

**Grundlagen für die
Einbeziehung der
sonstigen Anlagenteile
von Straßen in die
systematische Straßen-
erhaltung als
Voraussetzung eines
umfassenden
Asset Managements**

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 256

bast

Grundlagen für die Einbeziehung der sonstigen Anlagenteile von Straßen in die systematische Straßen- erhaltung als Voraussetzung eines umfassenden Asset Managements

von

Ulf Zander
Jan Birbaum
Steffen Schmidt

ifs Institut für Straßenwesen
Siegen

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 256

bast

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

A - Allgemeines
B - Brücken- und Ingenieurbau
F - Fahrzeugtechnik
M - Mensch und Sicherheit
S - Straßenbau
V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt bei der Carl Schünemann Verlag GmbH, Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen, Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in der Regel in Kurzform im Informationsdienst **Forschung kompakt** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos angeboten; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Ab dem Jahrgang 2003 stehen die **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)** zum Teil als kostenfreier Download im elektronischen BASt-Archiv ELBA zur Verfügung.
<http://bast.opus.hbz-nrw.de>

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt FE 04.0214/2008/MGB:
Grundlagen für die Einbeziehung der sonstigen Anlagenteile von Straßen in die systematische Straßenerhaltung als Voraussetzung eines umfassenden Asset Managements

Fachbetreuung:
Thomas Jährig
Thomas Kranz

Herausgeber
Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: (0 22 04) 43 - 0
Telefax: (0 22 04) 43 - 674

Redaktion
Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag
Fachverlag NW in der
Carl Schünemann Verlag GmbH
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53
Telefax: (04 21) 3 69 03 - 48
www.schuenemann-verlag.de

ISSN 0943-9331
ISBN 978-3-95606-167-7

Bergisch Gladbach, Juni 2015

Kurzfassung – Abstract

Grundlagen für die Einbeziehung der sonstigen Anlagenteile von Straßen in die systematische Straßenerhaltung als Voraussetzung eines umfassenden Asset-Managements

Bereits vor rund zwanzig Jahren wurde die Entwicklung einer bundeslandübergreifenden Erhaltungsstrategie für Verkehrsflächen und Ingenieurbauwerke auf Netzebene angegangen. Zwischenzeitlich sind hierfür Erfassungs- und Bewertungsverfahren erarbeitet worden und in Betrieb. Aufbauend auf den guten Erfahrungen, die mit den bestehenden Management-Systemen gemacht wurden, erscheint es somit folgerichtig für die bislang vernachlässigten sonstigen Anlagenteile der Straße ein eigenständiges Asset-Management zu entwickeln.

Um die hierfür notwendige Datengrundlage zu schaffen, wurde in dem vorliegenden Forschungsprojekt mittels Literaturrecherche und bundesweiter Befragung von Verantwortlichen Erhaltungskostensätze, Nutzungsdauern sowie Ausstattungsquoten für die sonstigen Anlagenteile – beispielsweise Lichtsignalanlagen oder Schutzeinrichtungen – erhoben. Die Ergebnisse der Umfrage fußten in der Festlegung von für ein Asset-Management relevanten sonstigen Anlagenteile sowie einer Untergliederung dieser in einzelne Aggregate.

An den jeweiligen Anlagenteilen/Aggregaten konnten dann Leistungen der Instandhaltung, Instandsetzung und Erneuerung definiert werden, die in Kombination mit den Nutzungsdauern und den Ausstattungsquoten eine Kalkulation der benötigten finanziellen Aufwendungen für die Erhaltung der sonstigen Anlagenteile ermöglichen.

Weiterer Forschungsbedarf besteht von allem bei der Verbesserung und Verdichtung der Datengrundlage sowie die Umsetzung in einem Computer-Programm nach dem Prinzip des PMS und BMS.

Fundamentals concerning the inclusion of transportation assets into the systematical road maintenance as a requirement for a comprehensive Asset Management

Already twenty years ago attempts were made to entrench a nationwide maintenance strategy for existing roads and structures – as for example bridges. Therefore nowadays there exist procedures and corresponding systems – PMS and BMS – are in regular use.

Due to the good experiences with these systems it seems necessary to handle the neglected transportation assets in a management system separately. To accomplish the data basis necessary for this purpose was the main task of the present research project. Therefore literature concerning the maintenance costs, service life and the number/amount of components was analyzed next to a nationwide survey. As one main result, transportation assets, which are appreciable for an Asset Management, were defined and divided into single aggregates.

In a next step, maintenance measures for the transportation assets had to be defined, partly different from existing formulations. In combination with the collected service life and the number of components the calculation of the measurement costs is possible also for the transportation assets.

Nevertheless, there is still a necessity for further research. This concerns mainly the improvement of the existing data basis and the implementation as a computerized program.

Inhalt

1	Einleitung	7	3.4.2	Technische, tatsächliche und funktionale Nutzungsdauer.....	20
1.1	Ausgangslage	7	3.5	Ausstattungsquote sonstiger Anlagenteile	21
1.2	Problemstellung und Ziel	7	3.6	Folgerungen aus der Literaturanalyse	22
1.2.1	Kosten sonstiger Anlagenteile	8	3.6.1	Definition von Maßnahmearten für sonstige Anlagenteile	22
1.2.2	Nutzungsdauern sonstiger Anlagenteile	8	3.6.2	Nutzungsdauern sonstiger Anlagenteile	23
1.2.3	Ausfallwahrscheinlichkeiten, Qualitätsentwicklung der sonstigen Anlagenteile	9			
2	Methodisches Vorgehen	9	4	Vorbereitung der bundesweiten Befragung	24
3	Literaturanalyse	10	4.1	Relevante Anlagenteile für ein Asset-Management.....	25
3.1	Definition von Erhaltungsmaßnahmen.....	11	4.1.1	Vorauswahl von sonstigen Anlagenteilen	25
3.1.1	ZTV BEA-StB und ZTV BEB-StB	11	4.1.2	Anlagenteile der Straßenentwässerung	25
3.1.2	RPE-StrA 01	12	4.1.3	Anlagenteile der Straßenausstattung	28
3.1.3	RPE-ING	12	4.2	Gliederung der Aggregate/Anlagenteile	33
3.1.4	Weiterführende Literatur.....	13	4.3	Zuordnung von Leistungen zu einer Art der Erhaltungsmaßnahme	33
3.1.5	Klassifikation der Erhaltung in Bezug auf die sonstigen Anlagenteile von Straßen	13	4.4	Nutzungsdauer sonstiger Anlagenteile	33
3.2	Leistungsheft für den Straßenbetriebsdienst auf Bundesfernstraßen	14	4.5	Häufigkeiten von Leistungen an sonstigen Anlagenteilen	34
3.2.1	Länderspezifische Erweiterungen des Leistungsheftes	15	4.6	Kosten von Leistungen an sonstigen Anlagenteilen	35
3.2.2	Ergebnis der Literaturanalyse zum Betriebsdienst auf Bundesfernstraßen	16	4.7	Ausstattungsquote von sonstigen Anlagenteilen	35
3.3	Sonstige Anlagenteile an Bundesfernstraßen	16	4.8	Erstellung der Fragebögen.....	35
3.3.1	Anweisung Straßeninformationsdatenbank (ASB)	16	5	Ergebnisse der Datenerhebung	49
3.3.2	Anweisung Straßeninformationsbank, Teilsystem Bauwerksdaten (ASB-ING).....	17	5.1	Kostenansätze für Leistungen an den sonstigen Anlagenteilen	49
3.4	Nutzungsdauer	18	5.1.1	Auswertung der Befragung für die Anlagenteile der Entwässerung ...	50
3.4.1	Optimale und wirtschaftliche Nutzungsdauer	18			

