



Erhaltungsmanagement der Strassen - Erarbeiten der Grundlagen und Schadenkataloge zur systematischen Zustandserhebung und -bewertung von zusätzlichen Objekten der Strassen

Gestion de l'entretien routier - Elaboration des bases et des catalogues des dégradations pour le relevé et l'appréciation d'état des objets complémentaires

Road maintenance management - Elaboration of the fundamentals of, and condition assessment catalogues for, the systematic condition assessment of subordinate road assets

WIFpartner AG, Zürich

Richard Staubli, Dipl. Bauing. ETH/SIA, Wirtsch.-Ing. STV

Jennifer Dreyer, Dr. sc. ETH, Dipl.-Ing. TU, Dipl.-Wirtsch. Ing. FH

Jolanda Hofschreuder, Dipl. Ing. Raum- und Umweltplanung TU

**Forschungsprojekt VSS 2010/704 auf Antrag des Schweizerischen
Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen unterstützten 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 les auteurs ayant obtenu l'appui de 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)

La responsabilità per il contenuto di questo rapporto spetta unicamente agli autori sostenuti dall'Ufficio federale delle strade. Tale indicazione non si applica al modulo 3 "conclusione del progetto", che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e di cui risponde solo quest'ultima.

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

The content of this report engages only the author(s) supported 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)



Erhaltungsmanagement der Strassen - Erarbeiten der Grundlagen und Schadenkataloge zur systematischen Zustandserhebung und -bewertung von zusätzlichen Objekten der Strassen

Gestion de l'entretien routier - Elaboration des bases et des catalogues des dégradations pour le relevé et l'appréciation d'état des objets complémentaires

Road maintenance management - Elaboration of the fundamentals of, and condition assessment catalogues for, the systematic condition assessment of subordinate road assets

WIFpartner AG, Zürich
Richard Staubli, Dipl. Bauing. ETH/SIA, Wirtsch.-Ing. STV
Jennifer Dreyer, Dr. sc. ETH, Dipl.-Ing. TU, Dipl.-Wirtsch. Ing. FH
Jolanda Hofschreuder, Dipl. Ing. Raum- und Umweltplanung TU

Forschungsprojekt VSS 2010/704 auf Antrag des Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Richard Staubli

Jennifer Dreyer

Mitglieder

Jolanda Hofschreuder

Federführende Fachkommission

Fachkommission 7: Erhaltungsmanagement

Begleitkommission

Präsident

Dirk Göbbels

Mitglieder

Bernhard Jurt

Jonathan De Bernardi

Paolo Maltese

Ali Rafi

Frank Schiffmann

Manuel Schmid

Luzia Seiler

Antragsteller

Schweizerischen Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Bezugsquelle

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

Inhaltsverzeichnis

Impressum	4
Zusammenfassung	7
Résumé	9
Summary	11
1 Einleitung	13
1.1 Anlass und Problemstellung	13
1.2 Forschungsbedarf	14
1.3 Ziel und Ergebnisse des Forschungsprojektes	14
1.4 Vorgehen, Methodik und Aufbau des Forschungsberichtes	14
1.5 Umsetzung in die Praxis und Anwendung	17
1.6 Organisation, Beteiligte und Interviewpartner	17
2 Grundlagen und Begriffsdefinition	18
2.1 Erhaltungsmanagement	18
2.1.1 Zielsystem Erhaltungsplanung für zusätzliche Objekte	18
2.1.2 Anspruchsgruppen und Kostenträger im Erhaltungsmanage-ment	18
2.1.3 Begriffe der Erhaltung	19
2.2 Zweck und Ebenen der Zustandserhebung	20
2.2.1 Lebenszykluskosten: LCC	21
2.2.2 Leitsystem Fahrbahn	21
2.3 Zusätzliche Objekte der Strassenverkehrsanlage	21
2.3.1 Typen zusätzlicher Objekte international	21
2.3.2 Typen zusätzlicher Objekte national	23
2.3.3 Zusätzliche Objekte: Definition für die Schweiz	27
2.3.4 Typen zusätzlicher Objekte: Recherche und Ergebnisse	29
2.4 VSS-Systematik für Typen zusätzlicher Objekte	30
2.4.1 Mögliche Varianten	31
2.4.2 Nutzwertanalyse Varianten	32
2.4.3 Entscheid Begleitkommission	33
2.5 Strassentypen und Strassenabschnitte	33
2.5.1 Norm SN 640 040b: verkehrstechnische Klassifikation	35
2.5.2 Norm SN 640 324a: Verkehrslastkategorien	36
2.5.3 Norm SN 640 986: Belastungskategorien im kommunalen Strassennetz	36
2.5.4 Swisstopo	37
2.6 Das Vorkommen von zusätzlichen Objekten	39
2.6.1 Typen zusätzlicher Objekte je Strassentyp	39
2.6.2 Zuordnung zu den Teilsystemen der Strassenverkehrsanlage gemäss Norm 640 900a	41
3 Objektrelevanz für zustandsorientierte Erhaltung	44
3.1 Zuverlässigkeitsorientierte Erhaltung und Erhaltungsstrategien	44
3.2 Begriffe ‚risikobasiert‘ und ‚zuverlässigkeitsorientiert‘	45
3.3 Grundlagen zur Strategiebestimmung	46
3.3.1 Begriffsdefinition: Funktionsstörung	47
3.3.2 Begriffsdefinition: Auswirkungen	48
3.3.3 Begriffsdefinition: erwartete Nutzungsdauer	48
3.3.4 Begriffsdefinition: Schadenentwicklungszeit	49
3.4 Methodik und Bewertungsverfahren	49
3.4.1 Methodik zur Auswahl der zustandsorientierten Erhaltung	49
3.4.2 Bewertung der Bestimmungskriterien	51
3.5 Auswertungen, Ergebnisse und Anwendung	53
3.5.1 Auswertung: Relevanzprüfung am Beispiel Strassentyp HLS	54
3.5.2 Ergebnisse: periodische, netzweite Zustandserhebungen	58
3.5.3 Ergebnisse: einmalige, netzweite Zustandserhebungen	59
3.5.4 Anwendung	60

4	Ausblick auf Zustandserhebung	61
4.1	Ziel der Zustandserhebung.....	61
4.2	Bedingung und Gegenstand der Zustandserhebung	61
4.3	Weiteres Vorgehen nach Zustandserhebung.....	61
4.4	Grenzwerte und Standards.....	61
4.5	Schadenkatalog	62
5	Ausblick auf Norm	65
6	Kostenrelevanz für die Budgetierung	67
6.1	System- und Begriffsdefinition	67
6.1.1	Objektkosten.....	67
6.1.2	Szenario für Erhaltungsmaßnahmen	67
6.1.3	Restwert.....	68
6.1.4	Integraler Sanierungsablauf	68
6.1.5	Erstellungskosten und Lebenszykluskosten.....	69
6.2	Methodik und Bewertungsverfahren.....	70
6.2.1	Kostenrelevanz	70
6.2.2	Annahmen bzgl. Methodik und Strassenverkehrsanlage	70
6.2.3	Annahmen bzgl. Objekttypen	75
6.3	Auswertungen, Ergebnisse und Anwendung.....	76
6.3.1	Auswertung Relevanzprüfung am Beispiel HSS	76
6.3.2	Ergebnisse.....	77
6.3.3	Anwendung.....	79
7	Fazit	81
7.1	Bezeichnung, Zuordnung und Kategorisierung von zusätzlichen Objekten.....	81
7.2	Verfahren für die Zustandserhebung und -bewertung in Kombination mit Risikoanalysen für die relevanten Objekttypen	81
7.3	Einbezug der zusätzlichen Objekte als Kostenverursacher in das Erhaltungsmanagement	81
7.4	Ausblick und kritische Würdigung.....	82
	Anhänge	83
	Glossar	99
	Literaturverzeichnis	101
	Abbildungsverzeichnis	105
	Tabellenverzeichnis	106
	Projektabschluss	107
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	110

Zusammenfassung

In der Schweiz werden zurzeit systematische Zustandserhebungen für Teilbereiche der Strassenverkehrsanlage (Bsp. Fahrbahnen und Kunstbauten) durchgeführt. An, auf, unter und bei der Strassenverkehrsanlage befinden sich weitere Objekte, die bei den bestehenden Zustandserhebungen nicht integriert werden und für die es keine Empfehlungen für Zustandserhebungen gibt.

Fehlt eine Erhebung von diesen Objekten im Rahmen eines strategischen Erhaltungsmanagements, gibt die Massnahmen- und Budgetplanung möglicherweise nur unvollständige Aussagen wieder. Daher stellen sich die zentralen Fragen dieser Forschung: Was sind ‚zusätzliche Objekte‘? Welche ‚zusätzlichen Objekte‘ bedürfen einer Zustands-erhebung und -bewertung, um einen Kenntnissgewinn im Rahmen eines integralen Erhaltungsmanagements zu liefern? Bei welchen Objekten wäre dieser zusätzliche Arbeits-aufwand volkswirtschaftlich betrachtet unwirtschaftlich und wären die verantwortlichen Netzbetreiber mit Zustandserhebungen überlastet?

Als Forschungsziele wurden im Gesuch formuliert:

- Bezeichnung, Zuordnung und Kategorisierung von zusätzlichen Objekten
- Verfahren für die Zustandserhebung und -bewertung in Kombination mit Risikoanalysen für die relevanten Objekttypen
- Einbezug der zusätzlichen Objekte als Kostenverursacher in das Erhaltungsmanagement

Für das erste Forschungsziel wurde eine weltweite Literaturrecherche durchgeführt, bei der knapp 700 Objekttypen recherchiert wurden. Nach Auswertungen sowie einem in der Forschung vorgeschlagenen Definitionsentwurf verbleiben 43 Objekttypen als mögliche zusätzliche Objekttypen für die Schweiz. Da das Vorkommen der Objekttypen pro Strassentyp variiert, wurde eine Strassenklassifizierung entwickelt und repräsentative Strassenquer- und -abschnitte je Strassentyp gebildet. Diesen repräsentativen Strassenabschnitten können die Objekttypen zugeordnet werden.

Zur Auswahl einer geeigneten Erhaltungsstrategie für die einzelnen Objekttypen/ Objekttypeteile wurde als risikobasierter Ansatz eine zuverlässigkeitsorientierte Erhaltung (Reliability Centred Maintenance; RCM) zu Grunde gelegt. Nach diesem Konzept werden zuerst die Funktionen eines Objektes oder Objektteils festgestellt. Anschliessend werden Stör- und Ausfallmöglichkeiten erkundet sowie die Auswirkungen auf das Funktionieren des Objektes oder Objektteils und der Strassenverkehrsanlage. Daraus wird abgeleitet, für welche zusätzlichen Objekttypen eine regelmässige Zustandserhebung zielführend und wirtschaftlich ist. Die Auswahl der Erhaltungsstrategie basiert in dieser Forschung auf folgenden Kriterien:

- Folgeschwere im Stör- oder Ausfall (Kosten für Betreiber und Strassennutzer, Verkehrssicherheit und/oder Umwelt)
- Erwartete Nutzungsdauer in Jahren (potentieller Restwertverlust in einem Stör- oder Ausfall)
- Schadensentwicklungszeit (Zeitspanne zwischen dem möglichen Entdecken des (beginnenden) Schadenfalls und dem daraus folgenden erwarteten Stör- oder Ausfall).

Auf Grundlage des Konzeptes wird entschieden, ob eine zustandsbasierte, eine ausfallbasierte, eine intervallbasierte Instandsetzung, ein präventiver Ersatz oder ein System-wechsel für die Erhaltung des Objekttyps wirtschaftlicher ist. Für die Objekttypen mit einer zustandsbasierten Erhaltung wird im Bericht ein Ausblick für mögliche Zustandserhebungen und Bewertung inkl. Schadenkatalog gegeben.

Gleichzeitig wurde eine Erstellungs- und Lebenszykluskostenanalyse durchgeführt, in der die Kosten der Objekte im Verhältnis zu den übrigen Bestandteilen der Strassenverkehrsanlage beurteilt wurden. Auf diese Weise konnten kostenrelevante Objekttypen qualifiziert werden, welche im Rahmen einer integralen Budgetplanung zu berücksichtigen sind.

Die Ergebnisse des Projektes leisten somit einen Beitrag zur Schliessung der Forschungslücke betreffend zusätzlichen Objekten in der Schweiz. Die Ausführungen des Berichtes können in einem nächsten Schritt als Grundlage für eine VSS-Norm dienen.

Résumé

En Suisse, à l'heure actuelle, on est en train d'effectuer un relevé d'état systématique des secteurs de l'infrastructure routière (par exemple chaussées et ouvrages d'art). Près, sur et sous l'infrastructure routière, ils se trouvent d'autres objets qui ne sont pas intégrés dans les relevés d'état existants et pour lesquels des recommandations pour relevés d'état sont inexistantes.

Au cas où un tel relevé systématique de ces 'objets complémentaires' manque dans le cadre d'une gestion de la maintenance stratégique, probablement la planification budgétaire et des mesures fournira des résultats incomplets. C'est la raison pour laquelle se posent les questions centrales suivantes liées à cette recherche: Quels sont les 'objets complémentaires'? De quels 'objets complémentaires' faut-il effectuer un relevé d'état et une évaluation d'état pour pouvoir fournir un approfondissement des connaissances dans le cadre d'une gestion de la maintenance intégrale?

Pour quels objets la charge de travail supplémentaire serait non-rentable sur le plan macro-économique et les exploitants du système routier seraient surchargés de relevés d'état à effectuer?

Les buts de recherche suivants ont été définis dans la requête de recherche:

- Désignation, attribution et catégorisation d'objets complémentaires
- Développement d'un système de relevé d'état et d'évaluation d'état ensemble avec une analyse des risques des objets pertinents
- Inclusion des objets complémentaires comme facteurs de coûts dans la gestion de la maintenance

Pour le premier but de recherche, une revue littéraire au niveau national a été menée avec le résultat de 700 objets trouvés. Après son évaluation et une conception de définition proposée dans la recherche, ils en restent 43 objets complémentaires potentiels pour la Suisse. Une classification de routes a été développée et des profils en travers de la route et des tronçons de routes ont été introduits, car la présence des objets varie selon le type de route. Les objets peuvent être attribués à ces tronçons de routes représentatives.

Pour sélectionner une stratégie de maintenance appropriée pour chaque objet/composant de l'objet, comme approche de maintenance en fonction du risque, une maintenance basée sur la fiabilité (RCM, Reliability Centred Maintenance) a été choisie comme base. Selon ce concept, d'abord, on détermine les fonctions d'un objet ou d'un composant de l'objet. Ensuite, de potentielles possibilités de défaillance et de perturbations et leurs effets sur le fonctionnement des objets ou sur le composant de l'objet et l'infrastructure routière sont explorés. Ensuite, ces connaissances permettent de déterminer pour quels objets supplémentaires un relevé d'état régulier est efficace et économique.

Dans cette recherche, la sélection de la stratégie de maintenance est basée sur les critères suivants:

- Gravité des conséquences dans un cas de défaillance ou de perturbation (coûts pour exploitants et usagers des routes, sécurité routière et/ou environnement).
- Années de durée d'utilisation prévue (perte potentielle de la valeur résiduelle dans un cas de défaillance ou de perturbation).
- Temps de la dégradation: période entre le possible découvert de la dégradation potentielle et l'occurrence de la défaillance (dégradation fonctionnelle): l'intervalle P-F.

Basé sur le concept, on prend la décision s'il est plus efficace pour la maintenance de l'objet de suivre une stratégie de remise en état orientée en état, pertes ou intervalles, un remplacement préventif ou un changement de système. En ce qui concerne les objets pour lesquels une stratégie de maintenance orientée en état a été choisie, dans le

rapport, une prévision concernant de potentiels relevés d'état et d'évaluations y inclus le catalogue des dégradations sont fournis.

En même temps, une analyse des coûts de construction et du cycle de vie a été menée avec laquelle les coûts des objets par rapport aux autres éléments de l'infrastructure routière sont jugés. De cette manière, on a pu identifier des objets qui ont des incidences sur les coûts et qui doivent être considérés dans le cadre d'une planification budgétaire intégrale.

Les résultats du projet contribuent à combler la lacune dans la recherche concernant objets complémentaires en Suisse. Ils peuvent, dans une prochaine étape, servir comme base d'une normalisation VSS.

Summary

Swiss road asset management practice currently conducts condition assessment for objects in thematic fields (for instance: concrete and bitumen paving, civil engineering structures). However, abundant other assets within the influence of roads and streets exist. These are presently neither included in any condition assessment directive nor in condition assessment practice and lack recommendations for condition assessment.

In absence of such condition assessment, recommendations for structural measures and budget plans may possibly be incomplete. Hence are the key research questions: What exactly are 'subordinate road assets'? Which 'subordinate road assets' require condition assessment in order to provide additional information in the context of holistic asset management? For which 'subordinate road assets' is the associated extra effort uneconomical and would only overstrain the responsible road network operators?

Following research aims were specified in the research proposal:

- Assignment and classification of 'subordinate road assets'
- Development of a process design for condition assessment, embedded in risk analysis, for relevant road assets
- Inclusion of 'subordinate road assets' as cost drivers in road asset management

For the first research aim, we conducted world-wide literature retrieval for 'subordinate road assets', which resulted in about 700 road assets. After reassessment and after suggesting a conceptual definition, 43 'subordinate road assets' remain for the Swiss context. Since the occurrence of these assets varies according to the hierarchy and function of the road, a classification of roads was suggested. Each road class is represented by a typical section and profile. 'Subordinate road assets' were associated to each of them.

The main task in order to answer the second research question evolved to be the development of a selection scheme for an appropriate management strategy per 'subordinate road asset'. In order to select an appropriate management strategy for each subordinate road asset, a concept was drawn on the basis of reliability centred maintenance. Constituted after this concept, functions of the subordinate road assets and their components were first determined. Subsequently, failure modes and effects, not only on the subordinate road assets, but also on the road as guidance system were explored. Subsequently, by means of a selection scheme, those subordinate road assets were selected, for which condition assessment is effective and efficient.

The selection bases on following selection criteria:

- Severity of failure effects (on the account of road network operators and road users, on traffic safety and for the environment)
- Expected useful life in years and related depreciation
- Time between the possible discovery of a potential failure and the occurrence of the functional failure (P-F interval)

The concept consists of four main strategies: run-to-fail strategy, interval-based strategy, pro-active restoration strategy and condition-based management strategy. For each single 'subordinate road asset' a decision is made as to which strategy is most appropriate in respect of efficiency and economy. For assets that candidate for a condition-based strategy, a prospect of a condition assessment guideline and a condition assessment catalogue is proposed.

Simultaneously, a construction costs analysis and a life cycle costs analysis was conducted. It relates the costs of each 'subordinate road asset' to those of other road assets. Thus cost-relevant 'subordinate road assets' could be determined. These are recommended to include in holistic budget plans.

The results of this research project contribute to the closing of the knowledge gap regarding 'subordinate road assets' in Switzerland. They can subsequently base the implementation into a national directive.

1 Einleitung

1.1 Anlass und Problemstellung

Nach SN 640 900a [29] bildet die Strassenverkehrsanlage ein Gesamtsystem, welches die in *Abb. 1* dargestellten Teilsysteme umfasst:

- Fahrbahnen und Wege (Ober-, Unterbau, Böschungen inkl. Entwässerung)
- Kunstbauten (Brücken, Mauern, Tunnels)
- technische Ausrüstungen
- Werkleitungen
- Nebenanlagen und sonstige Objekte



Abb. 1: Übersicht über die Strassenverkehrsanlage und deren Teilsysteme [29]

In der Schweiz werden zurzeit in der Praxis im Rahmen der Erhaltungsplanung systematische Zustandserhebungen für Teilbereiche der Strassenverkehrsanlage (Bsp. Fahrbahnen und Kunstbauten) durchgeführt.¹ Der erfasste Zustand spiegelt somit auch nur einen Teilzustand wider.

An, auf, unter und bei der Strassenverkehrsanlage befinden sich viele heterogene „zusätzliche“ Objekte, die bei den bestehenden Zustandserhebungen nicht integriert werden und für die es keine Empfehlungen für eigene Zustandserhebungen gibt. Fehlt die Erhebung von diesen Objekten im Rahmen eines strategischen Erhaltungsmanagements, gibt die Massnahmen- und Budgetplanung möglicherweise nur unvollständige Aussagen wieder. Daher stellt sich die zentrale Frage dieser Forschung: Ist für die ‚zusätzlichen Objekte‘ eine systematische Zustandserhebung zielführend? Und wie können zusätzliche Objekte bei der Budgetierung berücksichtigt werden?

Bisher existieren keine einheitlichen Vorgaben oder Richtlinien der VSS, *ob* und falls ja *wie* der Zustand dieser ‚zusätzlichen Objekte‘ erfasst und bewertet werden kann. In der Praxis behilft man sich derzeit mit individuellen und spezifischen Lösungen. Hier wünschen die Netzeigentümer zunehmend eine vollständige Erhebung der Strassenverkehrsanlage, um eine bessere Inventarisierung zu erhalten und so den anstehenden Erhaltungsbedarf auch kostentechnisch umfassend abbilden zu können. Der vorliegende Forschungsbericht greift diese Lücke auf.

¹ Es geht hierbei um eine periodische Zustandserhebung im Sinne von Inspektionen gemäss SIA 469.

1.2 Forschungsbedarf

Im Sinne eines integralen Erhaltungsmanagements existiert weltweit derzeit kein direkter Einbezug der 'zusätzlichen Objekte'. Zur Ermittlung des Finanzbedarfs von Erhaltungsmassnahmen behilft man sich in der Praxis häufig durch pauschale Ansätze in Prozent des Gesamtbedarfs (Bsp. Bundesanstalt für Straßenwesen in Deutschland [49] oder durch individuelle Ansätze. Diese Lücke wird erkannt und zurzeit nicht nur in der Schweiz in laufenden Forschungsprojekten untersucht (Kap. 2.2.1):

- Bundesanstalt für Strassenwesen, Deutschland: 'Grundlagen für die Einbeziehung der sonstigen Anlagenteile von Straßen in die systematische Straßenerhaltung als Voraussetzung eines umfassenden Asset Managements [75]
- Royal Institute of Technology, Sweden: 'Evaluation of Road Equipment with emphasis on Condition assessment' [60], [61]
- National University of Singapore: 'Condition Assessment of Street Furniture from Digital Images' [65]

Ein Forschungsbedarf kann für die Schweiz für folgende Themen aufgezeigt werden (vgl. Forschungsgesuch):

- Definition, Abgrenzung und Systematik von relevanten zusätzlichen Objekttypen
- Auswahl wirtschaftlicher Erhaltungsstrategien
- Ausblick auf Verfahren für die Zustandserhebung und -bewertung sowie auf mögliche Schadenkataloge für zusätzliche Objekttypen mit der Strategie „Zustandserhebung“
- Einbezug der zusätzlichen Objekte als Kostenverursacher in ein integrales Erhaltungsmanagement

1.3 Ziel und Ergebnisse des Forschungsprojektes

Ziel des Projektes ist es, den aufgezeigten Forschungsbedarf (Kap. 1.2) aufzugreifen. Das heisst, Betreiber sollen anhand der Ergebnisse und Herangehensweisen, die in diesem Bericht vorgestellt werden, in der Lage sein, zu entscheiden, ob eine Inspektion (netzweite Zustandserhebung vgl. Kap. 2.2 als Abgrenzung dazu projektbezogene Zustandserhebung) zielführend und wirtschaftlich ist.

Des Weiteren stellt sich die Frage bei der Budgetierung von Erhaltungsaufgaben, welche Objekte aufgrund eines grossen Kostenanteils berücksichtigt werden sollten.

Die Ergebnisse sind in dem vorliegenden Forschungsbericht dargestellt.

1.4 Vorgehen, Methodik und Aufbau des Forschungsberichtes

Das Vorgehen ist in *Tab. 1* visualisiert.

In einem ersten Schritt werden die Grundlagen erarbeitet. Dafür werden weltweit Typen zusätzlicher Objekte sowie ihr Vorkommen recherchiert. In einem zweiten Schritt wird ein Vorschlag für eine Definition und Systemabgrenzung von Typen zusätzlicher Objekte für die Schweiz erarbeitet. Die Ergebnisse befinden sich in Kapitel 2.3.3 dieses Forschungsberichtes.

Im dritten Schritt wird eine auf Schweizer Richtlinien und Regelungen basierende Strassentypisierung für dieses Forschungsprojekt erarbeitet (Kap. 2.4.3).

Auf Basis der recherchierten Objekttypen werden anschliessend im vierten Schritt die Typen der „zusätzlichen Objekte“ den Schweizer Strassentypen zugeordnet (Kap 2.6.1).

Nach der Definition, Abgrenzung und Systematik in Korrelation zu den Teilsystemen der Strassenverkehrsanlage gemäss SN 640 900a [29] wird in einem fünften Schritt für die Typen der zusätzlichen Objekte bewertet, wann Zustandserhebungen als netzweite, periodische Erhebungen zielführend sind, differenziert pro Strassentyp. Dies erfolgt auf Basis des in Kap.

3.1 erläuterten Konzeptes in Kapitel 3.5.1 dieses Berichtes.

Als sechster Schritt wird in Kapitel 4 ein Ausblick² auf Verfahren für die Zustandserhebung und -bewertung inkl. möglicher Schadenkataloge für zusätzliche Objekte, für die die Erhaltungsstrategie „Zustandsbasiert“ als wirtschaftlich und zielführend gilt, gegeben.



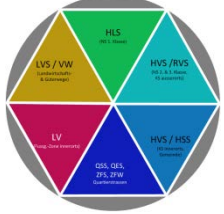
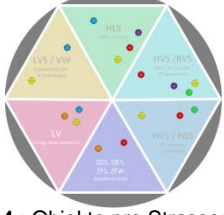
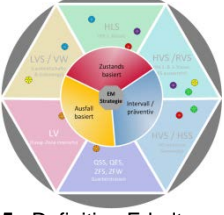
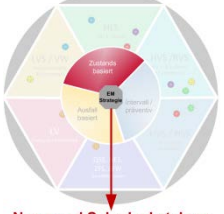

Zusätzlich werden, um die Verantwortlichen in der Praxis bei der Budgetierung zu unterstützen, die Anteile der zusätzlichen Objekte je Strassentyp an den Erstellungs- und Lebenszykluskosten der Strassenverkehrsanlage erhoben. Die Ergebnisse dieses siebten Schrittes werden in Kapitel 6 vorgestellt.

Kapitel 7 schliesst den Bericht ab mit einem Ausblick, einem Fazit und einer kritischen Würdigung.

Alle Arbeitsschritte wurden von Experten begleitet (vgl. Kap. 1.6). Die Experteneinschätzungen wurden in Gesprächen und E-Mails zu den Themen „Objekttypen“, „Kosten“, „Störfallszenarien“ und „Strategiebestimmung“ eingeholt. So konnten die theoretischen Erkenntnisse aus der Recherche mit den Erfahrungen aus der Praxis für die Schweiz abgestützt werden.

² „Ausblick“ als Unterschied zur Ausschreibung, in der ein „Entwurf einer Norm inkl. Schadenkatalog“ gefordert war. Genehmigung dieser Projektänderung durch Begleitkommission an der Sitzung vom 04.09.2013.

Tab. 1: Vorgehen

Arbeitsschritt	Ergebnisse
 <p>1 : Literaturrecherche</p>	<p>Liste mit möglichen zusätzlichen Objekten aus dem In- und Ausland</p>
 <p>2 : Systemanalyse CH</p>	<p>Definition mit Abgrenzung der Objekte als ‚zusätzliche Objekte‘ Liste mit ‚zusätzlichen Objekten‘ für die Schweiz Anordnung in VSS Grundnorm SN 640 900, inkl. Variantenstudium</p>
 <p>3 : Definition Strassentypen</p>	<p>9 Strassentypen unterteilt in 4 Klassen: Klasse I: Nationalstrassen, Hauptverkehrsstrassen und Verbindungsstrassen regional ausserorts Klasse II: Hauptverkehrsstrassen und Hauptsammelstrassen innerorts Klasse III: Quartier- u. Zufahrtstrassen innerorts, Langsamverkehr innerorts Klasse IV: Güterstrassen, Landwirtschaft, touristische Wege ausserorts</p>
 <p>4 : Objekte pro Strassentyp</p>	<p>Listen mit Objekttypen pro Strassentyp</p>
 <p>5 : Definition Erhaltungsstrategien</p>	<p>Hauptstrategien: Ausfallbasierte Erhaltung Präventives Ersetzen oder intervallbasierte Erhaltung (kombiniert) Zustandsorientierte Erhaltung</p>
 <p>6 : Ausblick Norm & Schadenkataloge</p>	<p>Ausblick auf Zustandserhebung Ausblick auf Norm und Schadenkataloge</p>
 <p>7 : Hilfe für Budgetierung</p>	<p>Anteil der zusätzlichen Objekte an Erstellungs- und Lebenszykluskosten</p>

1.5 Umsetzung in die Praxis und Anwendung

Die Umsetzung in die Praxis soll gemäss Ausschreibung über die VSS-Normen erfolgen, indem in diesem Projekt die Grundlagen für einen Normentwurf entwickelt werden. Um eine breitere Anwendung der VSS-Normen in der Praxis zu erzielen (besonders bei kleineren und mittleren Gemeinden), sollten möglicherweise weitere Wissensvermittlungswege - generell und nicht nur für die Ergebnisse dieses Forschungsprojekts - angedacht werden (Schulungen, Leitfäden, Informationsveranstaltungen etc.).

1.6 Organisation, Beteiligte und Interviewpartner

Das Forschungsprojekt VSS 2010/704 „Erhaltungsmanagement der Strassen: Erarbeiten der Grundlagen und Schadenkataloge zur systematischen Zustandserhebung und -bewertung von zusätzlichen Objekten der Strassen“ wurde durch die Fachkommission 7 „Erhaltungsmanagement“ des VSS ausgeschrieben. WIFpartner AG erhielt den Zuschlag und führte die Arbeiten dieser Forschung durch.

Wertvollen fachlichen Input lieferten die Mitglieder der Begleitkommission, denen an dieser Stelle herzlich gedankt sei. Die Erkenntnisse dieses Forschungsprojekts basieren weiterhin massgeblich auf dem Fachwissen von Experten (Tab. 2), das in mehreren Interviews und Befragungen ins Projekt eingebunden wurde. Den Interviewpartnern danken wir an dieser Stelle für ihre fachkundigen und für dieses Projekt ausschlaggebenden Auskünfte herzlich.

Tab. 2: Interviewpartner

Nachname	Vorname	Firma, Behörde	Position / Funktion
De Bernardi	Jonathan	Kanton Ticino	Bereichsleiter Strasseninfrastruktur
Göbbels	Dirk	Kanton Zürich	Leiter Projektportfoliosteuerung
Jurt	Bernhard	Stadt Luzern	Leiter Strasseninspektorat
Maltese	Paolo	ASTRA, Bern	Bereichsleiter Fachunterstützung F3
Rafi	Ali	Rafi Management Beratung	Inhaber
Rohner	Kurt	Kanton Zürich	Leiter Unterhaltsregion III Strasseninspektorats
Schiffmann	Frank	IMC	Berater
Seiler	Luzia	ASTRA Ittigen bei Bern	ASTRA N-SFS: Trasse / Erhaltungsmanagement
Waldis	Walter	ASTRA, Filiale 3, Zofingen	Bereichsleiter Erhaltungsplanung

2 Grundlagen und Begriffsdefinition

2.1 Erhaltungsmanagement

2.1.1 Zielsystem Erhaltungsplanung für zusätzliche Objekte

Die Erhaltung der Sicherheit und Verfügbarkeit der Strassenverkehrsanlage wird durch steigende Verkehrsbelastungen, zunehmende Alterung sowie knappe finanzielle Ressourcen zu einer immer schwierigeren Aufgabe [47], [49], [53]. Um den Bestand der Strassenverkehrsanlagen zu gewährleisten, sind Erhaltungsmassnahmen erforderlich. Ziele des Erhaltungsmanagement sind gemäss SN 640 900a [29] und SN 640 901 [30]:

- a. Erhaltungsmassnahmen zu optimieren, damit
- b. die Betriebsbereitschaft sichergestellt ist,
- c. die Leistungsfähigkeit aufrechterhalten bleibt,
- d. eine hohe Benutzerfreundlichkeit und
- e. eine hohe Verkehrssicherheit sowie
- f. die Umweltverträglichkeit gewährleistet sind, und so
- g. die gesamtwirtschaftlichen Kosten zu senken.

Besonders das Erhaltungsmanagement von „zusätzlichen Objekten“³ erfolgt im Spannungsfeld zwischen dem erforderlichen und/oder gewünschten Informationsstand bezüglich der Objekte (Nutzen) und der Kosten für die Schaffung dieses Informationsstandes. Zentral für dieses Forschungsprojekt ist die Frage, für welche Objekttypen eine Zustandserhebung und

-bewertung einen Kenntnissgewinn im Rahmen eines integralen Erhaltungsmanagements liefern und bei welchen Objekttypen dieser zusätzliche Arbeitsaufwand volkswirtschaftlich betrachtet unwirtschaftlich ist und die verantwortlichen Netzbetreiber überlastet.

2.1.2 Anspruchsgruppen und Kostenträger im Erhaltungsmanagement

Ein Stör- oder Ausfall zusätzlicher Objekte⁴ verursacht Kosten, welche nicht alle von den gleichen Anspruchsgruppen getragen werden (Tab. 3) [30], [32], [4].

Tab. 3: Aufbau und Kostenträger der Störfall-Folgekosten (Quellen: SN 640 901, SN 640 907, ASTRA Richtlinie 16240)

Betreiberkosten (Eigentümer / Betreiber)	Kosten für das zusätzliche Objekt	Ersatz- und Reparaturkosten, Zeitlicher und personeller Aufwand der Schadensbehebung
	Kosten für das Gesamtsystem Strasse	Baustellen- und Fahrbahnreparaturkosten
Strassennutzerkosten (Verkehrsteilnehmer)	Kosten, bezogen auf das zusätzliche Objekt	Funktionalität Objekt
	Kosten, bezogen auf das Gesamtsystem Strasse	Funktionalität Strasse (Fahrzeugbetriebskosten, Zeitkosten, Unfallkosten)
Kosten Dritter (Anrainer / Umwelt, Gesellschaft)	Gesellschaftliche Kosten und Anrainerkosten	Unfallfolgekosten (Folgekosten Verkehrssicherheit), Kosten Bsp. durch Trennwirkung, Baulärm, Sachschäden, Umsatzverluste, usw.
	Umweltkosten	Immissionskosten (Folgekosten Umwelt), Bsp. Luft- und Gewässerverschmutzung, usw.

³ Kap. 2.3.3 behandelt die Definition der zusätzlichen Objekte

⁴ Kap. 2.3.3 behandelt die Definition der zusätzlichen Objekte

Eigentümer haben die Pflicht, Leistungsaufträge zu erstellen und gleichzeitig die Erwartung an den Betreiber, dass dieser die Leistungsaufträge erfüllt. Der Eigentümer ist für die direkt mit den Objekten und der Strasse betroffenen Bau- und Erhaltungskosten verantwortlich.

Die Strassennutzer erwarten die Erfüllung von Standards bezüglich Verkehrssicherheit, Verfügbarkeit und Benutzerfreundlichkeit. Der Funktionsverlust eines zusätzlichen Objektes und/oder der Strasse verursacht Strassennutzerkosten in Form von Behinderungen, Verzögerungen oder Schäden.

Die Kosten für Betreiber und Strassennutzer werden zusammen ‚interne Kosten‘ genannt.

Für die Anrainer und die Umwelt bestehen die Erwartungen daraus, dass sie vor Schäden und Immissionen geschützt sind und dass der betriebliche und bauliche Unterhalt nachhaltig und unter ökologischen Gesichtspunkten wie z.B. Bio-Diversität und Habitat-Sensibilität durchgeführt werden. Nicht nur die Eigentümer haben, sondern auch die Gesellschaft als Ganzes (durch Steuergelder für die Strassenerhaltung) hat den Anspruch, dass die Wirtschaftlichkeit über den gesamten Lebenszyklus optimiert wird. Ausserdem trägt die Gesellschaft die Folgekosten von Unfällen, Staus und Umweltimmissionen, beispielsweise in Form von Krankenkassenprämien.

2.1.3 Begriffe der Erhaltung

VSS Norm SN 640 900a [29] ‚Erhaltungsmanagement Grundnorm‘ definiert die Begriffe der Erhaltung. Der betriebliche Unterhalt umfasst demzufolge die Reinigung/Pflege, die Wartung, die Instandhaltung sowie Kleinreparaturen. Die Ausgaben für diese Arbeiten werden in der Regel im Rahmen der laufenden Rechnung budgetiert.

Der bauliche Unterhalt hingegen umfasst Reparaturen, Instandsetzungen sowie Erneuerung, deren Aufwand in der Regel im Rahmen der Investitionsrechnung über Kredite abgewickelt wird (Abb. 2).

Die Überwachung besteht aus Inspektionen, Kontrollen und Beobachtungen, während die Erneuerung, Verstärkung, Erweiterung, Ausbau und Rückbau Teil der ‚Veränderung‘ sind.

Überwachung	Betrieblicher Unterhalt	Baulicher Unterhalt	Veränderung
Kontrolle	Reinigung, Pflege	Reparaturen	Erneuerung, Verstärkung
Inspektion	Wartung	Instandsetzung	Erweiterung
Beobachtung	Instandhaltung Kleinreparaturen	Erneuerung	Ausbau Rückbau
Werterhaltend		Wertvermehrend	
Laufende Rechnung		Investitionsrechnung	

Abb. 2: Begriffe der Erhaltung in Anlehnung an SN 640 900a [29]

Zu beachten ist, dass sich die schweizerischen und deutschen Begriffe ‚Instandhaltung‘ unterscheiden. Im schweizerischen Kontext bedeutet ‚Instandhaltung‘ nach SIA und SN [17], [29] etwa das gleiche wie ‚Wartung‘ und ‚Unterhalt‘ in Deutschland. Das Deutsche Institut für Normung DIN hingegen definiert in seiner Norm DIN 31051 [40] die Instandhaltung als Überbegriff der folgenden Grundmassnahmen:

- Wartung
- Inspektion
- Instandsetzung

- Verbesserung
- Schwachstellenanalyse

Der deutsche Begriff „Instandhaltung“ [40] ist demzufolge das Äquivalent zum schweizerischen Überbegriff ‚Erhaltung‘ [29]. Grundlage dieses Forschungsprojekts sind die schweizerischen Begriffe.

2.2 Zweck und Ebenen der Zustandserhebung

Zustandserhebungen (und -bewertungen) gehören zum Werkzeugkasten des Erhaltungsmanagements. Sie werden zu verschiedenen Zwecken, Zeitpunkten und auf unterschiedliche Weisen eingesetzt. In dieser Forschung werden drei Ebenen mit verschiedenem Zweck (drei Quadranten in *Abb. 3*) unterschieden:

- netzweite, periodische Erhebung von Zuständen aller Bauwerke, Bauteile oder Objekte einer Art im relevanten Netzperimeter (Inspektion aller Objekte eines Objekttyps)
- netzweite, bedarfsweise Erhebung von Zuständen aller Bauwerke, Bauteile oder Objekte einer Art im relevanten Netzperimeter (Inspektion aller Objekte eines Objekttyps)
- projektbezogene, bedarfsweise Erhebung des Zustands eines Bauteils, Bauwerkes oder Objektes im Projektperimeter (Überprüfung einzelner Objekte)

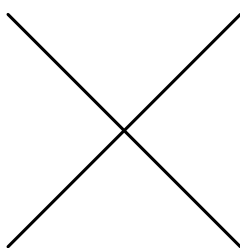
Netzweit (strategisch)	Ziel Verfügbarkeit Strasse	Ziel Budgetplanung
	Bezeichnung der Zustandserhebung Inspektion	Bezeichnung der Zustandserhebung Inspektion
	Gegenstand der Zustandserhebung Alle Bauwerke, Bauteile oder Objekte einer Art in einem relevanten Netzperimeter	Gegenstand der Zustandserhebung Alle Bauwerke, Bauteile oder Objekte einer Art in einem relevanten Netzperimeter
	Einflussfaktoren Gesellschaftlich annehmbare Stör- und Ausfälle vs. Kosten der periodischen Zustandserhebung	Einflussfaktoren Erhaltungsrückstand vs. Kosten der einmaligen Zustandserhebung
Projektbezogen (operativ)		Ziel Kostengenaugigkeit Investitionsrechnung
		Bezeichnung der Zustandserhebung Überprüfung
		Gegenstand der Zustandserhebung Einzelne, ausgewählte Bauwerke, Bauteile oder Objekte einer Art im Projektbereich
		Einflussfaktoren Synergie von Massnahmenkombination vs. Kosten der Überprüfung + Kostenrelevanz der Objekte
	periodisch	bedarfsweise

Abb. 3: Kontext und Ebene der Zustandserhebungen

Es werden stets Kosten und Nutzen der Zustandserhebungen abgewogen. Wenn die Nutzen (möglichst wenige Stör- und Ausfälle oder Folgen davon, die Budgetgenauigkeit und Budgetverantwortung durch das Aufdecken eines Erhaltungsrückstandes, die effiziente Kombination von Baumassnahmen in einem Bauprojekt) die Kosten (der Zustandsinformation) überwiegen, ist eine Zustandserhebung zielführend und wirtschaftlich. In den verschiedenen Kontexten werden verschiedene Ziele verfolgt und sind andere Faktoren von Einfluss auf die Kosten und den Nutzen einer Zustandserhebung (*Abb. 3*)

Die netzweiten, periodischen Erhebungen umfassen in der Regel nach SIA-Norm [17] visuelle Zustandserhebungen mit einem begrenzten Detaillierungsgrad (vgl. Inspektionen in der SN Norm [29]) sowie deren Bewertungen (Zustandsbewertungen). Für Inspektionen wird in der Regel ein Inspektionsintervall festgelegt. Im Rahmen von Inspektionen beantworten Zustandserhebungen für ausgewählte Objekttypen (zusätzliche Objekte im Sinne von Kap. 2.3.3, Kunstbauten, Anlagen, usw.) die Frage: Welchen aktuellen Zustand hat das Objekt, funktioniert dieses Objekt oder dieses Teil zuverlässig und erwarten wir, dass es bis zur nächsten Inspektion zuverlässig funktionieren wird?

Einen Sonderfall stellen netzweite, bedarfsweise Erhebungen dar. Sie kommen im Fall eines befürchteten Erhaltungsrückstandes (Engl.: maintenance back log) zum Einsatz, wenn hohe Erhaltungsaufgaben gegenüber Entscheidungsträgern zu begründen sind [74]. Diese Aufnahmen erfolgen in der Regel wie die netzweiten, periodischen Erhebungen mit einem begrenzten Detaillierungsgrad mittels visueller Methoden.

Die projektbezogene, bedarfsweise Erhebung erfolgt konkret im Zuge eines Projektes als direkte Grundlage für das Variantenstudium und die Projektplanung. Sie weist einen grossen Detaillierungsgrad auf und bedarf daher neben visuellen Methoden weiterer messtechnischen Untersuchungen (z.B. Bohrkern Fahrbahn, Stützmauer etc.).

2.2.1 Lebenszykluskosten: LCC

Die Lebenszykluskosten (Engl.: life cycle costs; LCC) umfassen nach SN 640 907 die Kosten, die über den Lebenszyklus einer Strassenverkehrsanlage anfallen. Hierin sind die Erstellungs- und Abbruchkosten sowie die Kosten, die für die Erhaltung inklusive betrieblichem und kleinem baulichen Unterhalt anfallen, unter Berücksichtigung der allgemeinen wirtschaftlichen Entwicklung (Teuerung) enthalten [32], [51] (vgl. auch Kap. 6.1.2).

2.2.2 Leitsystem Fahrbahn

Das Erhaltungsmanagement für zusätzliche Objekte verfolgt die gleichen Ziele wie das Erhaltungsmanagement der Fahrbahn (Kap. 2.1.1). Für die Analyse der Erhaltungsstrategien der zusätzlichen Objekte an Fahrbahnen wird die Fahrbahn für diese Forschung als Leitsystem definiert. Die möglichen Bauabhängigkeiten der zusätzlichen Objekte mit baulichen Massnahmen an der Fahrbahn stellen den Grund dafür dar.

