Std} Kostensatz pro Betriebsstunde
- SV Spezifischer Treibstoffverbrauch [$l \cdot 100 \text{ km}^{-1}$]
- $FK_{Treibstoff}$ Faktorkosten Treibstoff [$\text{CHF} \cdot l^{-1}$]
- PW Personenwagen
- STF Sachtransportfahrzeuge

Signification des abréviations

- KA_{Fzkm} Coût unitaire par 100 vhckm
- KA_{Std} Coût unitaire par heure d'exploitation
- SV consommation spécifique de carburant [$l \cdot 100 \text{ km}^{-1}$]
- $FK_{Treibstoff}$ Coûts de facteur du carburant [$\text{CHF} \cdot l^{-1}$]
- PW Voitures de tourisme
- STF Véhicules automobiles affectés au transport de choses

Es resultieren folgende Differenzen der Fahrzeugbetriebskosten gemäss Tabelle 20.

Il en résulte les différences des coûts d'exploitation des véhicules suivantes selon le tableau 20.

Differenz der Fahrzeugbetriebskosten ΔK_{FZB}					
Différence des coûts d'exploitation des véhicules					
Jahr Année [a]	ΔK_{FZB} (real, nicht diskontiert)		Diskontfaktor Facteur d'actualisation $q^{(t-\tau)}$	ΔK_{FZB} (diskontiert)	
	ΔK_{FZB} (réel, non actualisé)			ΔK_{FZB} (actualisé)	
	Variante 1	Variante 2		Variante 1	Variante 2
[CHF]					
2020	21 378	16 613	0.837	17 889	56 115

Tab. 20
Differenz der Fahrzeugbetriebskosten

Tab. 20
Différence des coûts d'exploitation des véhicules

20.2.3 Unfallkosten K_{Unfall}

Es wird davon ausgegangen, dass sich die Unfallkostenraten weder während der Bauphase noch aufgrund der Erhaltungsmassnahmen ändern. Mit der in Ziffer 17.3 beschriebenen Fortschreibung mit dem Reallohnwachstum und einer Abnahme der Unfallkostenrate um 2% pro Jahr ergeben sich folgende Unfallkostenraten in Tabelle 21.

20.2.3 Coûts des accidents K_{Unfall}

On part du principe que les taux des coûts des accidents n'évoluent pas pendant la phase de construction ni en raison des mesures d'entretien. La mise à jour décrite au chiffre 17.3 sur la base de l'augmentation du salaire réel et d'une diminution du taux de calcul des coûts des accidents de 2% par année donne les taux des coûts des accidents suivants dans le tableau 21.

Jahr Année [a]	Unfallkostenraten (real, nicht diskontiert)	
	Taux des coûts des accidents (réels, non actualisés)	
	Strassennutzerkosten Coûts des usagers de la route	Externe Kosten Coûts externes
[CHF · MFzkm ⁻¹] / [CHF · Mvhckm ⁻¹]		
2020	355 898	65 015

Tab. 21
Unfallkostenraten (real, nicht diskontiert)

Tab. 21
Taux des coûts des accidents (réels, non actualisés)

Damit berechnet sich die Differenz der Unfallkosten der Bauphase gegenüber dem Normalbetrieb für die jeweilige Erhaltungsmassnahme wie folgt

La différence des coûts des accidents de la phase de construction se calcule par rapport à l'exploitation normale pour la mesure d'entretien considérée de la manière suivante

$$\Delta K_{Unfall} = DTV \cdot d \cdot (L_{bau} - L_n) \cdot \text{Unfallkostenrate} \cdot 10^{-6}$$

Es resultieren folgende Differenzen der Unfallkosten gemäss Tabelle 22.

Il en résulte les différences des coûts des accidents suivantes selon le tableau 22.

Differenz der Unfallkosten ΔK_{Unfall} Différence des coûts des accidents					
Jahr Année [a]	ΔK_{Unfall} (real, nicht diskontiert) ΔK_{Unfall} (réel, non actualisé)		Diskontfaktor Facteur d'actualisation $q^{(t-\tau)}$	ΔK_{Unfall} (diskontiert) ΔK_{Unfall} (actualisé)	
	Variante 1	Variante 2		Variante 1	Variante 2
	[CHF]			[CHF]	
2020	0	57 655	0.837	0	48 244

Tab. 22
Differenz der Unfallkosten

Tab. 22
Différence des coûts des accidents

Da für die Unfallkosten unter den getroffenen Annahmen nur die Fahrzeugkilometer relevant sind, beträgt die Differenz der Unfallkosten der Bauphase bei Variante 1 null.

Seuls les véhicule-kilomètres étant pertinents pour déterminer les coûts des accidents d'après les estimations faites ici, la différence des coûts des accidents de la phase de construction pour la variante 1 est nulle.

20.3 Kosten Dritter

20.3 Coûts de tiers

Die aktualisierten Kosten Dritter DK berechnen sich gemäss vereinfachter Formel wie folgt

Les coûts de tiers DK actualisés se calculent selon la formule simplifiée suivante

$$\sum_{t=0}^n (K_{extUnfall,t} + K_{Lärm,t} + K_{Luft,t} + K_{Klimat,t}) \cdot q^{-(t-\tau)}$$

20.3.1 Externe Unfallkosten $K_{extUnfall}$

20.3.1 Coûts externes des accidents $K_{extUnfall}$

Die externen Unfallkosten $K_{extUnfall}$ berechnen sich analog zu den Unfallkosten der Strassennutzer. Die externen Unfallkostenraten sind in Tabelle 21 aufgeführt.

Les coûts externes des accidents $K_{extUnfall}$ sont calculés de manière analogue aux coûts des accidents des usagers de la route. Les taux des coûts externes des accidents figurent dans le tableau 21.

In Tabelle 23 sind die Differenzen der externen Unfallkosten angegeben.

Les différences des coûts externes des accidents sont indiquées dans le tableau 23.