5.1.2	Auswertung der Befragung für die Anlagenteile der Straßenausstattung	71
6	Ableitung geeigneter Anlagenteile der Straßenausstattung	99
6.1	Aufarbeitung der sonstigen Anlagenteile für ein Asset-Management.	99
6.1.1	Bankette, Böschungen und Mittel- bzw. Trennstreifen	100
6.1.2	Offene Entwässerung	102
6.1.3	Geschlossene Entwässerungseinrichtungen	104
6.1.4	Sonstige Entwässerungseinrichtungen	107
6.1.5	Einrichtungen zur Behandlung und hydraulischen Rückhaltung	110
6.1.6	Elektronische Anlagenteile	113
6.1.7	Schutzeinrichtung	129
6.1.8	Leiteinrichtungen	130
6.1.9	Vertikale und horizontale Verkehrszeichen	131
6.1.10	Lärmschutzbauwerke	135
7	Zusammenfassung	136
8	ASB Bestandsdaten – B4 Einrichtung der Straße	137
8.1	Straßenausstattung	137
8.2	Leitung	138
8.3	Bauwerk	138
8.4	Durchlass	139
9	Literatur	139

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Bereits vor rund zwanzig Jahren wurde die Entwicklung einer bundeslandübergreifenden Erhaltungsstrategie für Verkehrsflächen und Ingenieurbauwerke auf Netzebene angegangen. Zwischenzeitlich sind hierfür Erfassungs- und Bewertungsverfahren erarbeitet und für die Verarbeitung der daraus hervorgehenden Daten sowie die Einbindung verkehrspolitischer und finanzieller Randbedingungen ein Pavement-Management-System (PMS) und Bauwerks-Management-System (BMS) entwickelt worden. Damit stehen derzeit zwei Systeme zur Verfügung, die routinemäßig Anwendung finden.

Die beiden Management-Systeme für die Straßenbefestigungen und Bauwerke liefern ihrerseits die erforderlichen Daten für die koordinierte Erhaltungsplanung, die den Straßenbauverwaltungen der einzelnen Bundesländer bereitgestellt wird. Bei dieser Abstimmung der Maßnahmen unter finanziellen und kapazitiven Gesichtspunkten werden neben dem festen Straßenkörper bereits die sonstigen Anlagen berücksichtigt, allerdings handelt es sich hierbei lediglich um Zuschlagsfaktoren auf die Gesamtkosten. Eine eigenständige Erhaltungsplanung für die sonstigen Anlagenteile erfolgt somit aktuell nicht. Um beurteilen zu können, ob diese Handlungsweise adäquat ist oder ein umfassendes Asset-Management in noch zu definierender Weise betrieben werden sollte, ist es zunächst erforderlich, einen umfassenden Überblick über die sonstigen Anlagenteile der Straße zu erhalten.

Zu diesen sonstigen Anlagenteilen (Tabelle 1) zählen neben den direkt am Straßenkörper befindlichen Einrichtungen wie beispielsweise die Markierungen, Schutzeinrichtungen, Lichtsignalanlagen und die vertikalen wie horizontalen Verkehrszeichen auch etwa die zu den Verkehrsbeeinflussungsan-

lagen gehörenden Rechenzentralen oder auch die teilweise entfernter liegenden Einrichtungen der Entwässerung (Rückhaltebecken u. Ä.). Die Festlegung des Umfangs der maßgeblich zu berücksichtigenden Anlagenteile ist initiativer Bestandteil der Bearbeitung und muss vorrangig unter Beachtung ihrer – wiederum von ihrer Anzahl und der mit ihnen verbundenen Ausgaben für die Erstellung und Erhaltung abhängigen – wirtschaftlichen Relevanz vollzogen werden.

Mithilfe eines umfassenden Asset-Management kann es möglich sein, eine hinreichend genaue Abschätzung des erforderlichen Budgets zur Gewährleistung eines definierten Netzzustands der Bundesfernstraßen zu erhalten. Eine solche fundierte Prognose der notwendigen Mittel wäre von großer Relevanz für den Ansatz entsprechender Haushaltseinstellungen für die Verkehrsflächen der jeweiligen Gebietskörperschaften.

1.2 Problemstellung und Ziel

Schätzungen gehen davon aus, dass das Anlagevolumen der sonstigen Anlagenteile an Straßen rund 10 bis 20 % der Gesamtinvestitionen einer Verkehrsverbindung betragen. Damit nehmen die sonstigen Anlagenteile im Rahmen der Erhaltungsaufwendungen ein Finanzvolumen von jährlich mindestens 250 Mio. € ein [17], womit sie in etwa in der Größenordnung der Maßnahmen für die Nebenanlagen, also der Betriebsflächen und Hochbauten der Straßenbauverwaltung, liegen. Die Prognose des Erhaltungsbedarfs dieser Nebenanlagen wird derzeit anhand einer Trendextrapolation der in der Vergangenheit durchgeführten Maßnahmen ermittelt. Unter Berücksichtigung des anlagenspezifischen Alters werden also bestehende Zeitreihen bisheriger Aufwendungen unter der Annahme, dass diese nach den in gleicher Weise für die Zukunft geltenden Gründen in dieser Art und Größenordnung angesetzt wurden, in die Zukunft übertragen.