2.3 Zusätzliche Objekte der Strassenverkehrsanlage

In der internationalen Literatur werden viele Bezeichnungen für 'zusätzliche Objekte' verwendet: sonstige Anlageteile (DE), sub-asset road furnitures (UK, USA), sub-asset structures (UK, USA), equipment and assesoires (SE, DK, NO), Traffic services assets (NZ), Wegelementen (NL)⁵. Weltweit gibt es keine genaue Definition, was *generell* zusätzliche Objekte sind und was nicht. Ausserdem gibt es keine einheitliche Bezeichnung, Zuordnung oder Kategorisierung für 'zusätzliche Objekte'[74]. Es besteht aber weltweit Übereinstimmung darüber, dass zusätzliche Objekte dem Schutz und der Sicherheit der Verkehrsteilnehmer sowie dem Verkehrsfluss dienen. Eine Funktionsfähigkeitseinschränkung eines Objektes in Abhängigkeit der Bedeutung des jeweiligen Objekts beeinträchtigt den Verkehrsfluss und die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer mehr oder weniger stark. Ausserdem können für die Instandsetzung von ‚zusätzlichen Objekten‘ zum Teil erhebliche Kosten anfallen, und sie unterliegen einem eigenen Verfallsprozess.

2.3.1 Typen zusätzlicher Objekte international

Eine laufende Forschungsarbeit der BASt -Bundesanstalt für Strassen in Deutschland- benutzt den Begriff ‚sonstige Anlageteile‘. Hierin enthalten sind: die Erdkörper, die

⁵ [ACT Government (AU), Department of Territory and Municipal Services, 2002], [US Department of Transportation (2007)], [Queensland (AU), Dept. Transport & Main Roads, 2012], [NZ Transport Agency, 2013], [Maerschalk, 2009 (DE)], [Zander et. al, 2013 (DE)], [UK Road Liaison Group, 2005]

Entwässerungseinrichtungen, die Bepflanzung, die Leit- und Schutzeinrichtungen, die Durchlässe und die Ausstattung sowie das Zubehör von Strassen (einschliesslich elektronischer Anlagen wie zum Beispiel Verkehrszählssysteme und Verkehrsleitsysteme) [62], [75].

Tab. 4: Gliederung der Teilsysteme Deutschland (Anlageaggregate der Strasseninfrastruktur) [62]

STRASSEN-VERKEHRSANLAGEN	Strassenoberbau	Fahrbahnen Nebenflächen (Gehwege, Radwege, Parkplätze)
	sonstige Anlagenteile	Entwässerung, Erdkörper, Unterbau, Bepflanzung, Durchlässe, elektromechanische Anlagen
	Ingenieurbauwerke	Brücken, Verkehrszeichenbrücken, Tunnel-/Tragbauwerke, Stützbauwerke, Lärmschutzbauwerke
NEBENANLAGEN	Betriebsflächen von Bauämtern/Meistereien	
	Hochbauten von Bauämtern/Meistereien	

In Grossbritannien werden folgende Objekttypen als zusätzliche Objekte (road furniture) aufgeführt [8] [74]: Leitplanken, Betonbarrieren und Stützmauern, Beleuchtung, Verkehrsschilder, Erdkörper, Entwässerung, Lärmschutzwände, Stützkonstruktionen und Bepflanzungen.

Die britische Road Liaison Group empfiehlt spezifisch für Schnellstrassen die in Tab. 5 dargestellte grobe Einteilung mit dazugehörigen Objekttypen, wobei sie ausdrücklich erwähnt, dass die Liste nicht abschliessend ist. Sie soll als allgemeiner Rahmen benutzt und je nach Bedarf erweitert werden [12].

Tab. 5: Gliederung der Teilsysteme Grossbritannien [12]

Anlagentyp	Anlagengruppe	Objekttypen
Wege/Strassen	Belag ⁶ , Chaussierung, Bewuchs	Strassenoberbau, Unterbau, Tragschicht, Deckschicht, andere Oberflächen, Pannestreifen, Trottoirs und Velostreifen, Kreisel und Mittelinseln, Randsteine und Abschlüsse, Markierungen Böschungen und Einschnedungen, Bankette, Vegetation, Entwässerung Sicherheitszäune, Abgrenzungszäune
Separate Fuss- und Velowege	Fusswege, Fussgängerbrücken, Off-road Velowege Fussgängerzonen	Unterbau Tragschicht Deckschicht Gestaltung
Kunstabauten	Brücken, Überführungen, Unterführungen, Durchlässe, Stützmauern, Signalbrücken und auskragende Wegweiser, Tunnels, Strukturverbesserungen des Untergrundes, Schwellen und Dämme, Viehgitter	Kunstabauten, die bemessen werden müssen
Beleuchtung	Beleuchtung an Pfosten Beleuchtung an Mast Beleuchtung an Wand	Kandelaber, Sockel und Fundation, Leuchtmittel, Sicherheitskameras usw., Steuerungskästen, elektrische Verkabelung
Strassenmöblierung	entlang Siedlungsstrasse (Zentrum und Aussenquartiere) ausserorts	Bushaltestelle und Personenunterstände, Sitzmöbel, Abfalleimer, Poller, Strassennamenschilder, Baumschutzgitter usw.

⁶ In der Schweiz wird der Begriff ‚Gebundene Oberbauschichten‘ anstelle von ‚Belag‘ verwendet

Tab. 5: Gliederung der Teilsysteme Grossbritannien [12]

Anlagentyp	Anlagengruppe	Objekttypen
Verkehrsmanagement	beleuchtete und unbeleuchtete Verkehrsschilder, Verkehrsberuhigung Kommunikationssysteme	Schild, Pfosten und Fundation, evtl. Steuerungskasten und Kabel, Leuchtmittel Verkehrsberuhigungsschwellen, Geschwindigkeitskameras
Entwässerung der Schnellstrasse	'Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS)' Versickerungsanlage Pumpstationen	

In Schweden existiert eine Einteilung in fünf Hauptgruppen: Beleuchtung, vertikale Signale, horizontale Signale, Verkehrssignale und ‚Barrieren und Zäune‘. Die Auffassung, was zusätzliche Objekte sind, ist also eingeschränkter als in Grossbritannien oder Deutschland. (Tab. 6).

Tab. 6: Typen zusätzlicher Objekte Schweden [60]

Hauptgruppe	Untergruppe	Anwendung
Wegbeleuchtung	Strassenbeleuchtung	feste Beleuchtung
	Kommerzielle Beleuchtung	Werbeleuchten
	Leitleuchten	Beleuchtung für verbesserte visuelle Leitung
Zäune und Barrieren	Leitplanken	Metallplanken am Strassenrand
	Barrieren	Barrieren, um zwei Fahrrichtungen zu trennen
	Wildtierzäune	Zäune, die Tiere davon abhalten, die Strasse zu überqueren
	Aufprallschutz	Ausrüstung, um die Folgen eines Zusammenstosses zu minimieren
	Lärmschutzwände	Barrieren, um den Strassenlärm zu reduzieren
Vertikale Signale	Blendschutz	Flächen, um gegen das Blenden durch den Gegenverkehr zu schützen
	Verkehrsschilder	Schilder, um Verkehrsteilnehmer zu regulieren, zu leiten oder zu informieren
	Randleitpfosten	Pfosten mit einem Reflektor, um die visuelle Leitung zu verbessern
	Poller	Pfosten, um die Strassen und die Umgebung zu klären
Horizontale Signale	Strassenmarkierungen	Markierungen auf der Strassenoberfläche
	erhöhte Strassenmarkierungen	Retroreflektoren auf der Strassenoberfläche
Verkehrssignale	Verkehrslichter	Signale, um den Verkehrsfluss zu regulieren
	Warnleuchten	Signale, um vor Gefahren zu warnen

2.3.2 Typen zusätzlicher Objekte national

VSS-Normen

Für die Schweiz ist die Grundnorm SN 640 900a [29] für eine Definition und Kategorisierung von zusätzlichen Objekten im Erhaltungsmanagement der Strassenverkehrsanlage massgebend. Sie teilt die Strassenverkehrsanlage in fünf Teilsysteme ein (Abb. 4).

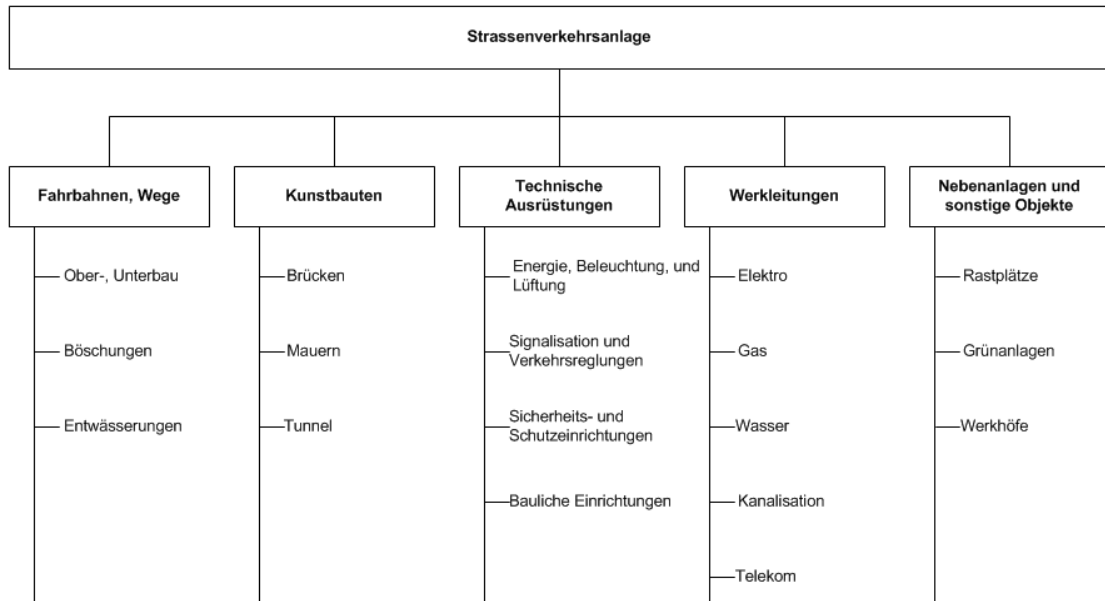


Abb. 4: Übersicht Strassenverkehrsanlage und Teilsysteme [29]

Bundesebene: ASTRA / Nationalstrassen

Im Nationalstrassennetz [1] sind folgende Typen von Objekte und Nebenanlagen genannt, die als Typen zusätzlicher Objekte (im Sinne von „keine Fahrbahn“) gelten können:

- Nebenanlagen mit Zu- und Wegfahrten und allfällige Erschliessungswege;
- Rastplätze mit ihren Zu- und Wegfahrten sowie den dazugehörigen Bauten und Anlagen;
- Einrichtungen für den Unterhalt und den Betrieb der Strassen wie Stützpunkte, Werkhöfe, Schadenwehren, Materialdepots, Fernmeldeanlagen, Vorrichtungen für Gewicht- und andere Verkehrskontrollen sowie Einrichtungen für die Verkehrsüberwachung, Strassenzustands- und Wettererfassung, einschliesslich der erforderlichen Datenbanken;
- Bauten und Anlagen zur Entwässerung, Beleuchtung und Lüftung sowie Sicherheitseinrichtungen und Werkleitungen;
- Verkehrseinrichtungen wie Signale, Signalanlagen, Markierungen, Einfriedungen und Blendschutz;
- Einrichtungen für die Führung, Erfassung und Beeinflussung des Verkehrs und für das Verkehrsmanagement wie Verkehrsmanagementzentralen, Verkehrsleitsysteme und Verkehrserfassungssysteme, einschliesslich der erforderlichen Datenbanken;
- Bepflanzungen sowie Böschungen, deren Pflege den Anstössern nicht zumutbar ist;
- Lawinen-, Steinschlag- und Hangverbauungen, Einrichtungen und Bauten für den Hochwasserschutz, Einrichtungen gegen Schneeverwehungen, soweit sie überwiegend der Nationalstrasse dienen;
- Bauten und Anlagen zum Schutz der Umwelt;
- Zentren für die Schwerverkehrskontrollen, einschliesslich Zu- und Wegfahrten sowie der zur Kontrolle notwendigen Bauten und technischen Einrichtungen wie Waagen oder Labors

Die ‚Richtlinie Inventarobjekte der Nationalstrassen‘ zeigt eine Einteilung der Objekttypen in sieben Kategorien auf [4] (

Abb. 5).

Diese Einteilung weicht etwas von der Einteilung in der VSS-Grundnorm Erhaltungsmanagement [29] ab (vgl. Kap. 1.1). ‚Übrige Bauten‘ sind hier die ‚zusätzlichen Objekte‘, die auf die Nationalstrasse bezogen sind.

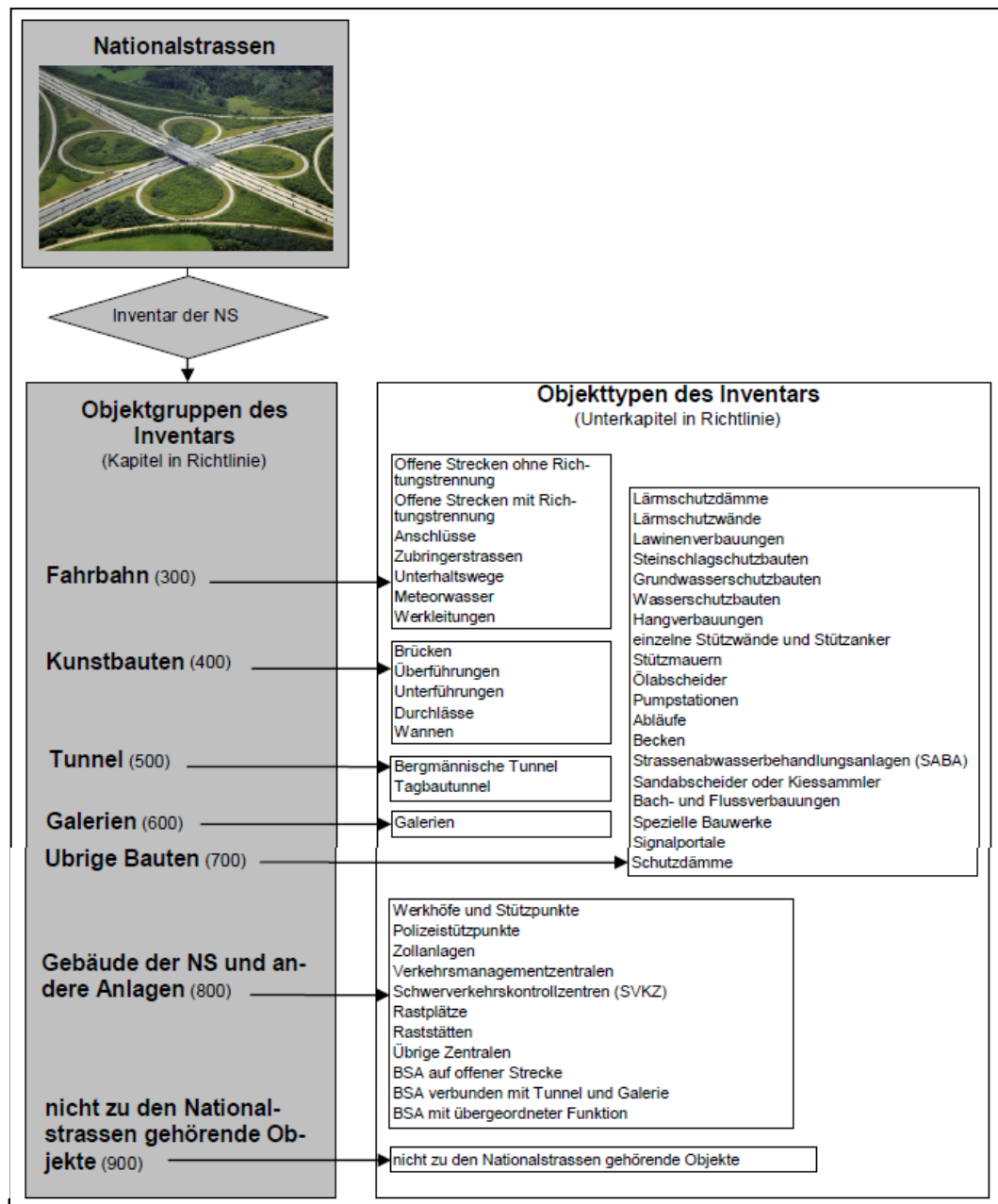


Abb. 5: Struktur der Inventarobjekte der Nationalstrassen sowie deren Klassifizierung [4]

Auf Bundesebene sind Informationen zur Zustandserhebungen für Kunstbauten, für Werkleitungen und für technische Ausrüstungen ([35], [36], [37] und [17]) vorhanden. Spezifisch zugeschnitten auf zusätzliche Objekte gibt es keine Informationen zur Zustandserhebung.

Das MISTRA (Management-Informationssystem Strasse und Strassenverkehr) bietet eine Plattform für die Erfassung von unterschiedlichsten Daten bzgl. des Zustandes der Strassenverkehrsanlage in verschiedenen Applikationen, variierend von Fahrbahnoberflächen (Trasse), Bauwerksteilen von Kunstbauten (KUBA), bis hin zu Fahrbahnoberflächen im Siedlungsgebiet (EMSG). In den meisten dieser Applikationen ist die Möglichkeit vorhanden, nach der Zustandserhebung aus verschiedenen Massnahmen eine oder mehrere geeignete Massnahmenvorschläge auszuwählen.

Kanton Zürich

Laut dem Strassengesetz des Kantons Zürich [2] gehören zur Strasse ausser den Flächen für den fliessenden und ruhenden öffentlichen und privaten Verkehr alle dem bestimmungsgemässen Gebrauch, der technischen Sicherung und dem Schutz der Umgebung dienenden Bauten und Einrichtungen, insbesondere:

1. Mittel- und Trennstreifen, Verkehrsinseln
2. Kunstbauten, Futter- und Stützmauern und dergleichen,
3. Fussgängerüber- und -unterführungen,
4. strassenseitige Anlagen zum Schutz der Umgebung gegen unzumutbare Verkehrseinwirkungen,
5. Entwässerungsanlagen, soweit sie nicht Bestandteil des Kanalnetzes sind,
6. Anlagen und Einrichtungen zur Verkehrsregelung sowie Verkehrszeichen,
7. Beleuchtungsanlagen,
8. Bepflanzungen,
9. Ausstattungselemente für Wohnstrassen,
10. Wildschutzanlagen,
11. Böschungen, deren Bewirtschaftung und Unterhalt dem Anstösser nicht zugemutet werden kann.

Ausserdem werden noch 'Nebenanlagen' erwähnt [2]. Nebenanlagen zu Strassen sind Anlagen, die gemäss Planungs- und Baugesetz durch Baulinien für Betriebsanlagen zu Verkehrsbauten gesichert werden können. Vorbehalten bleibt das Gesetz über den öffentlichen Personenverkehr [2].

Der Kanton verfügt mit den Normalien für Staatsstrassen für viele Objekttypen (104: Bankette, 200-251: Nebenanlagen, 300-355: Entwässerungen, 600-671: Abschlüsse, und 800-837: Werkleitungen) über detaillierte Angaben zu den technischen Anforderungen (beim Bau). Im Fachbuch Kunstbauten sind ausserdem Anleitungen zur Überwachung (inkl. Inspektionen) von Kunstbauten und zum Erhebungsintervall enthalten.

In der Vorlage zum ‚technischen Bericht‘ des Kantons sind Zustandserhebungen, Abklärungen und Überprüfungen zu folgenden Themen vorgesehen:

- Geotechnische Untersuchungen
- Kunstbauten (gemäss Fachhandbuch Kunstbauten)
- Raumplanung (Plan- und Vorgabenüberprüfung, Abstimmung)
- Boden / Belastete Standorte (inkl. Bodenverschiebungen)
- Strassen (Staatsstrassen, Unfallstatistik KAPO, Radwege und Skatingrouten, Velos (Frequenzen, Verkehrsbeziehungen / Querungen, Schulweg), Fussgänger (Frequenzen, Verkehrsbeziehungen wie z.B. ÖV-Umsteigepunkt mit Querungen, Schulweg), Ausnahmetransport-Routen, Wanderwege, ÖV-Linien (Arten / Frequenzen), Strassenentwässerung)
- Naturschutz (Plan- und Vorgabenüberprüfung)
- Wald (Plan- und Vorgabenüberprüfung)
- Wasser
- Landwirtschaft
- Fischerei und Jagd
- Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)
- Leitplanken (Überprüfung)

2.3.3 Zusätzliche Objekte: Definition für die Schweiz

Da weder die nationale noch die internationale Literatur eindeutige Aussagen macht, was genau „zusätzliche Objekte“ sind, wird im Rahmen dieser Forschungsarbeit ein Definitionsvorschlag für die Schweiz erarbeitet. Die Literaturrecherche im In- und Ausland (Abschnitt 2.2.1) dient hierfür als Basis.

Definitionsvorschlag:

Generell dienen zusätzliche Objekte dem Verkehrsfluss, der Verfügbarkeit, der Sicherheit und der Linderung der Emissionen einer Strassenverkehrsanlage und stehen in einem direkten funktionellen, räumlichen und/oder finanziellen Bezug zu der Strassenverkehrsanlage.

Im Hinblick auf eine Definition und eine Integration von zusätzlichen Objekten in die Systematik der Strassenverkehrsanlage muss das Objekt folgende Abgrenzungskriterien erfüllen:⁷

1. Eigenständiger Bestandteil der Strassenverkehrsanlage

Das Objekt ist kein zusätzliches Objekt, wenn es eigenständiger Bestandteil der Strassenverkehrsanlage ist. Diese Bedingung hat folgende Ausgrenzungen zur Folge:

- Hauptbauwerke der Teilsysteme, wie Kunstbauten (Bemessungsgrenzen⁸: Stützmauern höher als 1.5 m, Durchlässe breiter als $\varnothing 1.5$ m, Böschungen/Dämme höher als 3 m), Werkleitungen der Siedlung, Betriebs- und Sicherheitsanlagen (BSA).
- Eigenständige Bauwerke, welche nicht in Verbindung mit der Fahrbahn/Strasse stehen, wie z. B. Zollanlagen, Picknickplätze, Stege, See- und Flussverbauungen, Tankstellen, WC, Deponieplätze, Sport- und Spielplätze, Ladestation für Elektroautos, Wasseraufbereitungsanlage, Wasserdurchfluss-Messgeräte

2. Funktioneller, räumlicher und finanzieller Bezug zur Strassenverkehrsanlage

Das Objekt muss Bestandteil der Strassenverkehrsanlage sein, das heisst, es muss eine direkte räumliche und funktionelle Verbindung mit der Fahrbahn / Strassenverkehrsanlage oder ein finanzieller Bezug zum Eigentümer und Betreiber bestehen. Diese Bedingung hat folgende Ausgrenzungen zur Folge:

- Objekte, die keinen direkten Bezug zu den Funktionen „Verkehrsfluss, Verfügbarkeit oder Sicherheit“ Strasse haben, wie Bänke, Tische, Brunnen, Abfalleimer
- Objekte, deren Kosteneinschätzung nur individuell erfolgen kann: Kunst, Skulpturen, Kulturerbe
- Mobile Objekte im Bereich der Strassenverkehrsanlage, wie z.B. Schneezeichen, Streugutbehälter
- Objekte, die einem privaten Eigentümer gehören (Werbung & Info, Briefkasten, Racks für Gratiszeitungen, Telefonkabinen, Werkleitungen, einige Stellplatten, Zäune usw.)
- Objekte, deren Verwaltung nicht durch das Tiefbauamt erfolgt (Werkleitungen, Bepflanzungen usw.)
- Objekte, die nicht im Rahmen der Erhaltung der Strassenverkehrsanlage budgetiert werden bspw. Parkanlagen, Zäune, Fassadenbegrünung

⁷ Ausgenommen sind Erdarbeiten, Grundrechte und Anlagen, Objekte, Bauten, Ausstattungen, Ausrüstungen, Einrichtungen, weil diese nicht greifbar sind und demzufolge keine Objekte im eigentlichen Sinne sind.

⁸ Nach SIA 469 unterliegen Stützmauern höher als 1.5 m, Durchlässe mit einem Durchmesser > 1.5 m und Böschungen (Dämme) höher als 3 m einer Tragfähigkeitsbemessung. Diese Bemessungsgrenze wird als Unterscheidungskriterium zwischen den Hauptobjekten und den zusätzlichen Objekten im Teilsystem Kunstbauten angenommen.

Aufgrund der Abgrenzung fallen folgende Objekttypen heraus (Tab. 7):

Tab. 7: *Abgrenzungskriterien und Objekttypen, die keine zusätzlichen Objekte sind*

Kriterium	Ausscheidende Gruppe	Keine zusätzlichen Objekte
Zusätzliche Objekte sind eigenständige Bestandteile der Strassenverkehrsanlage	Hauptbauwerke der Teilsysteme Kunstbauten, Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen (BSA) und Werkleitungen Eigenständige Bauwerke / Separate Anlagen	<ul style="list-style-type: none">- Kanalisation (gross, klein)- Gas-, Elektro-, Fernwärme-, Wasser- und Telekomleitungen- Brücken- Grosse ($\varnothing > 1.5$ m) Durchlässe⁹- Gosse (> 1.5 m) Stützmauern¹⁰- Überführungen- Unterführungen- Dämme (inkl. Böschungen > 3 m)¹¹- Tunnel und Galerien- Hydranten- IT-Equipment- Kommunikationssysteme- Leit- und Informationssysteme inkl. Verkehrslichter (BSA)- Lüftung (BSA)- Notfalltelefon- Sicherheits- und Schutzeinrichtungen (BSA)- Verteil- und Steuerungskasten- Glatteis-Frühwarnsysteme (BSA)- Meteostationen (BSA)- Windmessungen (BSA)- Fahrbahndecke (Betondecken, Asphaltschichten, Elementdecken, übrige Fahrbahndecken) <ul style="list-style-type: none">- Spielplätze & Sportanlagen- Raststätten und Rastplätze- Picknickplätze- Tankstellen- WC-Anlagen- Parkplätze- Zollanlagen- See- und Flussverbauungen- Deponieplätze- Ladestation für Elektroautos- Wasseraufbereitungsanlage- Wasserdurchfluss-Messgeräte- Treppen- Stege, Quais

⁹ Nach SIA 469 unterliegen Durchlässe mit einem Durchmesser > 1.5 m einer Tragfähigkeitsbemessung. Diese Bemessungsgrenze wird als Unterscheidungskriterium zwischen den Hauptobjekten und den zusätzlichen Objekten im Teilsystem Kunstbauten angenommen.

¹⁰ Nach SIA 469 unterliegen Stützmauern höher als 1.5 m höher als 3 m einer Tragfähigkeitsbemessung. Diese Bemessungsgrenze wird als Unterscheidungskriterium zwischen den Hauptobjekten und den zusätzlichen Objekten im Teilsystem Kunstbauten angenommen.

¹¹ Nach SIA 469 werden Böschungen höher als 3 m als Dämme betrachtet. Sie unterliegen einer Tragfähigkeitsbemessung. Diese Bemessungsgrenze wird als Unterscheidungskriterium zwischen den Hauptobjekten und den zusätzlichen Objekten im Teilsystem Kunstbauten angenommen.

Tab. 7: Abgrenzungskriterien und Objekttypen, die keine zusätzlichen Objekte sind (Fortsetzung)

Kriterium	Ausscheidende Gruppe	Keine zusätzlichen Objekte
Funktioneller, räumlicher und finanzieller Bezug zur Strassenverkehrsanlage	kein direkter Bezug zu den Funktionen Verkehrsfluss, Verfügbarkeit oder Sicherheit	- Brunnen - Bänke, Tische - Abfallbehälter - Zäune zu Privatgrundstücken - Private Bepflanzung, private Grünanlagen
	Kosteneinschätzung nur individuell	- Skulpturen - Kulturerbe - Kunst im Strassenbereich - Historische Siedlungsobjekte wie alte Brunnen, Eckschutzsteine
	Mobile Objekte	- Schneezeichen - Streugutbehälter
	Objekte von privaten Eigentümern	- Briefkasten - Werbung & Info - Racks für Gratiszeitungen - Telefonkabinen - Werkleitungen - Stellplatten zu Privatgrundstücken - Zäune zu Privatgrundstücken
	Verwaltung nicht durch das Tiefbauamt	- Stützmauern im Siedlungsbereich - Werkleitungen - Siedlungsentwässerung - Zierbepflanzung im Strassenbereich (private / Gemeinde) - Kunst
	Nicht im Rahmen der Erhaltung der Strassenverkehrsanlage budgetiert	- Parkanlagen - Grünflächen ohne Strassenbezug - Zäune - Fassadenbegrünung

2.3.4 Typen zusätzlicher Objekte: Recherche und Ergebnisse

Von der Ergebnisliste mit knapp 700 Objekttypen wurden in einem nächsten Schritt die Nennungen durch Zuordnung ähnlicher Begriffe semantisch bereinigt (wie z.B. Abfalleimer, Standplatz für Abfalleimer und Abfallanlage). Somit blieben 64 ‚eindeutige‘ Objekttypen übrig und 3 ‚Objekttypen‘, die eigentlich keine sind: schlecht definierte Objekttypen oder Überbegriffe, Objekttypen, die Dritten gehören oder Objekttypen, die eigentlich keine sind, weil sie nicht fassbar sind. Diese sind im Anhang I; Aggregation von knapp 700 auf 64 Objekttypen) aufgelistet. Nicht alle diese Objekttypen sind auch tatsächlich ‚Typen zusätzlicher Objekte‘ nach der Definition und Abgrenzung in Kap. 2.3.3. Manche Objekttypen werden in leicht abgeänderter Form als Typen zusätzlicher Objekte betrachtet:

- Kunstbauten: nur Stützmauern < 1.5 m,

Anhand der Abgrenzungskriterien (Tab. 7) können 43 Typen „zusätzlicher Objekte“ für die Schweiz definiert werden. Diese sind in Tab. 8 aufgelistet und bildlich im Anhang III dargestellt. Die verworfenen Objekttypen (die keine Typen zusätzlicher Objekte sind), sind im Anhang IV aufgelistet.

Tab. 8: Liste der Typen zusätzlicher Objekte (Anzahl: 43)

<p>Aufbereitungsanlagen und Abwasserfilter Strassenentwässerung (inkl. SABA) Gruppe ‚Bankette, Böschungen, Gräben‘ Bankette Böschungen (< 3 m) Entwässerungsgräben Gruppe ‚Barrieren und Absperrungen‘ Barrieren und Absperrungen Rückhaltesysteme Strassengeländer Zäune inkl. Wildschutzzäune Gruppe Beleuchtung Beleuchtung Historische Altstadtleuchten Blenden Gruppe Objekttypen der Grünpflege Alleebäume Bepflanzung Grünfläche (Grass) Trennstreifen kleine Durchlässe (Ø < 1.5 m) Kreisel (Mittellinsel + funktionale Gestaltungselemente) Lärmschutzwände Gruppe Markierungen Behinderten-Wegleitungen Fussgängerstreifen Markierungen</p>	<p>Abdeckungen (Rost/Deckel inkl. Betonübergangsstück) Mauern (Gestaltungselemente; nicht tragend) Pumpstationen Gruppe Randabschlüsse Entwässerungsrinnen Randsteine Stellsteine und Stellplatten Wassersteine (Gruppe Schilder und Pfosten) Autobahnbeschilderung (gross, grün/blau) Informationsschilder inkl. Signaltafeln km/hm Angaben Pfosten / Poller Randleitpfosten Veloposten Verkehrsschilder Schilderbrücken (Gruppe Strassenentwässerung -nicht über Schulter-) Schlamm-sammler (Unterbau) Sammelleitungen Strassenentwässerungen Strassenentwässerungsleitungen Stützmauern (< 1.5 m) Verkehrsberuhigungsschwellen / Vertikalversätze Verkehrsin-seln und Horizontalversätze Versickerungsanlage</p>
--	--

2.4 VSS-Systematik für Typen zusätzlicher Objekte

Die Literatur aus Deutschland, Grossbritannien und Schweden zeigt eine Einteilung von Typen zusätzlicher Objekte, welche im Vergleich zur Schweiz spezifischer auf ‚zusätzliche Objekte‘ ausgerichtet ist [12], [62], [74], [75], [60]. Auch australische, amerikanische und neuseeländische Literaturquellen zeigen einen höheren Detaillierungsgrad auf [7], [11], [57], [71].

Die ‚sonstigen Anlageteile‘ in Deutschland sind als drittes, eigenständiges Teilsystem der Strassenverkehrsanlage neben Fahrbahnflächen und Ingenieurbauwerken positioniert. Sie umfassen Entwässerung, Erdkörper, Unterbau, Bepflanzung, Durchlässe, Ausstattung und Zubehör.

Grossbritannien zeigt mit den Anlagentypen „Strassenmöblierung“ und „Beleuchtung“ separate Teilsysteme für zusätzliche Objekte auf und ordnet gleichzeitig auch Typen zusätzlicher Objekte anderen Teilsystemen zu, bspw. Markierungen, Böschungen, Einschnidungen und Bankette den „Wegen“ oder Schwellen, Dämme und Viehgitter den „Kunstabauten“.

Die schwedische Quelle umfasst eine Auswahl an Typen ‚zusätzlicher Objekte‘, welche im Sinne der VSS-Normen gut in „technische Ausrüstungen“ (Schutzsysteme, Betriebs- und Sicherheitsanlagen, Beleuchtung) oder zu den ‚sonstigen Objekten‘ eingeteilt werden können.

Die Analyse der Kantone zeigt, dass ein Regelungsbedarf über die Norm SN 640 900a hinaus besteht, da eigene, spezifische Einteilungen vorgenommen wurden, um zusätzliche Objekte im Erhaltungsmanagement berücksichtigen zu können.

Die Recherche zeigt zwei Alternativen für die Anordnung der zusätzlichen Objekte in der VSS-Systematik auf:

- Zuordnung der Typen zusätzlicher Objekte zu den bestehenden Teilsystemen (Abb. 6)
- Neues, sechstes Teilsystem „zusätzliche Objekte“ (Abb. 7)

2.4.1 Mögliche Varianten

Die Norm 640 900a stellt fest, dass die gegebene Einteilung 'nicht abschliessend ist und sich in jede Richtung erweitern lässt'. Die in der Literaturrecherche ermittelten zwei Alternativen für die Anordnung der Typen zusätzlicher Objekte wurden im Projekt diskutiert, analysiert und anschliessend der Begleitkommission zur Auswahl vorgelegt.

Variante (A) umfasst die Eingliederung der Typen der zusätzlichen Objekte in die fünf bereits existierenden Teilsysteme von VSS 640 900a (Abb. 6).

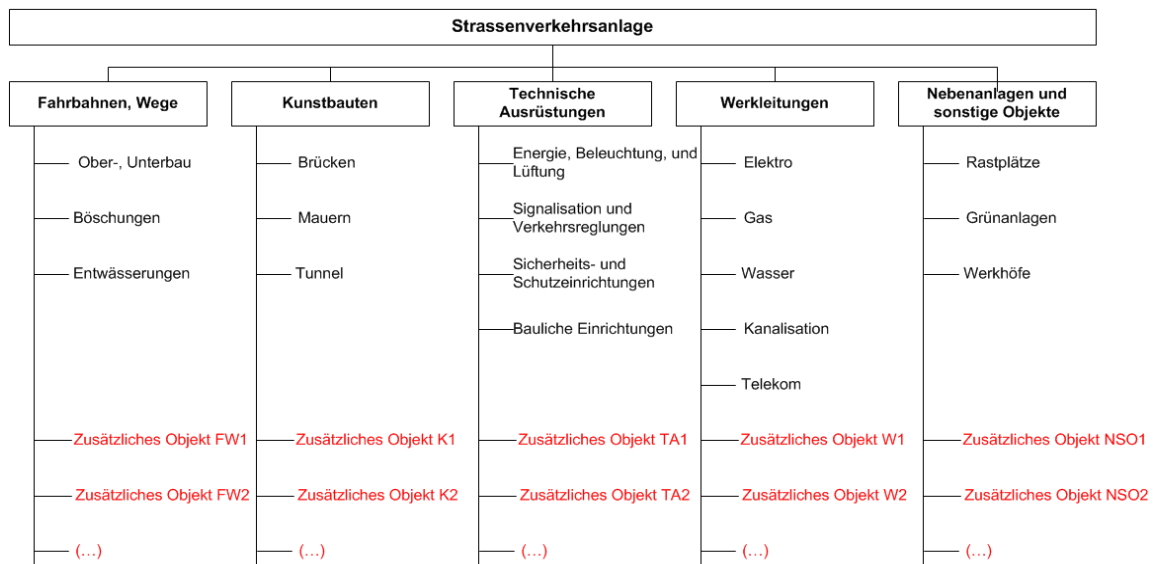


Abb. 6: Variante (A): Eingliederung der Typen zusätzlicher Objekte in die bestehenden Teilsysteme der Strassenverkehrsanlage

Vorteil dieser Alternative ist, dass die zusätzlichen Objekte – wo immer möglich – in die im Teilsystem üblichen Zustandserhebungsanleitungen und Managementzenarien integriert werden können. Ausserdem müssen bereits in den Normen erwähnte Objekttypen nicht verschoben werden, und demzufolge werden andere VSS-Normen sowie das Erhaltungsszenario (visuelle Kontrollen der Fahrbahnen, technische Prüfungen und Inspektionen für Kunstbauten usw.) nicht tangiert. Diese Variante ist damit kompatibel mit dem bestehenden Normenwerk des VSS.

Ein Nachteil dieser Variante ist, dass manche Objekttypen nicht eindeutig einem Teilsystem zugeordnet werden können. Auf Nationalstrassen gehören die elektrischen Leitungen beispielsweise zu den Werkleitungen. In kommunalen Strassennetzen gehören sie im Gegensatz dazu zu den technischen Ausrüstungen. Diesem Nachteil kann entgegengewirkt werden, indem die Typen der zusätzlichen Objekte pro Strassentyp [18] definiert werden. Vorteil dieser Einteilung ist, dass die Zustandserhebung der dem Teilsystem zugeordneten zusätzlichen Objekte direkt in die bestehenden Zustandserhebungen der Teilsysteme eingegliedert werden könnten, wobei dies manchmal operationell fragwürdig ist (Strassenentwässerungsleitungen können zum Beispiel nicht mit den gängigen Methoden der Zustandserhebungen der Fahrbahnoberflächen erfasst werden). Diese Methodennähe muss jedoch nicht zwingend gegeben sein.

Die alternative Variante (B), dargestellt in Abb. 7, sieht vor, mit den zusätzlichen Objekttypen ein separates, sechstes Teilsystem zu bilden.

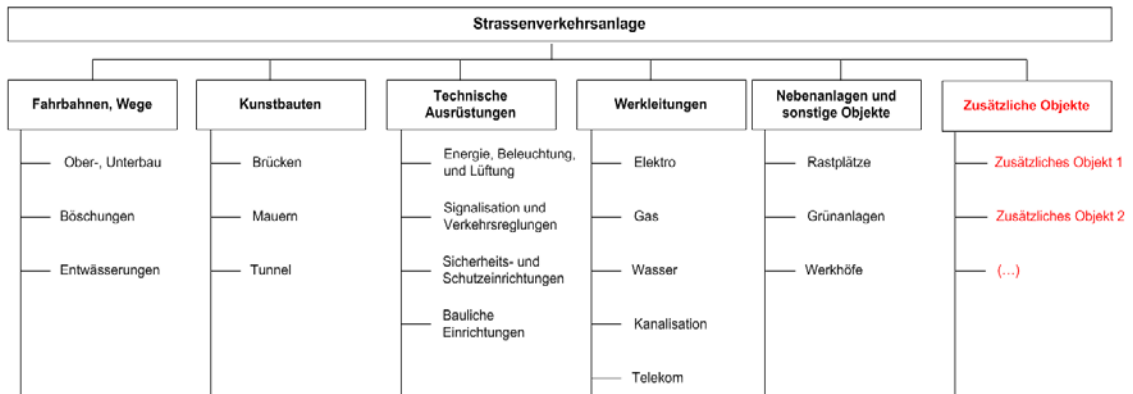


Abb. 7: Variante (B): Eingliederung der Typen zusätzlicher Objekte durch ein zusätzliches Teilsystem 'zusätzliche Objekte'

Diese Lösung hat den Vorteil, dass alle Typen zusätzlicher Objekte übersichtlich zusammengestellt eingeordnet werden und ihnen als 'zusätzliche Objekte' ein bestimmtes Gewicht und eine gewisse Aufmerksamkeit im Gesamtsystem zugestanden wird.

Nachteil dieser Variante ist, dass Objekttypen, die in anderen Normen und Richtlinien bereits integriert und jedoch nicht näher spezifiziert sind, als Typen zusätzlicher Objekte evtl. in das neue Teilsystem übernommen werden müssten. Diese Variante passt weniger reibungslos ins VSS Regelwerk.

2.4.2 Nutzwertanalyse Varianten

Zwecks Variantenentscheids wird eine Nutzwertanalyse (NWA) nach SN 641 820 durchgeführt (Tab. 9).

Tab. 9: Zusammenfassung der Nutzwertanalyse (vgl. SN 641 820)

Beurteilungs-kriterium	Gewichtung Summe	Detailkriterien	Gewichtung	Variante A		Variante B	
				Punktzahl	Nutzwert	Punktzahl	Nutzwert
Zustands-erfassungen	25%	Ähnlichkeiten mit Hauptobjekten im Teilsystem	25%	3	0.75	-3	-0.75
Modell-funktion	55%	Kompatibilität mit anderen VSS Normen	20%	3	0.6	-3	-0.6
		Ab- und Ausgrenzungskriterien	10%	3	0.3	-2	-0.2
		Keine Doppelspurigkeit	10%	-2	-0.2	2	0.2
		Direkter Gesamtüberblick aller zus. Objekte	15%	-3	-0.45	3	0.45
Referenz	20%	Ausland	5%	2	0.1	1	0.05
		Schweiz	15%	2	0.3	1	0.15
Total	100%		100%		1.4		-0.7

In einem ersten Schritt werden Beurteilungskriterien und Detailkriterien untereinander gewichtet. Damit wird festgelegt, mit welchem Gewicht jedes Detailkriterium in die Gesamtbeurteilung eingehen soll (Spalte ‚Gewichtung‘).

Im zweiten Schritt werden die in Abschnitt 2.4.1 genannten Vor- und Nachteile als Kriterien auf einer Skala von -3 bis +3 bewertet. '0' bedeutet, dass zum jeweiligen Indikator weder ein Vorteil für noch ein Nachteil gegen die Variante bestimmt werden kann. Ein kleiner Vor- bzw. Nachteil wird mit 1 bzw. -1 angedeutet, ein bedeutender Vor- bzw. Nachteil mit 2 bzw. -2. Sehr grosse Vor- bzw. Nachteile werden mit 3 bzw. -3 gekennzeichnet.

Im dritten Schritt werden die Punktzahlen mit den Gewichtungen multipliziert und zu einem Nutzwert zusammengefasst (Total der Spalte ‚Nutzwert‘).

Aus der Analyse (Tab. 9) ergibt sich ein höherer Nutzwert für Variante (A). Das heisst: es ist vorteilhafter, die Typen zusätzliche Objekte in die bestehenden Teilsysteme der Strassenverkehrsanlage einzugliedern Abb. 6, als ein neues Teilsystem zu erzeugen.

2.4.3 Entscheid Begleitkommission

Die Begleitkommission dieses Forschungsprojektes übernimmt die in der Nutzwertanalyse empfohlene Variante (A) „Einteilung der zusätzlichen Objekte in den bestehenden Teilsystemen“. Als Grundlage des Forschungsprojekts gilt somit die Zuordnung der zusätzlichen Objekte zu den Teilsystemen der VSS 640 900a.

2.5 Strassentypen und Strassenabschnitte

Das Vorkommen von zusätzlichen Objekten ist abhängig von der Belastung, der Lage im Bezug zum Siedlungsgebiet und der Funktion einer Strasse. Für dieses Forschungsprojekt ist daher eine pragmatische Strassentypisierung erforderlich, die eine Zuordnung und Relevanzprüfung der zusätzlichen Objekte ermöglicht.

Tab. 10 umfasst eine Darstellung der Strassentypen gemäss ihrer Funktion, Verkehrslast und Belastung. Diese Einteilung basiert auf der verkehrstechnischen Qualifikation (wie erläutert in Kap. 2.5.1), der täglichen Verkehrslast (Kap. 2.5.2) und der Belastungskategorie (Kap. 2.5.3) sowie dem geometrischen Normalprofil [24] und wurde (einschliesslich des Begriffes ‚Klasse‘) für diese Forschung erarbeitet und definiert. Die Swisstopo-Einteilung der Strassentypen (Kap. 2.5.4) weicht hiervon leicht ab.