Differenz der externen Unfallkosten $\Delta K_{extUnfall}$ Différence des coûts externes des accidents					
Jahr Année [a]	$\Delta K_{extUnfall}$ (real, nicht diskontiert) $\Delta K_{extUnfall}$ (réel, non actualisé)		Diskontfaktor Facteur d'actualisation $q^{(t-\tau)}$	$\Delta K_{extUnfall}$ (diskontiert) $\Delta K_{extUnfall}$ (actualisé)	
	Variante 1	Variante 2		Variante 1	Variante 2
	[CHF]			[CHF]	
2020	0	10 533	0.837	0	8 813

Tab. 23
Differenz der externen Unfallkosten $\Delta K_{extUnfall}$

Tab. 23
Différence des coûts externes des accidents $\Delta K_{extUnfall}$

20.3.2 Lärmkosten $K_{Lärm}$

Für Busse werden die Lärmkostensätze des Güterverkehrs verwendet. Die Lärmkostensätze werden gemäss Ziffer 18.2 real um 0,3% pro Jahr erhöht. Es wird angenommen, dass sowohl der Erhaltungsabschnitt als auch die Umfahrung bei Erneuerung des Oberbaus vollständig im Wohngebiet liegen.

Da die Kostensätze auf den gefahrenen Fahrzeugkilometern basieren, mit vorgängig erwähnten Annahmen aber nur bei Variante 2 eine Differenz der Fahrzeugkilometer zwischen Normalbetrieb und Bau resultiert, betragen die Lärmkosten für Variante 1 null. Es resultieren gemäss Tabelle 24 folgende zusätzlichen Lärmkosten.

20.3.2 Coûts liés au bruit $K_{Lärm}$

Pour les bus, les coûts unitaires liés au bruit sont ceux du transport de marchandises. Les coûts unitaires liés au bruit subissent une augmentation réelle de 0,3% par année, conformément au chiffre 18.2. On suppose que le tronçon d'entretien et le contournement lors du renouvellement de la chaussée sont entièrement situés dans une zone d'habitation.

Les coûts unitaires étant basés sur les véhicule-kilomètres parcourus, mais les hypothèses mentionnées préalablement n'aboutissant à une différence des véhicule-kilomètres entre l'exploitation normale et le chantier que pour la variante 2, les coûts liés au bruit pour la variante 1 sont nuls. Il en résulte les coûts supplémentaires liés au bruit suivants selon le tableau 24.

Δ Lärmkosten, zusätzliche Lärmkosten aufgrund der Bauphase			
Δ Coûts liés au bruit, coûts supplémentaires liés au bruit en raison de la phase de construction			
	Einheit <i>Unité</i>	Variante 1	Variante 2
Differenz <i>Différence</i>			
Personenwagen <i>Voitures de tourisme</i>	[Fzkm] <i>[vhckm]</i>	0	145 800
Sachtransportfahrzeuge und Busse <i>Véhicules automobiles affectés au transport de choses et bus</i>		0	16 200
Lärmkostensätze Jahr 2020 <i>Coûts unitaires liés au bruit en 2020</i>			
Personenverkehr <i>Transport de personnes</i>	[CHF·Fzkm ⁻¹] <i>[CHF·vhckm⁻¹]</i>	0.0163	
Güterverkehr <i>Transport de marchandises</i>		0.0718	
Δ Lärmkosten (real, nicht diskontiert) <i>Δ Coûts liés au bruit (réels, non actualisés)</i>	[CHF]	0	3 545
Δ Lärmkosten (diskontiert) <i>Δ Coûts liés au bruit (actualisés)</i>	[CHF]	0	2 966

Tab. 24
Δ Lärmkosten, zusätzliche Lärmkosten aufgrund der Bauphase

Tab. 24
Δ Coûts liés au bruit, coûts supplémentaires liés au bruit en raison de la phase de construction

20.3.3 Kosten der Luftverschmutzung K_{Luft}

Die Emissionsfaktoren für PM₁₀ werden aus Tabelle 13 übernommen und für die entsprechenden Jahre linear interpoliert. Es wird angenommen, dass sich Erhaltungsabschnitt und Umfahrungsstrecke vollständig in bebautem Gebiet befinden. Die dazugehörigen Kostensätze sind mit den gemäss Ziffer 18.3 vorgenommenen realen Hochrechnungen auf die jeweiligen Jahre in Tabelle 25 aufgeführt.

20.3.3 Coûts de la pollution atmosphérique K_{Luft}

Les coefficients d'émissions pour PM₁₀ sont tirés du tableau 13 et interpolés linéairement pour les années correspondantes. On suppose que le tronçon d'entretien et le tronçon de contournement sont entièrement situés dans une zone construite. Les coûts unitaires correspondants figurent dans le tableau 25 conformément aux extrapolations réelles pour les années considérées selon le chiffre 18.3.

Emissionsfaktoren und Kostensätze PM ₁₀ (Verkehr) Coefficients d'émissions et coûts unitaires PM ₁₀ (trafic)							
Jahr Année [a]	Emissionsfaktoren Coefficients d'émissions			Kostensätze Coûts unitaires			
	PM ₁₀			Gesundheit Santé		Gebäude Bâtiment	
	PW VT	SNF VUL	Linienbusse Bus de ligne	Lokal Local	Regional Régional	Lokal Local	Regional Régional
	[g·Fzkm ⁻¹] / [g·vhckm ⁻¹]			[CHF·t ⁻¹ PM ₁₀] / [CHF·t ⁻¹ PM ₁₀]			
2011	0,0522	0,2706	0,5208	372 600	280 800	104 500	26 100
2012	0,0514	0,2632	0,5066	376 326	283 608	105 650	26 387
2013	0,0506	0,2558	0,4924	380 089	286 444	106 812	26 677
2014	0,0498	0,2484	0,4782	383 890	289 309	107 987	26 971
2015	0,0490	0,2410	0,4640	387 729	292 202	109 174	27 267
2016	0,0482	0,2350	0,4568	391 606	295 124	110 375	27 567
2017	0,0474	0,2290	0,4496	395 522	298 075	111 589	27 871
2018	0,0466	0,2230	0,4424	399 478	301 056	112 817	28 177
2019	0,0458	0,2170	0,4352	403 472	304 066	114 058	28 487
2020	0,0450	0,2110	0,4280	407 507	307 107	115 313	28 801

PW Personenwagen
SNF Schweres Nutzfahrzeug

VT Voiture de tourisme
VUL Véhicule utilitaire lourd

Tab. 25
Emissionsfaktoren und Kostensätze PM₁₀ (Verkehr)

Die Kosten der Luftverschmutzung durch die eigentlichen Bauarbeiten werden mit 6,7% der Investitionskosten berücksichtigt.