Straßenverkehrs-anlagen	Straßenoberbau	Fahrbahnen, Nebenflächen (Gehwege, Radwege, Parkplätze)
	Sonstige Anlagenteile	Entwässerung, Erdkörper, Unterbau, Bepflanzung, Durchlässe, Ausstattung, Zubehör
	Ingenieurbauwerke	Brücken, Verkehrszeichenbrücken, Tunnel-/Trogbauwerke, Stützbauwerke, Lärmschutzbauwerke
Nebenanlagen	Betriebsflächen von Bauämtern/Meistereien	
	Hochbauten von Bauämtern/Meistereien	

Tab. 1: Anlagenteile der Straßeninfrastruktur

Demgegenüber wird der erforderliche Erhaltungsumfang der sonstigen Anlagenteile vergleichbar mit dem Verfahren des neuen kommunalen Finanzmanagements (NKF) anhand der Abschreibungen ermittelt.

Wesentliche Nachteile dieser Vorgehensweise sind, dass

- die Anlagenwerte nur pauschal in Form von €/km angegeben werden,
- eine Zuordnung der prognostizierten Aufwendungen zu konkreten Maßnahmen, wie sie im Rahmen der koordinierten Erhaltungsplanung vorgesehen ist, damit nicht möglich ist
- und somit auch keine Prognoseszenarien entworfen und abgearbeitet werden können.

Insgesamt sind der Wert sowie die Aussagekraft solcher Vorgehensweisen demnach sehr begrenzt. Vor dem Hintergrund der Bedeutung sonstiger Anlagenteile für die Funktion der Straße und der erforderlichen finanziellen Mittel für deren Erhaltung ist mittelfristig anzustreben, die Voraussetzung für eine Umstellung der Verfahren der Trendextrapolation und der Abschreibungsrechnung auf das beispielsweise schon für die Brückenbauwerke angewendete Stratiemodellverfahren zu schaffen. Hierfür sind neben einer Definition der maßgeblichen Anlagenteile deren Nutzungsdauern sowie die Kostensätze für alle zuzuordnenden Erhaltungs- und Erneuerungsmaßnahmen bereitzustellen.

1.2.1 Kosten sonstiger Anlagenteile

Wie ausgeführt, liegen aktuell für die sonstigen Anlagenteile lediglich pauschale Kostenannahmen als prozentualer Anteil für die Summe aller Aggregate vor. Zum Aufbau eines Management-Systems für diese Anlagenteile ist es daher zunächst erforderlich, umfassende Daten zu den Kosten

- der Neubeschaffung,
- der während der Nutzungsdauer anfallenden Erhaltungsmaßnahmen sowie
- der betrieblichen Erhaltung (Unterhaltung)

bereitzustellen. Mit Abschluss des Forschungsprojekts „Aktualisierung der Kostendaten“ [4] liegen bereits einige aktuelle Kostendaten – für Stahlenschutzplanken, Fahrbahnmarkierungen sowie Teile der Entwässerungseinrichtungen – vor. Es besteht

die Hoffnung, dass die Straßenbauverwaltungen der Länder im Rahmen des Neuen kommunalen Finanzmanagements für die anderen Einrichtungen der Straßen bereits Wertansätze definiert haben, sodass diese aus verschiedenen Ämtern abgefragt und analysiert werden können.

Auch hinsichtlich der Aufwendungen für die bauliche und betriebliche Erhaltung sind die Straßenbauverwaltungen die maßgeblichen Ansprechpartner. Nur sie können über entsprechende Daten verfügen oder sind zumindest in der Lage, Einschätzungen darüber abzugeben.

Für die komplexen sonstigen Anlagenteile wie beispielsweise die Verkehrsbeeinflussungsanlagen werden die Kostensätze sehr große Spannweiten aufweisen, da die Randbedingungen, unter denen sie errichtet werden stark variieren und sich dadurch ggf. deutliche Kostenaufschläge ergeben können. Hierfür müssen deshalb detailliertere Informationen eingeholt werden, um sinnvolle Klassifikationen der Anlagen und Anlagenteile mit jeweils eigenen Kostensätzen definieren zu können. Darüber hinaus ist es in einigen Fällen – z. B. für vertikale Verkehrszeichen und Markierungen – sinnvoll, verschiedene Qualitätsniveaus festzulegen, denen im Weiteren eigene Nutzungsdauern zugeordnet werden müssen.

1.2.2 Nutzungsdauern sonstiger Anlagenteile

Neben einer Abschätzung der Kosten für Erhaltungsmaßnahmen soll ein AMS auch die Erstellung einer mittel- bis langfristigen Erhaltungsstrategie für das Straßennetz des jeweiligen Baulastträgers ermöglichen. Hierzu ist die Bestimmung von Eingreifzeitpunkten zur Ermittlung der voraussichtlichen Erhaltungsintervalle notwendig.

Für den Straßenkörper geschieht dies anhand von Verhaltensfunktionen, wie sie auf Grundlage verschiedener ZEB-Kampagnen gewonnen wurden und z. B. in den RPE-Stra enthalten sind. Solche Verhaltenskurven erlauben lediglich eine Zustandsprognose im Hinblick auf die Zustandsgrößen allgemeine Unebenheit, Spurrinnen und Risse/Schäden, zu Parametern also, die direkt der eigentlichen Fahrbahnbefestigung zugeordnet werden können.

Die sonstigen Aggregate einer Straße unterliegen einer völlig anderen Zustandsentwicklung. Ein direkter Zusammenhang zwischen dem Zustand der sonstigen Aggregate und dem eigentlichen

Straßenkörper kann ebenso wenig unterstellt werden. Ergo ist es notwendig, die optimale, technische, funktionale sowie tatsächliche Nutzungsdauer dieser Anlagenteile zu bestimmen. Dies geschieht, um sie in eine koordinierte Erhaltungsplanung zu integrieren und notwendige Eingreifzeitpunkte – ggf. abweichend von denen des Straßenoberbaus – ermitteln zu können.

1.2.3 Ausfallwahrscheinlichkeiten, Qualitätsentwicklung der sonstigen Anlagenteile

Die Nutzungsdauer eines Anlagenaggregats ist keine fest zu definierende Größe, sondern von Faktoren wie der Qualität ihrer Materialien, Bestandteile oder ihrer Installation abhängig. So werden beispielsweise Markierungsstoffe in verschiedenen Qualitätsklassen und damit zu unterschiedlichen Preisen angeboten. Ob sich eine höhere Investition wirtschaftlich rechnet, hängt von der zu erwartenden Nutzungsdauer unter zu berücksichtigenden Randbedingungen ab. Für die sonstigen Anlagenteile ist deshalb auch zu prüfen, für welche von ihnen es sinnvoll und realisierbar ist, entsprechende Qualitäten zu definieren. Diesen sind im Weiteren spezifische Ausfallwahrscheinlichkeiten oder Zustandsentwicklungen über die Nutzungsdauer bzw. ihre Nutzungsintensität – beispielsweise durch den Verkehr – zuzuordnen.