Tab. 10: Strassentypen für dieses Forschungsprojekt

Klasse		Strassentyp nach VSS	Verkehrslast-kategorie	Belastungs-kategorie
I	Hauptverkehrsnetz ausserorts	HLS Hochleistungsstrassen, mit Richtungstrennung	T5 / T6	- ¹²
		HVS Hauptverkehrsstrassen, mit 2-4 Fahrstreifen	T4 / T5	- ¹³
		VSR Verbindungsstrassen regional: ausserorts	T3 / T4	- ¹⁴
II	Hauptverkehrsnetz innerorts	HVS Hauptverkehrsstrassen mit 2-4 Fahrstreifen	T4 / T5	IV
		HSS Hauptsammelstrassen	T3	II / III
		QSS Quartiersammelstrassen	T1 / T2	IB
III	Lokal, Erschliessung innerorts	QES Quartierserschliessungsstrassen	T1	IA
		ZFS Zufahrtsstrasse	T1	IA
		ZFW Zufahrtsweg	T1	IA
		LV Langsamverkehr innerorts (Fussgängerzonen, historische Verkehrswege)	T1	IA
IV	Lokal, Erschliessung ausserorts	VSL Verbindungsstrassen lokal: ausserorts inkl. grösseren Güterstrassen	T2	IC
		VW Verbindungsweg, inkl. kleinere Güterstrassen	T1 / T2	IC

Den einzelnen Strassentypen gemäss Tab. 10 als Grundlage für diese Forschung werden typische Strassenquerschnitte, veranschaulicht in den Profilskizzen, zugewiesen (Abb. 8).

¹² Die Belastungskategorien (vgl. Kap. 2.5.3) sind für kommunale Strassenverkehrsanlagen (mehrfach innerorts) konzipiert. Dieser Strassentyp liegt ausserorts und mehrheitlich im Bereich der Kantons- und Nationalstrassen.

¹³ idem

¹⁴ idem

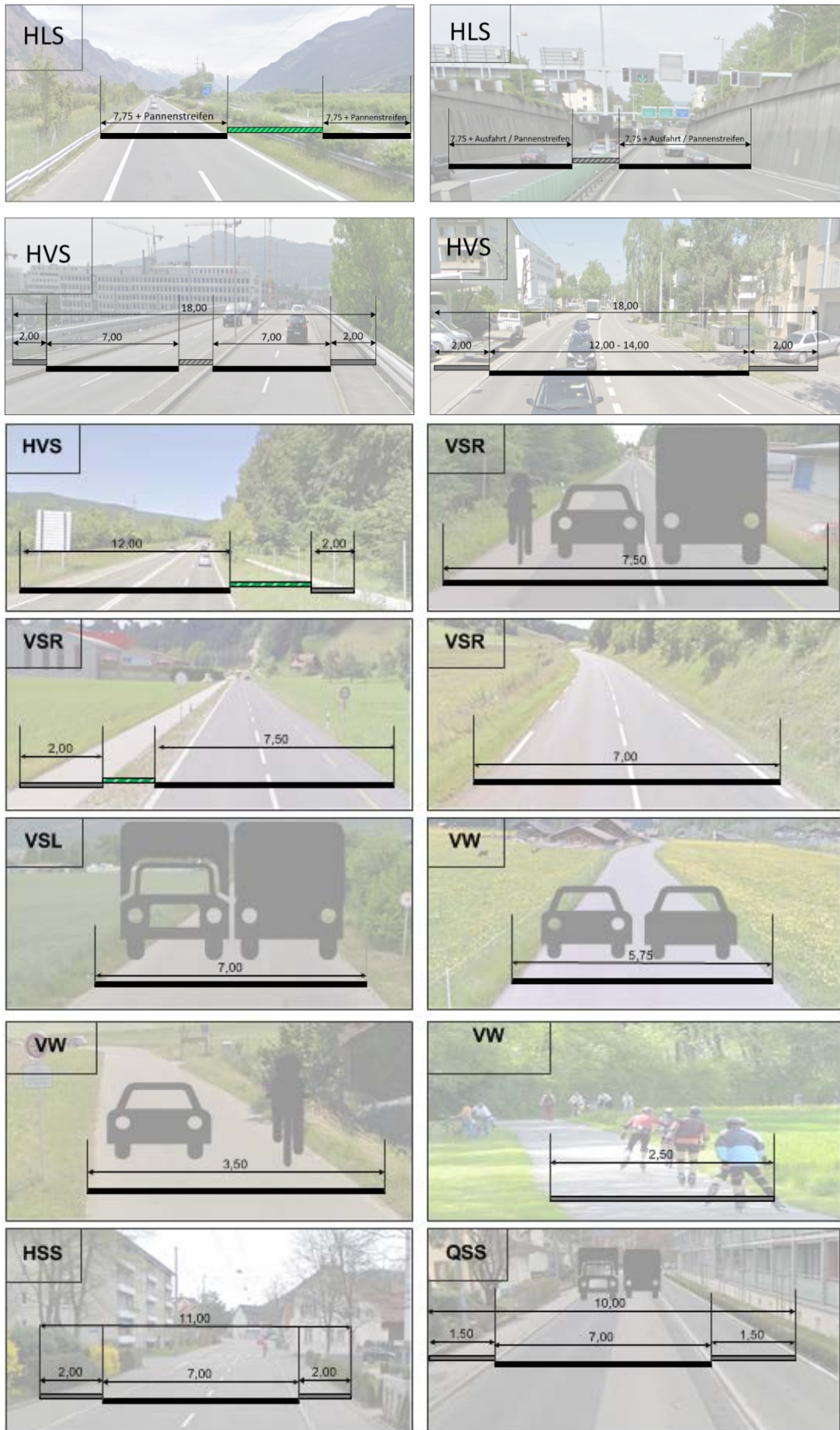


Abb. 8: Profilskizzen der Strassentypen (Teil 1)

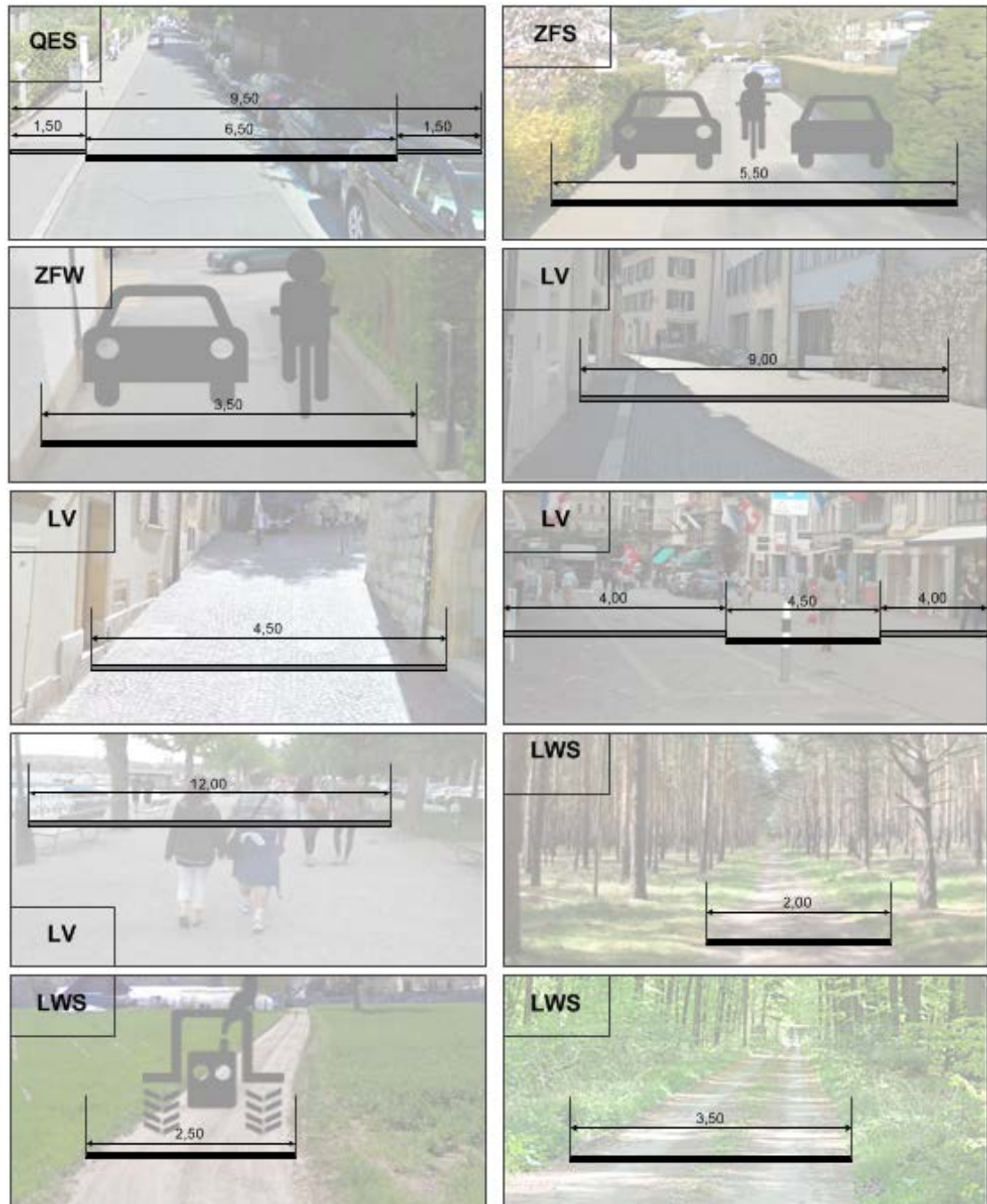


Abb. 8: Profilskizzen der Strassentypen (Teil 2)

Für die Strassentypen inkl. der typischen Querschnitte werden auf Grundlage der repräsentativen Abschnitte aus Norm [38] und der zugrundeliegenden Studie ‚Abschätzung des jährlichen Werteverlustes von kommunalen Strassennetzen‘ [56] repräsentative Abschnitte gebildet. Die Abschnitte haben innerorts eine Länge von 200 m und ausserorts von 1000 m.

2.5.1 Norm SN 640 040b: verkehrstechnische Klassifikation

In Norm SN 640 040b ff sind Strassen und Wege aufgrund ihrer wesentlichen Aufgabe, ihrer Bedeutung und Funktion im Netz sowie ihrem Bezug zur Besiedlung und zur Umwelt in fünf Strassentypen unterschieden:

- Hochleistungsstrassen (HLS), erläutert in [19]
 - Autobahnen (mit baulicher Richtungstrennung)
 - Autostrassen (ohne bauliche Richtungstrennung)
- Hauptverkehrsstrassen (HVS), erläutert in [20]
 - ausserhalb besiedelter Gebiete (nachfolgend ‚HVS ausserorts‘ genannt)
 - innerhalb besiedelter Gebiete (HVS innerorts)
- Verbindungsstrassen (VS), erläutert in [21]
 - Verbindungsstrassen regional (VSR)
 - Verbindungsstrassen lokal (VSL)
 - Verbindungsweg (VW)
- Sammelstrassen (SS), erläutert in [22]
 - Hauptsammelstrassen (HSS)
 - Quartiersammelstrassen (QSS)
- Erschliessungsstrassen (ES), erläutert in [23]
 - Quartierserschliessungsstrassen (QES)
 - Zufahrtsstrassen (ZFS)
 - Zufahrtsweg (ZFW)

Aus dieser funktionalen Systematik folgen unterschiedliche Sicherheitsanforderungen und verschiedene Anforderungen an Ausbaugrad, Nutzung und Betrieb. Die Normen [25] und [26] geben zudem Aufschluss über die (minimalen) Breiten der Strassen.

2.5.2 Norm SN 640 324a: Verkehrslastkategorien

In Norm SN 640 324a werden Strassen zwecks Dimensionierung des Strassenoberbaus sowohl nach Tragfähigkeit (von S0 = sehr leicht bis S4 =sehr schwer) als auch in Verkehrslastkategorien (von T1: ≤ 30 tägliche äquivalente Verkehrslast, bis T6: 3000 -1000 tägliche äquivalente Verkehrslast) eingeteilt.

Tab. 11: Verkehrslastklassen [27]

Verkehrslastklassen für die Dimensionierung auf 20 Jahre	
Verkehrslastklassen T_{l20}	Tägliche äquivalente Verkehrslast
T1 ₂₀ Sehr leicht	≤ 30
T2 ₂₀ Leicht	> 30 ... 100
T3 ₂₀ Mittel	> 100 ... 300
T4 ₂₀ Schwer	> 300 ... 1000
T5 ₂₀ Sehr schwer	> 1000 ... 3000
T6 ₂₀ Extrem Schwer	> 3000 ... 10 000

2.5.3 Norm SN 640 986: Belastungskategorien im kommunalen Strassennetz

Norm SN 640 986 und der zugrunde liegende Forschungsbericht VSS 2002/703 (2005) teilen die schweizerischen Strassen im Siedlungsgebiet in sechs Belastungskategorien ein. Je Belastungskategorie werden repräsentative Querschnitte zugrunde gelegt. Diese Systematik ermöglicht Gemeinden analog zur im Bericht dargestellten Methode, zusätzliche Kategorien zu definieren.

Tab. 12: Belastungskategorien [38]

Belastungskat.	Verkehrslastkat.	Verkehrstechnische Klassifikation	
IA	T1 /T2	ES (QES, ZFS und ZFW)	Erschliessungsstrasse im Ortskern
IB	T1 /T2	SS (HSS, QSS)	Sammelstrasse im Ortskern
IC	T1 /T2	ES/SS	Erschliessungs- oder Sammelstrasse ausserhalb Ortskern
II	T3	VS (VSR, VSL und VW)	Verbindungsstrasse
III	T4	HVS	Hauptverkehrsstrasse im Siedlungsbereich
IV	T5 / T6	HVS	Hauptverkehrsstrasse im Siedlungsbereich

2.5.4 Swisstopo

Swisstopo benutzt zur Systematisierung der verschiedenen Strassentypen neun Klassen, die hauptsächlich nach Ausbaustandard differenziert sind. In dieser Strassentypisierung sind nicht nur Strassen und Wege, die für den motorisierten Verkehr vorgesehen sind, definiert, sondern auch Velo-/Fusswege sowie Wanderwege.



Autobahn, richtungsgetreunt

- Kreuzungsfreie Schnellverkehrsstrasse
- Richtungsgetrennte Fahrbahnen mit Mittelstreifen
- Kein gemischter Verkehr (Velos, Traktoren)
- Mit der grünen Brückentafel signalisiert
- Alle öffentlichen Ein- und Ausfahrten sind dargestellt
- Alle Rast- und Parkplätze sind dargestellt



Autostrasse, nicht richtungsgetreunt

- Kreuzungsfreie Schnellverkehrsstrasse
- 2 oder mehr Fahrspuren ohne Mittelstreifen
- Kein gemischter Verkehr (Velos, Traktoren)
- Mit der grünen Autotafel signalisiert
- Alle öffentlichen Ein- und Ausfahrten sind dargestellt
- Alle Rast- und Parkplätze sind dargestellt



1. Kl.-Strasse

- Mindestens 6 m breit
- Zwei Lastwagen können ungehindert kreuzen
- Mit Hartbelag und ausgeglichenen Steigungen unter 10%
- Oft mit Velostreifen und Trottoir (in der Karte nicht dargestellt)
- Meistens blau signalisierte Hauptstrassen

Abb. 9: Swisstopo Strassenklassen



2. Kl.-Strasse

- Mindestens 4 m breit
- Zwei Personenwagen können ungehindert kreuzen
- Mit Hartbelag und Steigungen unter 15%
- Ortsverbindungen und wichtige Strassen innerorts
- Sehr oft weiss signalisierte Nebenstrassen



Quartierstrasse

- Mindestens 4 m breit
- Immer mit Hartbelag
- Möglicherweise verkehrsberuhigt
- Ohne Bedeutung für den Durchgangsverkehr
- Ausserorts Zufahrt zu wichtigen Anlagen und Objekten



3. Kl.-Strasse

- Mindestens 2,80 m breit
- Meistens mit Hartbelag
- Bei normalen Verhältnissen mit Lastwagen befahrbar
- Kreuzen nur bei Ausweichstellen
- Erschliessung von Dörfern, Weilern und wichtigen Einzelgebäuden
- Wichtige Strassen für Land- und Forstwirtschaft



4. Kl., Fahrweg

- Mindestens 1,80 m breit
- Bei normalen Verhältnissen mit Personenwagen befahrbar
- Gute Wege für Land- und Forstwirtschaft, oft mit Gras in der Mitte
- Möglicherweise mit Fahrverbot



5. Kl., Feld-, Wald-, Veloweg

- *Feld- und Waldweg*: ohne ausreichenden Unterbau
- Oft nur mit Geländefahrzeug oder Traktor befahrbar
- Auswahl von schlecht unterhaltenen Wirtschaftswegen
- *Veloweg*: mit oder ohne Hartbelag
- Auch parallel zu Strassen, aber davon getrennt angelegt



6. Kl., Fussweg

- Für Fussgänger bestimmte Verbindung
- Vom Bergpfad bis zum breiten Spazierweg
- Oft Teil einer Wanderroute (gelb oder weiss-rot-weiss markiert)
- Unterbrochen dargestellt: Wegspur im Gebirge (eventuell weiss-blau-weiss markiert)

Abb. 9: Swisstopo Strassenklassen (Fortsetzung)

2.6 Das Vorkommen von zusätzlichen Objekten

Das Vorkommen von zusätzlichen Objekten ist abhängig von der Belastung, der Lage im Bezug zum Siedlungsgebiet und der Funktion einer Strasse. Die für diese Forschung entwickelte Strassentypisierung (Tab. 10) inklusive der dargestellten Querschnitte (Abb. 8) und Abschnittslängen (200 m für Klasse II, III und IV und 1000 m für Klasse I) ermöglicht eine Zuordnung der zusätzlichen Objekte hinsichtlich Vorkommen und Anzahl

2.6.1 Typen zusätzlicher Objekte je Strassentyp

Die Zuordnung erfolgt auf Grundlage der Erkenntnisse der Literaturrecherche sowie einer Überprüfung der Zuordnung durch die Experten (vgl. Kap. 1.6). Von den Experten wurde eine Abschätzung pro Objekttyp vorgenommen, bei welchen Strassentypen dieses anzutreffen ist und je Abschnitt in welchem Ausmass.

Die Zuordnung ist dargestellt in Tab. 13. Dabei wird unterschieden, ob Objekttypen oft oder selten bei den jeweiligen Strassentypen vorkommen. ‚Objekttypen mit Standardvorkommen‘ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass ein Objekttyp (fast) immer vorhanden ist und eine Anzahl, ein Ausmass oder ein Prozentsatz festzustellen ist. Die seltenen Objekttypen kommen an manchen Strassenabschnitten vor, bei den meisten nicht oder dermassen unregelmässig, dass eine Anzahl oder ein Prozentsatz nicht oder nur unzuverlässig festzulegen ist.

Tab. 13: Typen zusätzlicher Objekte pro Strassentyp

Klasse	Strassentyp	Objekttypen mit Standardvorkommen	seltenes Vorkommen
Klasse I: Ausserorts, Hauptnetz	Hochleistungsstrassen (HLS)	Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück) Autobahnbeschilderung (gross, grün/blau) Bankette Blenden Böschungen Entwässerungsgräben Grünfläche (Grass) kleine Durchlässe $\varnothing < 1.5$ m km- / hm-Angabe Lärmschutzwände Markierungen Randleitpfosten Rückhaltesysteme Sicherheitszäune und -barrieren Stützmauern < 1.5 m Trennstreifen Verkehrsschilder	Abwasserfilter (SABA) Beleuchtung Pumpstationen Schlammsammler (Unterbau) Versickerungsanlagen
	Hauptverkehrsstrassen ausserorts (HVS ausserorts)	Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück) Bankette Markierungen Grünfläche (Grass) Böschungen kleine Durchlässe $\varnothing < 1.5$ m Randleitpfosten Beleuchtung Verkehrsschilder Verkehrsschilder Fussgängerstreifen	Abwasserfilter Lärmschutzwände Versickerungsanlagen Entwässerungsgräben Rückhaltesysteme Stützmauern < 1.5 m Kreisel Pumpstationen

Klasse	Strasstyp	Objekttypen mit Standardvorkommen	seltene Vorkommen
Klasse I (Fortsetzung)	Verbindungsstrassen regional (VSR)	Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück) Bankette Markierungen Grünflächen (Grass) Böschungen kleine Durchlässe Ø < 1.5 m Beleuchtung Randleitpfosten Verkehrinseln Verkehrsschilder Fussgängerstreifen	Abwasserfilter Entwässerungsgräben Keisel Lärmschutzwände Pumpstationen Rückhaltesysteme Sammelleitungen Abwasser Stützmauern < 1.5 m Versickerungsanlagen
	Hauptverkehrsstrassen innerorts (HVS innerorts)	Beleuchtung Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück) Randsteine Strassenentwässerungsleitungen Schlammsammler Unterbau Markierungen Stellsteine & Stellplatten Verkehrinseln Fussgängerstreifen Verkehrsschilder	Alleebäume Bepflanzungen Informationsschilder Keisel Pfosten / Poller Rückhaltesysteme Strassengeländer Trennstreifen Wassersteine
Klasse II: Innerorts, Hauptnetz	Hauptsammelstrassen (HSS)	Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück) Beleuchtung Randsteine Stellsteine & Stellplatten Schlammsammler Unterbau Markierungen Strassenentwässerungsleitungen Verkehrinseln Fussgängerstreifen Alleebäume Verkehrsschilder	Behinderten-Wegleitungen Bepflanzungen Grünfläche (Grass) Informationsschilder Keisel Pfosten / Poller Stellsteine & Stellplatten Strassengeländer Trennstreifen Veloposten Wassersteine
	Quartiersammelstrassen (QSS)	Beleuchtung Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück) Randsteine Schlammsammler Unterbau Strassenentwässerungsleitungen Fussgängerstreifen Verkehrsschilder Markierungen	Alleebäume Behinderten-Wegleitungen Bepflanzungen Entwässerungsrinnen Grünfläche (Grass) Informationsschilder Keisel Markierungen Mauern Pfosten / Poller Stellsteine & Stellplatten Strassengeländer Veloposten Verkehrinseln Vertikalversätze (Verkehrsberuhigung) Wassersteine
Klasse III: Innerorts, Untergeordnetes Netz	Quartierserschliessungsstrassen (QES)	Beleuchtung Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück) Randsteine Schlammsammler Unterbau Strassenentwässerungsleitungen Fussgängerstreifen Verkehrsschilder Markierungen	Alleebäume Behinderten-Wegleitungen Bepflanzungen Entwässerungsrinnen Grünfläche (Grass) Informationsschilder Keisel Markierungen Mauern Pfosten / Poller Stellsteine & Stellplatten Strassengeländer Veloposten Verkehrinseln Vertikalversätze (Verkehrsberuhigung) Wassersteine

Klasse	Strasstyp	Objekttypen mit Standardvorkommen	seltenes Vorkommen
	Zufahrtsstrassen & Zufahrtswege (ZFS & ZFW)	Randsteine	Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück) Beleuchtung Entwässerungsrinnen Mauern Strassenentwässerungsleitungen Pfosten / Poller Sammelleitungen Abwasser Schlammsammler (Unterbau) Stellsteine & Stellplatten Verkehrsschilder
	Langsamverkehr innerorts (LV innerorts)	Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück) Behinderten-Wegleitungen Beleuchtung Entwässerungsrinnen Historische Altstadtleuchten Informationsschilder Strassenentwässerungsleitungen Pfosten / Poller Randsteine Schlammsammler (Unterbau) Stellsteine & Stellplatten Veloposten Verkehrsschilder	Alleebäume Bepflanzungen Markierungen Mauern Sammelleitungen Abwasser Strassengeländer Wassersteine
Klasse IV: Ausserorts, untergeordnetes Netz	Lokale Verbindungsstrassen (VSL)	Bankette Böschungen	Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück) Beleuchtung Entwässerungsgräben kleine Durchlässe Ø < 1.5 m Pumpstationen Rückhaltesysteme Schlammsammler Unterbau Stützmauern < 1.5 m Verkehrsschilder
	Verbindungswege (VW)	Bankette Böschungen	Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück) Beleuchtung Entwässerungsgräben kleine Durchlässe Ø < 1.5 m Pumpstationen Rückhaltesysteme Schlammsammler Unterbau Stützmauern < 1.5 m Verkehrsschilder

2.6.2 Zuordnung zu den Teilsystemen der Strassenverkehrsanlage gemäss Norm 640 900a

Die in Kap. 1.1 vorgestellte Zuordnung in die Teilsysteme der VSS Grundnorm [29] beinhaltet, dass die in Tab. 13 festgelegten Typen zusätzlicher Objekte pro Strasstyp jeweils einem der fünf Teilsysteme zugeordnet werden.

Die fünf Teilsysteme der VSS-Norm 640 900a sind:

- Fahrbahnen und Wege
- Kunstbauten
- technische Anlagen
- Werkleitungen
- sonstige Objekte

Nachfolgend werden pro Teilsystem die bereits zugeteilten Objekttypen und die in Tab. 13 zugewiesenen Typen zusätzlicher Objekte erläutert. Eventuelle Besonderheiten (Bsp. Unterschiede pro Strasstyp, nicht zugeteilte Objekttypen) werden ebenfalls erörtert.

Abb. 10 auf Seite 43 zeigt die zugeteilten Typen zusätzlicher Objekte der Strassenverkehrsanlage. Manche Objekttypen kommen in mehreren Teilsystemen vor. Die Zuteilung hat keinen Einfluss auf die Relevanz der Objekttypen für eine Zustandserhebung.

Das Teilsystem „Fahrbahnen und Wege“ enthält aktuell Ober- und Unterbau¹⁵, Böschungen und Entwässerung. Die Böschungen sind im Sinne eines zusätzlichen Objektes auf eine Höhe kleiner als 3 m beschränkt; grössere Böschungen werden als Dämme und somit als Hauptobjekte des Teilsystems „Kunstabauten“ betrachtet. Ausserorts ist der oberflächliche Abfluss von Strassenabwasser üblich, mit oder ohne Entwässerungsgraben. In Gebieten, wo die Natur sensibel ist (See, Naturschutz) oder die Schadstoffkonzentrationen im Abwasser wegen hohem Verkehrsaufkommen zu hoch sind, darf das Strassenabwasser nicht ungefiltert abgeführt werden. Innerorts wird das Meteorwasser üblicherweise in die Siedlungsentwässerung geleitet. Erweiterungen dieses Teilsystems mit Typen zusätzlicher Objekte sind: Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück), Bankette, Blenden, Entwässerungsgräben km/hm-Angaben, Markierungen, Randleitpfosten, Trennstreifen und Verkehrsschilder. Innerorts sind es Entwässerungsrinnen, Abdeckungen (ausgenommen Schlamm-sammlerdeckel; diese werden dem Teilsystem „Werkleitungen“ zugeteilt), Behinderten-Wegleitungen, Kreisel, Markierungen, Randsteine, Stellsteine und Stellplatten, Verkehrsberuhigungsschwellen (Vertikalversätze), Verkehrsinseln (Horizontalversätze), Verkehrsschilder und Wassersteine.

Das Teilsystem „Kunstabauten“ enthält aktuell Brücken, Mauern und Tunnel. Die Abgrenzung zusätzlicher Objekte gegen die Hauptobjekte des Teilsystems „Kunstabauten“ definiert sich durch die Notwendigkeit einer Tragfähigkeitsbemessung nach SIA. In diesem Teilsystem befinden sich einige wenige Typen zusätzlicher Objekte: Pumpstationen, Lärmschutzwände, Autobahnbeschilderungen (gross, grün, blau) und kleine Stützmauern (Höhe < 1.5 m), welche keiner SIA Tragfähigkeitsbemessung bedürfen. Wegen ihrer Ähnlichkeiten zu den Objekttypen dieses Teilsystems werden Aufbereitungsanlagen für Strassenentwässerung (u. A. sogenannte SABA) und Versickerungsanlagen ebenfalls diesem Teilsystem zugerechnet (Kap. 4: Ausblick auf Zustandserhebung). Objekttypen wie Wannen, Becken, Geschiebesammler und Kiesfangen (Schutzbauten gegen Naturgefahren) werden in dieser Forschungsarbeit nicht als zusätzliche Objekte betrachtet (Kap. 2.3.3).

Das Teilsystem „Technische Ausrüstungen“ enthält einerseits Betriebs- und Sicherheitsanlagen (BSA) und andererseits übrige elektromechanische Anlagen. Auch Schutz- und Sicherheitsobjekte können diesem Teilsystem zugeordnet werden. Die Studie ‚generelle Fachkonzepte‘ [59] definiert die elektromechanischen Anlagen in kommunalen und städtischen Strassennetzen inklusive elektromechanische Werkleitungen. Verkehrslichter gelten nicht als zusätzliche Objekte, weil ihre Zustandserhebung bereits in einer Norm beschrieben ist (siehe Kap. 2.3.3). Die Normen SN 640 960 bis SN 640 964 beschreiben das Erhaltungsmanagement von technischen Ausrüstungen. Als Typen zusätzlicher Objekte dieses Teilsystems gelten die Rückhaltesysteme (Leitplanken), die Strassengeländer und beleuchtete Verkehrsschilder¹⁶.

Das Teilsystem „Werkleitungen“ enthält, je nachdem, ob sich die Strassenverkehrsanlage im Siedlungsgebiet oder ausserhalb befindet, elektromechanische Werkleitungen, Siedlungsentwässerung, Gasleitungen, Wasserleitungen und Telekomleitungen. In Siedlungsgebieten findet nur selten oberflächlicher Abfluss mit anschliessendem Versickern statt, und das Meteorwasser wird in der Regel durch die Schlamm-sammler, Meteorwasserleitung und Kanalisation (Siedlungsentwässerung) abgeführt. Die Kanalisation im Siedlungsgebiet einschliesslich Kontrollschächte wird zu den Werkleitungen gerechnet und unterliegt einem eigenen Kontrollregime [59]. Somit sind auch Kontrollschächte Sache der Siedlungsentwässerung und im Regelfall kein Teil der Strassenverkehrsanlage. Dennoch sind bei grösseren Überbauungen mit eigenen Verkehrsflächen die Sammelleitungen mit Kontrollschächten Teil der Strassenverkehrsanlage. Typen zusätzlicher Objekte in diesem Teilsystem sind die Schlamm-sammler (Unterbau und Abdeckungen) und die Strassenentwässerungsleitungen, die zur Kanalisation leiten. Durchlässe gehören innerorts

¹⁵ Unterschiedliche Strassenbeläge als Teil des Oberbaus werden nicht als zusätzliche Objekte betrachtet.

¹⁶ Beleuchtete Verkehrsschilder werden in den nächsten Jahren durch Schilder, die mit einer reflektierenden Folien überzogen sind, ersetzt (Interviews mit Interviewpartnern).

nicht zu den zusätzlichen Objekten. Ausserorts gehört dieser Objekttyp zum Teilsystem „Fahrbahnen und Wege“.

Zum Teilsystem „Nebenanlagen und sonstige Objekte“ gehören aktuell die Objekttypen Rastplätze, Grünanlagen und Werkhöfe. Diesem Teilsystem werden die Objekttypen Grünflächen, Bepflanzung und Alleebäume (für die innerorts die Grünabteilung des Tiefbauamtes der Gemeinde zuständig ist) zugeteilt. Ausserorts gehören die Sicherheitszäune und -Barrieren und die Grünflächen zu diesem Teilsystem.

Die in Tab. 8 aufgelisteten Typen zusätzlicher Objekte sind in Abb. 10 den Teilsystemen zugeordnet.

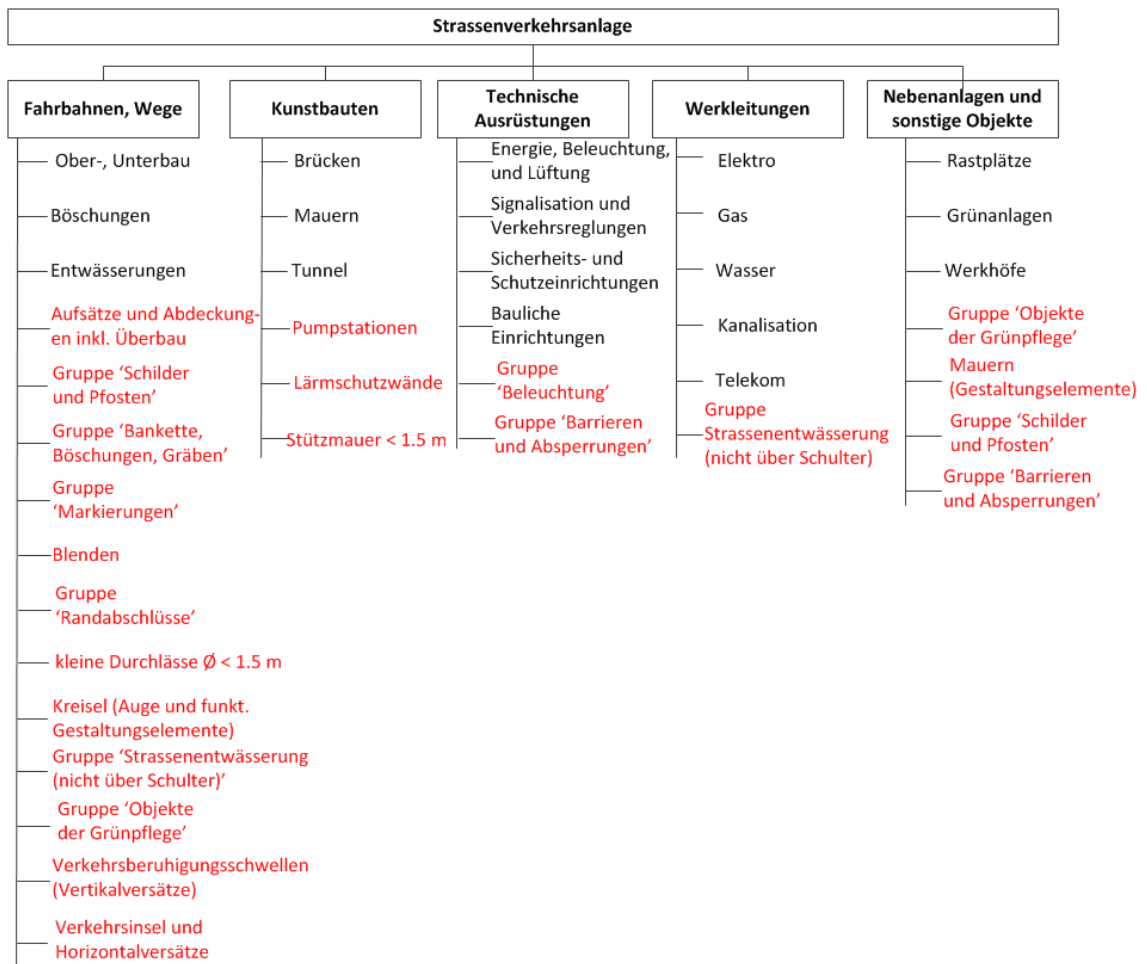


Abb. 10: Typen zusätzlicher Objekte pro Teilsystem der Strassenverkehrsanlage

Zum Teil kommen Objekttypen in mehr als einem der Teilsysteme vor (Bsp. Strassenentwässerungsleitungen; sowohl im Teilsystem ‚Fahrbahnen und Wege‘ als auch in ‚Werkleitungen‘). Ausserorts wird die Strassenentwässerung typischerweise zum Teilsystem ‚Fahrbahn und Wege‘ gerechnet, innerorts zu den Werkleitungen. Für die Zustandserhebung werden die Techniken und die gängige Praxis zur Erhebung der Zustände der Werkleitungen aufgrund der Beschaffenheit eher Anhaltspunkte geben können als die der Fahrbahnen und Wege.

3 Objektrelevanz für zustandsorientierte Erhaltung

Ziel des Projektes ist es, dass Strassenbetreiber entscheiden können, ob ein bestimmter Objekttyp die Voraussetzungen erfüllt, damit eine periodische, netzweite Zustandserhebung (vgl. Kap. 2.2 als Abgrenzung dazu bedarfsweise netzweite oder projektbezogene Zustandserhebung) zielführend und wirtschaftlich ist. In diesem Kapitel werden diejenigen Objekttypen selektiert, für die unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten eine periodische, netzweite Zustandserhebung die optimale Erhaltungsstrategie ist.

Diese Entscheidung fällt vor dem Hintergrund der Ziele eines Erhaltungsmanagements (vgl. Kap.2.1.1). Hierbei sind verschiedene Aspekte abzuwägen: Sicherheit, Verfügbarkeit, Kosten etc. Im Rahmen dieser Ansprüche gilt es, die Erhaltung zu optimieren. Dazu müssen Abhängigkeiten erkannt und abgewogen werden, so dass für die einzelnen Objekttypen die jeweils optimale Erhaltungsstrategie ermittelt werden kann. Diese Ermittlung erfolgt in Anlehnung an das Konzept der zuverlässigkeitsorientierten Erhaltung (Kap. 3.1).

3.1 Zuverlässigkeitsorientierte Erhaltung und Erhaltungsstrategien

Für die Erhaltung der zusätzlichen Objekte an Strassenverkehrsanlagen sind unterschiedliche Erhaltungsstrategien zielführend, je nach Ausprägung verschiedener Randbedingungen, wie z.B. [48]:

- Ausfallverhalten des zusätzlichen Objektes
- Konsequenz im Fall einer Störung
- Vergleich der Erhaltungskosten bezogen auf den Wiederbeschaffungswert
- Reparaturzeit bzw. Unterbrechungszeit des Verkehrs
- Ersatzbeschaffung
- Ersatzteilbeschaffung und Bevorratung

Das zuverlässigkeitsorientierte Erhaltungsmanagement (Engl: RCM; Reliability Centred Management) ist ein Erhaltungskonzept, mit dem ein wirtschaftlich optimaler Einsatz verschiedener Erhaltungsstrategien je nach Situation oder Anlagentyp erzielt wird (DIN 31051; [40]).¹⁷

Mögliche Strategiealternativen sind (vgl. [34], [41], [48]):

1. Intervallbasierte oder periodische Erhaltung (time-based maintenance):

Bei dieser Strategie sind die „Zählerstände“ (Anzahl Jahre, Runden, mm Niederschlag, Leuchtstunden usw.) der Auslöser für Wartung sowie für Instandhaltungs- und Instandsetzungsmassnahmen. Im Fall eines erwarteten und zuverlässig vorhersagbaren Störfalls (= Ende erwartete Nutzungsdauer) ersetzt man das Objekt intervallbasiert

2. Vorausschauende Erhaltung / präventiver Ersatz (preventive restoration / preventive replacement maintenance) Objekte oder Objektteile werden hinsichtlich zukünftigen Versagens präventiv / frühzeitig ersetzt, z.B. gleichzeitig mit der Erhaltung der Fahrbahn (Blockersatz). Diese Strategie wird gewählt für Objekttypen, deren Versagen zwischen zwei Fahrbahnerhaltungsmassnahmen aus Kosten- und/oder Sicherheitsgründen auf einer sehr geringen Wahrscheinlichkeit reduziert werden soll.

3. Zustandsorientiert Erhaltung (condition-based maintenance)

Der Zustand wird in wiederkehrenden Intervallen aufgenommen, und anhand dieser Aufnahmen wird der Handlungsbedarf bis zur nächsten Erhebung bestimmt. Die zustandsorientierte Erhaltungsstrategie darf nur dann gewählt werden, wenn die Zeitspanne zwischen dem Moment, ab dem eine mögliche Fehlerursache nachweisbar wird und dem Moment, in dem ein Stör- oder Ausfall (Vgl. Begriffsdefinition Kap. 3.3.1) vorliegt (Schadenentwicklungszeit), grösser ist als das Zustandserhebungsintervall.

¹⁷ In der Literatur (Bsp. IFINKOR (2008, September 2013) "Erfolgsfaktoren einer risikobasierten Instandhaltung, Referat am 22. ÖVIA Kongress vom 7. - 8. Oktober 2008", SAE International (2009) Norm "JA1011 AUG2009, Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes" und DIN 3105) finden sich Beispiele für das zuverlässigkeitsorientierte Erhaltungsmanagement mehrheitlich für Anlagen, Maschinen, Fahr- und Flugzeuge.

Einerseits muss genug Zeit bleiben, um einen kleinen Schaden zu beheben oder einer Funktionsstörung vorzubeugen, andererseits soll das Objekt zwischen zwei Inspektionen möglichst zuverlässig funktionieren, da erst bei der nächsten Inspektion wieder eine Einschätzung für den Handlungsbedarf gemacht werden kann. Ausserdem soll es physisch möglich sein, all diese Objekte oder Objektteile innert dieser Zeit zu inspizieren. Eine Bedingung für die zustandsorientierte Erhaltung ist ausserdem, dass der Zustand eines Objektes feststellbar ist und mit einem früheren Zustand verglichen werden kann

Wenn keine geeignete ‚eigentliche‘ Erhaltungsstrategie bestimmt werden kann, bestehen noch zwei Handlungsalternativen, um auf einen Ausfall zu reagieren [40], [41], [48]:

4. Ausfallorientierte Erhaltung (run-to-fail):

Nach dem spontanen Ausfall wird das Hauptaugenmerk auf eine schnelle Instandsetzung gelegt. Die ausfallorientierte Erhaltung umfasst das bewusste Akzeptieren eines Funktionsausfalls. Diese Strategie kommt zur Anwendung, wenn Sicherheits- und Umweltrisiken weitestgehend ausgeschlossen werden können. Auch muss der Ersatz oder die Reparatur einfach und schnell (und am besten kostengünstig) durchzuführen sein.

5. Systemänderung (one-time changes to the system):

Die gesamte Strassenverkehrsanlage oder grosse Teile davon, ein ganzes Objekt oder Teile davon werden revidiert oder anders konzipiert und konstruiert. Die Systemänderung ist keine Erhaltungsstrategie im eigentlichen Sinne, weil es sich nach der Systemänderung um ein neues System handelt.¹⁸ Nach der Erneuerung der Komponente werden für diese wiederum neue Erhaltungsstrategien definiert.

3.2 Begriffe ‚risikobasiert‘ und ‚zuverlässigkeitsorientiert‘

Die Abgrenzung der Risikoanalyse zum Konzept der zuverlässigkeitsorientierten Erhaltung besteht in der Betrachtung der Stör- und Ausfälle. In der zuverlässigkeitsorientierten Erhaltung wird das Ausfallverhalten zuerst als eine beschreibende Grösse (bspw. Art, Moment oder räumliche Charakteristiken des Ausfalls) analysiert [41], [48], [64], [66]. In der risikobasierten Analyse wird direkt die Eintrittswahrscheinlichkeit für den Stör- oder Ausfall (oder alternativ die Ausfallrate) quantifiziert oder (in einer qualitative Risikoanalyse) abgeschätzt [5], [42], [43], [45], [55].

Auch ohne die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Stör- oder Ausfalls genau zu quantifizieren, soll die Wahl einer Erhaltungsstrategie pro Objekttyp auf die Eintrittswahrscheinlichkeit des Risikos einwirken. Ähnlich wie Massnahmenstrategien sollen Erhaltungsstrategien die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Stör- oder Ausfalls verringern [45].

Eine häufig angewandte und in der Literatur der zuverlässigkeitsorientierten Erhaltung erwähnte Technik für die Identifikation von Funktionen, Funktionsstörungen und deren Auswirkungen ist die Ausfalleffektanalyse (Failure Mode and Effects Analysis, evtl. mit zusätzlichem ‚C‘ für Criticality) [54], [70], [52], [67]. Diese Technik wird nicht nur in der zuverlässigkeitsorientierte Erhaltung, sondern auch in verschiedenen anderen Erhaltungskonzepten, wie zum Beispiel der risikobasierte Erhaltung angewandt, Bsp. zur Identifikation von Szenarien für Ereignisse, die zu bestimmten Auswirkungen führen [55]. Eine Risikoanalyse innerhalb der zuverlässigkeitsorientierten Erhaltung dient bspw. dazu, das Ausfallverhalten während eines Lebenszyklus zu bestimmen¹⁹ [70], [45].

Die vorliegende Forschungsarbeit lehnt sich mit ihrer Definition der Funktionen, Funktionsstörungen und Auswirkungen an die zuverlässigkeitsorientierte Erhaltung an. Im Gegensatz zu einem herkömmlichen RCM-Ansatz geht es in diesem Bericht nicht um einzelne Massnahmen im Rahmen der Wartung sondern um die Wahl der Objekttypen, für die die zustandsbasierte Erhaltung eine zielführende und wirtschaftliche Erhaltungsstrategie ist. Die Wahrscheinlichkeit aus der Risikoanalyse (Fehlerrate, Eintrittswahrscheinlichkeit) ist indirekt in

¹⁸ In manchen Literaturquellen (Bsp. Balzer & Schorn (2011)) wird diese Strategie nicht genannt.