Das einzig ausschlaggebende Jahr für die Berechnung der Differenz in den Kosten der Luftverschmutzung ist 2020, in welchem die Erhaltungsmassnahmen durchgeführt werden. Die Kosten der Luftverschmutzung setzen sich aus den Emissionen des Verkehrs und der Baustelle bzw. Erhaltungsmassnahme zusammen.

In Variante 1 betragen die undiskontierten Kosten 0 CHF für die verkehrsbedingten und 28 351 CHF für die massnahmenbedingten Kosten der Luftverschmutzung.

In Variante 2 betragen die undiskontierten, verkehrsbedingten Kosten 9022 CHF und die undiskontierten, massnahmenbedingten Kosten 23 626 CHF.

Diskontiert ergeben sich Gesamtkosten für die Differenz der Luftverschmutzung für Variante 1 von 23 723 CHF und für Variante 2 von 27 318 CHF.

Tab. 25
Coefficients d'émissions et coûts unitaires PM₁₀ (trafic)

Les coûts de la pollution atmosphérique causée par les travaux du chantier sont pris en compte à raison de 6,7% des coûts d'investissement.

En 2020 seront effectuées des mesures d'entretien, par conséquent ce sera l'année unique et décisive pour le calcul de la différence des coûts de la pollution atmosphérique. Ces coûts comprennent les émissions du trafic ainsi que du chantier respectivement de la mesure d'entretien.

Pour la variante 1 les coûts non actualisés dus au trafic s'élèvent à 0 CHF et les coûts dus aux mesures prises à l'égard de la pollution atmosphérique s'élèvent à 28 351 CHF.

Pour la variante 2 les coûts non actualisés dus au trafic s'élèvent à 9022 CHF et les coûts dus aux mesures prises à l'égard de la pollution atmosphérique s'élèvent à 23 626 CHF.

Après l'actualisation les coûts globaux pour la différence de la pollution atmosphérique s'élèvent à 23 723 CHF pour la variante 1 et à 27 318 CHF pour la variante 2.

20.3.4 Klimakosten K_{Klima}

Die Emissionsfaktoren für CO₂-Äquivalente werden aus Tabelle 15 übernommen und für die entsprechenden Jahre linear interpoliert. Der Kostensatz von 44.37 CHF·t⁻¹ CO₂-aeq. (Preisstand 2011) ist um 2.61 CHF pro Jahr (Preisstand 2011) zu erhöhen.

Da nur die Differenz der Fahrzeugkilometer zwischen Normalbetrieb und Bau Klimakosten verursacht, ergeben sich durch die Erhaltungsmassnahmen nur bei Variante 2 Kosten (siehe Tabelle 26).

20.3.4 Coûts liés au climat K_{Klima}

Les coefficients d'émissions pour les équivalents CO₂ sont repris du tableau 15 et interpolés linéairement pour les années correspondantes. Le coût unitaire des coûts de 44.37 CHF·t⁻¹ CO₂-éq. (état des prix de 2011) doit être augmenté de 2.61 CHF par année (état des prix 2011).

Seule la différence des véhicule-kilomètres entre l'exploitation normale et le chantier occasionnant des coûts liés au climat, les mesures d'entretien n'occasionnent que des coûts pour la variante 2 (voir tableau 26).

Δ Klimakosten			
Δ Coûts liés au climat			
	Einheit Unité	Variante 1	Variante 2
Differenz <i>Différence</i>			
Personenwagen <i>Voitures de tourisme</i>	[Fzkm]	0	145 800
Sachtransportfahrzeuge <i>Véhicules automobiles affectés au transport de choses</i>	[vhckm]	0	13 770
Busse <i>Bus</i>		0	2 430
Emissionsfaktoren Jahr 2020 <i>Coefficients d'émissions 2020</i>			
Personenwagen <i>Voiture de tourisme</i>	[g·Fzkm ⁻¹]	162	
Sachtransportfahrzeuge <i>Véhicules automobiles affectés au transport de choses</i>	[g·vhckm ⁻¹]	741	
Busse <i>Bus</i>		1102	
Kostensatz CO ₂ Jahr 2020 <i>Coût unitaire CO₂ 2020</i>	[CHF·t ⁻¹ CO ₂ -aeq.] [CHF·t ⁻¹ CO ₂ -éq.]	67.86	
Δ Klimakosten (real, nicht diskontiert) <i>Δ Coûts liés au climat (réels, non actualisés)</i>	[CHF]	0	2 477
Δ Klimakosten (diskontiert) <i>Δ Coûts liés au climat (actualisés)</i>	[CHF]	0	2 073

Tab. 26
Δ Klimakosten

Tab. 26
Δ Coûts liés au climat

20.4 Gesamtkosten

Es ergeben sich gemäss Tabelle 27 folgende diskontierten Gesamtkosten.

20.4 Coûts globaux

Les coûts globaux actualisés suivants sont donnés selon le tableau 27.