Es ist derzeit nicht bekannt, für welche sonstigen Anlagenteile ein solcher funktionaler Zusammenhang hergeleitet werden kann. Es ist somit zu ermitteln, für welche Anlagenteile der Aufwand einer solchen Erhebung wirtschaftliche und sicherheitsrelevante Vorteile bringen könnte. Die Erhebung der notwendigen Informationen findet in Form einer bundesweiten Befragung anhand eines zu erstellenden Fragebogens statt.

2 Methodisches Vorgehen

1. Schritt: Literaturanalyse

Als Einstieg in die vorliegende Problemstellung bedarf es einer umfangreichen Literaturanalyse. Ziel ist es darzulegen, wie die aktuellen Regelwerke den Begriff „Erhaltung“ im Hinblick auf den Straßenbau definieren und wie sich dieser in einzelne Arten von Erhaltungsmaßnahmen untergliedern lässt. Dabei ist auch zu untersuchen, ob die Definitionen der einzelnen Regelwerke untereinander begrifflich korrespondieren und ob sich Leistungen an

den sonstigen Anlagenteilen einer Straße den bestehenden Definitionen eindeutig zuordnen lassen.

In einem weiteren Schritt wird Literatur analysiert, die sich speziell mit den sonstigen Anlagenteilen einer Straße befasst. Hieraus lassen sich wichtige Erkenntnisse zur Validierung der unter Schritt 2 gewählten Aggregate sowie der notwendigen weiteren Erhebungen (beispielsweise im Hinblick auf Kostendaten) gewinnen.

2. Schritt: Vorbereitung einer bundesweiten Expertenbefragung

Im Rahmen der in diesem Forschungsprojekt durchzuführenden bundesweiten Umfragesollen Kostendaten sowie Nutzungsdauern von sonstigen Anlagenteilen erhoben werden. Für die Durchführung dieser Befragung werden zunächst geeignete Institutionen und fachkundige Personen ausgewählt.

Die sonstigen Anlagenteile werden im Vorfeld der Befragung in zwei Hauptgruppen unterteilt, in Anlagenteile der Entwässerung und der Straßenausstattung. Zu den Anlagenteilen der Entwässerung werden Bankette, Seitenstreifen, Mittelstreifen, Trennstreifen, offene und geschlossene Entwässerung gezählt, sowie Einrichtungen zur Behandlung und der hydraulischen Rückhaltung. Die Anlagenteile der Straßenausstattung umfassen elektronische Anlagen, Leiteinrichtungen, Schutzeinrichtungen, Verkehrszeichen und Lärmschutzbauwerke.

Die explizite Vorauswahl, welche aufgrund der vielseitigen Anlagenaggregate für die Erhaltungsplanung von besonderer Bedeutung ist, wird im persönlichen Gespräch mit Fachleuten erörtert. Zu diesen ausgewählten Anlageaggregaten werden Leistungen, die im Laufe der Nutzungsdauer auftreten können, definiert, um Kostendaten erheben zu können. Des Weiteren muss die technische, optimale und funktionale Nutzungsdauer sowie die Ausstattungsquote der jeweiligen Aggregate ermittelt werden.

Die Erhebung dieser Daten erfolgt mithilfe von speziell erstellten Fragebögen.

3. Schritt: Durchführung der bundesweiten Befragung

Zur Datenerhebung wird durch den Forschernehmer eine bundesweite Umfrage durchgeführt. Die gewählte Befragungsmethodik ist an die Delphi-Methode angelehnt. Dabei handelt es sich um ein mehrstufiges Befragungsverfahren bei dem

verschiedene Fachleute unabhängig voneinander befragt werden. Die getätigten Angaben werden anschließend ausgewertet und den beteiligten Personen erneut mit Bitte um Einschätzung vorgelegt. Unter Berücksichtigung etwaiger Abweichungen können die Fachleute ihre Aussagen dann ggf. noch einmal anpassen.

Gemäß diesem Vorgehen erfolgt die Datenerhebung in zwei Arbeitsschritten. Zunächst erfolgt eine persönliche Bereisung bzw. Befragung der jeweiligen Fachleute. Aufbauend auf den so erhobenen Daten werden in einer zweiten Befragungsrunde die Ergebnisse validiert und abgestimmt. Dabei werden in jedem Flächenbundesland mindestens zwei für die Straßenerhaltung wichtige Institution (Landesbetriebe, Ämter, Verwaltungen etc.) direkt kontaktiert und ggf. bereist.

4. Schritt: Auswertung und Darstellung der Ergebnisse der Befragung

Die durch die Befragung gewonnenen Daten müssen gesichtet, ausgewertet und kritisch taxiert werden. Neben der Neuerhebung von Daten (beispielsweise Kosten für Erhaltungsmaßnahmen oder Nutzungsdauern) ist auch die Validierung der getroffenen Annahmen im Hinblick auf die gewählten Anlagenteile und ihre zugehörigen Komponenten/Unterarten, die zugeordneten Leistungen und die Definitionen der Arten von Erhaltungsmaßnahmen ein wichtiges Ziel der Auswertung.

Zusammenfassend sollen als Ergebnisse folgende Informationen vorliegen:

- eine Auflistung aller relevanten sonstigen Anlagenteile einer Straße, untergliedert in die einzelnen Komponenten bzw. Unterarten,
- praxisrelevante Leistungen im Zuge von Erhaltungsmaßnahmen an den genannten Anlagenteilen bzw. den Komponenten/Unterarten,
- abgesicherte Formulierungsvorschläge für die Definitionen der Maßnahmen der Instandhaltung, Instandsetzung oder Erneuerung bezogen auf die sonstigen Anlagenteile einer Straße,
- eine eindeutige Zuordnung der im Rahmen von Erhaltungsmaßnahmen anfallenden Leistungen an den sonstigen Anlagenteilen einer Straße zu einer Art der Erhaltungsmaßnahme,
- Kostendaten für die Leistungen an den sonstigen Anlagenteilen einer Straße sowie die Betriebskosten,

- optimale-, technische-, funktionale- und tatsächliche Nutzungsdauern für die relevanten sonstigen Aggregate einer Straße,
- die Ausstattungsquote einer Straße mit relevanten sonstigen Aggregaten,
- die Häufigkeit (Turnusse) mit welcher verschiedenen Erhaltungsmaßnahmen an den sonstigen Aggregaten einer Straße notwendig werden.

5. Schritt: Berichtslegung

Alle Ergebnisse des vorliegenden Forschungsprojekts werden in Form eines Schlussberichts vollumfänglich dokumentiert und dem Forschungsgeber zur Verfügung gestellt.