¹⁹ Drei Phasen sind bspw. die der abnehmenden Fehlerrate am Anfang des Lebenszyklus, die der konstanten (zufällige Fehler) Fehlerrate während des Grossteils des Lebenszyklus oder die der zunehmenden Fehlerrate am Ende des Lebenszyklus; zusammen „Badewannenkurve“ genannt, die bei vielen Produktkomponenten aus der Industrie Anwendung findet.

der Nutzungsdauer enthalten. Das in diesem Bericht vorgestellte Konzept enthält folglich Elemente sowohl der zuverlässigkeitsorientierten Erhaltung als auch der risikobasierten Analyse.

3.3 Grundlagen zur Strategiebestimmung

In der Literatur zur zuverlässigkeitsorientierten Erhaltung sind verschiedene Techniken für die Identifikation von Funktionen, Funktionsstörungen und deren Auswirkungen aufgezeichnet [48], [54],[64], [66], [52], [63], [67]. Diese Forschungsarbeit lehnt sich an die Ausfalleffektanalyse (Engl: FMEA = Failure Mode and Effect Analysis, alternativ auch FMECA, mit zusätzlich einem C für Criticality) an. Dabei werden die Auswirkungen einer Funktionsstörung (Begriffsdefinitionen Kap. 3.3.1 und Kap.3.3.2) für Objekttypen und die räumlich angrenzenden Teile des Strassentyps definiert. Zunächst werden im Rahmen einer Ausfalleffektanalyse für alle Objekttypen (aus Kap. 2.3.3 und Kap. 2.6.1) mögliche Funktionsstörungen analysiert, für die in einem nächsten Schritt mögliche Auswirkungen diskutiert werden (Tab. 14). Weitere Stellgrößen in Bezug auf die Auswahl einer zustandsorientierten Strategie sind die erwartete Nutzungsdauer (Kap. 3.3.3) und die Schadenentwicklungszeit (Kap. 3.3.4 und Abb. 11).

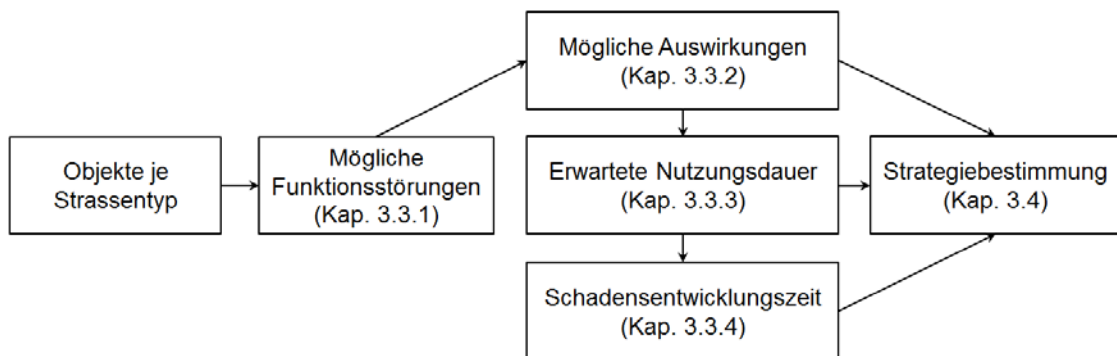


Abb. 11: Vorgehen Strategiebestimmung

Die klassische Risikobewertung basiert auf dem Schadensausmass multipliziert mit der Eintrittswahrscheinlichkeit. Für diese Forschung im Rahmen der Infrastrukturerhaltung wird das Schadensausmass über die Auswirkungen berücksichtigt (Kap. 3.3.2). Die Eintrittswahrscheinlichkeit fließt lediglich als erwartete Nutzungsdauer (Kap. 3.3.3) ein. Die nachfolgende Analyse geht nicht von einer Ausfallrate aus (wie in einer klassischen risikobasierten Vorgehensweise), sondern von einem Stör- und Ausfallverhalten.

Die Ausfalleffektanalyse beantwortet im Rahmen dieser Forschung pro Objekttyp folgende Fragen:

1. Was ist die Funktion des Objekttyps (und die Funktion der angrenzenden Teile des Strassentyps)?
2. Welche Anforderungen werden an den Objekttyp (und an die angrenzenden Teile des Strassentyps) gestellt?
3. Welche Funktionsstörungen sind möglich?
4. Welche möglichen Auswirkungen haben die Funktionsstörungen?
5. Ist der Schaden oder der Defekt sichtbar und/oder messbar?
6. Welche Folgeschäden sind zu erwarten, wenn das Schadensszenario eintritt, und ist die Fahrbahn ebenfalls betroffen?
7. Wie lange ist die Zeit zwischen dem möglichen Entdecken der Schäden (z.B. erste sichtbare Risse) und dem Auftreten des Stör- bzw. Ausfalls (z.B. Bruch)?

Die Auswahl einer Strategie basiert somit auf

- der Entscheidung, in wie weit der Betreiber bereit ist, Störungen oder Ausfälle zu tolerieren. Massgebend sind
 - die Folgeschwere (Verkehrssicherheit, Verfügbarkeit, Umweltschutz, Wirtschaftlichkeit) im Stör- oder Ausfall (Tolerierbarkeit von Stör- und Ausfällen)

- wie einfach der Objekttyp zu reparieren oder zu ersetzen ist (Ersatzteillager, personelle Ressourcen, Zeit)
- die Anfälligkeit eines Objekttyps für Störungen
- der theoretisch erwarteten Nutzungsdauer
- dem Zeitfenster zwischen dem möglichen Entdecken eines Stör- oder Ausfalls und dem Auftreten eines Stör- oder Ausfalls

In Kap.3.4.1 wird anhand eines Entscheidungsdiagramms (Abb. 13) die Vorgehensweise der Strategiebestimmung erläutert.

3.3.1 Begriffsdefinition: Funktionsstörung

Das Ziel einer Ausfalleffektanalyse ist es, einen Überblick darüber zu bekommen, welche Funktionsstörungen eines Objekttyps hinsichtlich Ursache, Erscheinungsbild und Ausmass auftreten können.

Ein Schaden an einem Objekt(teil) oder ein Fehlen diesen kann zu einer Funktionsstörung führen. Viele Objekttypen können mehrere unterschiedliche Schadensfälle aufweisen. Eine Funktionsstörung kann teilweise (Störfall) oder vollständig (Ausfall) vorliegen. Bei einem zusätzlichen Objekt bedeutet ein Stör- oder Ausfall aufgrund der räumlichen und funktionalen Nähe zur Strassenverkehrsanlage möglicherweise auch einen Stör- oder Ausfall für diese. Die Funktion der Strassenverkehrsanlage (und demzufolge der Objekte) ist das Unterstützen eines sicheren, effizienten Verkehrsflusses. Eine Funktionsstörung eines Objektes oder eines Objektteils liegt vor, wenn dieses aufgrund einer Beschädigung oder eines Defektes (Schadensfall) seine Funktion für die Strassenverkehrsanlage nicht optimal erfüllt.

Nicht-planbare Ereignisse (Havarie, Unfallszenarien, Naturereignisse) als Ausfallszenarien werden für die Auswahl einer Erhaltungsstrategie nicht berücksichtigt. Für diese gibt es nur die Möglichkeiten, mögliche Funktionsstörungen zu ‚akzeptieren‘ (ausfallbasierte Strategie) oder ‚nicht zu akzeptieren‘ (einmalige Systemänderung). Eine zustandsbasierte Erhaltungsstrategie ist aufgrund der minimalen Schadenentwicklungs- und demzufolge zu kleinen Handlungszeit ausgeschlossen. Tab. 14 zeigt ein Beispiel einer Ausfalleffektanalyse für kleine Durchlässe. Sie wurde für alle in Tab. 8 aufgelisteten Objekttypen durchgeführt.

Tab. 14: Ausfalleffektanalyse am Beispiel kleiner Durchlässe (< 1.5 m)

Objekttyp		Kleine Durchlässe		
Funktion des Objektes		1) Wasser aus einem Graben oder einem kleinen Bach unterirdisch von der einen auf die andere Strassenseite führen 2) Fauna-Unterführung		
Anforderungen am Objekt		1) Genügende Kapazität (Dimensionen, ohne Verstopfung) 2) Rohrwände wasserdicht 3) Für Fauna: je nach Tierart: keine Kurven, kein Beton, usw		
Ausfallszenario	Ausfallursache	sichtbar? messbar?	Folgeschäden / Fahrbahn betroffen?	Beispiel / Erläuterung
Verstopfung	Schlamm sammelt sich an, Durchfluss verstopft	ja	nein	Reinigung im betrieblichen Unterhalt
Hochwasser	Ereignis	ja	Evtl.: ja	
Rohrwand ist durchlässig (Risse, Löcher, Bruch)	Alterung	Ja, jedoch nicht einfach	nein	Risse Bruch
	Bodensenkung		ja	
	Ereignis		nein	
	Konstruktionsfehler		nein	

3.3.2 Begriffsdefinition: Auswirkungen

Die Auswirkungen einer Funktionsstörung oder eines Ausfalls werden in Relation zu den Zielen des Erhaltungsmanagements (Kap. 2.1.1 und Kap. 2.1.2) bewertet:

- Verkehrssicherheit
- Verfügbarkeit der Strassenverkehrsanlage
- Umweltschutz
- Wirtschaftlichkeit / Kosten

Für die Beurteilung der Auswirkungen werden die Kosten und Folgekosten bewertet, welche im Stör- oder Ausfall eines Objektes bei unterschiedlichen Anspruchsgruppen (vgl. Tab. 3, Kap. 2.1.2.) entstehen. Das Kriterium „direkte Stör- und Ausfallkosten“ wird so definiert, dass sie diejenigen Kosten umfassen, die für Betreiber und Strassennutzer anfallen. Die direkten Stör- und Ausfallkosten, die Verkehrssicherheit und der Umweltschutz repräsentieren zusammen die Auswirkungen.

Die Betreiberkosten (Abb. 12) bestehen aus den Ersatz- und Reparaturkosten, Baustellen- und Fahrbahnreparaturkosten und Zeitaufwand, (Tab. 3, Kap. 2.1.2, Seite 18) und werden mit insgesamt 60% gewichtet. Die Strassennutzerkosten werden durch die Verfügbarkeit bestimmt. Diese setzt sich aus der Funktion des zusätzlichen Objektes und der Funktion der angrenzenden Strassenverkehrsanlage (Fahrbahn) zusammen und wird mit 40% bewertet. (Abb. 12)

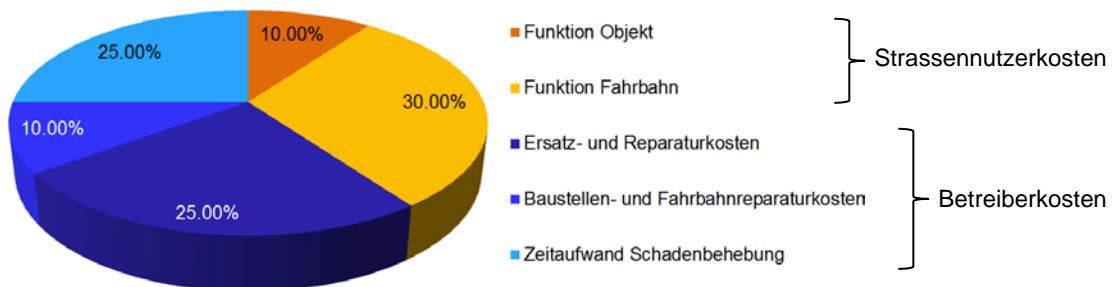


Abb. 12: Gewichtung der direkten Stör- und Ausfallkosten

Die gesellschaftlichen Kosten sind mit den Kriterien „Verkehrssicherheit“ und „Umweltschutz“ abgedeckt. Die drei Auswirkungen „Verkehrssicherheit“, „Umweltschutz“ und „minimale direkte Stör- und Ausfallkosten“ werden als gleichwertige Ziele des EM jeweils gleichwertig und abgeschätzt (Kap. 3.4). Diese Auswirkungen fließen als Bestimmungskriterium in die Strategiebestimmung (Kap. 3.4.1) ein.

3.3.3 Begriffsdefinition: erwartete Nutzungsdauer

Im Rahmen der für diese Forschung entwickelten Erhaltungsstrategiebestimmung steht die „erwartete Nutzungsdauer“ für die Anzahl der Jahre, während derer ein Objekt seine Funktion und die Erwartungen der Strassennutzer erfüllt. Zustandserhebungen sind nur dann zielführend und wirtschaftlich, wenn der Informationsgewinn durch die Erhebung einen deutlichen Vorteil gegenüber den Kosten für eine solche Erhebung darstellt. Im Schadensfall geht bei langlebigen Objekten ein relativ grosser Restwert verloren. Bei Objekttypen (Bsp. Durchlässe), die eine lange Nutzungsdauer (Bsp. 85 Jahre) aufweisen, steht ein Stör- oder Ausfall einem mehr oder weniger grossen Restwertverlust gleich. Bei kurzlebigen Objekttypen (Bsp. Fussgängerstreifen) bewirkt ein willkürlich auftretender Stör- oder Ausfall einen kleinen Restwertverlust. Die erwartete Nutzungsdauer wird im letzteren Fall vom Schaden im absoluten Sinne nur wenig beeinflusst. Die möglichen Massnahmen, um die Stör- oder Ausfälle als Folge eines solchen Nutzungsdauerverlusts einzuschränken, werden ausserdem nur wenig von denen, die am Ende der erwarteten Nutzungsdauer ohnehin geplant waren, abweichen. Der Informationsgewinn ist dementsprechend klein, und die Kosten für eine Zustandserhebung lohnen sich nicht. Ausserdem ist ein geeignetes Erhebungsintervall bei kurzlebigen Objekttypen zwangsläufig unwirtschaftlich klein. In diesem Bericht wurde die erwartete Nutzungsdauer nicht durch eine Risikoanalyse, sondern durch Befragung der Experten bestimmt. Die Effekte, die die Nutzungsdauer auf die Bestimmung der

Erhaltungsstrategie hat, kann wie folgt zusammengefasst werden:

- Für vorhersagbare Ausfälle werden keine regelmässigen Zustandserhebungen für die Objekttypen vorgeschlagen, sondern eine intervallbasierte Erhaltungsstrategie.
- Für Objekte, die mit zu kleiner Wahrscheinlichkeit bis zur nächsten Fahrbahnmassnahme einwandfrei funktionieren, wird eine präventive Erhaltungsstrategie vorgeschlagen. Eine *Überprüfung* im Rahmen eines Massnahmenprojektes weist aus, ob die erwartete Nutzungsdauer dermassen klein ist, dass ein präventiver Ersatz zusammen mit der Fahrbahn angebracht ist (Blockersatz).
- Für langlebige Objekttypen (erwartete Nutzungsdauer ist grösser als etwa 15 Jahre, je nach Strassentyp und Massnahmenintervall der Fahrbahn), für die
 - ein Erhebungsintervall gewählt werden kann, das deutlich kleiner ist als die erwartete Nutzungsdauer und
 - wofür der Informationsgewinn, der der Wahl der Massnahmen zugrunde liegt, genügend gross ist, um die Kosten der Zustandserhebung zu rechtfertigen,kann eine zustandsorientierte Erhaltungsstrategie in Betracht kommen.

Das Kriterium „erwartete Nutzungsdauer“ fliesst als Bestimmungskriterium in die Strategiebestimmung (Kap. 3.4.1) ein.

3.3.4 Begriffsdefinition: Schadenentwicklungszeit

Die Zeit zwischen dem möglichen Entdecken der Schäden (z.B. erste sichtbare Risse) und dem Auftreten der Funktionsstörung (z.B. Bruch) wird ‚P-F Intervall‘ [41] oder Schadenentwicklungszeit genannt. Die Schadenentwicklungszeit ist ein Indiz dafür, dass genug Zeit verbleibt, um den Zustand sämtlicher Objekte oder Objektteile eines Typs in einem Netz zu bestimmen und im Falle einer Funktionsstörung zu handeln (Ersatz, Reparatur).

Nur für diejenigen Objekttypen, die eine genügend lange Schadenentwicklungszeit aufweisen, macht eine regelmässige Inspektion Sinn: Man kann in diesem Fall davon ausgehen, dass sich der Zustand zwischen zwei Inspektionen nicht dramatisch verändert.

Die Schadenentwicklungszeit fliesst als Bestimmungskriterium in die Strategiebestimmung (Kap. 3.4.1) ein.

3.4 Methodik und Bewertungsverfahren

3.4.1 Methodik zur Auswahl der zustandsorientierten Erhaltung

Eine Zustandserhebung im Sinne eines Erhaltungsmanagements kann nur dann infrage kommen, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind [41], [40]:

1. Die Auswirkungen eines Stör- oder Ausfalls auf das Erfüllen der Hauptanforderungen eines Objekttyps (Verkehrssicherheit, Umweltschutz, minimale Stör- und Ausfallkosten für Betreiber und Strassennutzer) sind gross²⁰
2. Die erwartete Nutzungsdauer ist gross (wenigstens deutlich länger als das Erhebungsintervall und ausserdem länger als bis zur nächsten baulichen Massnahme an der Fahrbahn als Leitsystem)
3. Die Schadenentwicklungszeit ist lang (wenigstens deutlich länger als das Erhebungsintervall)
4. Die Summe der Kosten der Zustandserhebung, der zusätzlichen Baustellenkosten und der Strassennutzerkosten im Stör- oder Ausfall sind deutlich geringer als die Kosten der

²⁰ Die Kriterien „Verkehrssicherheit“, „Umweltschutz“ und „minimale Stör- und Ausfallkosten“ werden als gleichwertige Ziele des EM jeweils gleichwertig und qualitativ bewertet (Tab. 16 und Tab. 17).

Vernichtung des Restwertes, die entstehen, wenn ein Objekttyp vorausschauend (präventiv) oder periodisch ersetzt wird.

Die Bewertung der einzelnen Kriterien wird in Kapitel 3.4.2 erläutert. Dazu werden die Schwellenwerte zur Bedingungserfüllung festgelegt (Tab. 16). Das Bedingungskriterium „Auswirkungen“ ist unterteilt in Verkehrssicherheit, Umwelt und direkte Stör- und Ausfallkosten. Letztere werden in Tab. 17 definiert.

Aus diesen Bedingungen lässt sich das Entscheidungsdiagramm in Abb. 13 ableiten. Es zeigt, wie die Erhaltungsstrategie eines Objekttyps bestimmt wird. Es lehnt sich an die Normen SAE JA1011 [41] und DIN 31051 [40] und der Literaturquellen [48] und [69] an.

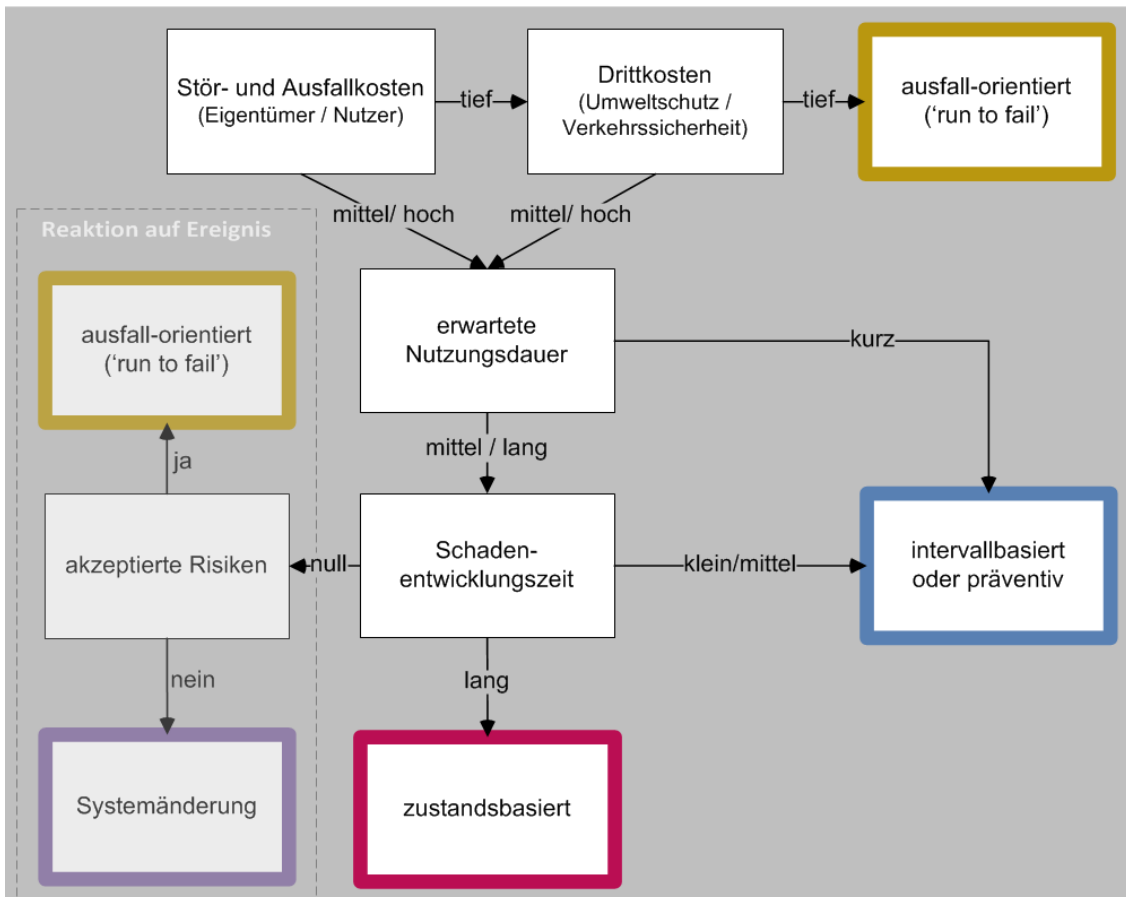


Abb. 13: Entscheidungsdiagramm zur Bestimmung der geeigneten Erhaltungsstrategie

Zuerst werden die potentiellen Auswirkungen eines Stör- oder Ausfalls beurteilt. Wenn diese Auswirkungen alle klein sind, kann eine ausfallbasierte Erhaltungsstrategie gewählt werden (Abb. 13). In diesem Fall hat es keine gravierenden Folgen, wenn ein Objekt ausfällt, und das Hauptaugenmerk kann auf eine rasche Schadenbehebung gelegt werden (Kap.3.1 auf Seite 44).

Wenn jedoch eine dieser Auswirkungen gross ist (sprich: mittlere oder sogar hohe Kosten), wird die erwartete Nutzungsdauer beurteilt. Falls diese klein ist, es sich um einen vorhersagbaren Stör- oder Ausfall handelt, wird die intervallbasierte Erhaltungsstrategie gewählt.

Bei einer mittleren bis grossen erwarteten Nutzungsdauer wird die Schadenentwicklungszeit abgeschätzt. Ist diese klein, sprich, es bleibt keine Zeit, zu reagieren, falls ein Schaden entdeckt wird, oder Inspektionen müssen unwirtschaftlich häufig durchgeführt werden, um eine zuverlässige Aussage über den Zustand des Objektes machen zu können, sind die intervallbasierte oder präventive Erhaltungsstrategien geeigneter als die zustandsbasierte Erhaltungsstrategie. Aufgrund einer minimalen Schadenentwicklungszeit (fast null) gibt es

zwei mögliche Reaktionen bei Unfällen, Naturereignissen und Havarien (Abb. 13, links):

- **Ausfallorientierte Erhaltung:**
Können die Risiken akzeptiert werden, kann eine ausfallbasierte Erhaltung verfolgt werden.
- **Systemänderung:**
Kann das Risiko einer Wiederholung des Stör- oder Ausfalls in Zukunft nicht akzeptiert werden, muss das System soweit geändert werden, dass nur akzeptable Risiken übrig bleiben und eine geeignete Erhaltungsstrategie gewählt werden kann.

Welche Risiken akzeptiert werden, entscheidet der Eigentümer/Betreiber im Kontext der Gesellschaft.

Nur wenn die Schadenentwicklungszeit relativ gross (grösser als ein sinnvoller Inspektionsintervall) ist, kommt die zustandsbasierte Erhaltungsstrategie, sprich: regelmässige Zustandserhebungen oder Inspektionen, infrage. Welche Objektteile wie häufig beurteilt werden, und welche Schadensmerkmale zu welchen Entscheidungen führen, muss pro Objekttyp beurteilt werden (Kap 4).

In Tab. 15 sind die einzelnen Entscheidungspfade aus Abb. 13 tabellarisch dargestellt. Jede Reihe in Tab. 15 steht für einen Entscheidungspfad im Entscheidungsdiagramm.

Tab. 15: Beispielentscheidungen für Erhaltungsstrategie durch Abb. 13

Stör-/ Ausfallkosten	Drittkosten (Verkehrssicherheit / Umwelt)	Erwartete Nutzungsdauer	Schaden- entwicklungszeit	Erhaltungsstrategie
tief	tief	-	-	ausfallbasiert
tief	mittel/hoch	klein	-	intervall / präventiv
tief	mittel/hoch	mittel /gross	kleiner als Inspektionsintervall	intervall / präventiv
tief	mittel/hoch	mittel /gross	grösser als Inspektionsintervall	zustandsbasiert
-	-	-	„null“	Reaktion auf Ereignis: ausfallbasiert oder Systemänderung
mittel/hoch	tief	klein	-	intervall / präventiv
mittel/hoch	tief	mittel /gross	kleiner als Inspektionsintervall	intervall / präventiv
mittel/hoch	tief	mittel /gross	grösser als Inspektionsintervall	zustandsbasiert
mittel/hoch	mittel/hoch	klein	-	intervall / präventiv
mittel/hoch	mittel/hoch	mittel /gross	kleiner als Inspektionsintervall	intervall / präventiv
mittel/hoch	mittel/hoch	mittel /gross	grösser als Inspektionsintervall	zustandsbasiert

3.4.2 Bewertung der Bestimmungskriterien

Zur Strategiebestimmung werden die Bestimmungskriterien „Auswirkungen“, „erwartete Nutzungsdauer“ und „Schadenentwicklungszeit“ nach Abb. 14 bewertet. Die Auswirkungen bestehen aus „Folgeschäden Umwelt“, „Folgen für Verkehrssicherheit“ und „direkte Stör- und Ausfallkosten“. Die direkten Stör- und Ausfallkosten sind Kosten und Folgekosten, welche im Stör- oder Ausfall eines Objektes oder Objektteils für Betreiber und Strassennutzer anfallen (Kap.3.3.2).

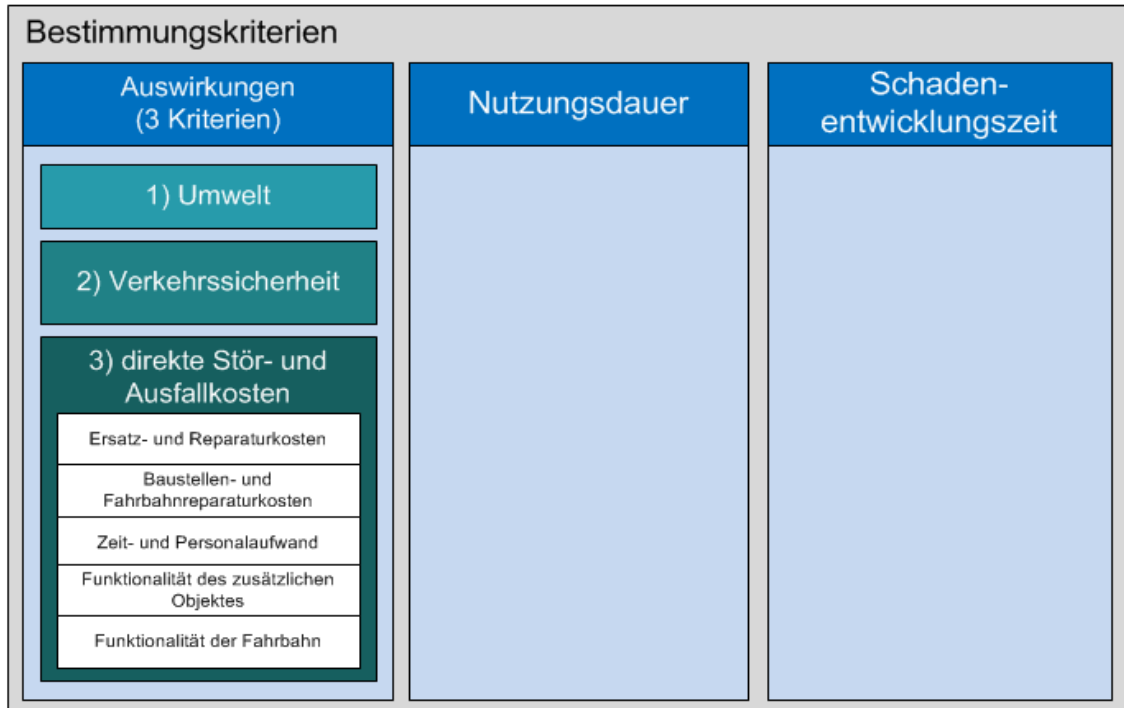


Abb. 14: Bestimmungs- und Auswirkungskriterien, direkte Stör- und Ausfallkosten

Tab. 16 zeigt, wie die Bewertung der Bestimmungskriterien erfolgt.

Tab. 16: Bewertung der Bestimmungskriterien

Bewertung Folgeschäden Umwelt	
tief	kleine Umweltschäden, nur lokal, Massnahmen einfach, wenige Menschen / keine sensiblen Ökosysteme betroffen
mittel/ hoch	grosse Umweltschäden, lokal oder regional, Massnahmen schwierig, mehrere Menschen / sensible Ökosysteme betroffen
Bewertung Folgen für Verkehrssicherheit	
tief	keine merkbaren Folgen für Verkehrssicherheit zu erwarten oder: andere Verkehrssituation als normal, besonders wachsam, unsicheres Fahrverhalten
mittel/ hoch	Blech- und Materialschäden und vereinzelt leichte Verletzungen zu befürchten oder leichte bis mittelschwere Verletzungen bei wenigen Personen zu befürchten oder schwere Verletzungen, evtl. bei mehreren Personen, evtl. Todesfälle zu befürchten
Bewertung direkte Stör- und Ausfallkosten	
tief	Mittelwert der direkten Stör- und Ausfallkosten ≤ 3
mittel/ hoch	Mittelwert der direkten Stör- und Ausfallkosten > 3
Bewertung restlicher Nutzungsdauer des Objekttyps	
kurz	erwartete Nutzungsdauer weniger als etwa 15 Jahre
mittel/ lang	erwartete Nutzungsdauer mehr als etwa 15 Jahre
Bewertung Schadenentwicklungszeit	
,null'	Schaden entwickelt sich innert Sekunden oder Stunden
kurz	Schaden entwickelt sich in weniger als 1 bis 5 Jahren
mittel/ lang	Schaden entwickelt sich in mehr als 1 bis 5 Jahren

Die in *Tab. 16* aufgeführten und in *Abb. 12* dargestellten direkten Stör- und Ausfallkosten setzen sich zusammen aus den Kosten, die für die verschiedenen Kostenträger anfallen (*Tab. 3*, Kap. 2.1.2). Für die Betreiber sind dies die Ersatz- und Reparaturkosten, die Baustellen- und Fahrbahnreparaturkosten sowie der Zeitaufwand für die Schadenbehebung. Für die Strassennutzer (Verkehrsteilnehmer) sind es Funktionalitätseinbussen der zusätzlichen Objekte und der Strasse (Kap. 3.3.2). Die Bewertung der direkten Stör- und Ausfallkosten erfolgt durch den rechnerischen Mittelwert der Bewertungen dieser Kosten (*Tab. 17*).

Tab. 17: Bewertung der Stör- und Ausfallkosten

Beurteilung Funktionalitätseinbüsse des zusätzlichen Objekttyps	
1	Funktioniert (fast) einwandfrei
2	Funktioniert nicht einwandfrei, nur teilweise
3	Funktioniert schlecht, rudimentär
4	Funktioniert kurze Zeit gar nicht
5	Funktioniert lange Zeit gar nicht
Beurteilung Funktionalitätseinbüsse Strasse	
1	Fahrbahn nicht betroffen
2	Strasse kann kurze Zeit nur mit grosser Vorsicht benutzt werden (z.B. Standspur betroffen, kurze Zeit und lokal links fahren / ausweichen, Trottoir)
3	Strasse muss kurze Zeit (<1 Stunde) gesperrt werden / nur 1 Fahrstreifen verfügbar / längere Zeit lokal z.B. über Trottoir oder links fahren)
4	Strasse einige Zeit (weniger als 24 Stunden) komplett gesperrt, Fahrbahn- Reparaturen ohne Baustelle
5	Strasse lange Zeit (mehr als 24 Stunden) komplett gesperrt, Baustelle für Fahrbahn-Reparaturen
Beurteilung Ersatz- und Reparaturkosten	
1	0-1000 CHF
2	1000 - 10.000 CHF
3	10.000 - 50.000 CHF
4	50.000 - 100.000 CHF
5	> 100.000 CHF
Beurteilung Baustellen- und Fahrbahnreparaturkosten	
1	0-500 CHF
2	500 -1000 CHF
3	1000-10.000 CHF
4	10.000 - 50.000 CHF
5	> 50.000 CHF
Beurteilung Zeitaufwand Schadenbehebung	
1	Keine Schadensbehebung notwendig
2	Schaden kann direkt, vor Ort, innert 1 Stunde, ohne Fachperson, behoben werden
3	Schaden kann am gleichen Tag, evtl. nur von einer Fachperson, behoben werden
4	Schaden kann innert 2 Tagen behoben werden, evtl. nur von einer Fachperson
5	Schadenbehebung dauert länger als 2 Tage, ist schwierig oder Ersatzteile sind nicht vorrätig

3.5 Auswertungen, Ergebnisse und Anwendung

Mit dem vorgestellten Konzept wird eine möglichst ressourceneffiziente Mischung aus

Erhaltungsstrategien (Kap. 3.1) für sämtliche Objekttypen eines Strassennetzes angestrebt. Die Bestimmung der Erhaltungsstrategie pro Objekttyp geschieht nach dem Entscheidungsdiagramm in *Abb. 13* (Kap. 3.4.1). Die Kriterien und Kosten werden nach *Tab. 16* und *Tab. 17* bewertet.

Kap.3.5.1 demonstriert anhand eines Beispiels (einer Hochleistungsstrasse: HLS), wie diese Strategiebestimmung durchgeführt wurde. In Kap.3.5.2 und Kap. 3.5.3 werden die Ergebnisse präsentiert. In Kap. 3.5.2 wird für alle Strassentypen aufgezeigt, für welche Typen zusätzlicher Objekte eine periodische, netzweite Zustandserhebung zielführend ist. Kap. 3.5.3 fokussiert auf diejenigen zusätzlichen Objekttypen, für die eine einmalige, netzweite Zustandserhebung infrage kommt. Kap. 3.5.4 erläutert die Anwendung der beschriebenen Methodik und Ergebnisse in der Praxis.

3.5.1 Auswertung: Relevanzprüfung am Beispiel Strassentyp HLS

Ziel der Relevanzprüfung ist es, herauszufinden für welche Objekttypen hier am Beispiel einer Hochleistungsstrasse (HLS, vgl. Kap 2.5) eine periodische Zustandserhebung zielführend und wirtschaftlich ist.

Dazu wird in einem ersten Schritt eine Ausfalleffektanalyse pro Objekttyp durchgeführt, wie in *Tab. 14* dargestellt. Pro Objekttyp werden die Bestimmungskriterien gemäss Kap. 3.4.2 bewertet.

Tab. 18: Bewertung der Bestimmungskriterien, der Objekttypen der HLS

Objekt	Komponente	Nutzungs-dauer	Schaden-entwick-lungs-zeit	Auswirkungen				Summe direkte Stör- und Ausfallkosten	direkte Stör- und Ausfallkosten				
				Umwelt	Ver-kehr-sicher-heit	direkte Stör- und Ausfallkosten	Funktion Objekt		Funktion Strasse	Ersatz- und Reparaturkosten	Baustelle und Fahrbahn-reparaturen		Zeit- und Personal-aufwand
											10%	30%	
Abwasserfilter (inkl. SABA)	Filter	kurz	kurz	mittel / gross	klein	tief	1.7	3	1	2	1	2	
	Containerboden	mitte/ lang	mitte/ lang	mittel / gross	klein	mitte/hoch	3.2	3	1	5	1	5	
Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück)		kurz	mitte/ lang	klein	klein	tief	1.8	3	2	1	1	2	
Autobahnbeschilderung (gross, grün/blau)	Schilder	kurz	mitte/ lang	klein	klein	tief	2.9	5	3	2	2	3	
	Tragkonstruktion	kurz	mitte/ lang	klein	mittel / gross	mitte/hoch	3.8	5	4	3	3	4	
Bankette		mitte/ lang	kurz	klein	klein	tief	2.8	2	2	3	2	4	
Blenden		kurz	kurz	klein	mittel / gross	tief	2.4	3	3	1	2	3	
Böschungen (< 3 m, sonst Dämme = KB)		mitte/ lang	kurz	klein	klein	tief	2.4	3	2	1	2	4	
Entwässerungsgräben		mitte/ lang	mitte/ lang	klein	klein	tief	1.9	3	2	1	2	2	
Grünfläche (Gras)		mitte/ lang	kurz	klein	klein	tief	1.6	1	2	1	1	2	
kleine Durchlässe < 1.5 m	Rohrkonstruktion	mitte/ lang	mitte/ lang	mittel / gross	klein	mitte/hoch	3.7	4	2	4	4	5	
Lärmschutzwände	Panele	mitte/ lang	kurz	klein	mittel / gross	tief	2.6	3	3	1	1	4	
	Ganze Wand / Konstruktion	mitte/ lang	mitte/ lang	mittel / gross	mittel / gross	mitte/hoch	4.1	5	4	4	1	5	
Markierungen		kurz	kurz	klein	mittel / gross	tief	2.8	4	3	2	2	3	
Pumpstationen		mitte/ lang	mitte/ lang	mittel / gross	klein	mitte/hoch	3.2	5	1	5	1	4	
Randleitpfosten		kurz	kurz	klein	klein	tief	1.9	2	2	1	1	3	
Rückhaltesysteme		kurz	mitte/ lang	klein	mittel / gross	mitte/hoch	3.5	3	4	2	2	5	
Stützmauer < 1.5 m		mitte/ lang	mitte/ lang	klein	mittel / gross	mitte/hoch	3.5	3	2	4	3	5	
Verkehrsschilder		mitte/ lang	mitte/ lang	klein	klein	tief	2.2	5	2	1	1	3	
Versickerungsanlage		mitte/ lang	mitte/ lang	mittel / gross	klein	tief	2.8	3	2	3	1	4	
Zäune inkl. Wildschutzzäune		mitte/ lang	mitte/ lang	klein	mittel / gross	tief	1.8	3	2	1	1	2	

Die Bewertungen in Tab. 18 werden in einem folgenden Schritt pro Objekttyp in das Entscheidungsdiagramm von Abb. 13 angewendet. Das Ergebnis ist eine Liste mit Erhaltungsstrategien pro Objekttyp. Diese Liste stellt ein Erhaltungskonzept (Strategien-Mischung) für die zusätzlichen Objekten einer Strassenverkehrsanlage dar.

Tab. 19, Tab. 20, Tab. 21 und Tab. 22 zeigen die Erhaltungskonzepte pro Strassenklasse (vgl. Tab. 10 auf Seite 33).

Tab. 19: Erhaltungskonzept (Zusammensetzung der Strategien pro Objekttyp) der Strassen der Klasse I (HLS, HVS ausserorts, VSR)

Objekttyp	Komponente	Erhaltungsstrategie	Bemerkungen
Abwasserfilter (inkl. SABA)	Filter	intervall/präventiv	
	Containerboden	zustandsorientiert	
Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück)		intervall/präventiv	
Autobahnbeschilderung (gross, grün/blau)	Schilder	ausfallorientiert	
	Tragkonstruktion	intervall/präventiv	
Bankette		ausfallorientiert	Grünpflege = Wartung
Beleuchtung ausserorts	Kandelaber & Foundation	intervall/präventiv	
	Leuchte	intervall/präventiv	
	Leuchtmittel	intervall/präventiv	
	Verkabelung	intervall/präventiv	
Blenden		intervall/präventiv	
Böschungen (< 3 m, sonst Dämme = KB)		ausfallorientiert	Grünpflege = Wartung
Entwässerungsgräben		ausfallorientiert	Grünpflege, Durchfluss = Wartung
Fussgängerstreifen (Zebra)		intervall/präventiv	

Grünfläche (Gras)		ausfallorientiert	Grünpflege = Wartung
kleine Durchlässe < 1.5 m	Rohrkonstruktion	zustandsorientiert	Relining (mit Schlauch einspritzen) = Wartung
Kreisel (Innenfläche)		ausfallorientiert	Präventiv (mit Fahrbahn) bzw. projektbasierte Zustandserhebung
Lärmschutzwände	Panele	intervall/präventiv	
	Ganze Wand / Konstruktion	zustandsorientiert	
Markierungen		intervall/präventiv	
Pumpstationen		zustandsorientiert	
Randleitpfosten		ausfallorientiert	
Rückhaltesysteme		intervall/präventiv	bedarfswise Zustandserhebung falls Konstruktionsfehler befürchtet
Stützmauer < 1.5 m		zustandsorientiert	alle 5-10 Jahre
Verkehrinsel		ausfallorientiert	Präventiv (mit Fahrbahn) bzw. projektbasierte Zustandserhebung
Verkehrsschilder		intervall/präventiv	Nur bei Signalisationsänderung. Kontrolle nach Baustelle
Versickerungsanlage		zustandsorientiert	alle 5-10 Jahre

Tab. 20: Erhaltungskonzept (Zusammensetzung der Strategien pro Objekttyp) der Strassen der Klasse II (HVS innerorts und HSS)

Objekttyp	Komponente	Erhaltungsstrategie	Bemerkungen
Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück)		intervall/präventiv	
Bankette		ausfallorientiert	Grünpflege = Wartung
Behinderten-Wegleitungen		intervall/präventiv	bezüglich permanente Hindernissen: Zustandserhebung?
Beleuchtung innerorts	Kandelaber & Foundation	intervall/präventiv	bedarfswise Zustandserhebung , falls Erhaltungsrückstand befürchtet
	Leuchte	intervall/präventiv	bedarfswise Zustandserhebung , falls Erhaltungsrückstand befürchtet
	Leuchtmittel	intervall/präventiv	
	Verkabelung	intervall/präventiv	
Böschungen (< 3 m, sonst Dämme = KB)		ausfallorientiert	
Entwässerungsrinnen		ausfallorientiert	Durchfluss = Wartung
Fussgängerstreifen		intervall/präventiv	
Grünfläche (Gras)		ausfallorientiert	Grünpflege = Wartung
Informationsschilder		ausfallorientiert	
kleine Durchlässe < 1.5 m	Rohrkonstruktion	zustandsorientiert	Relining (mit Schlauch einspritzen) = Wartung
Kreisel (Innenfläche)		ausfallorientiert	
Lärmschutzwände	Panele	intervall/präventiv	
	Ganze Wand / Konstruktion	zustandsorientiert	
Markierungen		intervall/präventiv	
Strassenentwässerungsleitungen	Rohrkonstruktion	zustandsorientiert	Wegen hoher Bau- und Nutzerkosten bei Bauarbeiten wegen Rohrbruch
Masten	Konstruktion	intervall/präventiv	Korrosion?
Mauern (nicht tragend; Gestaltung/Abgrenzung)		ausfallorientiert	
Pfosten / Poller		ausfallorientiert	
Randsteine		ausfallorientiert	
Schlammfänger Unterbau		intervall/präventiv	
Stellsteine und Stellplatten		ausfallorientiert	
Strassengeländer	Konstruktion	intervall/präventiv	Korrosion?
Verkehrinsel und		ausfallorientiert	

Horizontalversätze			
Verkehrsschilder		intervall/präventiv	
Wassersteine		ausfallorientiert	

Tab. 21: *Erhaltungskonzept (Zusammensetzung der Strategien pro Objekttyp) der Strassen der Klasse III: (QSS, QES, ZFS, ZFW, LV innerorts)*

Objekttyp	Komponente	Erhaltungsstrategie	Bemerkungen
Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück)		intervall/präventiv	
Bankette		ausfallorientiert	Grünpflege = Wartung
Alleebäume		ausfallorientiert	Grünpflege = Wartung
Behinderten-Wegleitungen		intervall/präventiv	bezüglich permanente Hindernisse: Zustandserhebung?
Beleuchtung innerorts	Kandelaber & Foundation	intervall/präventiv	bedarfswise Zustandserhebung , falls Erhaltungsrückstand befürchtet
	Leuchte	intervall/präventiv	bedarfswise Zustandserhebung , falls Erhaltungsrückstand befürchtet
	Leuchtmittel	intervall/präventiv	
	Verkabelung	intervall/präventiv	
Entwässerungsgräben		ausfallorientiert	Grünpflege, Durchfluss
Fussgängerstreifen		intervall/präventiv	
Grünfläche (Gras)		ausfallorientiert	Grünpflege = Wartung
Informationsschilder		ausfallorientiert	
Kreisel (Innenfläche)		ausfallorientiert	
Markierungen		intervall/präventiv	
Strassenentwässerungsleitungen	Rohrkonstruktion	intervall/präventiv	bedarfswise Zustandserhebung , falls Erhaltungsrückstand befürchtet
Masten	Konstruktion	intervall/präventiv	Korrosion?
Mauern (nicht tragend; Gestaltung/Abgrenzung)		ausfallorientiert	
Pfosten / Poller		ausfallorientiert	
Randsteine		ausfallorientiert	
Schlammsammler Unterbau		intervall/präventiv	bedarfswise Zustandserhebung , falls Erhaltungsrückstand befürchtet
Stellsteine und Stellplatten		ausfallorientiert	
Strassengeländer	Konstruktion	intervall/präventiv	Korrosion?
Verkehrsberuhigungsschwellen (Vertikalversätze)		ausfallorientiert	
Verkehrsinsel und Horizontalversätze		ausfallorientiert	
Verkehrsschilder		intervall/präventiv	
Veloposten		ausfallorientiert	

Tab. 22: *Erhaltungskonzept (Zusammensetzung der Strategien pro Objekttyp) der Strassen der Klasse IV (VSL, VW)*

Objekttyp	Komponente	Erhaltungsstrategie	Bemerkungen
Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück)		intervall/präventiv	
Bankette		ausfallorientiert	Grünpflege = Wartung
Böschungen (< 3 m, sonst Dämme = KB)		ausfallorientiert	Grünpflege = Wartung
Entwässerungsgräben		ausfallorientiert	Grünpflege, Durchfluss = Wartung
Informationsschilder		ausfallorientiert	
kleine Durchlässe < 1.5 m	Rohrkonstruktion	intervall/präventiv	bedarfswise Zustandserhebung , falls Erhaltungsrückstand befürchtet, Durchfluss = Wartung
Pumpstationen		zustandsorientiert	
Rückhaltesysteme		intervall/präventiv	bedarfswise Zustandserhebung , falls Konstruktionsfehler befürchtet
Stützmauer < 1.5 m		ausfallorientiert	
Verkehrsschilder		ausfallorientiert	

3.5.2 Ergebnisse: periodische, netzweite Zustandserhebungen

Wenn die Methodik des vorgestellten Konzeptes (Kap. 3.4.1) angewendet wird, stellt sich heraus, für welche Objekttypen eine periodische, netzweite Erhebung (Inspektion) wirtschaftlich und sinnvoll ist. Vor allem Objekttypen, die langlebig sind und grosse Schadenfolgen, kombiniert mit einer relativ langen Schadenentwicklungszeit aufweisen, sind relevant. Dies betrifft Objekttypen die den Kunstbauten oder den Werkleitungen ähnlich sind.