Diskontierte Gesamtkosten für die Erhaltungsmassnahmen (Differenz zu Gesamtkosten im Normalbetrieb) Coûts globaux actualisés des mesures d'entretien (différence par rapport aux coûts globaux en exploitation normale)			
Kostenträger <i>Centres d'imputation</i>	Kostenart <i>Genre de coût</i>	Variante 1	Variante 2
		[CHF]	
Betreiberkosten <i>Coûts de l'exploitant</i>	Kosten der Erhaltungsmassnahmen an Fahrbahnen <i>Coûts des mesures d'entretien des chaussées</i>	354 073	295 061
Strassennutzerkosten <i>Coûts des usagers de la route</i>	Zeitkosten <i>Coûts horaires</i>	138 984	172 075
	Fahrzeugbetriebskosten <i>Coûts d'exploitation des véhicules</i>	17 889	56 115
	Unfallkosten <i>Coûts des accidents</i>	0	48 244
Kosten Dritter <i>Coûts de tiers</i>	Externe Unfallkosten <i>Coûts externes des accidents</i>	0	8 813
	Lärmkosten <i>Coûts liés au bruit</i>	0	2 966
	Kosten der Luftverschmutzung <i>Coûts de la pollution atmosphérique</i>	23 723	27 318
	Klimakosten <i>Coûts liés au climat</i>	0	2 073
Gesamtkosten Coûts globaux		534 668	612 664

Tab. 27

Diskontierte Gesamtkosten für die Erhaltungsmassnahmen (Differenz zu Gesamtkosten im Normalbetrieb)

Tab. 27

Coûts globaux actualisés des mesures d'entretien (différence par rapport aux coûts globaux en exploitation normale)

20.5 Kommentar

Aus der Berechnung der Gesamtkosten (respektive der Differenz zu den Kosten im Normalbetrieb) in diesem Beispiel können folgende Feststellungen gemacht werden

- Betrachtet man nur die Betreiberkosten, so ist Variante 2 etwa 60 000 CHF günstiger als Variante 1.
- Die Berechnung der Gesamtkosten zeigt, dass die Betreiberkosten unter Berücksichtigung der Strassennutzerkosten und der Kosten Dritter bei Variante 1 etwa 66%, bei Variante 2 aber nur 48% der Gesamtkosten ausmachen und dass bei Betrachtung der Gesamtkosten Variante 1 die günstigere ist.
- Insbesondere die Strassennutzerkosten können stark ins Gewicht fallen. Allein die Zeitkosten infolge Baustelle machen in diesem Beispiel 25 bis 30% der Gesamtkosten aus. Sie dürfen deshalb nicht vernachlässigt werden.
- Die Kosten Dritter fallen mit etwa 5% nicht stark ins Gewicht.

In einer Sensitivitätsanalyse ist durch Variation wichtiger respektive unsicherer Parameterwerte zu prüfen, wie stabil das Ergebnis ist.

20.5 Commentaire

Le calcul des coûts globaux (ou la différence par rapport aux coûts en exploitation normale) dans cet exemple permet de tirer les conclusions suivantes

- Si l'on ne considère que les coûts de l'exploitant, la variante 2 est environ 60 000 CHF meilleur marché que la variante 1.
- Le calcul des coûts globaux montre que les coûts de l'exploitant, tenant compte des coûts des usagers de la route et des coûts de tiers, représentent pour la variante 1 environ 66%, pour la variante 2 seulement 48% des coûts globaux. Si l'on considère les coûts globaux, la variante 1 est la moins onéreuse.
- Les coûts des usagers de la route peuvent en particulier jouer un rôle important. Rien que les coûts horaires dus au chantier représentent dans cet exemple entre 25 et 30% des coûts globaux. Ils ne doivent donc pas être négligés.
- Les coûts de tiers d'environ 5% sont en revanche moins importants.

Dans une analyse de sensibilité, la variation de paramètres importants ou incertains permet d'examiner la stabilité du résultat.

H Literaturverzeichnis

- [1] SN 640 900 Erhaltungsmanagement (EM); Grundnorm
- [2] SN 640 904 Erhaltungsmanagement (EM); Gesamtbewertung von Fahrbahnen, Kunstbauten und technischen Ausrüstungen: Substanz- und Gebrauchswerte
- [3] SN 640 931 Erhaltungsmanagement; Erhaltungsstrategien für Fahrbahnen
- [4] SN 641 820 Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr; Grundnorm
- [5] SN 641 821 Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr; Diskontsatz
- [6] SN 641 822 Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr; Zeitkosten im Personenverkehr
- [7] SN 641 823 Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr; Zeitkosten im Güterverkehr
- [8] SN 641 824 Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr; Unfallraten und Unfallkostensätze
- [9] SN 641 825 Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr; Bewertung und Abschätzung der Zuverlässigkeit
- [10] SN 641 826 Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr; Kosten des betrieblichen Unterhalts von Strassen
- [11] SN 641 827 Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr; Betriebskosten von Strassenfahrzeugen
- [12] SN 641 828 Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr; Externe Kosten
- [13] Bundesamt für Strassen ASTRA; Richtlinie Anlagenkennzeichnungssystem Schweiz (AKS-CH), Nr. 13013, Ausgabe 2009 V1.13, Bern
- [14] Gesamtkostensystem: Eine Entscheidungsgrundlage für das Management der Strassenerhaltung (MSE), Forschungsbericht Nr. 498, Zürich, 2001
- [15] B+S AG: Forschungspaket Massnahmenplanung im EM von Fahrbahnen; Standardisierte Erhaltungsmassnahmen, Forschungsbericht Nr. 1235, Bern, 2008
- [16] Kostenangaben aus den Kantonen Genf, Basel-Land, Schwyz, Bern und Graubünden (Publikationen von A. Rafi, 2011)
- [17] Bundesamt für Statistik BFS: Schweizerischer Baupreisindex, abgerufen im August 2011 von www.bap.bfs.admin.ch
- [18] Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL; Luftschadstoff-Emissionen des Strassenverkehrs 1980–2030, Schriftenreihe Umwelt Nr. 355, 2004, Bern
- [19] Bundesamt für Umwelt BAFU: Handbuch Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs HBEFA, Version 3.1