3 Literaturanalyse

Im Folgenden wird der bestehende Wissensstand in Hinblick auf die Erhaltung von Straßen und der sonstigen Anlagenteile zusammenfassend dargestellt. Dabei wird zunächst Literatur zum Themengebiet der Straßenerhaltung eingehend analysiert. Ziel dieser Aufarbeitung ist es, die bestehenden Vorgaben, Begriffsbestimmungen und Definitionen der gültigen Vorschriften für die Straßenbefestigungen im Hinblick auf ihre Anwendbarkeit auf die sonstigen Anlagenteile einer Straße zu prüfen.

Als Grundlage eines umfassenden Managements der sonstigen Anlagenteile einer Straße ist eine trennscharfe Abgrenzung der Maßnahmentearten Instandhaltung (betriebliche/bauliche Unterhaltung), Instandsetzung und Erneuerung notwendig. Die Literaturrecherche dient deshalb auch dazu, die Arbeiten an den sonstigen Anlagenteilen einer Straße, die bis dato nur unzureichend mit den gültigen Definitionen für Erhaltungsmaßnahmenarten (Instandhaltung, Instandsetzung und Erneuerung nach den ZTV BEA [15], ZTV BEB [16] oder RPE-Stra [5]) zu unifizieren sind, mit einer ähnlichen Systematik zu kategorisieren.

Weiterhin wird in diesem Kapitel Literatur aufgeführt, die sich direkt mit den sonstigen Anlagenteilen einer Straße sowie Leistungen an diesen im Rahmen von Erhaltungsmaßnahmen befasst. Diese Literaturanalyse bildet die Grundlage für eine Vorauswahl der Anlagenteile einer Straße, welche für ein Management der sonstigen Anlagenteile potenziell von Bedeutung sind. Diese identifizierten Anlagenteile, im Folgenden auch als Aggregate

bezeichnet, werden in die anschließende Befragung aufgenommen.

3.1 Definition von Erhaltungsmaßnahmen

3.1.1 ZTV BEA-StB und ZTV BEB-StB

Als eigenständige Regelwerke für die bauliche Erhaltung von Straßen sind die „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen“ und „Richtlinien für die Bauliche Erhaltung von Verkehrsflächenbefestigungen – Asphaltbauweisen“ (ZTV BEA-StB 09) bzw. „Betonbauweisen“ (ZTV BEB-StB 02) maßgebend. Beide Vorschriften regeln das Bauen im Bestand und kommen bei der Auswahl der Erhaltungsverfahren, der Aufstellung der Leistungsbeschreibung und nicht zuletzt bei der Ausführung von Erhaltungsmaßnahmen zur Anwendung.

Bei der Erhaltung von Straßen beschränken sich beide Regelwerke ausschließlich auf den Aspekt der baulichen Erhaltung (Instandhaltung, Instandsetzung, Erneuerung), Maßnahmen der betrieblichen Unterhaltung – also die Kontrolle und Wartung – werden nicht behandelt.

Die ZTV BEA-StB bzw. ZTV BEB-StB teilen die Erhaltung einheitlich nach folgender Systematik ein (s. Tabelle 2).

Unter dem Überbegriff Erhaltung verstehen die ZTV BEA genauso wie die ZTV BEB „Maßnahmen, die der Erhaltung der Substanz und des Gebrauchswertes von Verkehrsflächenbefestigungen einschließlich der Nebenflächen sowie der Umweltverträglichkeit dienen. Sie sind gegliedert in die Betriebliche Erhaltung und bauliche Erhaltung.“

Die betriebliche Erhaltung (das Pendant zur betrieblichen Unterhaltung nach den RPE-Stra) umfasst „Maßnahmen zur Betrieblichen Erhaltung von Verkehrsflächenbefestigungen. Sie sind gegliedert in Kontrolle und Wartung.“

Erhaltung	Betriebliche Erhaltung	Kontrolle
		Wartung
	Bauliche Erhaltung	Instandhaltung
		Instandsetzung
Erneuerung		

Tab. 2: Systematik der Erhaltung nach den ZTV BEA sowie den ZTV BEB

Davon abgrenzend werden unter dem Begriff bauliche Erhaltung nach den ZTV BEA und ZTV BEB „Maßnahmen zur Baulichen Erhaltung von Verkehrsflächenbefestigungen“ verstanden. „Sie sind gegliedert in Instandhaltung, Instandsetzung und Erneuerung.“ Dabei wird die Instandhaltung als „Bauliche Maßnahme kleineren Umfangs zur Substanzerhaltung von Verkehrsflächen, die mit geringem Aufwand in der Regel sofort nach dem Auftreten eines örtlich begrenzten Schadens von Hand oder maschinell ausgeführt werden“ beschrieben.

Die Maßnahmengattung der Instandsetzung definieren sowohl die ZTV BEA als auch die ZTV BEB als „Bauliche Maßnahmen zur Substanzerhaltung oder zur Verbesserung von Oberflächeneigenschaften von Verkehrsflächen, die auf zusammenhängenden Flächen (...) ausgeführt werden“. Entsprechend der unterschiedlichen Bauweisen betreffen Instandsetzungsmaßnahmen in der Asphaltbauweise „in der Regel in Fahrstreifenbreite bis zu einer Dicke von 4 cm“ und somit ausschließlich die Fahrbahnoberfläche oder die Deckschicht. Bei der Betonbauweise hingegen beziehen sich Instandsetzungsmaßnahmen „auf zusammenhängenden Flächen in der Regel über die volle Plattenbreite“. Hierunter fallen beispielsweise der Ersatz von Fugenfüllungen, das Heben und Festlegen von Platten oder der Ersatz einzelner Platten.

Erneuerungsmaßnahmen umfassen laut den ZTV BEA die „vollständige Wiederherstellung einer Verkehrsflächenbefestigung oder Teilen davon, sofern mehr als die Asphaltdeckschicht betroffen ist. Dies kann durch Aufbringen neuer Schichten auf die vorhandene Befestigung im Hocheinbau oder durch vollständigen Ersatz des vorhandenen Oberbaus im Tiefeinbau oder durch Erneuerung im Hocheinbau bei teilweisem Ersatz der vorhandenen Befestigung erfolgen“. Übertragen auf die Betonbauweise stellt eine Erneuerung eine Verkehrsflächenbefestigung vollständig wieder her.