Tab. 23 zeigt diejenigen Objekttypen in Abhängigkeit ihres Vorkommens an den Strassenklassen, die die Voraussetzungen für eine periodische, netzweite Zustandserhebung erfüllen.

Es geht bei der regelmässigen Inspektion darum, die strukturelle Integrität des zusätzlichen Objektes auf Sicherheit (Betriebs- und Verkehrssicherheit), Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit (Prognose der Alterung) zu überprüfen [3] und daraus das weitere Vorgehen abzuleiten.

Tab. 23: Ergebnisse Relevanzprüfung: Objekttypen, die die Voraussetzungen für eine periodische, netzweite Zustandserhebungen erfüllen

Objekttyp	Bemerkung	Strassenklassen (Tab. 10, Seite 16)
Abwasserfilter (SABA)	Risse im Auffangbecken, potentielle Umweltschäden	I
Autobahnbeschilderung (gross, grün/blau)	Materialschwäche	I, selten auch II
kleine Durchlässe < 1.5 m	Materialschwäche, Risse, Brüche. Gehören innerorts NICHT zur Strassenverkehrsanlage	I und IV
Lärmschutzwände	Materialschwäche, potentiell lose Teile	I und II
Pumpstationen	Funktionsstüchtigkeit	I und IV
Rückhaltesysteme	Materialschwäche	I und IV
Stützmauer < 1.5 m	Stabilität der Umgebung, Risse, Unterspülungen, Schiefstand	I und IV
Versickerungsanlage	Nur im Fall von Gefahr von Wasser auf der Strasse	I

Im Hauptverkehrsnetz ausserorts (Klasse I; HLS, HVS ausserorts und VSR, Tab. 10, Kap. 2.4.3) sind alle Objekttypen (Kap. 2.3.3 und 2.3.4), die die Voraussetzungen für eine zustandsbasierte Erhaltungsstrategie erfüllen (Tab. 23), anzutreffen. Innerorts kommen nur grosse Autobahnbeschilderungsbrücken (selten) und Lärmschutzwände innerorts als Typen zusätzlicher Objekte und nur im Hauptverkehrsnetz (Klasse II; HVS innerorts, HSS und QSS) vor.

Kleine Durchlässe, Stützmauern und Versickerungsanlagen innerorts werden nicht vom Strasseninspektorat verwaltet und sind demzufolge bei diesen Strassentypen keine Typen von zusätzlichen Objekte. Am lokalen Strassennetz, das der Erschliessung ausserorts dient (Klasse IV; VSL und VW, Tab. 10, Kap. 2.4.3), finden sich kleine Durchlässe, Pumpstationen, Rückhaltesysteme und Stützmauern, die die Voraussetzungen für eine zustandsbasierte Erhaltungsstrategie erfüllen.

Lärmschutzwände werden laut der ASTRA Richtlinie ‚Überwachung und Unterhalt der Kunstbauten der Nationalstrassen‘ [3] als Kunstbauten betrachtet. Für die übrigen Strassentypen ist diese eindeutige Klassifizierung als Kunstbaute nicht gegeben, es ist jedoch zu erwarten, dass, wenn immer mehr Kantone die KUBA-DB nicht nur als Erhebungstool, sondern auch als Managementtool benutzen, die Lärmschutzwände ebenfalls als Kunstbaute eingestuft werden.

Ausserdem gibt es einige Objekttypen, die zwar die Voraussetzungen für eine

zustandsbasierte Erhaltung erfüllen, für die das geeignete Inspektionsintervall (wegen der schieren Menge der Objekte in einem Netz oder wegen der wenigen und langsam voranschreitenden Stör- oder Ausfälle) allerdings in der Grössenordnung von 15 Jahren oder länger liegt. Diese Objekttypen (Kap.3.5.3) fallen nicht in die Kategorie ‚netzweite, periodische Zustandserhebungen‘, sondern gehören zur Kategorie der Objekttypen, für die im Fall eines vermuteten Erhaltungsrückstands eine einmalige, netzweite Zustandserhebung angebracht sein kann. Dieser Sachverhalt wurde in Kap. 2.2 (Abb. 3, Seite 20; verschiedenen Ebene und Zwecke der Zustandserhebungen) erläutert.

3.5.3 Ergebnisse: einmalige, netzweite Zustandserhebungen

Falls das geeignete Inspektionsintervall grösser ist als etwa 15 Jahre oder der Aufwand, der betrieben werden muss, um eine (teil)netzweite Zustandserhebung durchzuführen so gross ist, dass diese sich gegenüber dem Intervall-basierten Ersetzen (oder der Reparatur) nicht lohnt, kommt eine regelmässig durchgeführte, netzweite Zustandserhebung nicht infrage. Falls Erhaltungsrückstand befürchtet wird, kann es sinnvoll sein, einmalig alle Objekte eines Typs in einem (Teil)Netz zu erfassen, damit ein ausserplanmässiges Budget festgelegt und politisch begründet werden kann. Diese einmalige, netzweite Zustandserhebung kann sinnvoll sein für folgende Typen zusätzlicher Objekte (Tab. 24):

Tab. 24: Ergebnisse Relevanzprüfung: einmalige, netzweite Zustandserhebungen

Objekttyp	Bemerkung	Strassenklassen (Tab. 10, Seite 16)
Beleuchtung	Nur im Fall von vermutetem Erhaltungsrückstand	II und III
Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück)	Materialschwäche, Konstruktionsfehler, nur im Fall von vermutetem Erhaltungsrückstand	III
Strassenentwässerungsleitungen	Nur im Fall von vermutetem Erhaltungsrückstand	II und III, evtl. I
Schlamm-sammler Unterbau	Nur im Fall von vermutetem Erhaltungsrückstand	II und III, evtl. I

Innerorts kann es bei vermutetem Erhaltungsrückstand sinnvoll sein, den Zustand der Beleuchtung, der Strassenentwässerungsleitungen und der dazugehörigen Schlamm-sammler-Unterbau-Konstruktionen einmalig netzweit zu erfassen, damit das Inspektorat aktuelle, zuverlässige Daten hat für die Feststellung und politische Begründung eines ausserplanmässigen Budgets, um den Erhaltungsrückstand nachzuholen. Am Hauptverkehrsnetz ausserorts (ausgenommen HLS) können Strassenentwässerungsleitungen und Schlamm-sammler-Unterbau-Konstruktionen ebenfalls beachtlich auf Budget schlagen. Auch hier kann, wie innerorts, unter Umständen eine einmalige, netzweite Erhebung der Zustände sinnvoll sein. Eine Kosten-Nutzen-Analyse soll in einem solchen Fall (sowohl innerorts als ausserorts) ausweisen, dass die einmalige, netzweite Zustandserhebung wirtschaftlich oder sicherheitstechnisch (Verkehrssicherheit, Betriebssicherheit, Umwelt) erforderlich ist.

Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück) können bei vermuteten Erhaltungsrückstand in den Erschliessungsstrassen innerorts (Klasse III; QES, ZFS, ZFW und LVinnerorts) netzweit oder für eine bestimmte Gruppe Strassen oder Nachbarschaften überprüft werden. Bei anderen Strassentypen ist dies per Definition aus folgenden Gründen unwirtschaftlich:

- Bei Strassen der Klasse I (Hauptverkehrsnetz ausserorts) ist das Baumassnahmen-Intervall bereits kleiner als die Zerfallszeit der Abdeckungen. Ein Erhaltungsrückstand ist demzufolge so gut wie ausgeschlossen. Es wird davon ausgegangen, dass an diesen Strassen der Verkehr nicht über die Abdeckungen rollt. Falls dies dennoch der Fall sein sollte, wird wie bei Strassen der Klasse II gehandelt.
- Bei Strassen der Klasse II (Hauptverkehrsnetz innerorts) rollt der Schwerverkehr ständig über die Abdeckungen, was eine intervallbasierte Erhaltungsstrategie (Bsp. alle 5 Jahre ersetzen oder Reparatur) rechtfertigt. Ein Erhaltungsrückstand ist damit so gut wie

ausgeschlossen. Eine einmalige, netzweite Erhebung der Zustände liefert somit keine zusätzlichen Informationen.

- Bei Strassen der Klasse IV (lokales Erschliessungsnetz ausserorts) sind Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück) so selten, dass sie nicht als zusätzliches Objekt aufgenommen sind. Falls sie dennoch vorhanden sind, werden es so wenige sein, dass sie kein separates, ausserplanmässiges Budget notwendig machen.

3.5.4 Anwendung

Dieser Bericht unterstützt Strassenbetreiber dahingehend, dass er als Ergebnis eine Liste der Objekttypen liefert, für die eine periodische, netzweise Zustandserhebung uns wirtschaftlich sinnvoll erscheint (*Tab. 23*).

Das vorgeschlagene Konzept basiert auf einem einfachen Entscheidungsdiagramm (*Abb. 13*, Seite 50). Die Ergebnisse stellen eine erste Einschätzung dar. Strassenbetreibern wird empfohlen, vor allem wenn sie in ihrem Strassennetz auf Objekttypen stossen, die nicht in *Tab. 8* aufgelistet sind, das Entscheidungsdiagramm anzuwenden, um die geeignete Erhaltungsstrategie für jeden einzelnen Objekttyp zu bestimmen. Strassenbetreiber können die Bestimmungskriterien für Objekttypen in der Liste nach eigenen Einsichten bewerten (analog zu *Tab. 16* und *Tab. 17* auf Seiten 52 und 53) oder den Verhältnissen ihres Strassennetzes entsprechend gewichten.

Wenn daraus folgt, dass eine systematische Zustandserhebung (evtl. nur für bestimmte Komponenten oder Schadensmerkmale) angezeigt ist, kann diese festgelegt werden. *Tab. 23* (Seite 58) zeigt eine Liste der Objekttypen, für die sich in diesem Forschungsprojekt eine zustandsbasierte Erhaltungsstrategie als geeignet herausgestellt hat. Für die meisten Objekttypen hingegen ist eine zustandsbasierte Erhaltungsstrategie nicht geeignet.

Empfehlung:

Periodische, netzweite Zustandserhebungen sollten unterlassen werden, wenn ein Objekttyp nicht die Voraussetzungen für eine zustandsbasierte Erhaltungsstrategie erfüllt. Diese sind:

1. Mittलगrosse bis grosse Auswirkungen (Kosten für Betreiber, Funktionalitätsverlust der Strassenverkehrsanlage für Strassenutzer, Verlust der Verkehrssicherheit und/oder beeinträchtiger Umweltschutz)
2. Ausreichend grosse erwartete Nutzungsdauer (kein vorhersagbarer Stör- /Ausfall)
3. Genügend lange Schadenentwicklungszeit

4 Ausblick auf Zustandserhebung

4.1 Ziel der Zustandserhebung

Die systematische (periodische) Zustandserhebung und –bewertung ist für diejenigen Objekttypen gedacht, deren Erhaltungsplanung basierend auf einer zustandsbasierten Erhaltungsstrategie stattfindet.

Im Rahmen der zustandsbasierten Erhaltung wird der Zustand eines Objekt(teil)s gezielt, in der Regel visuell und regelmässig, erfasst und bewertet. Die Ziele dieser Zustandserhebungen sind [3]:

- Die entstandenen Schäden und die möglichen Schadensursachen frühzeitig zu erkennen;
- Die Entwicklung des Objektzustandes durch periodische Zustandserhebungen zu verfolgen;
- Die gefährdeten Objektteile zu erkennen;
- Die für den betrieblichen Unterhalt, die Instandsetzung oder den Ersatz von Objektteilen nützlichen Angaben zu liefern;
- Die nötigen Sofortmassnahmen zu veranlassen;

Die Zustandsbeurteilung soll die wesentlichen Fragen bezüglich der Sicherheit (Trag-, Verkehrs- und Betriebssicherheit), der Gebrauchstauglichkeit und der Dauerhaftigkeit (Prognose der Alterung) beantworten [3].

4.2 Bedingung und Gegenstand der Zustandserhebung

Periodische Zustandserhebungen werden nur dann durchgeführt, wenn sich im Erhaltungskonzept für den betreffenden Objekttyp eine zustandsbasierte Erhaltungsstrategie als zielführend und wirtschaftlich herausgestellt hat (nach dem Entscheidungsdiagramm in *Abb. 13* (Kap. 3.4.1)).

Der Zustandserhebung folgt einer Zustandsbewertung. Für jeden einzelnen Objekttyp ist festgelegt, welche Eigenschaften erhoben werden, wie die Quantifizierung stattfindet und welche Kenngrössen erhoben werden.

Die Zustandserhebung kann anhand von Indices erfolgen. Empfehlenswert ist hier eine Anlehnung der Methodik an die jeweiligen Teilsysteme (Kunstabauten, technische Anlagen, Werkleitungen).

4.3 Weiteres Vorgehen nach Zustandserhebung

Der Kern der zustandsbasierten Erhaltung ist es, dass der Zustand das weitere Vorgehen bestimmt (nichts unternehmen, eine detaillierte Überprüfung vornehmen, das Objekt instand setzen oder das Objekt oder bestimmte Einzelteile ersetzen [3]). Für das weitere Vorgehen hat sich in der Praxis der Kunstbauten folgende Einteilung bewährt [3]:

- weitere Untersuchungen erforderlich
- Massnahmen nicht erforderlich
- Massnahmen erforderlich
- Massnahmen dringlich erforderlich

4.4 Grenzwerte und Standards

Dazu sind folgende Grenzwerte und Standards festzulegen [74]:

- Zwischen erfülltem und nicht-erfülltem Bedarf (Bsp. zustandsabhängiger Wert oder maximale Zerfallsrate)
- Mindeststandard (kann gleich sein wie erfüllter Bedarf)
- Zielzustand, der nach einer Massnahme erreicht werden sollte

- Prozentsatz oder Zustandsklassen oder –verteilung, die erreicht werden sollte (falls Zustandsverteilungsstandards vorhanden sind, Bsp. „98% der Leuchten funktionieren“)

Da für die meisten Typen zusätzlicher Objekte die Funktionalität die wichtigste Messgrösse ist, kann die Zustandsfrage auf einer groben Detailstufe recht einfach mit ‚ja‘ (funktioniert) oder ‚nein‘ (funktioniert nicht) beantwortet werden [74]. Messgrössen können aus technischen Parametern bestehen oder dimensionslose Indizes sein, aber sie müssen mit vordefinierten Anforderungen und Vorschriften übereinstimmen; wenigstens die Sicherheitsanforderungen sind dabei unerlässlich [68], [74]. Pro Typ zusätzlicher Objekte und Material sind unterschiedliche Schadenmerkmale zu bewerten.

4.5 Schadenkatalog

Sowohl die niederländische CROW [13] als auch das schottische Transport Scotland [9] und das britische DfT schlagen Schadenmerkmale für zusätzliche Objekte vor. Das DfT definiert beispielsweise für vertikale Signale folgende Hauptgruppen: visuelle Leistung, elektrische Leistung und Betrieb und struktureller Zustand (Tab. 25). Auch für Markierungen gibt es Bewertungen in der Norm BS EN 1436 [39].
























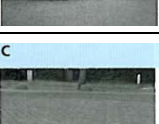

Tab. 25: Schadenmerkmale international: Bsp. Erhebung vertikale Signale inkl. Beleuchtung (UK)

Objekttyp	Hauptgruppe	Schadenmerkmale
Vertikale Signale inkl. Beleuchtung	Visuelle Leistung	Bedeckung, Bsp. durch Schmutz, Bewuchs, oder durch andere Signale oder Strukturen
		Verlust von Oberflächenmaterial
		Richtige Orientierung in Bezug zu Verkehrsteilnehmern
	Elektrische Sicherheit und Betrieb	Allgemeiner Zustand und Sicherheit
		Funktionieren von Leuchtmitteln
		Ausrichtung von Leuchtmitteln
		Effektiver Betrieb
	Struktureller Zustand	Zustand der Signalplatte
		Zustand von Befestigungen und Aufhängungen
Elementen der Signalpfosten-Inspektion		

Die Niederländische CROW hat einen sehr detaillierten, auf Bildern aufgebauten Schadenkatalog für den öffentlichen Raum bereitgestellt [13].

Die Beurteilung erfolgt in Zustandsklassen A⁺, A, B, C und D. Nach einer Beurteilung in Zustandsklasse A⁺ (Abnahmezustand) und A (gut bis sehr gut) erfolgt keine Erhaltungsmassnahme. Zustandsklasse B ist eine Warngrenze: das Objekt funktioniert, es sind jedoch innert 5 Jahren substantielle Erhaltungsmassnahmen notwendig. Bei Zustandsklasse C ist die Richtlinie überschritten, ist ein unruhiges Strassenbild vorhanden und empfinden Nutzer einen Komfortverlust. Es sind innert 2 Jahren substantielle Erhaltungsmassnahme erforderlich. Bei Zustandsklasse D zum Schluss liegt eine Verletzung der Sorgfaltspflicht vor, und der Betreiber steht in Haftpflicht. Der festgestellte Zustand D ist einer Kapitalvernichtung, einem Funktionsverlust und dem Herausfordern von mutwilligen Beschädigungen gleichzusetzen.

Tab. 26: Schadenmerkmale international: Bsp. Beurteilung „Entwässerungsdeckel“ (NL)

Entwässerungsdeckel	Einlass	A ⁺ 	A 	B 	C 	D 
	Materialschäden	A ⁺ 	A 	B 	C 	D 
	Anschluss Trottoirrand	A ⁺ 	A 	B 	C 	D 
	Schiefstand und Senkung	A ⁺ 	A 	B 	C 	D 
	Unebenheit	A ⁺ 	A 	B 	C 	D 

Der schweizerische Kontext geht von der in Kap. 2.3.3 vorgestellten Definition und den in Kap.3.5.2 und Kap. 3.5.3 aufgelisteten Typen zusätzlicher Objekte aus. Es werden nur diejenigen Objekttypen betrachtet, für die eine netzweite Zustandserhebung in Betracht kommt (Kap.3.5.2 und Kap. 3.5.3).

In Anlehnung an die Zustandserhebungsnorm für Fahrbahnen [33] wird eine Aufteilung in Hauptgruppen und detaillierte Schadenmerkmale vorgeschlagen. Die in Kap. 4.1 genannten zentralen Fragen der Zustandserhebung und –beurteilung sind massgebend:

- Sicherheit (Trag-, Verkehrs- und Betriebssicherheit);
- Gebrauchstauglichkeit;
- Dauerhaftigkeit (Prognose der Alterung)

Tab. 27 zeigt am Beispiel von zwei Typen zusätzlicher Objekte den Aufbau eines Schadenkataloges.

Tab. 27: Schadenmerkmale am Bsp. von kleinen Durchlässen und Stützmauern < 1.5 m

Objektyp	Zielthema	Hauptgruppe	Schadenmerkmale
kleine Durchlässe	Trag- und Betriebssicherheit	Allgemeiner Zustand	Schiefelage
			Umgebung
		Wandschäden	Ablösungen
			Kornausbrüche
			Risse
			Setzungen
			Frostschäden
			Brüche
			...
		Einlass- / Auslassschäden	Schiefstand
	Fehlende Elemente		
	Brüche		
	Fremdkörper		
	...		
	Verkehrssicherheit	Wildtiere	Eingangsführung für Wildtiere
Hochwasser		Hochwasserfolgen	
Gebrauchstauglichkeit	Funktion	Wasserdurchfluss	
		Wildtierquerung	
		...	
Dauerhaftigkeit	Prognose der Alterung	...	
Stützmauer < 1.5 m	Trag- und Betriebssicherheit	Allgemeiner Zustand	Schiefelage
			Umgebung
			...
		Mauerschäden	Ablösungen
			Kornausbrüche
			Risse
			Setzungen
			Bewuchs / Wurzelschäden
			Brüche
			...
	Anker	Fehlende Elemente	
		Brüche	
...			
Verkehrssicherheit	
Gebrauchstauglichkeit	Funktion	...	
Dauerhaftigkeit	Prognose der Alterung	...	

5 Ausblick auf Norm

Das Ziel der Norm ist es, einen Leitfaden und Standards für ein integrales Erhaltungsmanagement von Typen zusätzlicher Objekte zur Verfügung zu stellen.

Die neu zu erstellende Norm erläutert die für die Zustandserhebungen und –beurteilungen relevanten Begriffe (Abschnitt A.4). Anschliessend wird die Einbettung der Norm in andere VSS-Normen vorgestellt (Abschnitt B.1). In Abschnitt B.7 wird die Methodik für die Strategiebestimmung erklärt und ein Entscheidungsdiagramm für die Strategiebestimmung dargestellt. Nur für wenige Objekttypen ist eine zustandsbasierte Erhaltungsstrategie zielführend und wirtschaftlich. Eine Liste dieser Objekttypen ist in Abschnitt B.10 wiedergegeben. Für die übrigen Objekttypen ist eine zustandsbasierte Erhaltungsstrategie unwirtschaftlich und sollte deshalb vermieden werden. Abschnitt C. fokussiert auf die Zustandserhebung, –bewertung und den Schadenkatalog.

Erhaltungsmanagement der 'zusätzlichen Objekte'

Zustandserhebung und -bewertung

INHALTSVERZEICHNIS

A. Einleitung

1. *Geltungsbereich*
2. *Gegenstand*
3. *Zweck*
4. *Begriffe*
 - 4.1 *Zusätzliche Objekte, Definition & Abgrenzung*
 - 4.2 *Erhaltungskonzept*
 - 4.3 *Erhaltungsstrategien*
 - 4.4 *Ausfalleffektanalyse*
 - 4.5 *Funktionsstörung*
 - 4.6 *Anspruchsgruppen und Kostenträger im Erhaltungsmanagement*
 - 4.7 *Bestimmungskriterien*
 - 4.8 *Auswirkungen*
 - 4.9 *Auswirkungskriterien*
 - 4.10 *Restliche Nutzungsdauer*
 - 4.11 *Schadenentwicklungszeit*

B. Allgemeines

5. *Einbettung in Normen VSS*
6. *Strategiebestimmung*
7. *Methodik*
8. *Bewertung*
9. *Schwellenwerte der Bestimmungskriterien*
10. *Liste: Zustandserhebung - wirtschaftlich und zielführend*

C. Zustandserhebung und -bewertung

11. *Zustandserhebung*
12. *Visuell*
13. *Messtechnisch*
14. *Zustandsbewertung*
15. *Schadensprozesse*
16. *Schadenbilder*
17. *Indexwerte, Prozentsatz*
18. *Schadenkatalog*

D. Anwendung

19. *Anwendungskonzept*
20. *Anwendungsempfehlungen*

E. Literaturverzeichnis

Gestion de l'entretien des 'Objets additionnelles'

Relevé et appréciation d'état

TABLE DES MATIÈRES

A. Introduction

1. *Domaine d'application*
2. *Objet But Définitions Objets additionnelles*
- 4.2 *Concept de l'entretien*
- 4.3 *Stratégie de l'entretien*
- 4.4 *Analyse des modes de panne et de leurs effets*
- 4.5 *Dysfonction*
- 4.6 *Groupes d'intérêt doit et centres d'imputation à la gestion de l'entretien*
- 4.7 *Critères pour la détermination*
- 4.8 *Effets*
- 4.9 *Critères pour les effets*
- 4.10 *Durée d'utilisation restante*
- 4.11 *Intervalle P-F*

B. Généralités

5. *L'intégration dans les Normes VSS*
6. *Détermination de la stratégie*
7. *Méthode*
8. *Evaluation*
9. *Valeur seuil de critères pour la détermination*
10. *Liste: Relevé d'état - économique et judicieux*

C. Relevé et appréciation d'état

11. *Relevé d'état*
12. *Visuel*
13. *À l'aide d'appareils de mesure*
14. *Appréciation d'état*
15. *Processus des dégradations*
16. *Dégradations*
17. *Valeur indicée, pourcentage*
18. *Catalogue des dégradations*

D. Application

19. *Concept d'application*
20. *Recommandations d'application*

E. Bibliographie

6 Kostenrelevanz für die Budgetierung

Kapitel 2.6.2 umfasst die Methodik für die Strategiebestimmung zur Erhaltung der zusätzlichen Objekte. Als Kostenverursacher sollten zusätzliche Objekte bei der Erhaltungsplanung respektive bei der Budgetierung der Erhaltungsmassnahmen berücksichtigt werden. Dabei können sich die Verantwortlichen auf die Ergebnisse aus Kap. 5 stützen, da sie jetzt wissen, welche Strategien für welche Objekttypen bei welchen Strassentypen angewendet werden und daraus abgeleitet, wann Erhaltungsmassnahmen (ausfall-, präventiv-, intervall- oder zustandsbasiert) anfallen.

Vorliegendes Kapitel 6 geht der Frage nach, welche Typen zusätzlicher Objekte im Rahmen der Budgetierung wie berücksichtigt werden sollten. Dadurch können die Budgets für die laufende Rechnung sowie die Investitionskosten bei Erhaltungsprojekten zuverlässiger abgeschätzt werden. Dazu erfolgt eine Analyse der Erstellungs- und Lebenszykluskosten für die Objekttypen je Strassentyp.

6.1 System- und Begriffsdefinition

6.1.1 Objektkosten

Für die Kostenberechnung beschränkt sich die Forschungsstelle auf die Eigentümer / Betreiberkosten. Es werden einerseits die Erstellungskosten für die Fahrbahndecke ([56], [58], SN 640 907 [32], SN 640 986 [38]), andererseits die Erstellungskosten für die Objekttypen angenommen [38]. Diese Annahmen konnten von den befragten Experten (vgl. Tab. 2) bestätigt werden. Für die Objektkostenberechnung wird die Methode für die Berechnung der Wiederbeschaffungswerte aus der Norm für den jährlichen Mittelbedarf für die Erhaltung von Strassennetzen [38] genommen. Hierin enthalten sind bereits einige Objekttypen, wie Randabschlüsse, Beleuchtung, Markierungen und Schlammsammler. Diese werden jeweils der Kostenberechnung der Fahrbahndecke entzogen und zur Kostenberechnung der Objekttypen hinzugefügt. Enthalten sind folgende Kosten:

Für die Fahrbahndecke:

- Rückbau (Aushub, Erstellen Planum/Böschung, Abfuhr zur Deponie)
- Projektleitung, Vermessung, Verkehrsprovisorium und Baustelleneinrichtung
- Einbau der Foundation, und des Oberbaus inkl. Fahrbahndecke

Für die Typen zusätzlicher Objekte:

- Erstellungskosten (Ankauf oder Produktion des Objekttyps, Transport, Einbau und Anschluss des Objekttyps)
- Einrichtung einer eventuell notwendigen Baustelle
- Instandsetzungskosten
- Unterhaltskosten inkl. Reinigungs- und Überwachungskosten

Über den gesamten Lebenszyklus (Erstellung, baulicher und betrieblicher Unterhalt und Rückbau) der Strasse fallen manche Kosten mehrmals an. Diese werden nach den Annahmen in 6.2.2 und 6.2.3 in der Berechnung (Kap. 6.3) einbezogen.

6.1.2 Szenario für Erhaltungsmassnahmen

Für die Fahrbahn wird die zustandsorientierte Erhaltungsstrategie (Kap. 3.1) angewendet; der periodisch erfasste Zustand bestimmt das weitere Vorgehen. Hier gibt es verschiedene Erhaltungsszenarien mit unterschiedlichen Instandsetzungszeitpunkten und Eingriffstiefen.

Welches Szenario zum Einsatz kommt, wird vom Betreiber pro Strassentyp und unter Berücksichtigung von Qualitätsstandards festgelegt (Bsp.: Abb. 15). Die Annahmen für die Erhaltungsszenarien pro Strassentyp werden in Kap. 6.2.2 vorgestellt.

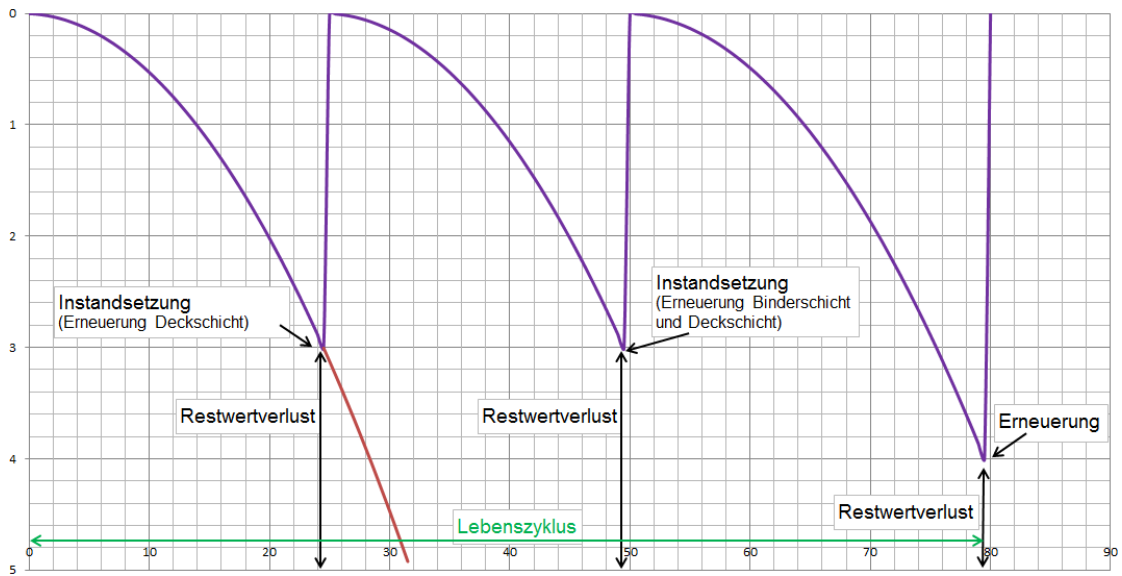


Abb. 15: Erhaltungsszenario einer Strasse: Massnahme alle 25-30 Jahre (Bei Zustandsindex = 3 für Instandsetzung und I= 4 für Erneuerung, Lebenszyklus = 80 Jahre)

6.1.3 Restwert

Wenn Objekttypen aus strategischen Gründen gleichzeitig mit der Fahrbahn erneuert oder instandgesetzt werden, werden diese Objekttypen ggf. vorzeitig, d.h. vor Ablauf ihrer theoretischen Nutzungsdauer, ersetzt. Demzufolge geht ein entsprechender Restwert verloren [6], (Abb. 16).

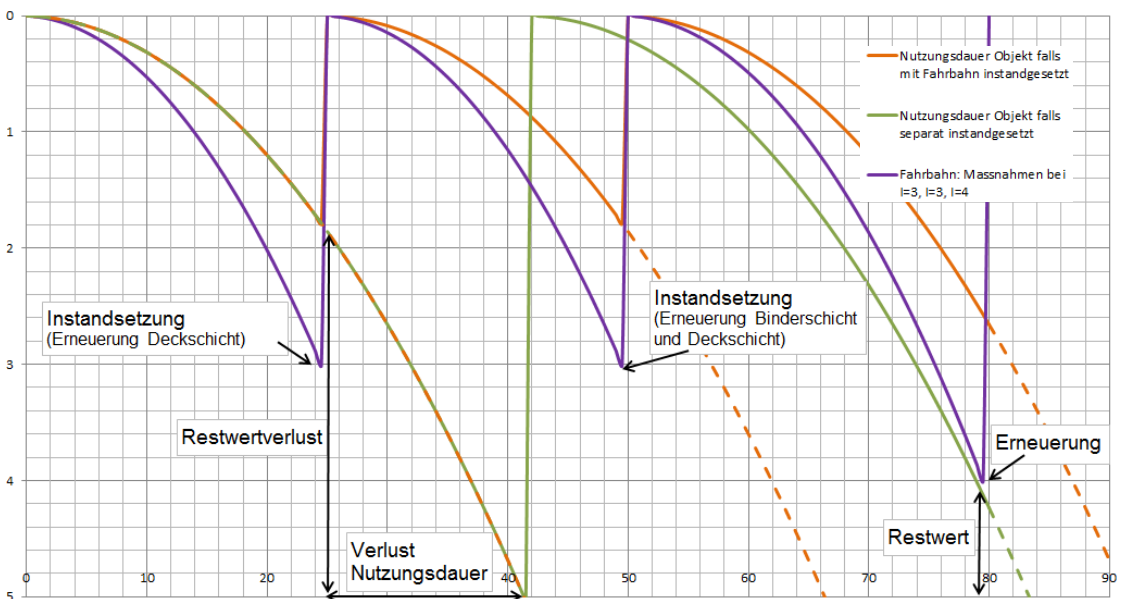


Abb. 16: Verlust der Nutzungsdauer und Restwertverlust der Objekttypen (orange: Instandsetzung mit der Fahrbahn; grün: separat)

6.1.4 Integraler Sanierungsablauf

Für die Kostenrelevanz wird die Überlegung für einen integralen Sanierungsablauf je Objekttyp berücksichtigt, indem je Objekttyp unterschieden wird in „abhängig“ und „unabhängig“ zur Erhaltung der Fahrbahn (als Leitsystem).

Im Hinblick auf die Gesamtkosten von Erhaltungsmaßnahmen wird abgeklärt, welche

Rolle/Funktion der jeweilige zusätzliche Objekttyp im System der Strassenverkehrsanlage hat, was seine Rolle für den Substanzerhalt der Fahrbahn ist und welche Auswirkung eine Erhaltungsmassnahme am Objekttyp auf den Aufwand einer Sanierung hat. Hierbei spielen die Erreichbarkeit / Lage des Objekttyps sowie die Kosten für dessen Sanierung eine Rolle.

Es kann gesamtwirtschaftlich durchaus Sinn machen, bestimmte Objekttypen (bspw. mit geringem Wertanteil am Wiederbeschaffungswert) im Verbund zu sanieren (Aufwand Baustelleneinrichtungskosten, Ursache Betriebsunterbrüche etc.), obwohl deren Zustand noch nicht kritisch bzw. sanierungsbedürftig ist.

Die Typen zusätzlicher Objekte werden diesbezüglich durch die Experten beurteilt und in zwei Kategorien eingeteilt:

- Zusätzliche Objekte können isoliert Instand gesetzt werden (KANN-Objekte).
- Zusätzliche Objekte werden aus bauablauftechnischen Gründen im Verbund Instand gesetzt (MUSS-Objekte).

Bei einer vorliegenden Abhängigkeit (MUSS-Objekte) wird in den Lebenszykluskosten ein Restwert angesetzt, der durch die integrale Baumassnahme zerstört wird, wodurch der Objekttyp einen höheren Anteil im Wert, d.h. eine grössere Kostenrelevanz über den ganzen Lebenszyklus erhält.

6.1.5 Erstellungskosten und Lebenszykluskosten

Die Objektkosten (Kap. 6.1.1) setzen sich zusammen aus Erstellungskosten, Baustellenkosten, Instandsetzungs- und Unterhaltskosten inkl. Reinigungs- und Überwachungskosten. Der Restwertverlust (Kap. 6.1.3) wird als Anteil der Objektkosten im Verhältnis zu der erwarteten Nutzungsdauer einbezogen. Die Kosten wurden aus vorhandenen Mandaten, Projekten, Literaturangaben (Bspw. [14]) und aus Expertenbefragung ermittelt. Annahmen diesbezüglich werden in Kap. 6.2.2 und Kap. 6.2.3 dargelegt. Tab. 28 gibt einen Überblick über die Bedeutung der Objekttypen pro Strassentyp.

Tab. 28: Anteile in den Erstellungs- bzw. Lebenszykluskosten (Fahrbahn, zusätzliche Objekte inkl. Restwertverlust)

Strassentyp	Anteil zusätzliche Objekte an EK	Anteil Fahrbahn an EK	∑	Anteil zus. Obj. an LCC (inkl. RWV ²¹)	Anteil Fahrbahn an LCC	∑	Lebenszyklus (# Jahre)
HLS	23%	77%	100%	31%	69%	100%	60
HVS ausserorts	12%	88%	100%	26%	74%	100%	100
VSR	17%	83%	100%	33%	67%	100%	100
HVS innerorts	22%	78%	100%	34%	66%	100%	84
HSS	45%	55%	100%	60%	40%	100%	80
QES/QSS	41%	59%	100%	49%	51%	100%	180
VSL	11%	89%	100%	22%	78%	100%	130
VW	17%	83%	100%	29%	71%	100%	174

²¹ RWV = Restwertverlust

6.2 Methodik und Bewertungsverfahren

6.2.1 Kostenrelevanz

Die Kostenrelevanz bemisst den Anteil des jeweiligen zusätzlichen Objekttyps in Prozent zum einen an den Erstellungskosten und zum anderen an den Kosten während des Lebenszyklus der Strassenverkehrsanlage. Je höher der Wertanteil des zusätzlichen Objekttyps an den Objektkosten ist, desto grösser ist die Kostenrelevanz.

Die Kostenrelevanz wird mittels einer Elementkostenrechnung (Kap. 6.3.1) je Strassentyp (Kap. 2.5) überprüft.

6.2.2 Annahmen bzgl. Methodik und Strassenverkehrsanlage

Um die Analyse der Kostenrelevanz durchzuführen, müssen einige Variablen angenommen werden.

- Repräsentativer Strassenabschnitt:
Die Kostenrelevanz wird für einen repräsentativen Strassenabschnitt vorgenommen (Kap. 2.5). Diese repräsentativen Abschnitte sind repräsentativ bezüglich:
- Vorkommen der Objekttypen:
Das Vorkommen setzt sich aus zwei Variablen zusammen: einerseits *ob* ein Objekttyp an einer Strasse vorzufinden ist, andererseits *wie oft* das Vorkommen an einer ‚normalen‘ Strasse des betreffenden Strassentyps anzunehmen ist.
Bspw. Kreisel gibt es gar nicht an Hochleistungsstrassen; Leitplanken (Rückhaltesysteme) gibt es zum Beispiel an Hauptverkehrswegen nur an kritischen Stellen wie z.B. in gefährlichen Kurven und entlang steiler Hänge (selten). Der Vorkommens-anteil dieser Objekttypen hat einen Einfluss auf den Kostenanteil der Objekte. In Kap 2.6 wird die Einteilung in ‚Standardvorkommen‘ und ‚seltenes Vorkommen‘ erläutert.
- Objektkosten:
Grundlage für die Objektkosten sind für diese Forschung die Ansätze für den Wiederbeschaffungswert der Strassen der Norm 640 986. Diese basieren auf durchschnittlichen Baupreisen für das Schweizer Mittelland im Oktober 2004. Die Preise wurden zur Berücksichtigung der Teuerung mittels Baupreisindex (BfS, 2013) von 113.5% der Baupreise in 1998 (Basis der Norm SN 640 986) auf 130.5 % (Baupreisindex Herbst 2012) gesetzt.
- Alterung der Fahrbahndecke:
Auf einer Hauptverkehrsstrasse mit einer starken Verkehrsbelastung ist die Alterung (auch bei gleichen Umwelteinflüssen wie Frost- und Auftauprozessen) anders als auf einer kleinen Quartierstrasse. Die Alterung der Fahrbahn verläuft in den ersten Jahren nach Neubau oder Instandsetzung relativ langsam (*Abb. 15*). Je schlechter der Zustand der Fahrbahndecke ist, umso schneller ‚zerfällt‘ die Strasse. Die Alterung hat Einfluss auf den jährlichen Werteverlust und auch auf jene Typen zusätzlicher Objekte, die abhängig vom Bauablauf der Fahrbahn sind.
- Szenario Erhaltungsmassnahmen:
Der strategische Entscheid, bei welchem Zustandsindexwert [31], [33] kleiner baulicher Unterhalt oder die Instandsetzungen an der Strasse ausgeführt werden und welcher Zustandsindexwert als ‚annehmbar‘ bewertet wird, wirkt sich auf den jährlichen Werteverlust der Fahrbahndecke und auf jene zusätzlichen Objekte aus, die abhängig vom Bauablauf der Fahrbahn sind (*Abb. 16*).
- Die Alterung und das Szenario der Erhaltungsmassnahmen beeinflussen den Lebenszyklus der Strasse (Zeitspanne bis zur nächsten Erneuerung der Fahrbahndecke) und die Erhaltungsintervalle (Zeitspanne bis zur erstnächsten Instandsetzung: *Abb. 15*).