H Bibliographie

- [1] SN 640 900 Gestion de l'entretien (GE); norme de base
- [2] SN 640 904 Gestion de l'entretien (GE); évaluation globale des chaussées, des ouvrages d'art et des installations électromécaniques: valeurs intrinsèques et valeurs d'usage
- [3] SN 640 931 Gestion de l'entretien; stratégies d'entretien pour les chaussées
- [4] SN 641 820 Analyses coûts/avantages du trafic routier; norme de base
- [5] SN 641 821 Analyses coûts/avantages du trafic routier; taux d'actualisation
- [6] SN 641 822 Analyses coûts/avantages du trafic routier; coûts horaires du transport de personnes
- [7] SN 641 823 Analyses coûts/avantages du trafic routier; coûts horaires du transport de marchandises
- [8] SN 641 824 Analyses coûts/avantages du trafic routier; taux d'accidents et coûts unitaires des accidents
- [9] SN 641 825 Analyses coûts/avantages du trafic routier; évaluation et estimation de la fiabilité
- [10] SN 641 826 Analyses coûts/avantages du trafic routier; coûts de l'entretien d'exploitation des routes
- [11] SN 641 827 Analyses coûts/avantages du trafic routier; coûts d'exploitation des véhicules routiers
- [12] SN 641 828 Analyses coûts/avantages du trafic routier; coûts externes
- [13] Office fédéral des routes OFROU; Directive Système suisse d'identification des installations (AKS-CH), n° 13013, édition 2009 V1.13; Berne
- [14] Système des coûts globaux: Une base de décision pour le système de gestion de l'entretien (SGE), rapport de recherche n° 498, Zurich, 2001
- [15] B+S AG: Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen; Mesures d'entretiens standardisées. rapport de recherche n° 1235, Berne, 2008
- [16] Données sur les coûts des cantons de Genève, Bâle-Campagne, Schwyz, Berne et Grisons (publications d'A. Rafi, 2011)
- [17] Office fédéral de la statistique OFS; Indice des prix de la construction consulté en août 2011 sur www.bap.bfs.admin.ch
- [18] Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage OFEFP; Emissions polluantes du trafic routier 1980–2030, cahier de l'environnement n° 355, 2004, Berne
- [19] Office fédéral de l'environnement OFEV; Manuel informatisé des coefficients d'émission du trafic routier MICET, version 3.1

[20] Ernst Basler + Partner AG;
Ermittlung repräsentativer Betriebskostensätze für
Kraftfahrzeuge zur Bewertung von Massnahmen im
Strassenverkehr, Forschungsbericht Nr. 1200, 2008

[20] Ernst Basler + Partner AG;
Calcul des coûts unitaires représentatifs d'utilisation
des automobiles en vue de l'évaluation des mesures
en matière de circulation routière, rapport de re-
cherche n° 1200, 2008

Abkürzungen

Begriff	Bedeutung
AKS-CH	Anlagenkennzeichnungssystem Schweiz
ASTRA	Bundesamt für Strassen
BFS	Bundesamt für Statistik
BSA	Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen
CO ₂	Kohlendioxid
EMPA	Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt
eNISTRA	Exceltool, mit welchem sowohl eine KNA wie auch eine NISTRA-Bewertung durchgeführt werden kann
Fzkm	Fahrzeugkilometer
HBEFA	Handbuch Emissionsfaktoren
HLS	Hochleistungsstrasse
HVS	Hauptverkehrsstrasse
IVT	Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme an der ETH Zürich
KNA	Kosten-Nutzen-Analyse
KuBa	Kunstbauten
LSA	Lichtsignalanlage
LSVA	Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe
NFA	Neugestaltung des Finanzausgleichs und der Aufgabenteilung zwischen Bund und Kantonen
NISTRA	Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte
NO _x	Stickoxide
PM10	Feinstaubpartikel mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner gleich 10 Mikrometer (PM = Particulate Matter)
SN	Schweizer Norm
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation

Literaturverzeichnis

-
- [1] Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) ETH Zürich, Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen – Synthesebericht, Forschungsauftrag VSS 2004/710, Forschungsbericht Nr. 1259, Zürich 2008
-
- [2] B+S AG, Forschungspaket Massnahmenplanung im EM von Fahrbahnen – Standardisierte Erhaltungsmassnahmen. Forschungsauftrag VSS 2004/711, Forschungsbericht Nr. 1235, Bern 2008
-
- [3] MEXTraSys, IMC, Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen – Gesamtnutzen und Nutzen-Kosten-Verhältnis von standardisierten Erhaltungsmassnahmen. Forschungsauftrag VSS 2004/714, Forschungsbericht Nr. 1244, Baden/Zürich 2008
-
- [4] Institut für Bauplanung und Baubetrieb ETH Zürich, Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen – Zusatzkosten infolge Vor- und Aufschub von Erhaltungsmassnahmen, Forschungsauftrag VSS 2004/715, Forschungsbericht Nr. 1282, Zürich 2010
-
- [5] Ecoplan, Metron, Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr. Kommentar zur VSS-Grundlagennorm SN 671 810 (jetzt: SN 641 820), Forschungsbericht Nr. 1122, Bern/Brugg 2005
-
- [6] R+R Burger und Partner AG, Kosten des betrieblichen Unterhalts von Strassenanlagen. Forschungsauftrag VSS 2000/463, Forschungsbericht Nr. 1243, Baden 2008
-
- [7] Ernst Basler + Partner AG, Ermittlung repräsentativer Betriebskostensätze für Kraftfahrzeuge zur Bewertung von Massnahmen im Strassenverkehr, Forschungsauftrag VSS 2005/205, Forschungsbericht Nr. 1200, Zürich 2007
-
- [8] Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) ETH Zürich / Rapp Trans AG, Zeitkostenansätze im Personenverkehr. Forschungsauftrag SVI 2001/534, Forschungsbericht Nr. 1065, Zürich 2004
-
- [9] Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) ETH Zürich, Zeitwerte im Personenverkehr: Wahrnehmungs- und Distanzabhängigkeit. SVI-Forschungsprojekt 2005/007, ETH Zürich 2008
-
- [10] Ernst Basler + Partner AG / Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) ETH Zürich, Verfahren zur Berücksichtigung der Zuverlässigkeit in Evaluationen. Forschungsarbeit SVI 2002/002, Forschungsbericht Nr. 1176, Zürich 2007
-
- [11] Jenni + Gottardi / Institut für angewandte Verkehrs- und Tourismusforschung, Der Wert der Zeit im Güterverkehr – Pilotstudie auf Basis des Kostenersparnisansatzes. Forschungsauftrag SVI 43/98, Forschungsbericht Nr. 456, Zürich/Heilbronn 2000
-
- [12] IRE/RappTrans, Bewertung von Qualitätsmerkmalen im Güterverkehr. ASTRA-Forschungsprojekt 2002/011, Forschungsbericht Nr. 1130, Lugano/Zürich 2007
-
- [13] PTV SWISS AG, Unfall- und Unfallkostenraten im Strassenverkehr. Forschungsauftrag VSS 2000/343, Forschungsbericht Nr. 1266, Bern 2009
-
- [14] Ecoplan, Externe Kosten im Strassenverkehr: Grundlagen zur Durchführung einer Kosten-Nutzen-Analyse. Forschungsauftrag VSS 2005/204, Forschungsbericht Nr. 1199, Bern 2007
-
- [15] Rapp Trans AG, Diskontsatz in Kosten-Nutzen-Analysen im Verkehr. Forschungsauftrag VSS 2003/201, Forschungsbericht Nr. 1137, Zürich 2006
-
- [16] RAFI Managementberatung (RMB), Gesamtkostensystem – Eine Entscheidungsgrundlage für das Management der Strassenerhaltung (MSE). Forschungsauftrag VSS 1999/129, Forschungsbericht Nr. 498, Zürich 2001
-
- [17] RAFI Managementberatung (RMB), Kostenangaben aus den Kantonen Genf, Basel-Land, Schwyz, Bern und Graubünden (diverse Publikationen von A. Rafi, 2011)
-