Es kann festgestellt werden, dass die in den ZTV BEA/BEB vorgenommenen Unterteilungen in Instandhaltung, Instandsetzung und Erneuerung zwar sinnvoll und schlüssig sind, dass sie aber nicht in jedem Fall eine eindeutige Abgrenzung der Maßnahmen ermöglichen. Die Fugenpflege bei der Betonbauweise ist ein Beispiel hierfür.

Die Systematik der Maßnahmengliederung kann und sollte für die sonstigen Anlagenteile einer Straße übertragen werden. Hierbei sind aber hinsicht-

lich der Abgrenzung aufgrund der grundsätzlich anderen Bauwerke zusätzliche bzw. veränderte Definitionen zu finden. Auf die sonstigen Anlageteile einer Straße lässt sich der Begriff „Substanzerhaltung“ ebenso wenig eindeutig anwenden, wie eine Zuordnungen der Leistungen zu einer bestimmten Art einer Erhaltungsmaßnahme anhand der betroffenen Schichten möglich ist.

Ein Verkehrszeichen, vereinfacht bestehend aus dem Pfosten inklusive Fundament und dem daran angebrachten Schild, hat weder eine Bausubstanz im eigentlichen Sinne, noch unterliegt das Aggregat einem direkten Substanzverzehr (wohl aber einem stetigen Verlust an Funktionsfähigkeit bzw. der verkehrstechnischen Eigenschaften). Eine Zuordnung zu einer Art der Erhaltungsmaßnahme muss demnach sinnvollerweise über Leistungen an den einzelnen Komponenten – also Pfosten, Fundament und Schild – definiert werden.

3.1.2 RPE-Stra 01

Die Richtlinien für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen an Straßenbefestigungen (RPE-Stra 01) sollen bei der Erhaltungsplanung zu einem systematischen und einheitlichen Vorgehen beitragen und helfen, Entscheidungen hinsichtlich einer zweckmäßigen Erhaltungsstrategie im Netz oder bezogen auf eine Strecke vorzubereiten.

Wie Tabelle 3 entnommen werden kann, setzt sich laut den RPE-Stra 01 die bauliche Erhaltung im engeren Sinne aus den Maßnahmearten bauliche Unterhaltung (Instandhaltung) (U), Instandsetzung (I)

Bauliche Erhaltung	(örtlich-punktueller oder kleinflächige Maßnahmen) Bauliche Unterhaltung (Instandhaltung) (z. B. Vergießen von Rissen, kleinflächige Flickarbeiten)	
	Instandsetzung	I1 – auf der Deckschicht (z. B. Oberflächenbehandlung, Dünnschichtbeläge)
	größerflächige Maßnahmen	I2 – an der Deckschicht (z. B. Hoch- oder Tiefeinbau der Deckschicht)
		E1 – an der Decke (z. B. Hoch- oder Tiefeinbau der Decke)
Erneuerung	E2 – an Tragschicht(en)/ am Oberbau (z. B. Verstärkung, Tiefeinbau einschließlich der Tragschicht(en))	

Tab. 3: Maßnahmen der baulichen Erhaltung nach den RPE-Stra 01

sowie Erneuerung (E) zusammen. Hinzu kommt die Kontrolle/Zustandskontrolle, Betriebliche Unterhaltung (Wartung) (W) sowie die Qualitätsverbesserung (Q) im Zuge einer umfassenden Straßenerhaltung.

Welche Maßnahmen an einer Straße welcher Maßnahmeart zugeordnet werden, ist dabei hauptsächlich vom Umfang und Art der jeweiligen Leistungen abhängig.

Wie bereits erwähnt, gehören zur Gesamtheit der Straßenerhaltung auch die regelmäßigen Kontrollen und Maßnahmen, welche einen betrieblichen Charakter aufweisen.

Die Kontrolle/Zustandskontrolle wird als „Laufende Beobachtung und periodische Erfassung des Zustandes des Straßenkörpers, der Nebenanlagen und der angrenzenden Vegetation.“ definiert. Diese Maßnahmeart weist demnach keine baulichen Aspekte auf, sondern zeigt in Form einer regelmäßigen Überwachung einen rein betrieblichen Charakter. Die Kontrolle/Zustandskontrolle ist in der Straßenerhaltung unbedingt notwendig, um den Bedarf an weiteren baulichen/betrieblichen Maßnahmen feststellen zu können.

Unter der betrieblichen Unterhaltung (Wartung) verstehen die RPE-Stra 01 „Laufende Reinigungs- und Pflegearbeiten (z. B. Kehren der Fahrbahn, Reinigen der Entwässerungseinrichtungen, Pflege der Vegetation) sowie Winterdienst.“, also Maßnahmen, die keine direkte bauliche Tätigkeit am Oberbau oder der Oberfläche einer Straße beinhalten.

Zuletzt ist die Qualitätsverbesserung zu nennen. Diese Maßnahmeart verwenden die RPE-Stra 01 als „Sammelbegriff für bauliche Maßnahmen, welche die Qualität in baulicher und verkehrlicher Hinsicht verbessert, ohne Kapazitätserhöhung.“ Diese Maßnahmeart kann also neben dem baulichen Aspekt auch Verbesserungen im Bezug auf die Planung (Verkehrsführung, Linienführung etc.) beinhalten.

3.1.3 RPE-ING

Die Richtlinie für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen an Ingenieurbauwerken (RPE-ING – Entwurf) [24] hat die Vereinheitlichung und Systematisierung der Erhaltungsplanung an Ingenieurbauwerken zum Ziel. Dies geschieht, indem sich die RPE-ING mit den wesentlichen verwaltungstechnischen Aufgaben befasst, welche im Rahmen des BMS anfallen.

Bauwerkserhaltung	Bauwerkserneuerung/Ersatzneubau (ohne kapazitive Erweiterung)	Planung entspr. RPE-ING
	Überbauerneuerung (ohne kapazitive Erweiterung)	
	Verstärkung (ohne kapazitive Erweiterung)	
	Instandsetzung	
	Bauliche Unterhaltung (kleinere Baumaßnahmen ohne wesentliche Anhebung des Gebrauchswertes)	Bauwerks- unterhaltung
	Betriebliche Unterhaltung (kleinere Eigenregiemaßnahmen ohne wesentliche Anhebung des Gebrauchswertes)	

Tab. 4: Übersicht der Begriffssystematik der Bauwerkserhaltung nach RPE-ING [24]

Die in den RPE-ING behandelte Erhaltung der Ingenieurbauwerke beschränkt sich – wie in Tabelle 4 dargestellt – auf Maßnahmen der Erneuerung und Instandsetzung. Ebenso werden Verstärkungsmaßnahmen behandelt, soweit Sie keine kapazitiven Erweiterungen darstellen. Auf Maßnahmen der baulichen Unterhaltung und auf Sofortmaßnahmen wird somit in den RPE-ING nicht eingegangen.