Tab. 29: Variablen und Annahmen bzgl. Methodik in Abhängigkeit der Strassenverkehrsanlage für die Objektkostenberechnung (Kap. 2.3.3, SN 640 925b [33] und [50])

Variable	Annahmen
Vorkommen Objekttyp	„Standardvorkommen“ = (fast) immer anzutreffen selten“ = manchmal anzutreffen
Definition ‚zusätzlicher Objekte‘	Zusätzliche Objekte dienen dem Verkehrsfluss, der Verfügbarkeit, der Sicherheit und der Neutralisierung der Emissionen einer Strassenverkehrsanlage und stehen in einem direkten funktionellen, räumlichen und finanziellen Bezug zu der Strassenverkehrsanlage
Alterung der Fahrbahndecke	Alterungskurve pro Strassentyp
Eingriffszeitpunkte für Erhaltungsmaßnahmen	Bei Strassen der höheren Kategorie (HLS, HVS, VSR und HHS): Eingriffspunkt bei Zustandsindexwert 2.5 Für die übrigen, kleineren Strassen bei 3.5.
Szenarien für Erhaltungsmaßnahmen	HLS: Deckschicht → Deck/Binder/Tragschicht → Erneuerung HVS: DS → DBT → DS → neu ²² VSR: DS → DBT → DS → neu VSL: DS → DS → DBT → DS → neu VW: DS → DS → DBT → DS → DS → neu HSS: DS → DBT → DS → neu QSS/QES: DS → DS → DBT → DS → DS → neu ZFW/ZFS: DS → DS → DBT → DS → DS → neu In Kombination mit dem akzeptierten Zustandsindex der Fahrbahn resultieren hieraus ein Massnahmenintervall für die Fahrbahn sowie ein Lebenszyklus bis zur Erneuerung der Strassenverkehrsanlage.
Betrieblicher Unterhalt der Fahrbahn ²³	Der betriebliche Unterhalt wird mit einer Pauschale berücksichtigt.
Kleiner baulicher Unterhalt der Fahrbahn	Der kleine bauliche Unterhalt an der Fahrbahndecke wird ab Zustandsklasse 3 mit einer jährlichen Pauschale pro m ² einkalkuliert.
Alterung des Objekttyps	Es wird angenommen, dass die Objekttypen einen linearen Zerfall aufweisen. Spätestens sobald die erwartete Nutzungsdauer erreicht ist, wird das Objekttyp ersetzt oder vorher, wenn es integriert in den Bauablauf der Fahrbahn ersetzt wird.
Abhängigkeit vom Bauablauf	Die Erneuerung von Objekttypen, die vom Bauablauf abhängig sind, wird gleichzeitig mit den Massnahmen an der Fahrbahndecke durchgeführt, unabhängig vom Zustand der Objekte. Der Restwert wird an der Anzahl an Jahren der erwarteten Nutzungsdauer zum Wert des Objekttyps gerechnet.
Indizierte Baupreise	Es werden die Preise im Herbst 2012 angenommen. Die Preise für Herbst 2012 werden mit 130.5% gegenüber 1998 bzw. mit 116% gegenüber 2004 aufindexiert und abgeglichen mit Preislisten 2012/2013 der Firmen ABZ, Balmholz, Baustoffenzentrum, BERAG, BHZ, BLH, Macadam und Wirz

²² DS = Deckschicht, DBT = Deckschicht, Binderschicht, teilweise Verstärkung der Tragschicht, neu = Erneuerung

²³ Der betriebliche Unterhalt der Fahrbahn hat als Kostenverursacher einen Einfluss auf den Anteil der Fahrbahn an den Gesamtkosten (inkl. Fahrbahn und inkl. zusätzliche Objekte)

Tab. 30: Strassendimensionen und Zustandswert [33], bei dem Instandsetzung erfolgt.
Quellen: [18] und Folgende, [27; 18], [28], Interviewpartner (Kap. 1.6)

Strassen- typ	Breite sämtlicher Trottoirs	Breite FB	Abschnitts- länge	Fläche FB	Fläche Trottoirs	Aufbau Strasse ²⁴	Akzeptierter Zustand ²⁵ (ND ²⁶)
HLS	-	22	1000	22000	-	DS 0.04 m BS 0.09 m TS 0.14 m FS 0.65 m	2.5 (20 Jahre)
HVS ausserorts	5	13	1000	13000	5000	DS 0.03 m BS 0.08 m TS 0.11 m FS 0.6 m	3 (25 Jahre)
HVS innerorts	5	13	1000	13000	5000	DS 0.03 m BS 0.08 m TS 0.11 m FS 0.6 m	3 (20 Jahre)
VSR	-	10.5	1000	10'500	-	DS 0.03 m BS 0.08 m TS 0.11 m FS 0.4 m	3 (25 Jahre)
HSS	5	7	200	1'400	1'000	DS 0.03 m BS 0.06 m TS 0.08 m FS 0.4 m	2.5 (20 Jahre)
QSS / QES	3	6.5	200	1300	600	DS 0.03 m TS 0.07 m FS 0.35 m	3.5 (30 Jahre)
ZFS / ZFW	-	6.5	200	1300	600	DS 0.03 m TS 0.07 m FS 0.35 m	3.5 (30 Jahre)
VSL	-	7	200	1'400	-	DS 0.04 m TS 0.09 m FS 0.35 m	3.5 (26 Jahre)
VW	-	5.75	200	1'150	-	DS 0.03 m TS 0.07 m FS 0.35 m	3.5 (29 Jahre)

²⁴24 DS = Deckschicht, BS = Binderschicht, TS = Tragschicht, FS = Fundationsschicht

²⁵ Akzeptierter Zustand = Zustandsindex nach SN 640 925b

²⁶ ND = Nutzungsdauer (Folgt aus der Alterungskurve und aus dem akzeptierten Zustandsindex)

Tab. 31: Angenommene Anzahlen der zusätzlichen Objekte (Berechnungsgrundlage)²⁷

Strasstyp	Objekte mit Standardvorkommen	seltene Vorkommen
HLS L = 1000 m	10 Stk Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück) 2 Stk Autobahnbeschilderung (gross, grün/blau) 1500 m ² Bankette 150 m Blenden 4000 m ² Böschungen 3000 Entwässerungsgräben 5000 m ² Grünfläche (Grass) 25 m kleine Durchlässe Ø < 1.5 m 20 Stk km- / hm-Angabe 400 m ² Lärmschutzwände 7600 m Markierungen 160 Stk Randleitpfosten 3000 m Rückhaltesysteme 2000 Sicherheitszäune und -barrieren 200 m ² Stützmauern < 1.5 m 700 m Trennstreifen 2 Stk Verkehrsschilder	Abwasserfilter (SABA) Beleuchtung Pumpstationen Schlammsammler (Unterbau) Versickerungsanlagen
HVS ausserorts L = 1000 m	60 Stk Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück) 1500 m ² Bankette 5000 m Markierungen 2000 m ² Grünfläche (Grass) 1000 m ² Böschungen 22 m kleine Durchlässe Ø < 1.5 m 80 Stk Randleitpfosten 2 Stk Beleuchtung 1 Stk Verkehrsinsel 3 Stk Verkehrsschilder 1 Stk Fussgängerstreifen	Abwasserfilter Lärmschutzwände Versickerungsanlage Entwässerungsgräben Rückhaltesysteme Kies- und Sandfänge Stützmauern < 1.5 m Kreisel Pumpstationen
VSR L = 1000 m	60 Stk Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück) 1500 m ² Bankette 4000 m Markierungen 2000 m ² Grünfläche (Grass) 1000 m ² Böschungen 12.5 m kleine Durchlässe Ø < 1.5 m 2 Stk Beleuchtung 80 Stk Randleitpfosten 1 Stk Verkehrsinsel 3 Stk Verkehrsschilder 2 Stk Fussgängerstreifen	Abwasserfilter Entwässerungsgräben Kreisel Lärmschutzwände Pumpstationen Rückhaltesysteme Sammelleitungen Abwasser Stützmauern < 1.5 m Versickerungsanlage
HVS innerorts L = 1000 m	50 Stk Beleuchtung 60 Stk Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück) 2000 m Randsteine 325 m Strassenentwässerungsleitungen 50 Stk Schlammsammler Unterbau 5000 m Markierungen 150 m Stellsteine & Stellplatten 1 Stk Verkehrsinsel 6 Stk Fussgängerstreifen 7 Stk Verkehrsschilder	Alleebäume Bepflanzung Informationsschilder Kreisel Pfosten / Poller Rückhaltesysteme Strassengeländer Trennstreifen Wassersteine
HSS L = 200 m	26 Stk Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück) 11 Stk Beleuchtung 400 m Randsteine 389 m Stellsteine & Stellplatten 11 Stk Schlammsammler Unterbau 600 m Markierungen 40 m Strassenentwässerungsleitungen 2 Stk Verkehrsinsel 6 Stk Fussgängerstreifen 11 Stk Alleebäume 3 Stk Verkehrsschilder	Behinderten-Wegleitungen Bepflanzung Grünfläche (Grass) Informationsschilder Kreisel Pfosten / Poller Stellsteine & Stellplatten Strassengeländer Trennstreifen Veloposten Wassersteine

²⁷ Das Mengengerüst ist nicht repräsentativ, sondern lediglich eine Annäherung, damit eine Berechnungsgrundlage für die Prüfung der Kostenrelevanz geschaffen wird.

QSS L = 200 m	10 Stk Beleuchtung 8 Stk Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück) 400 m Randsteine 8 Stk Schlammsammler Unterbau 25.2 m Strassenentwässerungsleitungen 4 Stk Verkehrsschilder 70 m Markierungen 3 Stk. Fussgängerstreifen	Alleebäume Behinderten-Wegleitungen Bepflanzung Entwässerungsrinnen Grünfläche (Grass) Informationsschilder Kreisel Markierungen Mauern Pfosten / Poller Stellsteine & Stellplatten Strassengeländer Veloposten Verkehrinsel Vertikalversätze (Verkehrsberuhigung) Wassersteine
QES L = 200 m	10 Stk Beleuchtung 8 Stk Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück) 400 m Randsteine 8 Stk Schlammsammler Unterbau 25.2 m Strassenentwässerungsleitungen 4 Stk Verkehrsschilder 70 m Markierungen 2 Stk. Fussgängerstreifen	Alleebäume Behinderten-Wegleitungen Bepflanzung Entwässerungsrinnen Grünfläche (Grass) Informationsschilder Kreisel Markierungen Mauern Pfosten / Poller Stellsteine & Stellplatten Strassengeländer Veloposten Verkehrinsel Vertikalversätze (Verkehrsberuhigung) Wassersteine
ZFS & ZFW L = 200 m	400 m Randsteine	Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück) Beleuchtung Entwässerungsrinnen Mauern Strassenentwässerungsleitungen Pfosten / Poller Sammelleitungen Abwasser Schlammsammler (Unterbau) Stellsteine & Stellplatten Verkehrsschilder
LV innerorts L = 200 m	Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück) Behinderten-Wegleitungen Beleuchtung Entwässerungsrinnen Historische Altstadtleuchten Informationsschilder Strassenentwässerungsleitungen Pfosten / Poller Randsteine Schlammsammler (Unterbau) Stellsteine & Stellplatten Veloposten Verkehrsschilder	Alleebäume Bepflanzung Markierungen Mauern Sammelleitungen Abwasser Strassengeländer Wassersteine
VSL L = 200 m	300 m ² Bankette 200 m ² Böschungen	Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück) Beleuchtung Entwässerungsgräben kleine Durchlässe Ø < 1.5 m Pumpstationen Rückhaltesysteme Schlammsammler Unterbau Stützmauern < 1.5 m Verkehrsschilder

VW L = 200 m	300 m ² Bankette 200 m ² Böschungen	Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück) Beleuchtung Entwässerungsgräben kleine Durchlässe Ø < 1.5 m Pumpstationen Rückhaltesysteme Schlamm-sammler Unterbau Stützmauern < 1.5 m Verkehrsschilder
-----------------	--	---

6.2.3 Annahmen bzgl. Objekttypen

Nicht nur die methodischen Entscheidungen und die Annahmen bzgl. der Strasse beeinflussen die Ergebnisse der Relevanzprüfung, sondern auch die Annahmen bzgl. der Objekttypen.

- Sowohl der Betrieb (betrieblicher Unterhalt inkl. kleinen baulichen Unterhalts) als auch die Instandsetzung (baulicher Unterhalt) der Objekte und der Fahrbahndecke tragen zu den Gesamtkosten bei.
- Für jeden Typ der zusätzlichen Objekte ist eine Alterung und ein Erhaltungsszenario anzunehmen. Die benötigten Grundlagen für diese Annahmen sind das Resultat von ausführlichen Recherchen und Interviews.
- Die ‚Abhängigkeit vom Bauablauf der Fahrbahn‘ wird miteinbezogen. Von einem Objekt, das zusammen mit der Fahrbahn ersetzt wird, wird unabhängig davon in welcher Zustandsklasse sich das Objekt befand, ein theoretischer ‚Restwert‘ vernichtet (Kap. 6.1.3). Dieser Restwert wird als Kostenfaktor in den LCC berücksichtigt.
- Wenn ein Objekt ersetzt wird, wird –wie bei der Fahrbahn– im Jahr nach den Bauarbeiten die höchste Zustandsklasse angenommen. Im Jahr der Bauarbeiten werden die Kosten für den Ersatz des Objektes aufgeführt. Ab Zustandsklasse 5 wird das Objekt ersetzt, ab Zustandsklasse 3 fallen jährliche Kosten für den Unterhalt an.

Diese Annahmen (Tab. 29 und Tab. 32) erlauben eine Einschätzung der relativen Relevanz der Objekttypen. Ziel soll sein, Relevanzklassen zu bilden.

Tab. 32: Variablen und Annahmen bzgl. Objekte für die Objektkostenberechnung

Variable	Annahmen
Massnahmen betrieblicher/baulicher Unterhalt	Pro Objekttyp wird eine Liste der berücksichtigten Massnahmen, inkl. Massnahmenzeitpunkt und Massnahmenkosten geführt. Diese sind die Massnahmen aus Sicht des Objektes
Bezugseinheit für Anteil Kosten	Pro Objekttyp wird eine Bezugseinheit festgelegt (Bsp. pro Jahr, pro m ² , pro km)
Erwartete Nutzungsdauer des Objekttyps	Aus der Literatur und aus Interviews mit Experten ist die Nutzungsdauer berücksichtigt, die möglichst unabhängig von Betriebsszenarien ist. ²⁸
Erhaltungsszenario für zusätzliche Objekte: Ersatz	Wenn das Objekt Zustandsklasse 5 erreicht, wird es ersetzt. Objekte, die zwingend zusammen mit der Fahrbahn ersetzt werden müssen, werden jeweils bei einer baulichen Massnahme an der Fahrbahn ersetzt, unabhängig von deren Zustand.
Erhaltungsszenario für Objekttypen: Pauschale für Instandhaltungsmassnahmen	Für alle Objekttypen wird angenommen, dass ab Zustandsklasse 3 (von 5 Zustandsklassen) jährliche Erhaltungskosten anfallen, die jedoch den jährlichen Zerfall nicht beeinflussen.

²⁸ Bsp.: Der Erfahrungswert der Nutzungsdauer der gleichen Beleuchtung scheint an Klasse III-Strassen länger zu sein als an Klasse I-Strassen. Diese kürzere Nutzungsdauer ist durch den integralen Bauablauf bestimmt. Deswegen wird die Nutzungsdauer der Beleuchtung an Klasse III-Strassen für alle Strassentypen angenommen und an übrigen Strassentypen eine Restwertvernichtung angenommen.

6.3 Auswertungen, Ergebnisse und Anwendung

6.3.1 Auswertung Relevanzprüfung am Beispiel HSS

Die Ergebnisse der Erstellungskosten und Lebenszykluskosten (Kap. 6.1.5) werden anhand einer Hauptsammelstrasse (Abkürzung HSS, nach SN 640 044) in *Tab. 33* und *Tab. 35* exemplarisch vorgestellt. Es wird ausgegangen von einem massgebenden Abschnitt von 200 m Länge, der 7 m breit ist und beidseitig mit einem 2,50 m breiten Trottoir ausgestattet ist. Da die Alterung bis zur Zustandsklasse I = 2,5 20 Jahre beträgt, ist das Unterhaltsintervall der Fahrbahn 20 Jahre bis zur nächsten Massnahme (*Abb. 17*). Dieses Intervall wird bestimmt durch den Zerfall der Fahrbahndecke, kombiniert mit der Akzeptanz eines Zustandsindex von 2.5 nach SN 640 925b.

In *Tab. 33* ist zu sehen, dass die zusätzlichen Objekte zusammen einen Anteil von etwa 42% der Ersterstellungskosten einer Hauptsammelstrasse ausmachen, hingegen einen Anteil von fast 60% an den Lebenszykluskosten der Strassenverkehrsanlage. Vor allem die Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück) spielen über den ganzen Lebenszyklus der Hauptsammelstrasse eine grosse Rolle, weil diese (einigermassen teure) Objekttypen durch den Schwerverkehr oft kaputtgefahren werden und deshalb etwa alle 9 Jahre ersetzt werden müssen. *Abb. 18* stellt diesen Sachverhalt grafisch dar.

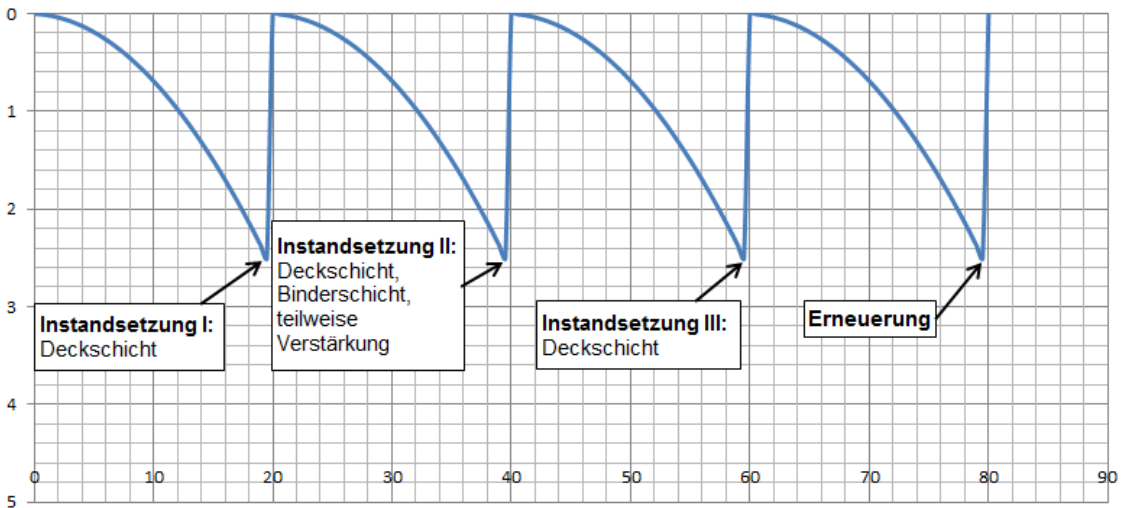


Abb. 17: Massnahmenintervall am Beispiel einer HSS mit Massnahme bei I = 2.5 (praktische Folge: Instandsetzungsintervall = 20 Jahre)²⁹

Tab. 33: Exemplarische Kostenübersicht an einer HSS

HLS	Restwert	EK	% EK	% EK irrelevante Objekte	Lebensdauer	Abhängig von Bauablauf FB	Total LCC	% der LCC	Kumulativ < 10% der LCC irrelevant	Erläuterung
Fahrbahn (Fundation, Trag-, Binder-, Deckschicht)		10623900	75.42%		30		25672994	67.75%		
Objekte										
Rückhaltesysteme	-	1650000	11.71%		29	KANN	3300000	8.71%		relevant durch hohe Erstellungskosten (2x in LCC)
Lärmschutzwände	-	520000	3.69%		24	KANN	1924800	5.06%		relevant durch sowohl hohe Erstellungskosten als auch kurze Lebensdauer
Entwässerungsrinnen & -Kanäle	256468.97	300000	2.13%		74	MUSS	1'140'569	3.01%		relevant durch sowohl hohe Erstellungskosten als auch Abhängigkeit vom Bauablauf Fahrbahn
Bepflanzung	-	-	0.00%	0.00%	39	KANN	1003'200	2.65%		relevant durch hohe laufende Kosten
Grünfläche (Grass)	-	30'000	0.21%	0.21%	79	KANN	915'000	2.41%		relevant durch hohe laufende Kosten
Röschungen	-	40'000	0.28%	0.28%	49	KANN	776'000	2.05%		relevant durch hohe laufende Kosten
Markierungen	12698.73	83'600	0.59%	0.59%	6	MUSS	765'099	2.02%	2.02%	ext. relevant durch kurze Lebensdauer & Baustellenkosten
Schlammstammler Unterbau	69257.14	240'000	1.70%		64	MUSS	688'457	1.82%	1.82%	ext. relevant durch hohe Restwertvermichtung
Stützmauer < 1.5 m	-	240'000	1.70%		100	KANN	368'000	0.94%	0.94%	ext. relevant durch hohe Erstellungskosten
Randleitpfosten	-	32'000	0.23%	0.23%	39	KANN	288'000	0.76%	0.76%	irrelevant bzgl. Kosten
Trennstreifen	18256.00	56'000	0.40%	0.40%	49	MUSS	246'106	0.66%	0.66%	irrelevant bzgl. Kosten
Kleine Durchlässe Ø < 1.5 m	-	75'000	0.53%	0.53%	99	MUSS	207'750	0.55%	0.55%	irrelevant bzgl. Kosten
Aufsätze & Abdeckungen inkl. Überbau	21233.33	50'000	0.35%	0.35%	54	MUSS	174'083	0.46%	0.46%	irrelevant bzgl. Kosten
Sicherheitszaune und -barrieren	-	110'000	0.78%	0.78%	59	KANN	145'990	0.39%	0.39%	irrelevant bzgl. Kosten
Blenden	3635.59	15'000	0.11%	0.11%	29	MUSS	134'136	0.35%	0.35%	irrelevant bzgl. Kosten
Autobahnbeschilderung (gross, grün/blau)	670.71	1'350	0.01%	0.01%	24	MUSS	66'357	0.18%	0.18%	irrelevant bzgl. Kosten
Bankette	-	-	0.00%	0.00%	19	MUSS	38'864	0.10%	0.10%	irrelevant bzgl. Kosten
km- / hm Angabe	-	19'300	0.14%	0.14%	29	KANN	38'600	0.10%	0.10%	irrelevant bzgl. Kosten
Verkehrsschilder	-	800	0.01%	0.01%	19	KANN	8'100	0.02%	0.02%	irrelevant bzgl. Kosten
			24.58%	3.64%				32.25%	8.34%	

²⁹ I = Zustandsindex nach SN 640 925b

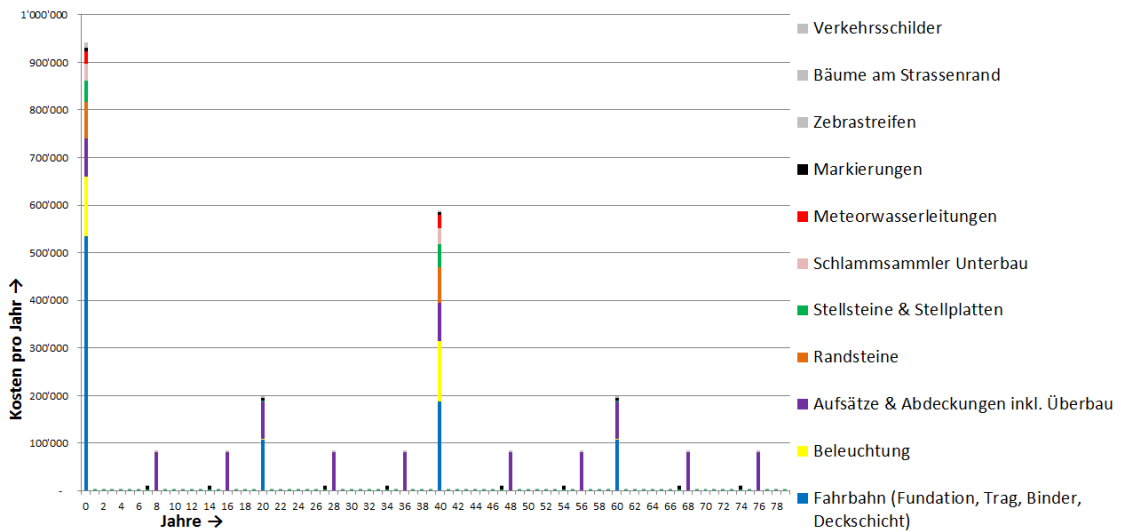


Abb. 18: Grafische Darstellung anfallender Kosten während des Lebenszyklus der Strassenverkehrsanlage in Tab. 33

6.3.2 Ergebnisse

Die Kosten für die zusätzlichen Objekte über den ganzen Lebenszyklus weisen einen viel grösseren Anteil auf als lediglich an den Erstellungskosten. Nicht nur an Hauptsammelstrassen HSS, sondern auch an anderen Strassentypen (Tab. 34).

Je länger der Lebenszyklus einer Strasse ist, desto grösser fällt der Unterschied zwischen Erstellung- und Lebenszykluskosten aus (EK:LCC-Ratio).

Tab. 34: Relevanz der zusätzlichen Objekte in den Erstellungs- bzw. Lebenszykluskosten (Fahrbahn, zusätzliche Objekte, inkl. Restwertverlust)

Strassentyp	Erstellungskosten (FB + ZO)	Anteil zusätzliche Objekte an EK	Lebenszykluskosten (FB + ZO, inkl. RWV)	Anteil zusätzliche Objekte an LCC	Lebenszyklus (# Jahre)	Ratio EK :LCC
HLS	13'846'950	23%	37'203'647	31%	60	2.7
HVS ausserorts	6'102'573	12%	24'615'372	26%	100	4.0
VSR	4'197'487	17%	16'568'321	33%	100	3.9
HVS innerorts	6'887'864	22%	28'278'119	34%	84	4.1
HSS	970'700	45%	3'719'483	60%	80	3.8
QES/QSS	618'261	41%	3'957'626	47%	180	6.4
VSL	321'783	11%	1'793'763	22%	130	5.6
VW	210'506	17%	1'787'292	29%	174	8.5

Wenn die Objektkosten (Kap. 6.1.1, Kap. 6.1.5) betrachtet werden, haben fünf Faktoren einen Einfluss auf die Kostenrelevanz:

1. Erstens sind das die Erstellungskosten. Diese bilden fast immer einen guten Indikator, ob ein Objekttyp als relevant eingestuft wird oder nicht.

2. Nutzungsdauer der Objekte: Vor allem bei Objekttypen wie Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück) müssen die Erstellungskosten während des gesamten Lebenszyklus bei manchen Strassentypen vielfach ausgegeben werden. Verstärkungen, Upgrades und Wechsel zu Luxusausstattungen sind hierin *nicht* inbegriffen.
3. Instandsetzungskosten und Unterhaltskosten inkl. Reinigungs- und Überwachungskosten: Fugenpflege, Spülungen, Grünpflege, Leuchtersatz, Anstrich, usw... lassen die Kosten mancher Objekttypen über den gesamten Lebenszyklus viel höher ausfallen als die Kosten für die Erstellung eines Objekttyps erahnen lassen. Verstärkungen, Upgrades und Wechsel zu Luxusausstattungen sind wiederum *nicht* inbegriffen.
4. Restwertverlust: Die Abwägung, ob diese Objekttypen tatsächlich zusammen mit der Fahrbahn ersetzt werden *müssen* oder ob ein Ersatz zwischen zwei Massnahmen an der Fahrbahn eine wirtschaftliche Alternative darstellt, hat ebenfalls Folgen für die Strassennutzerkosten. Im letzteren Falle muss eine zusätzliche Baustelle mit Folgen für die Verfügbarkeit der Strasse eingerichtet werden.
5. Baustellenkosten: Vor allem an Hochleistungsstrassen (HLS: Autobahnen) ist die Baustelleneinrichtung in vielen Fällen teurer als die Objekte oder deren Instandsetzung (z.B. im Falle von Markierungen).

Es wird ein Schwellenwert für die Relevanz der Typen zusätzlicher Objekte angenommen: Es werden diejenigen Objekttypen als kostenrelevant berücksichtigt, die zusammen etwa 90% der Kosten verursachen. Diese 90% leiten sich ab von den Normen [16], Art. 4.1.2 (20% Kostengenauigkeit im Vorprojekt im Tiefbau) und der österreichischen Richtlinie für Strassenbau [10], die 90-95% Kostengenauigkeit im Vorprojekt verlangt.

Die kostenrelevanten Objekttypen pro Strassentyp sind in *Tab. 35* aufgelistet.

Tab. 35: *Kostenrelevante Objekttypen pro Strassentyp*³⁰

Strassentyp	Objekttypen	% Kosten während Lebenszyklus in Standardausrüstung
Hochleistungsstrasse (HLS)	Fahrbahn	68%
	Rückhaltesysteme	9%
	Lärmschutzwände	5%
	Entwässerungsrinnen & -Kanäle	3%
	Bepflanzung	3%
	<i>Grünfläche (Grass)</i>	2%
	<i>Böschungen</i>	2%
	<i>Markierungen</i>	2%
Verbindungsstrasse regional (VSR)	Fahrbahn	65%
	Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück)	10%
	Bankette	6%
	Markierungen	4%
	Grünfläche (Grass)	4%
	<i>Schlammsammler Unterbau</i>	3%
	<i>Böschungen</i>	3%
Hauptverkehrsstrassen ausserorts (HVS ausserorts)	Fahrbahn	72%
	Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück)	8%
	Bankette	4%
	Markierungen	3%
	Grünfläche (Grass)	3%
Hauptverkehrsstrasse innerorts (HVS innerorts)	Fahrbahn	59%
	Beleuchtung	15%
	Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück)	8%
	Randsteine	6%
	Strassenentwässerungsleitungen	2%

³⁰ Die kursiv gedruckten Objekte sind eventuell relevant; entweder aufgrund ihres hohen Anteils oder weil mehrere Objekte eine ähnlich grosse Relevanz aufweisen

Hauptsammelstrasse (HSS)	Fahrbahn	38%
	Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück)	24%
	Beleuchtung	12%
	Randsteine	5%
	Stellsteine & Stellplatten	5%
	Schlammsammler Unterbau	3%
	Markierungen	2%
	Strassenentwässerungsleitungen	2%
Quartiersammelstrassen / Quartierschliessungsstrasse (QSS / QES)	Fahrbahn	48%
	Beleuchtung	21%
	Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück)	11%
	Randsteine	5%
	Schlammsammler Unterbau	3%
	Strassenentwässerungsleitungen	2%
Verbindungsstrasse lokal (VSL)	Fahrbahn	78%
	Bankette	15%
	Böschungen	8%
Verbindungsweg (VW)	Fahrbahn	75%
	Bankette	16%
	Böschungen	9%

Die Objekttypen werden hinsichtlich ihrer Kostenrelevanz in zwei Gruppen eingeteilt:

- Relevante Objekttypen: zusammen mit den Kosten für die Fahrbahn betragen diese kumulative > 90% der Kosten eines Strassenabschnitts
- Nichtrelevante Objekttypen: die übrigen Objekte, die kumulativ 10 % der Erstellungskosten respektive Lebenszykluskosten nicht übersteigen

Die nichtrelevanten Objekttypen bestehen aus denjenigen Objekte, die zusammen weniger als 10% der Erstellungs- bzw. der Lebenszykluskosten ausmachen. Diese sind in *Tab. 35* ignoriert. Für diese nichtrelevanten Objekte kann somit in der Budgetierung des ganzen Lebenszyklus eine Pauschale von 10% budgetiert werden.

6.3.3 Anwendung

Im Rahmen der Kostenrelevanz wurde erörtert, welche Objekttypen für ein integrales Erhaltungsmanagement bei der Budgetierung berücksichtigt werden sollten. Je nach Objekttyp und Erhaltungsstrategie (Kap. 3.1) sind die Erhaltung bzw. die Erhaltungskosten für die zusätzlichen Objekte entweder bei der Projektierung und somit im Investitionskredit oder in der laufenden Rechnung zu berücksichtigen. *Tab. 36* gibt einen Überblick.

Tab. 36: Berücksichtigung der zusätzlichen Objekte bei der Budgetierung

Erhaltungsstrategie (Kap.2.6.2)	Kostenrelevanz für Budgetierung (Kap.6)	Abhängigkeit vom Bauablauf Fahrbahn	Empfehlung	Beispiel
ausfallbasiert	ja	ja	Kosten im Investitionskredit für das Fahrbahn-Instandsetzungsprojekt berücksichtigen	Randsteine (Serie-ausfall)
		nein	In laufender Rechnung oder in separatem Kredit berücksichtigen und Ausfallhäufigkeit abschätzen	Böschungen (ausserorts)
	nein	ja	Summe aller nicht-kostenrelevanten zusätzlichen Objekte als Pauschale in der laufenden Rechnung oder in separatem Kredit aufnehmen	Verkehrsschilder, Grünfläche
präventiv	ja		Kosten im Investitionskredit für das Fahrbahn-Instandsetzungsprojekt berücksichtigen	Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück)
	nein		Summe aller nicht-kostenrelevanten zusätzlichen Objekte als Pauschale in der laufenden Rechnung oder in separatem Kredit aufnehmen	Strassengeländer
intervall	ja		Kosten im Investitionskredit für das Fahrbahn-Instandsetzungsprojekt berücksichtigen	Beleuchtung
	nein		Summe aller nicht-kostenrelevanten zusätzlichen Objekte als Pauschale in der laufenden Rechnung oder in separatem Kredit aufnehmen	Randleitpfosten, Verkehrsschilder
Zustandsbasiert	ja	ja	Kosten im Investitionskredit für das Fahrbahn-Instandsetzungsprojekt berücksichtigen	Meteorwasserleitung
		nein	Separates Projekt mit eigenem Budget aufstellen	Abwasserfilter (SABA)

7 Fazit

Im Gesuch wurden 3 Ziele formuliert:

- Bezeichnung, Zuordnung und Kategorisierung von zusätzlichen Objekten
 - Verfahren für die Zustandserhebung und -bewertung in Kombination mit Risikoanalysen für die relevanten Objekttypen
 - Einbezug der zusätzlichen Objekte als Kostenverursacher in das Erhaltungsmanagement
- Diese Ziele konnten bearbeitet und Antworten entwickelt werden.

7.1 Bezeichnung, Zuordnung und Kategorisierung von zusätzlichen Objekten

Als Ergebnisse liegen ein Definitionsentwurf, eine Liste mit 43 Typen zusätzlicher Objekte für die Schweiz und eine Aufstellung mit Typen zusätzlicher Objekte je Strassentyp vor. Dabei wurde eine weltweite Literaturrecherche zu Grunde gelegt sowie Fachwissen von Experten für die spezifischen Schweizer Verhältnisse eingebunden. Der Definitionsentwurf kann nun in eine Norm übernommen werden.

Weiterhin wurde eine Einteilung der Typen zusätzlicher Objekte in die bestehenden Teilsysteme nach VSS-Norm [29] entworfen und von der Begleitkommission als wünschenswerte Alternative zur Ergänzung der Norm verabschiedet.

7.2 Verfahren für die Zustandserhebung und -bewertung in Kombination mit Risikoanalysen für die relevanten Objekttypen

Es konnte eine Systematik für die Auswahl einer wirtschaftlichen und geeigneten Erhaltungsstrategie für jeden Objekttyp für jeden Strassentyp entwickelt werden. Die im Ziel genannte Risikoanalyse wurde als Akzeptanzschwelle von bestimmten Schadenausmassen und Schadensschwere im Verfahren aufgenommen. Diese Auswahlmethodik wurde für die definierten Typen zusätzlicher Objekte angewendet. Die Ergebnisse zeigen auf, für welche Objekttypen eine periodische Zustandserhebung eine zielführende und wirtschaftliche Erhaltungsstrategie ist. Von 43 Objekttypen sind das 8 Objekttypen, welche in ihrer Bauweise und Funktion vor allem nahe der Kunstbauten und Werkleitungen sind. Ausserdem sind noch 4 Objekttypen selektiert, für die unter bestimmten Umständen (erwarteter Erhaltungsrückstand, Kosten-Nutzen-Ausweis vorhanden) eine einmalige Zustandserhebung zielführend und wirtschaftlich ist.

Alternative Strategien sind die ausfallorientierte, die intervallbasierte oder die präventive Erhaltungsstrategie.

Auch diese Systematik sowie die Erhaltungsstrategien für die Typen zusätzlicher Objekte sollten in die neu zu erstellende Norm übernommen werden. So können Strassenverwalter das Verfahren auf in diesem Bericht nicht enthaltene Objekttypen anwenden oder ihrem Strassennetz entsprechende Anpassungen an die Schwellenwerte für die Erfüllung der Bedingungen für die Erhaltungsstrategiebestimmung vornehmen.

Basierend auf den Ergebnissen wurde ein Ausblick in Richtung einer Zustandserhebung und -bewertung sowie für einen Schadenkatalog im Bericht vorgestellt. Auch diese Elemente können als Grundlage für eine Norm weiterentwickelt werden.

7.3 Einbezug der zusätzlichen Objekte als Kostenverursacher in das Erhaltungsmanagement

Als Projektabschluss wurde die Kostenrelevanz der Objekttypen für jeden Strassentyp

untersucht. Diese gibt an, wie hoch der Kostenanteil des zusätzlichen Objekttyps im Verhältnis zu den gesamten Kosten aller Bestandteile der Strassenverkehrsanlage ist. Die Kostenrelevanz wurde auf zwei Wegen, nämlich sowohl für die Erstellungskosten als auch die Lebenszykluskosten untersucht. Eine Kostenrelevanz liegt für all diejenigen Objekttypen mit den grössten Kostenanteilen vor, die inkl. Fahrbahn kumulativ 90 % oder mehr der Kosten ausmachen. Die Objekttypen mit den kleinsten Kostenanteilen sind kostentechnisch als nicht relevant zu bewerten.

Für die relevanten Objekttypen wurde im Sinne eines integralen Erhaltungsmanagements aufgezeigt, wie sie bei der Budgetierung sowohl in der laufenden Rechnung als auch in der Investitionsrechnung in Abhängigkeit ihrer Erhaltungsstrategie berücksichtigt werden sollten.

Den verantwortlichen Eigentümern und Betreibern der Strassen liegt mit den Ergebnissen dieses Berichtes die Grundlage für die Ergänzung von zusätzlichen Objekten in ein integrales Erhaltungsmanagement vor, und somit wurde der gewünschte Beitrag zur Schliessung der ausgeschriebenen Forschungslücke erzielt.

7.4 Ausblick und kritische Würdigung

In der Norm sollten sowohl die Ergebnisse als auch die Auswahlmethodik enthalten sein, um den Verantwortlichen einerseits im Falle von in der neu zu erstellenden Norm nicht erwähnten Objekttypen die Möglichkeit zu geben, die Methodik eigenständig anzuwenden und zu eigenen Ergebnissen zu kommen.

Auch können die zur Auswahl entwickelte Bewertungssystematik sowie die vorgenommenen Bewertungen (welche durch die Experten geprüft wurden) diskutiert und/oder durch weitere Experteneinschätzung abgestützt werden. Daher sollte die Norm die Auswahlmethodik mit umfassen und veröffentlichen, so dass die jeweiligen Verantwortlichen andererseits ihr eigenes Fachwissen einbringen können, was eine flexiblere und spezifischere Auslegung der Thematik zulassen würde.

Als weiteren Forschungsbedarf könnte das in dieser Forschung rein qualitative Selektionsverfahren für die Auswahl wirtschaftlicher Erhaltungsstrategien mit quantitativen Bewertungen überprüft bzw. verfeinert werden. Hier kann auch die Gewichtung der einzelnen Bewertungskriterien mit den üblichen Kostenansätzen differenzieren, so dass ggf. die Ergebnisse interpretiert werden könnten.