-
- Bundesamt für Statistik:
 - Schweizerischer Baupreisindex
 - Landesindex der Konsumentenpreise,
 [18] - Entwicklung der Nominallohne, der Konsumentenpreise und der Reallöhne, 1976-2010
 - Mietpreisindex
 Abgerufen im August 2011 von www.bfs.admin.ch
-
- [19] Ecoplan, Handbuch eNISTRA, im Auftrag des Bundesamts für Strassen ASTRA, 2010
-
- [20] Infrac, Handbuch Emissionsfaktoren HBEFA 3.1, im Auftrag der Umweltbundesämter von Deutschland, der Schweiz und Österreich, 2010
-
- [21] Österreichisches Kuratorium für Verkehrssicherheit (KFV), Auswertung zum Unfallgeschehen auf Autobahnen mit und ohne Baustellen in den Jahren 2001 bis 2005, 2007, Quelle: <http://www.kfv.at/verkehr-mobilitaet/strassenraum/baustellen/> (abgerufen im August 2011)
-
- [22] Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) ETH Zürich / Kantonspolizei Zürich, Unfallgeschehen auf stark belasteten Autobahnen, 2000
-
- [23] bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung, Der Faktor Geschwindigkeit im motorisierten Strassenverkehr, bfu-Sicherheitsdossier Nr. 06, Bern 2010
-
- [24] Heil, Cornelia, Unfallgeschehen an Baustellen auf Hochleistungsstrassen (HLS), Verkehrs-technische Massnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Verkehrsflusses, IVT-Seminar 2005
-
- [25] Laube, M., Verkehrsverhalten und Unfallgeschehen im Bereich von Autobahnbaustellen, Conference paper STRC 2001, 1st Swiss Transport Research Conference, 2001
-
- [26] EMPA / PSI, „Saubere Strassen und intakte Beläge sorgen für bessere Luft“, Medienmitteilung vom 1. Februar 2011
-
- [27] Infrac, Treibstoffverbrauch und Schadstoffemissionen des Offroad-Sektors. Studie für die Jahre 1980 - 2020. Umwelt-Wissen Nr. 0828. Bundesamt für Umwelt, Bern
-
- [28] SN 640 900a: Erhaltungsmanagement – Grundnorm
-
- [29] SN 640 904: Gesamtbewertung von Fahrbahnen, Kunstbauten und technischen Ausrüstungen: Substanz und Gebrauchswerte
-
- [30] SN 640 907: Erhaltungsmanagement (EM); Grundlagen zur Kostenberechnung im Erhaltungsmanagement
-
- [31] SN 641 820: Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr – Grundnorm
-
- [32] SN 641 821: Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr – Diskontsatz
-
- [33] SN 641 822: Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr – Zeitkosten im Personenverkehr
-
- [34] SN 641 822a: Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr; Zeitkosten im Personenverkehr
-
- [35] SN 641 823: Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr; Zeitkosten im Güterverkehr
-
- [36] SN 641 824: Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr; Unfallraten und Unfallkostensätze
-
- [37] SN 641 825: Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr; Bewertung und Abschätzung der Zuverlässigkeit
-
- [38] SN 641 826: Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr – Kosten des betrieblichen Unterhalts von Strassen
-
- [39] SN 641 827: Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr; Betriebskosten von Strassenfahrzeugen
-
- [40] SN 641 828: Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr – Externe Kosten
-
- [41] Richtlinie Anlagenkennzeichnungssystem Schweiz (AKS-CH), Ausgabe 2009 V1.00, Bundesamt für Strassen
-

Projektabschluss



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 06.08.2012

Grunddaten

Projekt-Nr.: VSS 2010/702

Projekttitel: Aktualisierung von Grundlagen zur Kostenberechnung im Erhaltungsmanagement

Enddatum: 06.08.2012

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Ziel des Forschungsprojekts war es, die auf dem Preis- und Erkenntnisstand des Jahres 2001 basierende Norm SN 640 907 „Grundlagen zur Kostenberechnung im Erhaltungsmanagement“ auf das aktuelle Normenwerk (insbesondere SN 641 820ff.) anzupassen, Erkenntnisse aus dem Forschungspaket zur Massnahmenplanung in der Fahrbahnerhaltung und weitere aktuelle Grundlagen zu integrieren sowie Lücken in den Kostenmodellen zu schliessen.

Wichtige Anpassungen der Norm beinhalten die Hochrechnung der in den verschiedenen Normen enthaltenen Kostensätze einheitlich auf das Basisjahr 2011, die Aktualisierung der Formeln zur Berechnung der Gesamtkosten, die komplette Überarbeitung der Kosten Dritter aufgrund von SN 641 828 sowie die Betonung der Bedeutung von Sensitivitätsanalysen. Da die Norm nur auf Erhaltungsmassnahmen angewendet wird, wird methodisch häufig auf die vereinfachten Verfahren gemäss SN 641 820ff. zurückgegriffen.