Es ist zu beachten, dass die Regelungen, welche in der RPE-ING getroffen werden, zum jetzigen Zeitpunkt lediglich für die Brückenbauwerke gelten. Für weitere Bauwerke nach DIN 1076 ist eine Anwendung der Richtlinie erst zu einem späteren Zeitpunkt geplant.

Die RPE-ING greifen hinsichtlich der Definition der Erhaltungsbegriffe auf die Richtlinien für die Erhaltung von Ingenieurbauten (RI-ERH-ING [27]) zurück. Hiernach werden für die Ingenieurbauwerke unter der Erhaltung die Maßnahmen zur Erneuerung, Instandsetzung und Unterhaltung zur Wiederherstellung ihrer Standsicherheit, Verkehrssicherheit und Dauerhaftigkeit zusammengefasst. Während die Instandsetzung die baulichen Maßnahmen größeren Umfangs zur Wiederherstellung des planmäßigen Zustandes eines Bauwerks oder seiner Bauteile umfasst, werden die baulichen und betrieblichen Maßnahmen zur Sicherung der Substanz, Funktion und Verkehrssicherheit ohne nennenswerte Wiederanhebung des Gebrauchswertes in der Unterhaltung subsummiert.

3.1.4 Weiterführende Literatur

Das Buch Schlagloch/Straßenerhaltung [13] erweitert die Straßenerhaltungsmaßnahmen in Bezug

Maßnahme	Gebrauchswerterhöhung
Instandhaltung	geringfügig
Instandsetzung	erheblich
Erneuerung	Neubauniveau

Tab. 5: Gebrauchswerterhöhung verschiedener Erhaltungsmaßnahmen [13]

auf den Gebrauchswert. Der Gebrauchswert ist eine aus der Zustandserfassung- und Bewertung (ZEB) gewonnene Zustandsbeschreibung, welche in Abhängigkeit von den ermittelten Eingangsgrößen bestimmt wird. Die variablen Eingangsgrößen hierfür sind die Zustandswerte Allgemeine Unebenheit (ZWAUN), Spurrinntiefe (ZWSPT) und Griffigkeit (ZWGRI).

Da es sich bei Instandhaltungsmaßnahmen lediglich um kleinflächige Sanierungen an der Oberfläche der Straße handelt, die punktuell zur kurzfristigen Schadensbehebung dienen, ist auch die Erhöhung des Gebrauchswertes gering. Die eigentlichen Ursachen für beispielsweise Spurrinnen oder Schlaglöcher lassen sich mit einer solchen Maßnahme im Regelfall nicht beheben.

Die Gebrauchswerterhöhung bei Instandsetzungsmaßnahmen ist deutlich höher zu bewerten, da die großflächigen Maßnahmen, sowie die Möglichkeit die Deckschicht zu ersetzen, eine Verbesserung der Befahrbarkeit und der Bausubstanz ermöglichen.

Bei Erneuerungsmaßnahmen kann im Regelfall von einer vollständigen Wiederherstellung des Gebrauchswertes ausgegangen werden. Da die Maßnahmen im Hoch- oder Tiefenbau einen Ersatz der schadhafte Bausubstanz ermöglichen, hat der Straßenkörper nach einer Erneuerungsmaßnahme den Zustand eines Neubaus.

3.1.5 Klassifikation der Erhaltung in Bezug auf die sonstigen Anlagenteile von Straßen

Durch die Literaturrecherche wurde ersichtlich, dass die Begriffe Instandhaltung, Instandsetzung und Erneuerung bereits für die unterschiedlichen Bauweisen der Straßenbefestigungen nicht immer eindeutig belegt sind. Verschiedene Anwendungsgebiete unterscheiden die Maßnahmen und Leistungen, die einer dieser Maßnahmenteilen zugeordnet werden, erheblich.

Aber auch ein Vergleich der Definitionen nach den RPE-Stra mit denen der ZTV BEA/BEB offenbart

einige Unterschiede. So ist beispielsweise die bauliche Unterhaltung in den ZTV nicht definiert, in den RPE-Stra hingegen wird sie mit der Instandhaltung gleichgesetzt. Die betriebliche Erhaltung nach den ZTV BEA/BEB wiederum umfasst in den RPE-Stra allein die Wartung, nicht jedoch die Kontrolle.

Aufgrund der Hierarchie des Regelwerks im Straßenbau sowie der Aktualität der ZTV BEA/BEB kann man davon ausgehen, dass die Definitionen der RPE-Stra heute seltener genutzt werden. Sie spiegeln sich jedoch wiederum häufiger in der Datenerfassung der Bauverwaltungen wider.

Die Definition der betrieblichen Unterhaltung lässt sich sinngemäß auf die sonstigen Anlagenteile übertragen, weshalb im Weiteren davon ausgegangen wird, dass die betriebliche Unterhaltung die Kontrolle und Wartung von Anlagenteilen umfasst. Dabei wird die Wartung als Gesamtheit der Maßnahmen zur Verzögerung des Abbaus des vorhandenen Abnutzungsvorrates definiert (DIN 31051 [10]). Unter die Maßnahmen der Wartung fallen somit beispielsweise das Einstellen, Schmieren, Nachfüllen oder Ersetzen von Betriebsstoffen oder Verbrauchsmitteln, aber auch die Grünpflege sowie die Reinigung von Anlagenteilen.

Darüber hinaus werden bauliche Erhaltungsmaßnahmen nach ihrem Umfang aufsteigend in Instandhaltung, Instandsetzung und Erneuerung gegliedert.

Instandhaltungsmaßnahmen werden zumeist in Form von Tagesbaustellen realisiert und sind in ihrem Aufwand – beispielsweise in Bezug auf die Baustellensicherung oder die Verkehrsführung – verhältnismäßig gering. Sie gewährleisten eine sichere und komfortable Nutzung der Einrichtung und beugen der Beeinträchtigung ihres Gebrauchszustands vor.

Instandsetzungen sind in der Regel längerfristige und/oder bedeutendere Maßnahmen, bei denen eine Funktionsbeeinträchtigung beseitigt wird. Hierzu sind Reparaturarbeiten an Teilen eines Gesamt- aggregats erforderlich. Die Anforderungen an die Baustellensicherung und die Verkehrsführung im Baustellenbereich sind dementsprechend höher als bei Instandhaltungsmaßnahmen, müssen jedoch nicht aus dem Umfang der Maßnahme rühren. Ursächlich für eine Instandsetzungsmaßnahme ist zumeist die fehlende Funktionalität der in stand zu setzenden Einrichtung.