Anhänge

I	Recherchierte Objekttypen: Aggregation zu 71 eindeutigen Objekttypen	85
II	Liste der Typen zusätzlicher Objekte.....	91
III	Bilder der Typen zusätzlicher Objekte.....	92
IV	Verworfenen Objekttypen (keine zusätzlichen Objekte)	95
V	Beurteilungsskala	96

I Recherchierte Objekttypen: Aggregation zu 71 eindeutigen Objekttypen

Abfallbehälter

Abfallbehälter
Abfallbehälter / Aschenbecher
Bins
Chambre et sac dépotoir
Entsorgungsausstattungen
Garbage cans
Hundekot-Eimer
Müllbehälterstandplätze
Oberflur-Sammelstellen
Papierkorb
Socle pour corbeille à papiers
Socle pour poubelle requin
Unterflur-Sammelstellen

Abwasserfilter inkl. SABA

Abwasseranlagen
Aeration Basin
Accesspits
Effluent Reuse Paddock
Filter drains
Ölabscheider
Sedimentation Tank
Stormwater Quality Improvement Device
Strassenabwasserbehandlungsanlagen (SABA)

Ausbaustandard

Ausgleichsschicht
Carriageways
Details carriageway construction
Feldweg
Fundamente
Foundationssschicht
Oberbau
Querschnitte Hauptstrassen
Querschnitte Verbindungsstrassen
Querschnittslemente
Road structure
Rural road
Runway
Strassenraumlayout
Soil and subbase
Strecken mit/ Richtungstrennung
Strecken ohne Richtungstrennung
Substructure
Suburban/village street/road
Tragschichten
Verschleisssschicht
Zubringerstrassen

Becken

Becken
Balance Tank
Balancings ponds
Catchpits
Drainage Basin
Reservoir
Rückhaltebecken
Tosbecken
Verbundbecken
Tosbecken

Barrieren und Absperungen

Eckschutzstein
Prellstein
Boom Gate
Concrete barriers
Sperrren
Tore

Abdeckungen (Rost inkl. Betonübergangsstück)

Abdeckplatten
Aufsätze
Abdeckungen
Cape alu pour pipe de rinçage
Cattle grids
Deckel
Grille d'écoulement

Bänke / Möblierung

Equipement
Equipment and accessories
Furniture
Möblierung
Möblierungen
Road furniture
Seating
Street furniture

Bankette

Bankette
Verges

Alleebäume

Entourage d'arbres
Tree planting
Tree plantings
Tree protection, etc.
Trees

Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen (BSA)

CCTV

CCTV
Videoübertragung

IT, Kommunikation, Leitsysteme

Communication systems
Danger lamps
IT-equipment
Leit- und Informationssysteme (Tunnel)
Lichtsignalanlagen
Lichtsignalanlagen (Tunnel)

Notfallanlage

Emergency telephone boxes
Notrufkästen (Tunnel)
SOS-system

Elektrische Anlagen & Systeme

Communication cabinets
Communication equipment
Control equipment and cables
Elektrische Anlagen & Systeme
Elektroanlagen
Elektromechanische und Telekommunikations-Anlagen
Elektromechanischen Anlagen
Elektroraum
Sicherheits- und Schutzeinrichtungen (Tunnel)
Socle pour borne non lumineuse
Socles d'armoires mobilité
Steuergeräteschränke
Strom- und Steuerungskästen
Switchboard
Tunnelbeleuchtung
Tunnel equipment
Variable message signs (VMS)
Verteil- / Transformationen

Messungen & Kontrollen

Chlorine Detention Chamber
 DAF Unit
 Dosing Station (Aluminium Sulphate)
 Dosing Station (Caustic Soda)
 Dosing Station (Ferric Chloride)
 Dosing Station (Oxygen)
 Dosing Station (Polymer)
 Dosing Station (Sodium Hypochlorite)
 Drainage records
 E. Verkehrsmanagement
 Flowmeter
 Glatteis-Frühwarnsystem
 Height controls
 Höhenkontrollen
 Kurvenschranken und Leitpfeile
 Management and monitoring system
 Messungen
 Meteostationen
 Monitoring system
 Motor Control Centre
 Régulation du trafic
 Roadway management
 Schwerverkehrskontrollzentren
 Sortie de boucle de détection
 Speed cameras
 Traffic control
 Traffic counts
 Traffic management
 Traffic mirrors
 Verkehrsdatenerfassung
 Verkehrsmanagementzentralen
 Verkehrsregelungs- und beeinflussungsanalgen
 Verkehrstech. Einrichtungen
 Verkehrstechnik / V.sicherheit /
 Polizeieinrichtungen
 Verteilkabinen Energie Wasser
 Weighbridge
 Wasserdurchflussmessgerät
 Water Flow Metering Station Windsäcke
 Windmessgeräte

Behinderten-Wegleitungen

Behindertengerechter Tram-Einstieg
 Blindenmarkierung
 Indicators for handicapped persons
 Marquage pour malvoyant

Fahrbahndecke

Abdichtungs-/Belagssysteme³¹
 Aufplästerung
 Pavages et bordures
 Pavement
 Pflastersteine / Pflasterung

Beleuchtete Verkehrsschilder

Illuminated pedestrian signs
 Illuminated traffic signs
 Socle pour mât de flèche lumineuse

Beleuchtung

Area Lighting
 Beleuchtung
 Beleuchtungssysteme
 Bulb
 Haupt- und Basisstrassenleuchten
 High mast lighting
 Kandelaber
 Konsole für Stahlkandelaber
 Lighting
 Lighting poles
 Quartierstrassenleuchten
 Road lighting
 Weg- und Platzleuchten

Belüftung

Belüftung
 Lüftung
 Lüftungen
 Tunnelentlüftung

Bepflanzung

Bepflanzung
 Fosse pour plantation
 Hedges
 Plantation
 Planting
 Samenmischungen an Strassenböschungen
 Shrub
 Shrubs
 Wetland
 Woodland

Blenden

Anti-glare screens
 Blenden
 Blundschutz
 Glare shields

Böschungen

Böschungen
 Embankments

Brunnen

Brunnen
 Fontaine à eau
 Fontaine à eau - serrurie
 Fountain
 Hydranten

Dämme, Stützmauern

Brüstungsmauer in Beton
 Conterfort
 Damm
 Reinforced /engineered earth
 Retaining Wall
 Retaining walls
 Retainings walls
 Schutzdämme
 Stützanker
 Stützmauern
 Stützwände
 Stützwände und -mauern
 Walls (>4m)

Eigenständige Bauwerke

Barbecue
 Barbecue Area
 Bach- und Flussverbauungen
 Basketball Court
 Bauliche Einrichtungen
 Betriebswohnungen
 Boat Ramp
 Boating Facility
 Building
 Carbon Dioxide Plant
 Chemical Storage Area
 Community Building
 Deponieplätze
 Gazebo

³¹ In der Schweiz wird der Begriff ‚Fahrbahndecke‘ anstelle von ‚Belag‘ verwendet

Gebäude der NS
 Gedeckte Treppen
 Hall
 House
 Kiosk
 Kleinbauten
 Lagerplätze
 Light Tower
 Litfasssäulen
 Militärische Anlagen
 Nicht zu den NS gehörende Objekte
 Pavillons
 Pfeiler
 Parkplätze
 Picnic Area
 Picnic Table
 Pier
 Piers and quays
 Playground
 Polizeistützpunkte
 Pontoon
 Rastplätze
 Raststätten
 Rest and parking areas
 Rest areas
 Skatebowl
 Side area
 Sonderbauwerke
 Stützpunkte
 Swimming Pool
 Tankstellen
 Tennis Courts
 Terrain multisports
 Theatre
 Toilet Block
 Toilettenanlagen
 Treppen
 Verkaufskioske
 Waste Transfer Station
 Water Tower
 WC-Anlagen
 Werkhöfe und Stützpunkte
 Wharf
 Zölle und Zollanlagen

Entwässerungsgräben

Ablauf / Abläufe
 Absorption Trench
 Ditches
 Drainage
 Drainage Channel
 Drainage ditch
 Drains

Entwässerungsrinnen

Caniveau
 Channel
 Dachwasserrinnen
 Drains
 Gully
 Gutter
 Off-highway drainage
 Open Channel
 Piped grips
 Schalensteine
 Strassenablauf
 Troughs
 Wasserschalen

Erdarbeiten

Cuttings
 Earthworks/geotechniques
 Einschnitte
 Geotechnical
 Landscaping

Fahrbahn / Wege

Beschleunigungs- und Verzögerungstreifen
 Boardwalk
 Busstreifen
 Cycle facilities
 Fahrbahn
 Fahrbahnoberbau
 Fahrbanen / Wege
 Fahrstreifen
 Footpath
 Footways
 Fusswege
 Fusswege /Fussgängeranlagen
 Gehwege
 Hard shoulder
 Knoten und Ausfahrten
 Kreuzungen / Einmündungen
 Laybys
 Linksabbieger
 Loading areas
 Mehrzweckstreifen
 Oberflächen
 Parkierstreifen
 Parking areas
 Pedestrian ways (urban and extra urban)
 Radstreifen, Radwege
 Rails
 Road
 Road Segment
 Roads
 Roadscape
 Running surface
 Sidewalk
 Stand-, Parkier- und Randstreifen
 Standstreifen
 Streifen für Fussgänger
 Streifen für Schienenfahrzeuge
 Streifen für Schienenverkehr
 Tramstreifen
 Trasse
 Trottoir
 Unterhaltswege
 Verkehrstreifen
 Vorsortierstreifen
 Zusatzstreifen
 Zweiradanlagen

Grünfläche (Gras)

Begrünung
 Gazon gravier
 Grassed areas
 Grünanlagen / Grünflächen
 Restflächen

Hang- und Lawinerverbauungen

Hangverbauungen
 Lawinerverbauungen
 Protections structures (stone falls, avalanches)
 Schneeverbauungen
 Stabilisierte Rutschgebiete
 Steinschlagschutzbauten

Informationsschilder

Guide posts
 Street name plates
 Touristische Wegweiser
 Wegweiser
 Willkommentafeln

Kies- und Sandfänge

Grit Chamber
 Kies- und Sandfänge
 Sandabscheider oder Kiessammler

kleine Durchlässe

Culvert
Culverts (Düker, Leitungen)
Durchlässe
Small structures / culverts (>900mm diameter)

km- / hm Angabe

Hectometerpaaltjes
KM-posts

Kreisel

Giratoire franchissable
Kreisel

Kunstbauten

Andere Kunstbauten
Bridge
Bridge parapets
Brücken
Brückenteile
Contracted tunnels
Contracted tunnels and entrance sections
Covered bridges
Crossovers
Culverts (>2.4m)
Fahrbahnquerungen / Fahrbahnübergang
Footbridge
Footbridges Gallerien
Galleries
Galleries and open constructed tunnels
Kunstbauten
Large culverts
Major bridges (>200m)
Major Culvert
Mined tunnels
Minor bridges
Road on piles
Schutzdächer
Tunnel
Tunnels
Überführungen
Unterführungen
Wannen
Widerlager

Kanalisation

Arbeitskammer
Encadrement grille ronde
Inlet Chamber
Kanal im Gleisbereich
Kanaleinstiege
Kanalisationen
Kontrollschächte
Krümmerkammer
Manholes
Sanitary sewer
Schächte / Abläufe / Rohre
Sewer
Sewer equipment

Kunst & Kultur

Artworks
Heritage Assets
Monument
Kunst im Strassenbereich

Lärmschutzwände

Lärmschutz
Lärmschutzeinrichtungen
Noise Barrier
Noise barriers
Noise protection
Noise protection devices

Markierungen

Farbliche Gestaltung Strassenoberfläche
Grenzlinien
Horizontale Signale
Horizontalversätze
Kennzeichnungen v. dauernden Hindernisse
Markers
Markierungen
Marking

Masten

high masts
Masten
Socle pour mât de décoration
Socle pour mât de drapeaux dans trottoir
Socle pour mât de drapeaux en pré
Socle pour mât TL
Socle pour mât TV
Socles de mâts et divers

Mauern

Gestaltungselemente
Mauern
Mauern, Wände
Walls

Schlammsammler Unterbau inkl. Tauchbogen

Schlammsammler inkl. Tauchbogen
Betonrohr mit Boden

Strassenentwässerungsleitungen

Meteorwasser
Strassenentwässerungsleitungen
Piped drainage
Rain water system
Road drainage
Schieber
Storm sewer
Transportleitungen (Abwasser)
Vorplätzenentwässerung

Personenunterstände

Bushaltestelle
Bus shelters
Haltestelle
Kragplatte
Personenunterstände
Seat shelter
Shed
Shelters at bus stops
Wartehallen
Wetterschutzdächer

Pfosten / Poller

Absperrlemente
Absperrpfosten
Bollards
Pfosten / Poller

Pumpstationen

Booster Pump Station
Bore Pump Station
Highlift Pump Station
Pumping stations
Pumpstationen
Pumpwerke
Sewage Pump Station

Randleitpfosten

Guidance systems
Marker posts
Marking lights
Markings and reflectors
Pavement marking
Raised pavement markers
Randleitpfosten
Road marking
Road studs
Vermarkungen

Randsteine

Absenkstein
Bordure en granit
Bordures en granit avec gueulard
Curb
Curbs
Kerbs
Randsteine
Bordure chanfreinée
Rand- und Wasserstein abgesenkt

Rückhaltesysteme

Anpralldämpfer, usw.
Crash absorbers
Crash barriers
Crash cushions
Crash cushions (buffers)
Einrichtungen der passiven Sicherheit
Guard rail
Protection systems
Retaining structures
Retaining systems
Rückhaltesysteme

Schilderbrücken

Gantries
Gerüste
Schilderbrücken

Schneeposten

Snow poles

Stellsteine und Stellplatten

Encadrement en bordurettes
Encadrement en pavés
Stellsteine und Stellplatten

Strassengeländer

Geländer
Safety barriers

Streugutbehälter

Streugutbehälter

sustainable urban drainage system (SUDS)

Sustainable urban drainage system (SUDS)

Trennstreifen

Central reservations
Mittelstreifen
Trennelemente
Trennstreifen

Veloposten

Bicycle parking stands
Fahrradstände
Socle pour arceaux pour vélo
Veloposten

Verkehrsberuhigungsschwellen / Vertikalversätze

Speed bumps
Vertikalversätze

Verkehrinsel und Horizontalversätze

Blumenschalen
Central islands
Fussgängerschutzinseln
Construction d'îlots
Eingangspforten
Eingangstore
Inseln
Mittelinseln
Traffic calming
Verkehrsberuhigungselemente
Verkehrinseln

Verkehrslichter (BSA)

Ampel
Stoplicht
Verkehrslicht

Verkehrsschilder

Foundation für Verkehrsschild
Mehrfachsignalträger "Rack"
Non-illuminated pedestrian signs
Non-illuminated traffic signs
Pedestrian signals
Road signs
Road traffic signals
Schulwegsicherung
Sign
Sign posting
Signage at the road side
Signage on gantries
Signalling systems and traffic signals
Signal gantries (Schilderbrücken)
Signal, column and foundation
Signalisation
Signals
Signs
Socle pour mât de flèche non lumineuse
Socle pour mât de signalisation
Telematik, Signalisation
Tempo 30-50 Zonen
Traffic signals
Traffic signs
Verkehrsschildposten
Vertikale Signale

Versickerungsanlage

Sickerleitungen
Soakaways

Wasserschutz

Gewässerschutzeinrichtungen
Grundwasserschutzbauten

Wassersteine

Bundstein
Doppelbund
Rand- und Wasserstein
Randabschlüsse
Randelemente
Strassenränder

Werkleitungen

Chambres de tirage mobilité
channels
Elektroleitungen
Energie
Gasleitungen
Grundstückanschlussleitungen
Hüllrohre
Oberleitungen
Telekommunikationsleitungen
Trinkwasser- / Frischwasseranlagen
Trinkwasser- / Frischwasserleitungen
Wasserleitungen
Werkleitungen

Zäune inkl. Wildschutzzäune

Animal Enclosure
Animal fences
Fence
Fences
Fences (ecs fences)
Fences and barriers
Mauersockel
Rope barriers
Safety fences
Safety fences (rope barriers)
Sicherheitszäune und -barrieren Staketenzaun auf
Staketenzaun im Terrain
Wildschutzzäune
Zäune

kein fassbares Objekt

Brüchen: Umgebung
Ökologischer Ausgleich
Easement
Fernwirkung
Freehold land
Land
Langsamverkehr
pavement condition
Rights land
Right-of-way
Umwelt
Zweiradverkehr

Eigentum Dritter

Baugrubensicherung
Briefkasten
Electric vehicle charging points
Fassadenbegrünung
Informationssäulen
Kommerzielle Ausstattungen
Plakatträger (Werbung)
Racks für Gratiszeitungen
Socle pour horodateur type Schlumberger
Socle pour horodateur type Strada
Socle pour panneau SGA
Telefonkabinen
Telefonzellen
Uhren
Vitrinen
Werbeanlagen

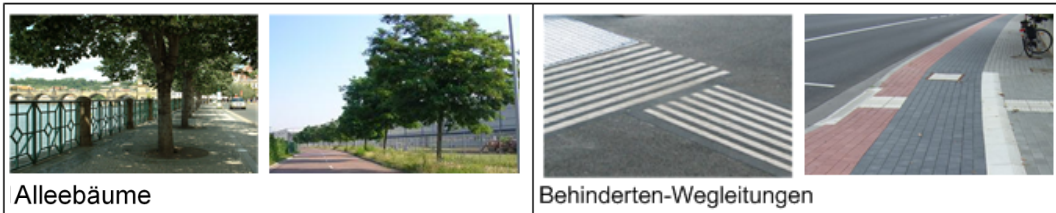
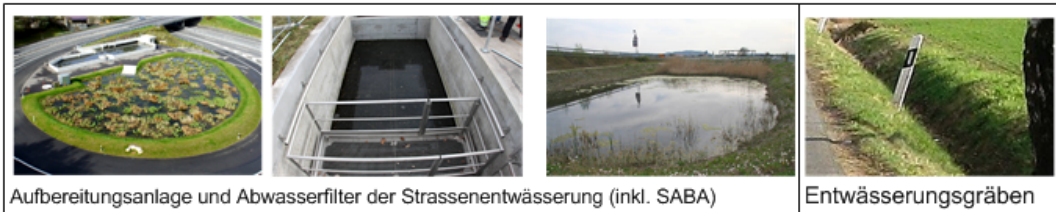
schlecht definiert, Überbegriffe

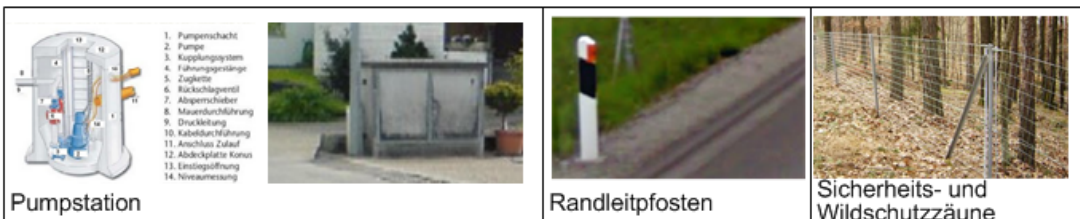
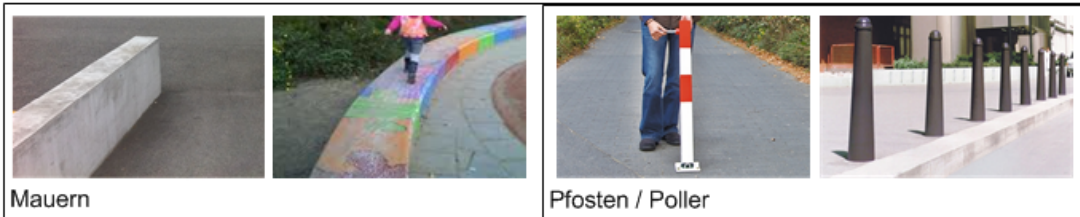
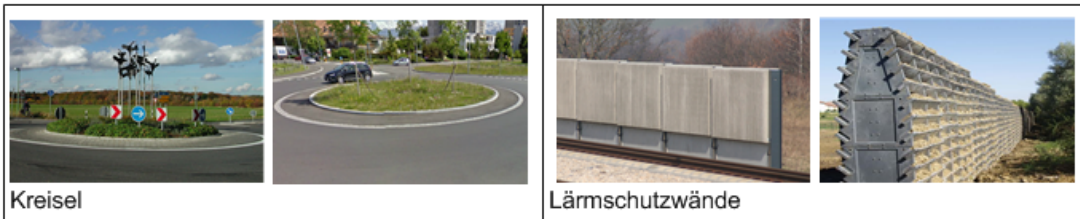
Allgemeine Ausstattungen
Andere Ausrüstungen
Ausrüstung
Ausstattungen
Betonteile
Biotope
Generator
Nebenanlagen
Netzwerke
Oekobauten
Other assets
other protection system
Other structures
Road areas
Road inventory
Road side and verge features
Sonstige Anlagenteile
Spezielle Bauwerke / Bauteile
Strassenausrüstung
Sub-asset structures
Technische Ausrüstungen
Transporteinrichtungen
Unfinished road projects and structures
Verkehrsbezogene Ausstattungen / Einbauten
Zonenelement

II Liste der Typen zusätzlicher Objekte

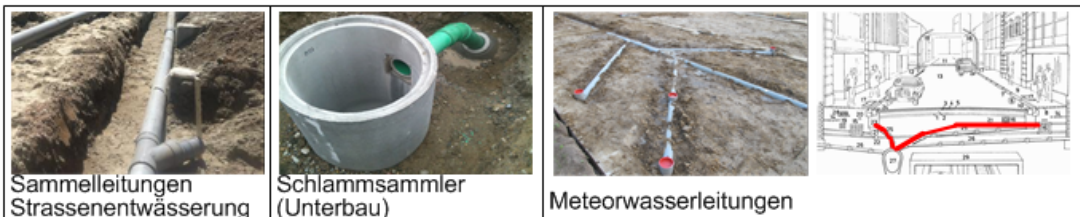
<p>Aufbereitungsanlagen und Abwasserfilter Strassenentwässerung (inkl. SABA) Gruppe ‚Bankette, Böschungen, Gräben‘ Bankette Böschungen (< 3 m) Entwässerungsgräben Gruppe ‚Barrieren und Absperrungen‘ Barrieren und Absperrungen Rückhaltesysteme Strassengeländer Zäune inkl. Wildschutzzäune Gruppe Beleuchtung Beleuchtung Historische Altstadtleuchten Blenden Gruppe Objekttypen der Grünpflege Alleebäume Bepflanzung Grünfläche (Grass) Trennstreifen kleine Durchlässe ($\emptyset < 1.5$ m) Kreisel (Mittelinsel + funktionale Gestaltungselemente) Lärmschutzwände Gruppe Markierungen Behinderten-Wegleitungen Fussgängerstreifen Markierungen</p>	<p>Abdeckungen (Rost/Deckel inkl. Betonübergangsstück) Mauern (Gestaltungselemente; nicht tragend) Pumpstationen Gruppe Randabschlüsse Entwässerungsrinnen Randsteine Stellsteine und Stellplatten Wassersteine (Gruppe Schilder und Pfosten) Autobahnbeschilderung (gross, grün/blau) Informationsschilder inkl. Signaltafeln km/hm Angaben Pfosten / Poller Randleitpfosten Veloposten Verkehrsschilder Schilderbrücken (Gruppe Strassenentwässerung -nicht über Schulter-) Schlammsammler (Unterbau) Sammelleitungen Strassenentwässerungen Strassenentwässerungsleitungen Stützmauern (< 1.5 m) Verkehrsberuhigungsschwellen / Vertikalversätze Verkehrsinselfen und Horizontalversätze Versickerungsanlage</p>
---	--












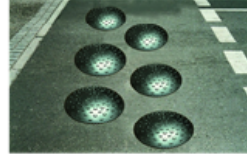






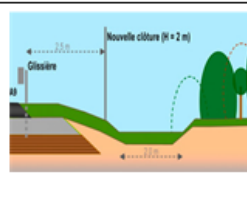

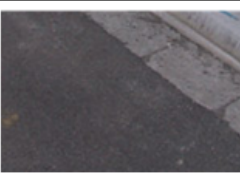


III Bilder der Typen zusätzlicher Objekte





Sicherheits- und Wildschutzzäune



 <p>Schilderbrücken</p>		 <p>Stelsteine und Stellplatten</p>	 <p>Strassengeländer</p>
 <p>Stützmauer < 1.5 m</p>		 <p>Trennstreifen</p>	
 <p>Veloposten</p>			 <p>Verkehrsberuhigungsschwellen und Vertikalversätze</p>
 <p>Verkehrinsel und Horizontalversätze</p>			
 <p>Verkehrsschilder</p>		 <p>Versickerungsanlagen</p>	
 <p>Wassersteine</p>			 <p>Fussgängerstreifen</p>

IV Verworfenne Objekttypen (keine zusätzlichen Objekte)

Objekttyp	Grund, wieso keine zusätzliche Objekte
Abfallbehälter	Dient nicht dem Verkehr, steht 'zufällig' auf der Strasse
Bänke / Möblierung	Dient nicht dem Verkehr, steht 'zufällig' auf der Strasse
Ausbaustandard	Hauptobjekte des Teilsystems Fahrbahn und Wege
Becken	Hauptobjekte des Teilsystems Kunstbauten
Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen (BSA)	Hauptobjekte des Teilsystems Betriebs- u. Sicherheitsanlagen
Fahrbahndecke	Hauptobjekte des Teilsystems Fahrbahn und Wege
Beleuchtete Verkehrsschilder	Werden ersetzt durch Schilder mit reflektierender Folie
Belüftung	Hauptobjekte des Teilsystems Betriebs- u. Sicherheitsanlagen
Brunnen	Dienen nicht dem Verkehr, stehen 'zufällig' auf der Strasse
Dämme, Stützmauern	Hauptobjekte des Teilsystems Kunstbauten
Eigenständige Bauwerke	Dienen nicht dem Verkehr, stehen 'zufällig' auf der Strasse
Erdarbeiten	Keine eigentliche, fassbare Objekte
Fahrbahn / Wege	Hauptobjekte des Teilsystems Fahrbahn und Wege
Hang- und Lawinerverbauungen	Hauptobjekte des Teilsystems Kunstbauten
Kies- und Sandfänge	Hauptobjekte des Teilsystems Kunstbauten
Kunstbauten	Hauptobjekte des Teilsystems Kunstbauten
Kanalisation	Eigentum Dritte, Hauptobjekte des Teilsystems Werkleitungen
Kunst und Kultur	Nur individuell zu beurteilen
Masten	Eigentum Dritte
Personenunterstände	Eigentum Dritte
Schneeposten	Mobile Objekte
Streugutbehälter	Mobile Objekte
Sustainable urban drainage system (SUDS)	Eigentum Dritte
Verkehrslichter	Hauptobjekte des Teilsystems Betriebs- u. Sicherheitsanlagen
Wasserschutz	Keine eigentliche, fassbare Objekte
Werkleitungen	Eigentum Dritte, Hauptobjekte des Teilsystems Werkleitungen
Kein fassbares Objekt	Keine fassbare Objekte
Eigentum Dritter	Eigentum Dritte
Schlecht definiert, Überbegriffe	Schlecht definiert, Überbegriffe

V Beurteilungsskala

	Objektkosten	Ersatz- und Reparaturkosten
Betreiberkosten	Strassenkosten	Baustellen- und Fahrbahnreparaturkosten
	Folgekosten	Zeitaufwand Schadenbehebung
Strassennutzerkosten	Objektkosten	Funktionalität Objekt
	Strassenkosten	Funktionalität Strasse
	Folgekosten	Folgen für Verkehrssicherheit
Kosten Dritter	Objektkosten	-
	Strassenkosten	-
	Folgekosten	Folgeschäden Umwelt

Beurteilung Folgeschäden Umwelt	
klein	kleine Umweltschäden, nur lokal, Massnahmen einfach, wenige Menschen / keine sensible Ökosysteme betroffen
mittel/gross	grosse Umweltschäden, lokal oder regional, Massnahmen schwierig, mehrere Menschen / sensible Ökosysteme betroffen
Beurteilung Folgen für Verkehrssicherheit	
klein	keine merkbaren Folgen für Verkehrssicherheit zu erwarten oder: andere Verkehrssituation als normal, extra alert sein, unsicheres Fahrverhalten
mittel/gross	Blech- und Materialschäden und vereinzelt leichte Verletzungen zu befürchten oder leichte bis mittelschwere Verletzungen bei wenigen Personen zu befürchten oder schwere Verletzungen, evtl. bei mehreren Personen, evtl. Todesfälle zu befürchten
Beurteilung Stör- und Ausfallkosten	
klein	(Beurteilung Funktionalitätseinbussen Objekttyp + Beurteilung Funktionalitätseinbussen der Strasse + Beurteilung Ersatz-und Reparaturkosten + Beurteilung Baustellen- und Fahrbahnreparaturkosten + Beurteilung Zeitaufwandaufwand Schadenbehebung)/5 ≤ 3
mittel/gross	(Beurteilung Funktionalität Objekttyp + Beurteilung Funktionalitätseinbussen der Strasse + Beurteilung Ersatz-und Reparaturkosten + Beurteilung Baustellen- und Fahrbahnreparaturkosten + Beurteilung Zeitaufwandaufwand Schadenbehebung)/5 > 3
Beurteilung Nutzungsdauer des Objekttyps	
kurz	erwartete Nutzungsdauer weniger als etwa 15 Jahre
lang	erwartete Nutzungsdauer mehr als etwa 15 Jahre
Beurteilung Schadenentwicklungszeit	
„null“	Schaden entwickelt sich innert Sekunden oder Stunden
klein	Schaden entwickelt sich in weniger als 1 bis 5 Jahren
mittel/gross	Schaden entwickelt sich in mehr als 1 bis 5 Jahren

Beurteilung Funktionalitätseinbussen Objekttyp	
1	Funktioniert (fast) einwandfrei
2	Funktioniert nicht einwandfrei, nur teilweise
3	Funktioniert schlecht, rudimentär
4	Funktioniert kurze Zeit gar nicht
5	Funktioniert lange Zeit gar nicht
Beurteilung Funktionalitätseinbussen Strasse	
1	Fahrbahn nicht betroffen
2	Strasse kann kurze Zeit nur mit extra Vorsicht benutzt werden (z.B. Standspur betroffen, kurze Zeit und lokal links fahren / ausweichen, Trottoir)
3	Strasse muss kurze Zeit (<1 Stunde) gesperrt werden / nur 1 Fahrstreifen verfügbar / längere Zeit lokal z.B. über Trottoir oder links fahren)
4	Strasse einige Zeit (weniger als 24 Stunden) komplett gesperrt, Fahrbahn- Reparaturen ohne Baustelle
5	Strasse lange Zeit (mehr als 24 Stunden) komplett gesperrt, Baustelle für Fahrbahn-Reparaturen
Beurteilung Ersatz- und Reparaturkosten	
1	0-1000 CHF
2	1000 -10.000 CHF
3	10.00-50.000 CHF
4	50.000 - 100.000 CHF
5	> 100.000 CHF
Beurteilung Baustellen- und Fahrbahnreparaturkosten	
1	0-500 CHF
2	500 -1000 CHF
3	1000-10.000 CHF
4	10.000 - 50.000 CHF
5	> 50.000 CHF
Beurteilung Zeitaufwand Schadenbehebung	
1	Keine Schadensbehebung notwendig
2	Schaden kann direkt vor Ort innert 1 Stunde ohne Fachperson, behoben werden
3	Schaden kann am gleichen Tag, evtl. nur von einer Fachperson, behoben werden
4	Schaden kann innert 2 Tagen behoben werden, evtl. nur von einer Fachperson
5	Schadenbehebung dauert länger als 2 Tage, ist schwierig oder Ersatzteile sind nicht vorrätig

Glossar

Begriff	Bedeutung
ACT	Australian Capital Territory
ACT govt.	Legislative Assembly for the Australian Capital Territory
ASTRA	Bundesamt für Strassen
AUS	Australien
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BaSt	Deutsches Bundesamt für Strassen
BfS	Bundesamt für Statistik
BS	Binderschicht
Bsp.	Beispiel
bspw.	beispielsweise
CHF	Schweizer Franken
CROW	Holländisches Pendant zu VSS
DfT	Department for Transport (UK)
DE	Deutschland
Dept.	Department (Engl.)
DIN	Deutsches Institut für Normung
DK	Dänemark
DS	Deckschicht
EM	Erhaltungsmanagement
Engl.	Auf Englisch
et al.	Et alii (and others)
etc.	Etcetera, usw.
ETH	Eidgenössische technische Hochschule
FAA	Federal Aviation Administration (USA)
FH	Fachhochschule
FK7	Fachkommission 7 des VSS (zuständig für Themen des Erhaltungsmanagements)
FMEA	Failure modes and effects analysis
FMECA	Failure modes, effects and criticality analysis
FS	Fundationsschicht
GB	Grossbritannien
govt.	Government
HLS	Hochleistungsstrassen
HVS	Hauptverkehrsstrassen
HSS	Hauptsammelstrassen
Kap.	Kapitel
KAPO	Kantonspolizei
KBU	Kleiner baulicher Unterhalt
Kt	Kanton
L	Abschnittslänge
LCC	Life Cycle Costs: Lebenszykluskosten
m	Meter

Begriff	Bedeutung
NL	Niederlande
NO	Norwegen
NZ	Neuseeland
öV	Öffentlicher Verkehr
PKW	Personenkraftwagen
RCM	Reliability-Centred Maintenance
RiLi	Richtlinie
RWV	Restwertverlust
QES	Quartierschliessungsstrassen
QSS	Quartiersammelstrassen
SABA	Strassenabwasserbehandlungsanlage
SAE	Society of Automotive Engineers (USA)
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
SE	Schweden
SN	Schweizer Norm
TS	Tragschicht
TU	Technische Universität
UK	Grossbritannien (Vereinigtes Königreich)
USA	Vereinigte Staaten von Amerika
usw.	Und so weiter
UV	Unterhaltsverfahren
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
vgl.	vergleiche
VSL	Verbindungsstrassen regional
VSR	Verbindungsstrassen lokal
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute
VW	Verbindungswege
z.B.	Zum Beispiel
ZFS	Zufahrtsstrassen
ZFW	Zufahrtswege
∅	Durchmesser

Literaturverzeichnis

Gesetze

-
- [1] Schweizerische Eidgenossenschaft (1960), **Bundesgesetz über die Nationalstrassen (NSG)**
-
- [2] Kanton Zürich (1981), **Strassengesetz (StrG)**
-

Verordnungen und Richtlinien Schweiz

-
- [3] Bundesamt für Strassen ASTRA (2005), **Richtlinie Überwachung und Unterhalt der Kunstbauten der Nationalstrassen, ASTRA 12002**
-
- [4] Bundesamt für Strassen ASTRA (2010), **Richtlinie Inventarobjekte der Nationalstrassen, ASTRA 1B001 (Version Jan. 2014)**
-
- [5] Bundesamt für Strassen ASTRA (2014), **Richtlinie Betrieb NS - Teilprodukt elektromechanischer Dienst (BSA), ASTRA. 16240**
-
- [6] Kanton Basel-Stadt (2012), **Regelung betreffend Kostenverteilung bei Bauarbeiten auf Allmend**, Koordinationskonferenz Infrastruktur - Bau- und Verkehrsdepartement des Kantons Basel-Stadt
-

Verordnungen und Richtlinien Ausland

-
- [7] ACT Government (2002), **Standard Specification for Urban Infrastructure Works**, Department of Territory and Municipal Services, Canberra (AU)
-
- [8] Transport Scotland **Road Furniture in the Countryside: Guidance for Road and Planning Authorities and Statutory Undertakers - Chapter 6: Choice of Design, Location and Detailed Design Aspects** <http://www.transportscotland.gov.uk/guides/i7538-08.htm>
-
- [9] Department_for_Transport (2007), Highways Agency, London UK
-
- [10] ÖGG (2005), **Richtlinie: Kostenermittlung für Projekte der Verkehrsinfrastruktur unter Berücksichtigung relevanter Projektrisiken**, Österreichische Gesellschaft für Geomechanik
-
- [11] Queensland (2009), **Standard Specifications Roads**, Q. D. o. T. a. M. Roads, Brisbane (AU)
-
- [12] Road Liaison Group (2005), **Guidance Document for Highway Infrastructure Asset Valuation**, (UK)
-
- [13] CROW (2010), **Kwaliteitscatalogus openbare ruimte 2010 - Landelijke standaard voor onderhoudsniveaus CROW 288**
-
- [14] CROW (2004), **Beheerskosten openbare ruimte, CROW 145**
-
- [15] Stadt_Zürich (2012) **Jahresbericht 2011 der Stadt. Zürich**, Tiefbauamt der Stadt Zürich
-

Normen Schweiz

-
- [16] Schweizer Ingenieur- und Architektenverein SIA (2003), **Ordnung für Leistungen und Honorare der Bauingenieuren und Bauingenieurinnen**, SIA 103
-
- [17] Schweizer Ingenieur- und Architektenverein SIA (1997), **Erhaltung von Bauwerken – Verständigung, Erhaltungsziele, Erhaltungsmaßnahmen und –tätigkeiten, Bauwerksakten-**, SIA 469
-
- [18] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (1992), **Projektierung, Grundlagen; Strassentypen, SN 640 040b**
-
- [19] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (1992), **Projektierung, Grundlagen; Strassentyp: Hochleistungsstrassen, SN 640 041**
-
- [20] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (1992), **Projektierung, Grundlagen; Strassentyp: Hauptverkehrsstrasse, SN 640 042**
-
- [21] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (1992), **Projektierung, Grundlagen; Strassentyp: Verbindungsstrassen, SN 640 043**
-
- [22] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (1992), **Projektierung, Grundlagen; Strassentyp: Sammelstrassen, SN 640 044**
-
- [23] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (1992), **Projektierung, Grundlagen; Strassentyp: Erschliessungsstrassen, SN 640 045**
-
- [24] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2003), **Geometrisches Normalprofil; Allgemeine Grundsätze, Begriffe und Elemente, SN 640 200a**
-

-
- [25] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (1992), **Geometrisches Normalprofil; Grundabmessungen und Lichtraumprofil der Verkehrsteilnehmer**, VSS. SN 640 201
-
- [26] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (1992), **Geometrisches Normalprofil; Erarbeitung**, SN 640 202
-
- [27] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (1997), **Dimensionierung Strassenoberbau**, SN 640 324a
-
- [28] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2004), **Walzasphalt; Konzeption, Ausführung, Anforderungen an die eingebauten Beläge**, SN 640 430a.
-
- [29] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2004), **Erhaltungsmanagement (EM) - Grundnorm**, SN 640 900a
-
- [30] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (1990), **Erhaltungsmanagement (EM) - Zielsystem**, SN 640 901
-
- [31] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2003). **Erhaltungsmanagement (EM) - Gesamtbewertung von Fahrbahnen, Kunstbauten und technischen Ausrüstungen: Substanz- und Gebrauchswerte**, SN 640 904
-
- [32] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2003), **Erhaltungsmanagement (EM); Grundlagen zur Kostenberechnung im Erhaltungsmanagement**, VSS. SN 640 907
-
- [33] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2003), **Erhaltungsmanagement der Fahrbahnen (EMF) - Zustandserhebung und Indexbewertung**, SN 640 925b
-
- [34] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2000), **Erhaltungsmanagement - Erhaltungsstrategien für Fahr-bahnen**, SN 640 931
-
- [35] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2003), **Erhaltungsmanagement der technischen Ausrüstung - Grundnorm**, SN 640 960
-
- [36] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2002), **Erhaltungsmanagement der technischen Ausrüstungen: EMT-Inventar**, SN 640 961
-
- [37] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2002), **Erhaltungsmanagement der technischen Ausrüstungen: EMT-Methodik der Typenregeln**, SN 640 962
-
- [38] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2006), **Erhaltungsmanagement in Städten und Gemeinden - Durchschnittlicher jährlicher Mittelbedarf für die Erhaltung von Strassennetzen**, SN 640 986
-

Normen Ausland

-
- [39] British_Standards_Institution (2007), **Road marking materials. Road marking performance for road users**, BS EN 1436
-
- [40] DIN (2012), **Grundlagen der Instandhaltung**, DIN 31051
-
- [41] SAE International (2009), **Evaluation Criteria for Reliability-Centred Maintenance (RCM) Processes**, JA1011 AUG2009
-

Dokumentation

-
- [42] Arbeitsgruppe Brückenforschung AGB (2010), **Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten – Synthesebericht**, Bundesamt für Strassen ASTRA, Forschungsauftrag, AGB 2005/100
-
- [43] Arbeitsgruppe Brückenforschung AGB (2009), **Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten - Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung**, Bundesamt für Strassen ASTRA, Forschungsauftrag, AGB 2005/102
-
- [44] Arbeitsgruppe Brückenforschung AGB (2010), **Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten - Ermittlung des Netzrisikos**, Bundesamt für Strassen ASTRA, Forschungsauftrag, AGB 2005/103
-
- [45] Arbeitsgruppe Brückenforschung AGB (2009), **Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten - Effektivität und Effizienz von Massnahmen**, Bundesamt für Strassen ASTRA, Forschungsauftrag, AGB 2005/104
-
- [46] Arbeitsgruppe Brückenforschung, AGB (2009), **Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten - Rechtliche Aspekte eines risiko- und effizienzbasierten Sicherheitskonzeptes**, Bundesamt für Strassen ASTRA, Forschungsauftrag, AGB 2005/106
-
- [47] Bundesamt für Umwelt BAFU (2011), **Nachhaltige Gestaltung von Verkehrsräumen im Siedlungsbereich - Grundlagen für Planung, Bau und Reparatur von Verkehrsräumen**, UW-1110-D
-
- [48] Balzer, G., Christian Schorn (2011), **Assetmanagement für Infrastrukturanlagen - Energie und Wasser**
-

-
- [49] BASt (2011). Bundesanstalt für Strassenwesen in Deutschland BASt, **Mittelfristige Forschungsplanung 2011/2015 – Revision 2012**, Fachzentrum Asset Management Strasse (DE)
-
- [50] Bundesamt für Statistik BfS (2013), **Baupreisindex 2012**,
<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/05/05/blank/key/baupreisindex/schweiz.html>
-
- [51] Bull, J. W. (1993). **The Way Ahead For Life Cycle Costing in The Construction Industry**. *Life Cycle Costing for Construction*, 147-155, Glasgow, UK
-
- [52] Choonhapran, P., G. Balzer, B. Rusek (2006), **FMEA-Methode als Hilfsmittel für die Instandhaltung von Hochspannungsleitungsschaltern** *The Proceedings of the Diagnostic*
-
- [53] Daehre, K.-H. (2012), **Zukunft der Verkehrsinfrastrukturfinanzierung**, Bericht der Parteiübergreifende Kommission der Länder (DE).
-
- [54] Federal Aviation Administration FAA (2000), **System Safety Handbook, Chapter 9: Analysis Techniques**,
-
- [55] Faber, M. H. (2007), **Risk and Safety in Civil Engineering - lecture notes**, ETH Zürich
-
- [56] Van Gunsteren, E., M. T. Th. Kieliger, A. Nellen, U. Zahnd (2005), **Erhaltungsmanagement der Strassenverkehrsanlage - Abschätzung des jährlichen Werteverlustes von kommunalen Strassenetzen**, Forschungsauftrag VSS. Electrowatt Infra AG, Zürich, BATIGROUP AG, Bern, im Auftrag von UVEK/ASTRA.
-
- [57] Henning, T., S. Costello, M. Tapper (2013), **Performance indicator analysis and applying levels of service**, Transport Agency (NZ)
-
- [58] Koch, B, M. Forster (2010), **Zustandsanalyse und Werterhaltung bei den Kantonsstrassen in der Schweiz**
-
- [59] Lindenmann, H. P., H. Bär, R. Hajdin, C. Morzier, A. Rafi, Hr Scheidegger, Chr. Scholer, U. Welte (2000). **Generelle Fachkonzepte MSE99/00. Erhaltungsmanagement der Strassenverkehrsanlage**, Forschungsauftrag VSS
-
- [60] Lundkvist, S.-O., U. Isacson (2008), **Condition assessment of road equipment -state-of-the-art**, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 3(2): 84-92.
-
- [61] Lundkvist, S.-O. (2008). Evaluation of Road Equipment with emphasis on Condition Assessment. Architecture and the Built Environment. Stockholm, KTH Royal Institute of Technology. Doctoral Thesis
-
- [62] Maerschalk, G. (2004), **Prognose des Erhaltungsbedarfs aller Anlageaggregate der Fernstrasseninfrastruktur**
-
- [63] Moubray, J. (1997), **Reliability-centred Maintenance**, Butterworth-Heinemann, Oxford (UK)
-
- [64] Nowlan, F. S., H. F. Heap (1978), **Reliability Centred Maintenance**, *National Technical*
-
- [65] Singapore, N. U. o. (2013). Condition Assessment of Street Furniture from Digital Images, National University of Singapore
-
- [66] Smith, A. M. (1993), **Reliability Centred Maintenance**, New York
-
- [67] Stamatis, D. H. (2003), **Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution**, ASQ Quality Press, Milwaukee, Wisconsin (UK) (second edition)
-
- [68] Stankevich N., N. Qureshi., C. Queiro (2005), **Performance-based contracting for preservation and improvement of road assets**, *Transport Note Nr. 27*.
-
- [69] Taag, H.-J. **Übersicht der Maximen (Instandhaltung)**
http://www.msc-gmbh.info/html/maxime_7_8_9.html
-
- [70] Tietjen, T., A. Decker, D. H. Müller (2011). **FMEA-Praxis - Das Komplettpaket für Training und Anwendung**, Carl Hanser Verlag, München (DE)
-
- [71] US Department of Transportation, F. H. A. O. o. A. M. (2007). **Asset Management - Overview**, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration: Office of Asset Management.
-
- [72] VSS (2010). "Ausschreibung 'Forschungsvorhaben VSS2010/704'." **Strasse und Verkehr** September 2010.
-
- [73] Weninger-Vycudil, A. *et al* (2009). **Maintenance Backlog. Estimation and Use**, ERA-NET ROAD.
-
- [74] WIFpartner (2011), **Erarbeitung der Grundlagen und Schadenkataloge zur systematischen Zustandserhebung und -bewertung von zusätzlichen Objekten der Strasse**, Anhang Forschungsgesuch: Forschungsprojekt Erhaltungsmanagement der Strassen
-
- [75] Zander, U. and J. Birbaum (2013), **Grundlagen für die Einbeziehung der sonstigen Anlagenteile von Straßen in die systematische Straßenerhaltung als Voraussetzung eines umfassenden Asset Managements, Schlussbericht zum FE 04.0214/2008/MGB**. Siegen, Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt); technisch-wissenschaftliches Institut des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) in Deutschland, Universität Siegen 2013
-
- [76] Zietlow, G. (2005), **Cutting Costs and Improving Quality through Performance-Based Road Management and Maintenance Contracts**; The Latin American and OECD Experiences, German Development Cooperation (GTZ)
-

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Übersicht über die Strassenverkehrsanlage und deren Teilsysteme [29]	13
Abb. 2:	Begriffe der Erhaltung in Anlehnung an SN 640 900a [29]	19
Abb. 3:	Kontext und Ebene der Zustandserhebungen	20
Abb. 4:	Übersicht Strassenverkehrsanlage und Teilsysteme [29].....	24
Abb. 5:	Struktur der Inventarobjekte der Nationalstrassen sowie deren Klassifizierung [4].....	25
Abb. 6:	Variante (A): Eingliederung der Typen zusätzlicher Objekte in die bestehenden Teilsysteme der Strassenverkehrsanlage	31
Abb. 7:	Variante (B): Eingliederung der Typen zusätzlicher Objekte durch ein zusätzliches Teilsystem 'zusätzliche Objekte'	32
Abb. 8:	Profilskizzen der Strassentypen (Teil 1)	34
Abb. 9:	Swisstopo Strassenklassen	37
Abb. 10:	Typen zusätzlicher Objekte pro Teilsystem der Strassenverkehrsanlage	43
Abb. 11:	Vorgehen Strategiebestimmung.....	46
Abb. 12:	Gewichtung der direkten Stör- und Ausfallkosten.....	48
Abb. 13:	Entscheidungsdiagramm zur Bestimmung der geeigneten Erhaltungsstrategie	50
Abb. 14:	Bestimmungs- und Auswirkungskriterien, direkte Stör- und Ausfallkosten	52
Abb. 15:	Erhaltungsszenario einer Strasse: Massnahme alle 25-30 Jahre (Bei Zustandsindex = 3 für Instandsetzung und I= 4 für Erneuerung, Lebenszyklus = 80 Jahre)	68
Abb. 16:	Verlust der Nutzungsdauer und Restwertverlust der Objekttypen (orange: Instandsetzung mit der Fahrbahn; grün: separat)	68
Abb. 17:	Massnahmenintervall am Beispiel einer HSS mit Massnahme bei I= 2.5 (praktische Folge: Instandsetzungsintervall = 20 Jahre)	76
Abb. 18:	Grafische Darstellung anfallender Kosten während des Lebenszyklus der Strassenverkehrsanlage in Tab. 33	77

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Vorgehen.....	16
Tab. 2:	Interviewpartner	17
Tab. 3:	Aufbau und Kostenträger der Störfall-Folgekosten (Quellen: SN 640 901, SN 640 907, ASTRA Richtlinie 16240)	18
Tab. 4:	Gliederung der Teilsysteme Deutschland (Anlageaggregate der Strasseninfrastruktur) [62]	22
Tab. 5:	Gliederung der Teilsysteme Grossbritannien [12]	22
Tab. 6:	Typen zusätzlicher Objekte Schweden [60].....	23
Tab. 7:	Abgrenzungskriterien und Objekttypen, die keine zusätzlichen Objekte sind	28
Tab. 8:	Liste der Typen zusätzlicher Objekte (Anzahl: 43)	30
Tab. 9:	Zusammenfassung der Nutzwertanalyse (vgl. SN 641 820)	32
Tab. 10:	Strassentypen für dieses Forschungsprojekt.....	33
Tab. 11:	Verkehrslastklassen [27].....	36
Tab. 12:	Belastungskategorien [38].....	37
Tab. 13:	Typen zusätzlicher Objekte pro Strassentyp	39
Tab. 14:	Ausfalleffektanalyse am Beispiel kleiner Durchlässe (< 1.5 m)	47
Tab. 15:	Beispielentscheidungen für Erhaltungsstrategie durch Abb. 13	51
Tab. 16:	Bewertung der Bestimmungskriterien	52
Tab. 17:	Bewertung der Stör- und Ausfallkosten	53
Tab. 18:	Bewertung der Bestimmungskriterien, der Objekttypen der HLS	55
Tab. 19:	Erhaltungskonzept (Zusammensetzung der Strategien pro Objekttyp) der Strassen der Klasse I (HLS, HVS ausserorts, VSR)	55
Tab. 20:	Erhaltungskonzept (Zusammensetzung der Strategien pro Objekttyp) der Strassen der Klasse II (HVS innerorts und HSS)	56
Tab. 21:	Erhaltungskonzept (Zusammensetzung der Strategien pro Objekttyp) der Strassen der Klasse III: (QSS, QES, ZFS, ZFW, LV innerorts)	57
Tab. 22:	Erhaltungskonzept (Zusammensetzung der Strategien pro Objekttyp) der Strassen der Klasse IV (VSL, VW)	57
Tab. 23:	Ergebnisse Relevanzprüfung: Objekttypen, die die Voraussetzungen für eine periodische, netzweite Zustandserhebungen erfüllen	58
Tab. 24:	Ergebnisse Relevanzprüfung: einmalige, netzweite Zustandserhebungen	59
Tab. 25:	Schadenmerkmale international: Bsp. Erhebung vertikale Signale inkl. Beleuchtung (UK) ..	62
Tab. 26:	Schadenmerkmale international: Bsp. Beurteilung „Entwässerungsdeckel“ (NL)	63
Tab. 27:	Schadenmerkmale am Bsp. von kleinen Durchlässen und Stützmauern < 1.5 m.....	64
Tab. 28:	Anteile in den Erstellungs- bzw. Lebenszykluskosten (Fahrbahn, zusätzliche Objekte inkl. Restwertverlust)	69
Tab. 29:	Variablen und Annahmen bzgl. Methodik in Abhängigkeit der Strassen-verkehrsanlage für die Objektkostenberechnung (Kap. 2.3.3, SN 640 925b [33] und [50])	71
Tab. 30:	Strassendimensionen und Zustandswert [33], bei dem Instandsetzung erfolgt. Quellen: [18] und Folgende, [27; 18], [28], Interviewpartner (Kap.1.6)	72
Tab. 31:	Angenommene Anzahlen der zusätzlichen Objekte (Berechnungsgrundlage)	73
Tab. 32:	Variablen und Annahmen bzgl. Objekte für die Objektkostenberechnung	75
Tab. 33:	Exemplarische Kostenübersicht an einer HSS	76
Tab. 34:	Relevanz der zusätzlichen Objekte in den Erstellungs- bzw. Lebenszykluskosten (Fahrbahn, zusätzliche Objekte, inkl. Restwertverlust)	77
Tab. 35:	Kostenrelevante Objekttypen pro Strassentyp.....	78
Tab. 36:	Berücksichtigung der zusätzlichen Objekte bei der Budgetierung	80

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

Version vom 09.10.2013

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 11.06.2014

Grunddaten

Projekt-Nr.: VSS 2010/704
Projekttitel: Erarbeiten der Grundlagen und Schadenkataloge zur systematischen Zustandserhebung und -bewertung von zusätzlichen Objekten
Enddatum:

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

In der Schweiz werden zurzeit systematische Zustandserhebungen für Teilbereiche der Strassenverkehrsanlage (Bsp. Fahrbahnen und Kunstbauten) durchgeführt. An, auf, unter und bei der Strassenverkehrsanlage befinden sich viele weitere Objekte, die bei den bestehenden Zustandserhebungen nicht integriert werden und für die es keine Empfehlungen für Zustandserhebungen gibt. Daher stellen sich die zentrale Fragen dieser Forschung: Was sind zusätzliche Objekte? Welche 'zusätzlichen Objekte' bedürfen einer Zustandserhebung und -bewertung, um einen Kenntnissgewinn im Rahmen eines integralen Erhaltungsmanagements zu liefern? Bei welchen Objekten wäre dieser zusätzliche Arbeitsaufwand volkswirtschaftlich betrachtet unwirtschaftlich und die verantwortlichen Netzbetreiber wären mit Zustandserhebungen überlastet?