Das Anwendungsbeispiel in SN 640 907 wurde vollständig überarbeitet. In einem fiktiven Erhaltungprojekt soll eine Vergleichsuntersuchung zeigen, welche Gesamtkosten resp. Differenzkosten gegenüber einem Referenzfall zu erwarten sind, wie diese berechnet werden und wie sich diese Kosten in den zwei Varianten unterschiedlich auf die Kostenträger und Kostenarten aufteilen.

Eine Sichtung zum Stand der Forschung zu Unfallgeschehen bei Baustellen zeigt, dass die Baustelleneinrichtung einen entscheidenden Einfluss auf die Unfälle hat. Um dies in die vorliegende Norm einfließen zu lassen, müssten jedoch zuerst weitere Untersuchungen vorgenommen werden (Auswirkungen von Verengungen der Fahrspurbreiten, der Fahrspurbreiten an sich, der Signalisation, der Länge der Baustellen, etc.).

Zur Beurteilung der Norm bezüglich Mehr-/Minderkosten a) durch Erhaltungsmassnahmen gegenüber dem Referenzfall ohne Erhaltungsmassnahmen resp. b) durch den eigentlichen Baustellenverkehr kann das Fazit gezogen werden, dass es zwar einige Lücken gibt, grundsätzlich aufgrund dieser aber nicht von wesentlichen Verfälschungen der Resultate auszugehen ist.

Prioritärer Forschungsbedarf wurde ausgemacht bei den fehlenden Kostensätzen für Erhaltungsmassnahmen an Kunstbauten sowie für Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen. Weiter wäre es erstrebenswert, bei den Betriebskosten einen funktionalen Zusammenhang zwischen Strassenzustand und Kosten des betrieblichen Unterhalts, insbesondere des baulichen Unterhalts, herstellen zu können. Zudem sollten Ausmass und Relevanz veränderter Zeitkosten aufgrund durchgeführter Erhaltungsmassnahmen weiter untersucht werden.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

Zielerreichung:

Die gesteckten Projektziele wurden erreicht:

- Aktualisierung der SN 640 907
- Analyse und Übertragung der neuesten Kostengrundlagen aus dem mittlerweile vorliegenden Normenwerk SN 641 820ff. und der Erkenntnisse aus dem Forschungspaket zur Massnahmenplanung in der Fahrbahnerhaltung und weiteren aktuellen Grundlagen auf SN 640 907a
- Schliessung von Lücken in den Kostenmodellen der Norm
- Konsistenz der Kosten in den verschiedenen Normen

Folgerungen und Empfehlungen:

Etwas unbefriedigend ist, dass für Erhaltungsmassnahmen an Kunstbauten und für BSA in der Norm keine (durchschnittlichen) Kostensätze angegeben werden können. Dies ist jedoch auf die grosse Variabilität der Bau- / Anlageteile sowie der Massnahmenfächer zurückzuführen. Ob in einer zukünftigen Normenaktualisierung doch Kostensätze in geeigneter Form angegeben werden können oder ob immer auf Kostenschätzungen für die konkret in Frage kommenden Massnahmen abzustützen ist, ist weiter zu prüfen (vgl. ausgewiesenen Forschungsbedarf in der Zusammenfassung). Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die Norm brauchbare Resultate liefert. Allerdings ist auch hier nochmals die Wichtigkeit von Sensitivitätsanalysen zu betonen, mit welchen die Robustheit der Resultate geprüft wird.

Publikationen:

Schriftenreihe VSS/ASTRA

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Lüking

Vorname: Jost

Amt, Firma, Institut: R+R Burger und Partner AG

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Die Projektziele wurden erreicht:

- Es liegt eine aktualisierte und mit dem übrigen Normenwerk abgeglichene Norm SN 640 907a vor
- Einzelne Lücken konnten geschlossen werden, weitere Lücken sowie das Vorgehen zu deren Schliessung wurden aufgezeigt
- Die Verständlichkeit der Norm wurde erhöht

Umsetzung:

Mit der aktualisierten Norm steht den Erhaltungsplanern ein Hilfsmittel zum optimierten Einsatz beschränkter finanzieller Mittel in der Erhaltungsplanung unter Berücksichtigung der volkswirtschaftlichen Sicht zur Verfügung.

weitergehender Forschungsbedarf:

- Kostensätze für Erhaltungsmassnahmen an Kunstbauten sowie für Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen
- Untersuchung der Einflussfaktoren bei Baustelleneinrichtungen auf das Unfallgeschehen
- Einheitliches Vorgehen für Sensitivitätsanalysen für alle KNA-Normen

Einfluss auf Normenwerk:

aktualisierte Norm SN 640 907a

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Göbbels

Vorname: Dirk

Amt, Firma, Institut: Baudirektion Kanton Zürich, Tiefbauamt

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Datum
1334	ASTRA 2009/009	Was treibt uns an ? Antriebe und Treibstoffe für die Mobilität von Morgen <i>Transports de l'avenir ?</i> <i>Moteurs et carburants pour la mobilité de demain</i> <i>What drives us on ?</i> <i>Drives and fuels for the mobility of tomorrow</i>	2011
1335	VSS 2007/502	Stripping bei lärmindernden Deckschichten unter Überrollbeanspruchung im labormasstab <i>Désenrobage des enrobés peu bruyants des couches de roulement sous sollicitation de roulement en laboratoire</i> <i>Stripping of Low Noise Surface Courses during Laboratory Scaled Wheel Tracking</i>	2011
1336	ASTRA 2007/006	SPIN-ALP: Scanning the Potential of Intermodal Transport on Alpine Corridors <i>SPIN-ALP: Abschätzung des Potentials des Intermodalen Verkehrs auf Alpenkorridoren</i> <i>SPIN-ALP: Estimation du potentiel du transport intermodal sur les axes transalpins</i>	2010
1339	SVI 2005/001	Widerstandsfunktionen für Innerorts-Strassenabschnitte ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten <i>Fonctions de résistance pour des tronçons routiers urbains en dehors de la zone d'influence de carrefours</i> <i>Capacity restraint functions for urban road sections not affected by intersection delays</i>	2010
1325	SVI 2000/557	Indices caractéristiques d'une cité-Vélo. Méthode d'évaluation des politiques cyclables en 8 indices pour les petites et moyennes communes. <i>Die charakteristischen Indikatoren einer Velostadt. Evaluationsmethode der Velopolitiken anhand von 8 Indikatorgruppen für kleine und mittlere Gemeinden</i> <i>Characteristic indices of a Bike City. Method of evaluation of cycling policies in 8 indices for small and medium-sized communes</i>	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Datum
1337	ASTRA 2006/015	Development of urban network travel time estimation methodology <i>Temps de parcours en réseau urbain</i> <i>Methodologie für Fahrzeitbewertung in städtischen Strassennetz</i>	2011
1338	VSS 2006/902	Wirkungsmodelle für fahrzeugseitige Einrichtungen zur Steigerung der Verkehrssicherheit <i>Modèles d'impact d'équipements de véhicules pour améliorer la sécurité routière</i> <i>Modelling of the impact of in-vehicle equipment for the enhancement of traffic safety</i>	2009
1341	FGU 2007/005	Design aids for the planning of TBM drives in squeezing ground <i>Entscheidungsgrundlagen und Hilfsmittel für die Planung von TBM-Vortrieben in druckhaftem Gebirge</i> <i>Critères de décision et outils pour la planification de l'avancement au tunnelier dans des conditions de roches poussantes</i>	2011
1343	VSS 2009/903	Basistechnologien für die intermodale Nutzungserfassung im Personenverkehr <i>Basic technologies for detecting intermodal traveling passengers</i> <i>Les technologies de base pour l'enregistrement automatique des usagers de moyens de transports</i>	2011
1340	SVI 2004/051	Aggressionen im Verkehr <i>L'agressivité au volant</i> <i>Aggressive Driving</i>	2011
1344	VSS 2009/709	Initialprojekt für das Forschungspaket "Nutzensteigerung für die Anwender des SIS" <i>Projet initial pour le paquet de recherche "Augmentation de l'utilité pour les usagers du système d'information de la route"</i> <i>Initial project for the research package "Increasing benefits for the users of the road and transport information system"</i>	2011
1345	SVI 2004/039	Einsatzbereiche verschiedener Verkehrsmittel in Agglomerationen <i>Application areas of various means of transportation in agglomerations</i> <i>Domaine d'application de différent moyen de transport dans les agglomérations</i>	2011

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Datum
1342	FGU 2005/003	Untersuchungen zur Frostkörperbildung und Frosthebung beim Gefrierverfahren <i>Investigations of the ice-wall grow and frost heave in artificial ground freezing</i> <i>Recherches sur la formation corps gelés et du soulèvement au gel pendant la procédure de congélation</i>	2010
647	AGB 2004/010	Quality Control and Monitoring of electrically isolated post-tensioning tendons in bridges <i>Qualitätsprüfung und Überwachung elektrisch isolierter Spannglieder in Brücken</i> <i>Contrôle de la qualité et surveillance des câbles de précontrainte isolés électriquement dans les ponts</i>	2011
1348	VSS 2008/801	Sicherheit bei Parallelführung und Zusammentreffen von Strassen mit der Schiene <i>Sécurité en cas de tracés rail-route parallèles ou rapprochés</i> <i>Safety measures to manage risk of roads meeting or running close to railways</i>	2011
1349	VSS 2003/205	In-Situ-Abflussversuche zur Untersuchung der Entwässerung von Autobahnen <i>On-site runoff experiments on roads</i> <i>Essai d'écoulements pour l'évacuation des eaux des autoroutes</i>	2011
1350	VSS 2007/904	IT-Security im Bereich Verkehrstelematik <i>IT-Security pour la télématique des transports</i> <i>IT-Security for Transport and Telematics</i>	2011
1352	VSS 2008/302	Fussgängerstreifen (Grundlagen) <i>Passage pour piétons (les bases)</i> <i>Pedestrian crossing (basics)</i>	2011
1346	ASTRA 2007/004	Quantifizierung von Leckagen in Abluftkanälen bei Strassentunneln mit konzentrierter Rauchabsaugung <i>Quantification of the leakages into exhaust ducts in road tunnels with concentrated exhaust systems</i> <i>Quantification des fuites des canaux d'extraction dans des tunnels routiers à extraction concentrée de fumée</i>	2010
1351	ASTRA 2009/001	Development of a best practice methodology for risk assessment in road tunnels <i>Entwicklung einer besten Praxis-Methode zur Risikomodellierung für Strassentunnelanlagen</i> <i>Développement d'une méthode de meilleures pratiques pour l'analyse des risques dans les tunnels routiers</i>	2011

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Datum
1355	FGU 2007/002	Prüfung des Sulfatwiderstandes von Beton nach SIA 262/1, Anhand D: Anwendbarkeit und Relevanz für die Praxis <i>Essai de résistance aux sulfates selon la norme SIA 262/1, Annexe D: Applicabilité et importance pour la pratique</i> <i>Testing sulfate resistance of concrete according to SIA 262/1, appendix D: applicability and relevance for use in practice</i>	2011
1356	SVI 2007/014	Kooperation an Bahnhöfen und Haltestellen <i>Coopération dans les gares et arrêts</i> <i>Coopération at railway stations and stops</i>	2011
1362	SVI 2004/012	Aktivitätenorientierte Analyse des Neuverkehrs <i>Activity oriented analysis of induced travel demand</i> <i>Analyse orientée aux activités du trafic induit</i>	2012
1361	SVI 2004/043	Innovative Ansätze der Parkraumbewirtschaftung <i>Approches innovantes de la gestion du stationnement</i> <i>Innovative approaches to parking management</i>	2012
1357	SVI 2007/007	Unaufmerksamkeit und Ablenkung: Was macht der Mensch am Steuer? <i>Driver Inattention and Distraction as Cause of Accident: How do Drivers Behave in Cars?</i> <i>L'inattention et la distraction: comment se comportent les gens au volant?</i>	2012