Eine Literaturrecherche ergab knapp 700 potentielle zusätzliche Objekte. Es wurde ein Definitionsentwurf aufgestellt. Nach dieser Definition ergaben sich 43 zusätzliche Objekte für die Schweiz. Da die vorgefundenen Objekte sich pro Strassentyp stark unterscheiden, wurde eine Strassenklassifizierung mit repräsentativen Strassenquerschnitten und Strassenabschnitten je Strassentyp vorgestellt. Den repräsentativen Strassenabschnitten wurden die zusätzlichen Objekte zugeordnet.

Das Konzept der zuverlässigkeitsorientierten Erhaltung basiert auf folgenden Kriterien:

- Folgeschwere im Stör- oder Ausfall (Kosten für Betreiber und Strassennutzer, Verkehrssicherheit und/oder Umwelt)
- Erwartete Nutzungsdauer in Jahren (potentieller Restwertverlust in Schadensfall)
- Schadensentwicklungszeit (Zeitspanne zwischen dem möglichen Entdecken des (beginnenden) Schadensfalls und dem daraus folgenden erwarteten Stör- oder Ausfall).

Im Rahmen der zuverlässigkeitsorientierten Erhaltung stehen folgende Erhaltungsstrategien zur Verfügung:

- Zustandsbasierte Erhaltungsstrategie
- Ausfall-basierte Erhaltungsstrategie
- Intervallbasierte Erhaltungsstrategie
- Erhaltungsstrategie des präventiven Ersatzes
- Alternative Strategie: Systemwechsel

Ein Entscheidungsdiagramm ermöglicht es, für jedes einzelne zusätzliche Objekt oder Objektteil die zielführende und wirtschaftliche Strategie zu bestimmen. Das Ergebnis dieses Schrittes ist eine Liste pro Strassentyp mit Erhaltungsstrategien pro Objekt oder Objektteil. Anschliessend zeigt der Ausblick mögliche Zustandserhebungen und -bewertung inkl. Schadenkatalog für diejenigen Objekte für die eine zustandsbasierte Erhaltung selektiert wurde, auf. Ein Ausblick auf die neu aufzustellenden Norm ist ebenfalls enthalten.

Die Beurteilung der Erstellungs- und Lebenszykluskostenanalyse der Objekte im Verhältnis zu der Fahrbahnoberfläche ermöglichte es, diejenigen Objekte zu qualifizieren, die kostenrelevant sind und deswegen im Rahmen einer integralen Budgetplanung zu berücksichtigen sind.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Zielerreichung:

Im Gesuch wurden 3 Ziele formuliert:

- Bezeichnung, Zuordnung und Kategorisierung von zusätzlichen Objekten
- Verfahren für die Zustandserhebung und -bewertung in Kombination mit Risikoanalysen für die relevanten zusätzlichen Objekte
- Einbezug der zusätzlichen Objekte als Kostenverursacher in das Erhaltungsmanagement

Die erste Ergebnisse (Ziel 1) sind ein Definitionsvorschlag und eine Liste mit 43 zusätzlichen Objekten für die Schweizer Kontext. Für diese Objekte ist, unter Berücksichtigung des Strassentypes an der sie vorkommen, eine Kategorisierung in Erhaltungsstrategien vorgenommen.

Das zweite Ziel wurde erreicht, indem auf Basis der zuverlässigkeitsorientierte Erhaltung ein Bestimmungsdiagramm aufgestellt wurde. Anhand der Ausfalleffektenanalyse und dieses Bestimmungsdiagramm konnte für jedes einzelne Objekt eine zielführende und wirtschaftliche Strategie bestimmt werden. Dieses Verfahren wurde schrittweise beschrieben, was es Strassenbetreibern erlaubt, es für eventuelle fehlende Objekte ihres eigenen Strassennetzes ebenfalls anzuwenden oder zu verifizieren.

Schliesslich lieferte eine Analyse der Erstellungs- und Lebenszykluskosten die Grundlagen für die Bestimmung der Kostenrelevanten Objekten. Diese Objekte sollen wegen ihrer Kostenrelevanz in der integralen Budgetplanung der Strassenverkehrsanlage berücksichtigt werden.

Folgerungen und Empfehlungen:

Der Bericht kann als Grundlage für eine neue Norm gesehen werden. In dieser Norm sollten sowohl die Ergebnisse als auch die Bestimmungssystematik enthalten sein, um den Verantwortlichen einerseits im Falle von in der Norm nicht erwähnten Objekten die Möglichkeit zu geben, die Systematik eigenständig anzuwenden und zu eigenen Ergebnissen zu kommen. Andererseits können die zur Auswahl entwickelte Bewertungssystematik sowie die vorgenommenen Bewertungen (welche durch die Experten geprüft wurden) diskutiert und/oder durch weitere Experteneinschätzung abgestützt werden. Daher sollte die Norm die Auswahlssystematik mit umfassen und veröffentlichen, so dass die jeweiligen Verantwortlichen andererseits ihr eigenes Fachwissen einbringen können, was eine flexiblere und spezifischere Auslegung der Thematik zulassen würde.

Als weiteren Forschungsbedarf könnte das in dieser Forschung rein qualitative Selektionsverfahren für die Auswahl wirtschaftlicher Erhaltungsstrategien mit quantitativen Bewertungen überprüft bzw. verfeinert werden. Hier kann auch die Gewichtung der einzelnen Bewertungskriterien mit den üblichen Kostenansätzen differenzieren, so dass ggf. die Ergebnisse interpretiert werden könnten.

Publikationen:

[Empty text area for publications]

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Staubli

Vorname: Richard

Amt, Firma, Institut: Geschäftsleitung, WIFpartner AG

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:



FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Der Begleitkommission sagt die methodische Aufarbeitung des Themas zu. Der Bericht ist sorgfältig abgefasst und gut strukturiert.

Das vorgestellte Auswahlverfahren der zusätzlichen Objekte anhand des vorgestellten Diagramms besticht durch Einfachheit und Anwendbarkeit. Den Schritten im Diagramm folgend, selektieren sich diejenigen zusätzlichen Objekte aus, für die eine Zustandserhebung als zielführend und wirtschaftlich eingestuft werden kann. Die Begleitkommission schätzt es, dass, durch Anwendung dieses Diagramms, für die Mehrheit der Objekte von einer regelmässigen Zustandserhebung abgeraten wird, was Strassenbetreiber entlastet, indem der Aufwand einer regelmässigen Zustandserhebung entfällt.

Die Berücksichtigung der Kostenrelevanz für die Budgetierung in einem separaten Kapitel verleiht dem Bericht einen Mehrwert, indem es eine Grundlage für die Ergänzung von zusätzlichen Objekten in ein integrales Erhaltungsmanagement, im Rahmen der Budgetierung liefert.

Umsetzung:

Der Bericht liefert die Grundlagen für die Erstellung einer VSS-Norm zur Zustandserhebung von zusätzlichen Objekten. Der Bericht enthält nicht nur Begriffsdefinitionen, sondern auch Handlungsempfehlungen, für welche zusätzlichen Objekte eine regelmässige Zustandserhebung als sinnvoll und zielführend eingestuft werden kann. In der Ausblick auf die Norm und den Schadenkatalog finden sich gute Ansätze, wie diese gestaltet werden können.

weitergehender Forschungsbedarf:

Die strukturierte Norm kann ausarbeitet werden.

Die Ansätze für Schadenkataloge mit Schadensbildern liegen den detaillierten Zustandserfassungsanleitungen pro zusätzlichem Objekt zugrunde. Erweitert können sie als Anhang dem neu zu schreibenden Norm beigelegt werden.

Einfluss auf Normenwerk:

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

Stand Mai 2014

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1465	ASTRA 2000/417	Erfahrungen mit der Sanierung und Erhaltung von Betonoberflächen	2014
1462	ASTRA 2011/004	Ermittlung der Versagensgrenze eines T2 Norm-Belages mit der mobiles Grossversuchsanlage MLS10	2014
1460	SVI 2007/017	Nutzen der Verkehrsinformation für die Verkehrssicherheit	2014
1459	VSS 2002/501	Leichtes Fallgewichtsgeschütz für die Verdichtungskontrolle von Fundationsschichten	2014
1458	VSS 2010/703	Umsetzung Erhaltungsmanagement für Strassen in Gemeinden - Arbeitshilfen als Anhang zur Norm 640 980	2014
1457	SVI 2012/006	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 5: Medizinische Folgen des Strassenunfallgeschehens	2014
1456	SVI 2012/005	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 4: Einflüsse des Wetters auf das Strassenunfallgeschehen	2014
1455	SVI 2012/004	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 3: Einflüsse von Fahrzeugeigenschaften auf das Strassenunfallgeschehen	2014
1454	SVI 2012/003	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 2: Einflüsse von Situation und Infrastruktur auf das Strassenunfallgeschehen: Phase 1	2014
1453	SVI 2012/002	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 1: Einflüsse von Mensch und Gesellschaft auf das Strassenunfallgeschehen: Phase 1	2014
1452	SVI 2012/001	Forschungspaket VeSPA: Synthesebericht Phase 1	2014
1451	FGU 2010/006	Gasanalytik zur frühzeitigen Branddetektion in Tunneln	2013
1450	VSS 2002/401	Kaltrecycling von Ausbausphal mit bituminösen Bindemitteln	2014
1449	ASTRA 2010/024	E-Scooter - Sozial- und naturwissenschaftliche Beiträge zur Förderung leichter Elektrofahrzeuge in der Schweiz	2013
1448	SVI 2009/008	Anforderungen der Güterlogistik an die Netzinfrastruktur und die langfristige Netzentwicklung in der Schweiz. Forschungspaket UVEK/ASTRA "Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz", Teilprojekt C	2014
1447	SVI 2009/005	Informationstechnologien in der zukünftigen Gütertransportwirtschaft Forschungspaket UVEK/ASTRA "Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz", Teilprojekt E	2013
1446	VSS 2005/454	Forschungspaket Recycling von Ausbausphal in Heissmischgut: EP3: Stofffluss- und Nachhaltigkeitsbeurteilung	2013
1445	VSS 2009/301	Öffnung der Busstreifen für weitere Verkehrsteilnehmende	2013
1444	VSS 2007/306	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von Anlagen des leichten Zweirad- und des Fussgängerverkehrs	2013
1443	VSS 2007/305	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit des strassengebundenen ÖV	2013
1442	SVI 2010/004	Messen des Nutzens von Massnahmen mit Auswirkungen auf den Langsamverkehr - Vorstudie	2013
1441_2	SVI 2009/010	Zielsystem im Güterverkehr. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz - Teilprojekt G	2013
1441_1	SVI 2009/010	Effizienzsteigerungspotenziale in der Transportwirtschaft durch integrierte Bewirtschaftungsinstrumente aus Sicht der Infrastrukturbetreiber Synthese der Teilprojekte B3, C, D, E und F des Forschungspakets Güterverkehr anhand eines Zielsystems für den Güterverkehr	2013
1440	SVI 2009/006	Benchmarking-Ansätze im Verkehrswesen	2013
1439	SVI 2009/002	Konzept zur effizienten Erfassung und Analyse der Güterverkehrsdaten Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
		von Verkehrsmitteln im Güterverkehr der Schweiz TP A	
1438_2	SVI 2009/011	Ortsbezogene Massnahmen zur Reduktion der Auswirkungen des Güterverkehrs - Teil 2. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP H	2013
1438_1	SVI 2009/011	Ortsbezogene Massnahmen zur Reduktion der Auswirkungen des Güterverkehrs - Teil 1. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP H	2013
1437	VSS 2008/203	Trottoirüberfahrten und punktuelle Querungen ohne Vortritt für den Langsamverkehr	2013
1436	VSS 2010/401	Auswirkungen verschiedener Recyclinganteile in ungebundenen Gemischen	2013
1435	FGU 2008/007_OBF	Schadstoff- und Rauchkurzschlüsse bei Strassentunneln	2013
1434	VSS 2006/503	Performance Oriented Requirements for Bitumainous Mixtures	2013
1433	ASTRA 2010/001	Güterverkehr mit Lieferwagen: Entwicklungen und Massnahmen Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP B3	2013
1432	ASTRA 2007/011	Praxis-Kalibrierung der neuen mobilen Grossversuchanlage MLS10 für beschleunigte Verkehrslastsimulation auf Strassenbelägen in der Schweiz	2013
1431	ASTRA 2011/015	TeVeNOx - Testing of SCR-Systems on HD-Vehicles	2013
1430	ASTRA 2009/004	Impact des conditions météorologiques extrêmes sur la chaussée	2013
1429	SVI 2009/009	Einschätzungen der Infrastrukturnutzer zur Weiterentwicklung des Regulativs Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP F	2013
1428	SVI 2010/005	Branchenspezifische Logistikkonzepte und Güterverkehrsaufkommen sowie deren Trends Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP B2	2013
1427	SVI 2006/002	Begegnungszonen - eine Werkschau mit Empfehlungen für die Realisierung	2013
1426	ASTRA 2010/025_OBF	Luftströmungsmessung in Strassentunneln	2013
1425	VSS 2005/401	Résistance à l'altération des granulats et des roches	2013
1424	ASTRA 2006/007	Optimierung der Baustellenplanung an Autobahnen	2013
1423	ASTRA 2010/012	Forschungspaket: Lärmarme Beläge innerorts EP3: Betrieb und Unterhalt lärmarmen Beläge	2013
1422	ASTRA 2011/006_OBF	Fracture processes and in-situ fracture observations in Gipskeuper	2013
1421	VSS 2009/901	Experimenteller Nachweis des vorgeschlagenen Raum- und Topologiemodells für die VM-Anwendungen in der Schweiz (MDATrafo)	2013
1420	SVI 2008/003	Projektierungsfreiräume bei Strassen und Plätzen	2013
1419	VSS 2001/452	Stabilität der Polymere beim Heisseinbau von PmB-haltigen Strassenbelägen	2013
1418	VSS 2008/402	Anforderungen an hydraulische Eigenschaften von Geokunststoffen	2012
1417	FGU 2009/002	Heat Exchanger Anchors for Thermo-active Tunnels	2013
1416	FGU 2010/001	Sulfatwiderstand von Beton: verbessertes Verfahren basierend auf der Prüfung nach SIA 262/1, Anhang D	2013
1415	VSS 2010/A01	Wissenslücken im Infrastrukturmanagementprozess "Strasse" im Siedlungsgebiet	2013
1414	VSS 2010/201	Passive Sicherheit von Tragkonstruktionen der Strassenausstattung	2013
1413	SVI 2009/003	Güterverkehrsintensive Branchen und Güterverkehrsströme in der Schweiz Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz Teilprojekt B1	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1412	ASTRA 2010/020	Werkzeug zur aktuellen Gangliniennorm	2013
1411	VSS 2009/902	Verkehrstelematik für die Unterstützung des Verkehrsmanagements in ausserordentlichen Lagen	2013
1410	VSS 2010/202_OBF	Reduktion von Unfallfolgen bei Bränden in Strassentunneln durch Abschnittsbildung	2013
1409	ASTRA 2010/017_OBF	Regelung der Luftströmung in Strassentunneln im Brandfall	2013
1408	VSS 2000/434	Vieillissement thermique des enrobés bitumineux en laboratoire	2012
1407	ASTRA 2006/014	Fusion des indicateurs de sécurité routière : FUSAIN	2012
1406	ASTRA 2004/015	Amélioration du modèle de comportement individuel du Conducteur pour évaluer la sécurité d'un flux de trafic par simulation	2012
1405	ASTRA 2010/009	Potential von Photovoltaik an Schallschutzmassnahmen entlang der Nationalstrassen	2012
1404	VSS 2009/707	Validierung der Kosten-Nutzen-Bewertung von Fahrbahn-Erhaltungsmassnahmen	2012
1403	SVI 2007/018	Vernetzung von HLS- und HVS-Steuerungen	2012
1402	VSS 2008/403	Witterungsbeständigkeit und Durchdrückverhalten von Geokunststoffen	2012
1401	SVI 2006/003	Akzeptanz von Verkehrsmanagementmassnahmen-Vorstudie	2012
1400	VSS 2009/601	Begrünte Stützgitterböschungssysteme	2012
1399	VSS 2011/901	Erhöhung der Verkehrssicherheit durch Incentivierung	2012
1398	ASTRA 2010/019	Environmental Footprint of Heavy Vehicles Phase III: Comparison of Footprint and Heavy Vehicle Fee (LSVA) Criteria	2012
1397	FGU 2008/003_OBF	Brandschutz im Tunnel: Schutzziele und Brandbemessung Phase 1: Stand der Technik	2012
1396	VSS 1999/128	Einfluss des Umhüllungsgrades der Mineralstoffe auf die mechanischen Eigenschaften von Mischgut	2012
1395	FGU 2009/003	KarstALEA: Wegleitung zur Prognose von karstspezifischen Gefahren im Untertagbau	2012
1394	VSS 2010/102	Grundlagen Betriebskonzepte	2012
1393	VSS 2010/702	Aktualisierung SN 640 907, Kostengrundlage im Erhaltungsmanagement	2012
1392	ASTRA 2008/008_009	FEHRL Institutes WIM Initiative (Fiwi)	2012
1391	ASTRA 2011/003	Leitbild ITS-CH Landverkehr 2025/30	2012
1390	FGU 2008/004_OBF	Einfluss der Grundwasserströmung auf das Quellverhalten des Gipskeupers im Belchentunnel	2012
1389	FGU 2003/002	Long Term Behaviour of the Swiss National Road Tunnels	2012
1388	SVI 2007/022	Möglichkeiten und Grenzen von elektronischen Busspuren	2012
1387	VSS 2010/205_OBF	Ablage der Prozessdaten bei Tunnel-Prozessleitsystemen	2012
1386	VSS 2006/204	Schallreflexionen an Kunstbauten im Strassenbereich	2012
1385	VSS 2004/703	Bases pour la révision des normes sur la mesure et l'évaluation de la planéité des chaussées	2012
1384	VSS 1999/249	Konzeptuelle Schnittstellen zwischen der Basisdatenbank und EMF-, EMK- und EMT-DB	2012
1383	FGU 2008/005	Einfluss der Grundwasserströmung auf das Quellverhalten des Gipskeupers im Chienbergtunnel	2012
1382	VSS 2001/504	Optimierung der statischen Eindringtiefe zur Beurteilung von harten Gussasphaltsorten	2012
1381	SVI 2004/055	Nutzen von Reisezeiteinsparungen im Personenverkehr	2012
1380	ASTRA 2007/009	Wirkungsweise und Potential von kombinierter Mobilität	2012
1379	VSS 2010/206_OBF	Harmonisierung der Abläufe und Benutzeroberflächen bei Tunnel-Prozessleitsystemen	2012
1378	SVI 2004/053	Mehr Sicherheit dank Kernfahrbahnen?	2012

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1377	VSS 2009/302	Verkehrssicherheitsbeurteilung bestehender Verkehrsanlagen (Road Safety Inspection)	2012
1376	ASTRA 2011/008_004	Erfahrungen im Schweizer Betonbrückenbau	2012
1375	VSS 2008/304	Dynamische Signalisierungen auf Hauptverkehrsstrassen	2012
1374	FGU 2004/003	Entwicklung eines zerstörungsfreien Prüfverfahrens für Schweissnähte von KDB	2012
1373	VSS 2008/204	Vereinheitlichung der Tunnelbeleuchtung	2012
1372	SVI 2011/001	Verkehrssicherheitsgewinne aus Erkenntnissen aus Datapooling und strukturierten Datenanalysen	2012
1371	ASTRA 2008/017	Potenzial von Fahrgemeinschaften	2011
1370	VSS 2008/404	Dauerhaftigkeit von Betonfahrbahnen aus Betongranulat	2011
1369	VSS 2003/204	Rétention et traitement des eaux de chaussée	2012
1368	FGU 2008/002	Soll sich der Mensch dem Tunnel anpassen oder der Tunnel dem Menschen?	2011
1367	VSS 2005/801	Grundlagen betreffend Projektierung, Bau und Nachhaltigkeit von Anschlussgleisen	2011
1366	VSS 2005/702	Überprüfung des Bewertungshintergrundes zur Beurteilung der Strassengriffigkeit	2010
1365	SVI 2004/014	Neue Erkenntnisse zum Mobilitätsverhalten dank Data Mining?	2011
1364	SVI 2009/004	Regulierung des Güterverkehrs Auswirkungen auf die Transportwirtschaft Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP D	2012
1363	VSS 2007/905	Verkehrsprognosen mit Online -Daten	2011
1362	SVI 2004/012	Aktivitätenorientierte Analyse des Neuverkehrs	2012
1361	SVI 2004/043	Innovative Ansätze der Parkraumbewirtschaftung	2012
1360	VSS 2010/203	Akustische Führung im Strassentunnel	2012
1359	SVI 2004/003	Wissens- und Technologientransfer im Verkehrsbereich	2012
1358	SVI 2004/079	Verkehrsbindung von Freizeitanlagen	2012
1357	SVI 2007/007	Unaufmerksamkeit und Ablenkung: Was macht der Mensch am Steuer?	2012
1356	SVI 2007/014	Kooperation an Bahnhöfen und Haltestellen	2011
1355	FGU 2007/002	Prüfung des Sulfatwiderstandes von Beton nach SIA 262/1, Anhang D: Anwendbarkeit und Relevanz für die Praxis	2011
1354	VSS 2003/203	Anordnung, Gestaltung und Ausführung von Treppen, Rampen und Treppenwegen	2011
1353	VSS 2000/368	Grundlagen für den Fussverkehr	2011
1352	VSS 2008/302	Fussgängerstreifen (Grundlagen)	2011
1351	ASTRA 2009/001	Development of a best practice methodology for risk assessment in road tunnels	2011
1350	VSS 2007/904	IT-Security im Bereich Verkehrstelematik	2011
1349	VSS 2003/205	In-Situ-Abflussversuche zur Untersuchung der Entwässerung von Autobahnen	2011
1348	VSS 2008/801	Sicherheit bei Parallelführung und Zusammentreffen von Strassen mit der Schiene	2011
1347	VSS 2000/455	Leistungsfähigkeit von Parkieranlagen	2010
1346	ASTRA 2007/004	Quantifizierung von Leckagen in Abluftkanälen bei Strassentunneln mit konzentrierter Rauchabsaugung	2010
1345	SVI 2004/039	Einsatzbereiche verschiedener Verkehrsmittel in Agglomerationen	2011
1344	VSS 2009/709	Initialprojekt für das Forschungspaket "Nutzensteigerung für die Anwender des SIS"	2011
1343	VSS 2009/903	Basistechnologien für die intermodale Nutzungserfassung im Personenverkehr	2011
1342	FGU 2005/003	Untersuchungen zur Frostkörperbildung und Frosthebung beim Gefrierverfahren	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1341	FGU 2007/005	Design aids for the planning of TBM drives in squeezing ground	2011
1340	SVI 2004/051	Aggressionen im Verkehr	2011
1339	SVI 2005/001	Widerstandsfunktionen für Innerorts-Strassenabschnitte ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten	2010
1338	VSS 2006/902	Wirkungsmodelle für fahrzeugseitige Einrichtungen zur Steigerung der Verkehrssicherheit	2009
1337	ASTRA 2006/015	Development of urban network travel time estimation methodology	2011
1336	ASTRA 2007/006	SPIN-ALP: Scanning the Potential of Intermodal Transport on Alpine Corridors	2010
1335	VSS 2007/502	Stripping bei lärmindernden Deckschichten unter Überrollbeanspruchung im Labormassstab	2011
1334	ASTRA 2009/009	Was treibt uns an? Antriebe und Treibstoffe für die Mobilität von Morgen	2011
1333	SVI 2007/001	Standards für die Mobilitätsversorgung im peripheren Raum	2011
1332	VSS 2006/905	Standardisierte Verkehrsdaten für das verkehrsträgerübergreifende Verkehrsmanagement	2011
1331	VSS 2005/501	Rückrechnung im Strassenbau	2011
1330	FGU 2008/006	Energiegewinnung aus städtischen Tunneln: Systemevaluation	2010
1329	SVI 2004/073	Alternativen zu Fussgängerstreifen in Tempo-30-Zonen	2010
1328	VSS 2005/302	Grundlagen zur Quantifizierung der Auswirkungen von Sicherheitsdefiziten	2011
1327	VSS 2006/601	Vorhersage von Frost und Nebel für Strassen	2010
1326	VSS 2006/207	Erfolgskontrolle Fahrzeugrückhaltesysteme	2011
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.	2010
1324	VSS 2004/702	Eigenheiten und Konsequenzen für die Erhaltung der Strassenverkehrsanlagen im überbauten Gebiet	2009
1323	VSS 2008/205	Ereignisdetektion im Strassentunnel	2011
1322	SVI 2005/007	Zeitwerte im Personenverkehr: Wahrnehmungs- und Distanzabhängigkeit	2008
1321	VSS 2008/501	Validation de l'oedomètre CRS sur des échantillons intacts	2010
1320	VSS 2007/303	Funktionale Anforderungen an Verkehrserfassungssysteme im Zusammenhang mit Lichtsignalanlagen	2010
1319	VSS 2000/467	Auswirkungen von Verkehrsberuhigungsmassnahmen auf die Lärmimmissionen	2010
1318	FGU 2006/001	Langzeitversuche an anhydritführenden Gesteinen	2010
1317	VSS 2000/469	Geometrisches Normalprofil für alle Fahrzeugtypen	2010
1316	VSS 2001/701	Objektorientierte Modellierung von Strasseninformationen	2010
1315	VSS 2006/904	Abstimmung zwischen individueller Verkehrsinformation und Verkehrsmanagement	2010
1314	VSS 2005/203	Datenbank für Verkehrsaufkommensraten	2008
1313	VSS 2001/201	Kosten-/Nutzenbetrachtung von Strassenentwässerungssystemen, Ökobilanzierung	2010
1312	SVI 2004/006	Der Verkehr aus Sicht der Kinder: Schulwege von Primarschulkindern in der Schweiz	2010
1311	VSS 2000/543	VIABILITE DES PROJETS ET DES INSTALLATIONS ANNEXES	2010
1310	ASTRA 2007/002	Beeinflussung der Luftströmung in Strassentunneln im Brandfall	2010
1309	VSS 2008/303	Verkehrsregelungssysteme - Modernisierung von Lichtsignalanlagen	2010
1308	VSS 2008/201	Hindernisfreier Verkehrsraum - Anforderungen aus Sicht von Menschen mit Behinderung	2010
1307	ASTRA 2006/002	Entwicklung optimaler Mischgüter und Auswahl geeigneter Bindemittel; D-A-CH - Initialprojekt	2008
1306	ASTRA 2008/002	Strassenglätte-Prognosesystem (SGPS)	2010
1305	VSS 2000/457	Verkehrserzeugung durch Parkieranlagen	2009

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1304	VSS 2004/716	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen	2008
1303	ASTRA 2009/010	Geschwindigkeiten in Steigungen und Gefällen; Überprüfung	2010
1302	VSS 1999/131	Zusammenhang zwischen Bindemittleigenschaften und Schadensbildern des Belages?	2010
1301	SVI 2007/006	Optimierung der Strassenverkehrsunfallstatistik durch Berücksichtigung von Daten aus dem Gesundheitswesen	2009
1300	VSS 2003/903	SATELROU Perspectives et applications des méthodes de navigation pour la télématique des transports routiers et pour le système d'information de la route	2010
1299	VSS 2008/502	Projet initial - Enrobés bitumineux à faibles impacts énergétiques et écologiques	2009
1298	ASTRA 2007/012	Griffigkeit auf winterlichen Fahrbahnen	2010
1297	VSS 2007/702	Einsatz von Asphaltbewehrungen (Asphalteinlagen) im Erhaltungsmanagement	2009
1296	ASTRA 2007/008	Swiss contribution to the Heavy-Duty Particle Measurement Programme (HD-PMP)	2010
1295	VSS 2005/305	Entwurfsgrundlagen für Lichtsignalanlagen und Leitfaden	2010
1294	VSS 2007/405	Wiederhol- und Vergleichspräzision der Druckfestigkeit von Gesteinskörnungen am Haufwerk	2010
1293	VSS 2005/402	Détermination de la présence et de l'efficacité de dope dans les bétons bitumineux	2010
1292	ASTRA 2006/004	Entwicklung eines Pflanzenöl-Blockheizkraftwerkes mit eigener Ölmühle	2010
1291	ASTRA 2009/005	Fahrmuster auf überlasteten Autobahnen Simultanes Berechnungsmodell für das Fahrverhalten auf Autobahnen als Grundlage für die Berechnung von Schadstoffemissionen und Fahrzeitgewinnen	2010
1290	VSS 1999/209	Conception et aménagement de passages inférieurs et supérieurs pour piétons et deux-roues légers	2008
1289	VSS 2005/505	Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen, nationale Umsetzung der EN	2010
1288	ASTRA 2006/020	Footprint II - Long Term Pavement Performance and Environmental Monitoring on A1	2010
1287	VSS 2008/301	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von komplexen ungesteuerten Knoten: Analytisches Schätzverfahren	2009
1286	VSS 2000/338	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit auf Strassen ohne Richtungstrennung	2010
1285	VSS 2002/202	In-situ Messung der akustischen Leistungsfähigkeit von Schallschirmen	2009
1284	VSS 2004/203	Evacuation des eaux de chaussée par les bas-cotés	2010
1283	VSS 2000/339	Grundlagen für eine differenzierte Bemessung von Verkehrsanlagen	2008
1282	VSS 2004/715	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Zusatzkosten infolge Vor- und Aufschub von Erhaltungsmaßnahmen	2010
1281	SVI 2004/002	Systematische Wirkungsanalysen von kleinen und mittleren Verkehrsvorhaben	2009
1280	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit Verkehrspsychologischer Teilbericht	2010
1279	VSS 2005/301	Leistungsfähigkeit zweistreifiger Kreisel	2009
1278	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit - Verkehrstechnischer Teilbericht	2009
1277	SVI 2007/005	Multimodale Verkehrsqualitätsstufen für den Strassenverkehr - Vorstudie	2010
1276	VSS 2006/201	Überprüfung der schweizerischen Ganglinien	2008
1275	ASTRA 2006/016	Dynamic Urban Origin - Destination Matrix - Estimation Methodology	2009
1274	SVI 2004/088	Einsatz von Simulationswerkzeugen in der Güterverkehrs- und Transportplanung	2009

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1273	ASTRA 2008/006	UNTERHALT 2000 - Massnahme M17, FORSCHUNG: Dauerhafte Materialien und Verfahren SYNTHESE - BERICHT zum Gesamtprojekt "Dauerhafte Beläge" mit den Einzelnen Forschungsprojekten: - ASTRA 200/419: Verhaltensbilanz der Beläge auf Nationalstrassen - ASTRA 2000/420: Dauerhafte Komponenten auf der Basis erfolgreicher Strecken - ASTRA 2000/421: Durabilité des enrobés - ASTRA 2000/422: Dauerhafte Beläge, Rundlaufversuch - ASTRA 2000/423: Griffigkeit der Beläge auf Autobahnen, Vergleich zwischen den Messergebnissen von SRM und SCRIM - ASTRA 2008/005: Vergleichsstrecken mit unterschiedlichen oberen Tragschichten auf einer Nationalstrasse	2008
1272	VSS 2007/304	Verkehrsregelungssysteme - behinderte und ältere Menschen an Lichtsignalanlagen	2010
1271	VSS 2004/201	Unterhalt von Lärmschirmen	2009
1270	VSS 2005/502	Interaktion Strasse Hangstabilität: Monitoring und Rückwärtsrechnung	2009
1269	VSS 2005/201	Evaluation von Fahrzeugrückhaltesystemen im Mittelstreifen von Autobahnen	2009
1268	ASTRA 2005/007	PM10-Emissionsfaktoren von Abriebspartikeln des Strassenverkehrs (APART)	2009
1267	VSS 2007/902	MDA in SVT Einsatz modellbasierter Datentransfernormen (INTERLIS) in der Strassenverkehrstelematik	2009
1266	VSS 2000/343	Unfall- und Unfallkostenraten im Strassenverkehr	2009
1265	VSS 2005/701	Zusammenhang zwischen dielektrischen Eigenschaften und Zustandsmerkmalen von bitumenhaltigen Fahrbahnbelägen (Pilotuntersuchung)	2009
1264	SVI 2004/004	Verkehrspolitische Entscheidungsfindung in der Verkehrsplanung	2009
1263	VSS 2001/503	Phénomène du dégel des sols gélifs dans les infrastructures des voies de communication et les pergélisols alpins	2006
1262	VSS 2003/503	Lärmverhalten von Deckschichten im Vergleich zu Gussasphalt mit strukturierter Oberfläche	2009
1261	ASTRA 2004/018	Pilotstudie zur Evaluation einer mobilen Grossversuchsanlage für beschleunigte Verkehrslastsimulation auf Strassenbelägen	2009
1260	FGU 2005/001	Testeinsatz der Methodik "Indirekte Vorauserkundung von wasserführenden Zonen mittels Temperaturdaten anhand der Messdaten des Lötschberg-Basistunnels	2009
1259	VSS 2004/710	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen - Synthesebericht	2008
1258	VSS 2005/802	Kaphaltestellen Anforderungen und Auswirkungen	2009
1257	SVI 2004/057	Wie Strassenraumbilder den Verkehr beeinflussen Der Durchfahrtswiderstand als Arbeitsinstrument bei der städtebaulichen Gestaltung von Strassenräumen	2009
1256	VSS 2006/903	Qualitätsanforderungen an die digitale Videobild-Bearbeitung zur Verkehrsüberwachung	2009
1255	VSS 2006/901	Neue Methoden zur Erkennung und Durchsetzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit	2009
1254	VSS 2006/502	Drains verticaux préfabriqués thermiques pour la consolidation in-situ des sols	2009
1253	VSS 2001/203	Rétention des polluants des eaux de chaussées selon le système "infiltrations sur les talus". Vérification in situ et optimisation	2009
1252	SVI 2003/001	Nettoverkehr von verkehrsintensiven Einrichtungen (VE)	2009
1251	ASTRA 2002/405	Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence des bétons bitumineux	2008

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1250	VSS 2005/202	Strassenabwasser Filterschacht	2007
1249	FGU 2003/004	Einflussfaktoren auf den Brandwiderstand von Betonkonstruktionen	2009
1248	VSS 2000/433	Dynamische Eindringtiefe zur Beurteilung von Gussasphalt	2008
1247	VSS 2000/348	Anforderungen an die strassenseitige Ausrüstung bei der Umwidmung von Standstreifen	2009
1246	VSS 2004/713	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Bedeutung Oberflächenzustand und Tragfähigkeit sowie gegenseitige Beziehung für Gebrauchs- und Substanzwert	2009
1245	VSS 2004/701	Verfahren zur Bestimmung des Erhaltungsbedarfs in kommunalen Strassennetzen	2009
1244	VSS 2004/714	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen - Gesamtnutzen und Nutzen-Kosten-Verhältnis von standardisierten Erhaltungsmassnahmen	2008
1243	VSS 2000/463	Kosten des betrieblichen Unterhalts von Strassenanlagen	2008
1242	VSS 2005/451	Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut	2007
1241	ASTRA 2001/052	Erhöhung der Aussagekraft des LCPC Spurbildungstests	2009
1240	ASTRA 2002/010	L'acceptabilité du péage de congestion : Résultats et analyse de l'enquête en Suisse	2009
1239	VSS 2000/450	Bemessungsgrundlagen für das Bewehren mit Geokunststoffen	2009
1238	VSS 2005/303	Verkehrssicherheit an Tagesbaustellen und bei Anschlüssen im Baustellenbereich von Hochleistungsstrassen	2008
1237	VSS 2007/903	Grundlagen für eCall in der Schweiz	2009
1236	ASTRA 2008/008_07	Analytische Gegenüberstellung der Strategie- und Tätigkeitsschwerpunkte ASTRA-AIPCR	2008
1235	VSS 2004/711	Forschungspaket Massnahmenplanung im EM von Fahrbahnen - Standardisierte Erhaltungsmassnahmen	2008
1234	VSS 2006/504	Expérimentation in situ du nouveau drainomètre européen	2008
1233	ASTRA 2000/420	Unterhalt 2000 Forschungsprojekt FP2 Dauerhafte Komponenten bitumenhaltiger Belagsschichten	2009
660	AGB 2008/002	Indirekt gelagerte Betonbrücken - Sachstandsbericht	2014
659	AGB 2009/014	Suizidprävention bei Brücken: Follow-Up	2014
658	AGB 2006/015_OBF	Querkraftwiderstand vorgespannter Brücken mit ungenügender Querkraftbewehrung	2014
657	AGB 2003/012	Brücken in Holz: Möglichkeiten und Grenzen	2013
656	AGB 2009/015	Experimental verification of integral bridge abutments	2013
655	AGB 2007/004	Fatigue Life Assessment of Roadway Bridges Based on Actual Traffic Loads	2013
654	AGB 2005-008	Thermophysical and Thermomechanical Behavior of Cold-Curing Structural Adhesives in Bridge Construction	2013
653	AGB 2007/002	Poinçonnement des pontsdalles précontraints	2013
652	AGB 2009/006	Detektion von Betonstahlbrüchen mit der magnetischen Streufeldmethode	2013
651	AGB 2006/006_OBF	Instandsetzung und Monitoring von AAR-geschädigten Stützmauern und Brücken	2013
650	AGB 2005/010	Korrosionsbeständigkeit von nichtrostenden Betonstählen	2012
649	AGB 2008/012	Anforderungen an den Karbonatisierungswiderstand von Betonen	2012
648	AGB 2005/023 + AGB 2006/003	Validierung der AAR-Prüfungen für Neubau und Instandsetzung	2011
647	AGB 2004/010	Quality Control and Monitoring of electrically isolated post-tensioning tendons in bridges	2011
646	AGB 2005/018	Interactin sol-structure : ponts à culées intégrales	2010
645	AGB 2005/021	Grundlagen für die Verwendung von Recyclingbeton aus Betongranulat	2010
644	AGB 2005/004	Hochleistungsfähiger Faserfeinkornbeton zur Effizienzsteigerung bei der Erhaltung von Kunstbauten aus Stahlbeton	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
643	AGB 2005/014	Akustische Überwachung einer stark geschädigten Spannbetonbrücke und Zustandserfassung beim Abbruch	2010
642	AGB 2002/006	Verbund von Spanngliedern	2009
641	AGB 2007/007	Empfehlungen zur Qualitätskontrolle von Beton mit Luftpermeabilitätsmessungen	2009
640	AGB 2003/011	Nouvelle méthode de vérification des ponts mixtes à âme pleine	2010
639	AGB 2008/003	RiskNow-Falling Rocks Excel-basiertes Werkzeug zur Risikoermittlung bei Steinschlagschutzgalerien	2010
638	AGB2003/003	Ursachen der Rissbildung in Stahlbetonbauwerken aus Hochleistungsbeton und neue Wege zu deren Vermeidung	2008
637	AGB 2005/009	Détermination de la présence de chlorures à l'aide du Géoradar	2009
636	AGB 2002/028	Dimensionnement et vérification des dalles de roulement de ponts routiers	2009
635	AGB 2004/002	Applicabilité de l'enrobé drainant sur les ouvrages d'art du réseau des routes nationales	2008
634	AGB 2002/007	Untersuchungen zur Potenzialfeldmessung an Stahlbetonbauten	2008
633	AGB 2002/014	Oberflächenschutzsysteme für Betontragwerke	2008
632	AGB 2008/201	Sicherheit des Verkehrssystem Strasse und dessen Kunstbauten Testregion - Methoden zur Risikobeurteilung Schlussbericht	2010
631	AGB 2000/555	Applications structurales du Béton Fibré à Ultra-hautes Performances aux ponts	2008
630	AGB 2002/016	Korrosionsinhibitoren für die Instandsetzung chloridverseuchter Stahlbetonbauten	2010
629	AGB 2003/001 + AGB 2005/019	Integrale Brücken - Sachstandsbericht	2008
628	AGB 2005/026	Massnahmen gegen chlorid-induzierte Korrosion und zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit	2008
627	AGB 2002/002	Eigenschaften von normalbreiten und überbreiten Fahrbahnübergängen aus Polymerbitumen nach starker Verkehrsbelastung	2008
626	AGB 2005/110	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Baustellensicherheit bei Kunstbauten	2009
625	AGB 2005/109	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Effektivität und Effizienz von Massnahmen bei Kunstbauten	2009
624	AGB 2005/108	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Risikobeurteilung für Kunstbauten	2010
623	AGB 2005/107	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Tragsicherheit der bestehenden Kunstbauten	2009
622	AGB 2005/106	Rechtliche Aspekte eines risiko- und effizienzbasierten Sicherheitskonzepts	2009
621	AGB 2005/105	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten Szenarien der Gefahrenentwicklung	2009
620	AGB 2005/104	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Effektivität und Effizienz von Massnahmen	2009
619	AGB 2005/103	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Ermittlung des Netzrisikos	2010
618	AGB 2005/102	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung	2009
617	AGB 2005/100	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten Synthesebericht	2010
616	AGB 2002/020	Beurteilung von Risiken und Kriterien zur Festlegung akzeptierter Risiken in Folge aussergewöhnlicher Einwirkungen bei Kunstbauten	2009