Erneuerungsmaßnahmen umfassen sowohl nach den ZTV BEA/BEB, also auch nach den RPE-Stra den vollständigen oder umfassenden Neubau einer Verkehrsflächenbefestigung. Auf die sonstigen Anlagenteile einer Straßen übertragen sind Erneuerungsmaßnahmen stets mit der Wiederherstellung der gesamten oder der maßgeblichen Teile einer Einrichtung verbunden.

Eine Zuordnung von Maßnahmen zur Erhaltung der sonstigen Anlagenteile in Anlehnung an die Definitionen der oben genannten Regelwerke und Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen ist nicht direkt möglich. Da die Abgrenzung der Maßnahmenarten vor allem über den Umfang, aber auch die von der Maßnahme betroffenen Schichten realisiert wird. Besonders problematisch ist die Zuordnung von Aggregaten, die keine Bausubstanz im eigentlichen Sinne besitzen (z. B. elektrische Geräte).

Die aus der bisherigen Literaturanalyse gewonnenen Erkenntnisse lassen die Notwendigkeit einer Erweiterung der Definitionen für Arten von Erhaltungsmaßnahmen an den sonstigen Anlagenteilen einer Straße erkennen.

3.2 Leistungsheft für den Straßenbetriebsdienst auf Bundesfernstraßen

Das vom damaligen Bundesministerium für Verkehr-, Bau- und Wohnungswesen herausgegebene Leistungsheft für den Straßenbetriebsdienst auf Bundesfernstraßen [7] legt bundeseinheitliche Standards für Leistungen des Straßenbetriebsdienst bzw. die Unterhaltung und Instandhaltung (UI) fest und grenzt die betrieblichen Leistungen streng von denen der Instandsetzung, Erneuerung und dem Neu-, Um- bzw. Ausbau ab. Das Leistungsheft ist in 6 verschiedene Leistungsbereiche unterteilt.

Der Leistungsbereich 1 des Leistungsheftes behandelt Sofortmaßnahmen an Straßenkörpern, die als „örtlich begrenzte Reparaturarbeiten kleinen Umfangs und Absicherungen, infolgedessen unmittelbare Gefahren für den Verkehrsteilnehmer abgewehrt werden und die Straße in einen verkehrssicheren Zustand versetzt werden kann“ definiert werden.

Die maßgeblichen Ziele von Sofortmaßnahmen am Straßenkörper sind demnach die Gewährleistung der Sicherheit und Befahrbarkeit für den Nutzer

sowie die Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit der Straße für den Baulastträger. Anders als bei den ZTV BEA/BEB oder den RPE-Stra 01 fallen hierunter auch Arbeiten am Erdkörper, den Verkehrsanlagen und Kunstbauten, also für dieses Forschungsprojekt relevanten sonstigen Anlagenteilen.

Der Leistungsbereich 2 des Leistungsheftes für den Betriebsdienst von Straßen befasst sich mit der Grünpflege (Mahd und Gehölzpflege), also gängigen Leistungen der regelmäßigen Unterhaltung der sonstigen Anlagenteile einer Straße. Neben dem Erosionsschutz hat die Grünpflege die vordringliche Aufgabe, die Verkehrssicherheit des Straßennutzers (Blendschutz durch Bewuchs im Mittelstreifen, Freihalten der Sichtflächen usw.) sicherzustellen.

Dazu wird generell zwischen sogenannten Intensiv- und Extensivflächen unterschieden. Der Intensivbereich umfasst Grasflächen, die aus Gründen der Verkehrssicherheit oder des Erholungsbedarfs regelmäßig zu mähen sind. Hierunter fallen beispielsweise die Bankette-, Trenn- und Mittelstreifen aber auch Mulden und Gräben oder Erholungsflächen. Der Extensivbereich umfasst alle anderen Grasflächen, u. a. an Böschungen oder Innenflächen von Anschlussstellen. Das Gehölz ist je nach Lage und Funktion entsprechend zu pflegen.

Der Leistungsbereich 3: Wartung und Instandhaltung der Straßenausstattung beschreibt die Wartung und Instandhaltung der Straßenausstattung als „örtlich begrenzte Reparaturarbeiten kleineren Umfangs und Absicherungen“. Die RPE-Stra 01 sprechen in Bezug auf die Instandhaltung nicht von Reparatur, sondern von baulicher Unterhaltung, die oben genannte Definition ist aber inhaltlich weitestgehend übereinstimmend. Allerdings fällt die Wartung laut den RPE-Stra 01 nicht unter die Instandhaltung, sondern ist Teil der betrieblichen Unterhaltung.

Der Leistungsbereich 4 befasst sich mit der Reinigung von Anlagenteilen der Straße. Entsprechende Maßnahmen werden notwendig, wenn die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer negativ beeinträchtigt wird. Dies kann beispielsweise durch verschmutzte und dadurch nicht mehr ausreichend erkennbare Verkehrszeichen oder durch aufgrund von Ablagerungen nicht mehr funktionsfähige Entwässerungseinrichtungen der Fall sein. Auch zur Substanzerhaltung und Bewahrung des Erscheinungsbildes ist eine regelmäßige Reinigung der Anlagenteile einer Straße notwendig.

Nach dem Leistungsheft werden die Reinigungsarbeiten in die Teilbereiche

- Kehren,
- Entwässerungseinrichtungen reinigen,
- Bauwerke und Straßenausstattung reinigen und
- Abfallbeseitigung

unterteilt.

Leistungsbereich 5 umfasst Leistungen des Winterdienstes, diese werden im Rahmen dieses Forschungsprojektes nicht betrachtet.

Der Leistungsbereich 6 umfasst weitere Leistungen, welche aus Praktikabilitätsgründen oder aus Gründen der Zweckmäßigkeit anderen Leistungsbereichen nicht zugeordnet werden können. Der Leistungsbereich 6 ist nicht bundeseinheitlich, d. h. die zugeordneten Leistungen unterscheiden sich je nach Bundesland.

3.2.1 Länderspezifische Erweiterungen des Leistungsheftes

Da es sich beim „Leistungsheft für den Straßenbetriebsdienst auf Bundesfernstraßen“ um ein länderübergreifendes Verzeichnis von Leistungen handelt, wurden auf den Verwaltungsebenen der Bundesländer für die Erweiterungen in vielen Fällen angepasste Versionen erstellt. Sie enthalten z. T. landesspezifische Leistungen als auch Positionen, die im Zuge einer Kosten-Leistungs-Rechnung benötigt werden. Diese Erweiterungen betreffen vor allem Sammelpositionen und den Leistungsbereich 6.

In Nordrhein-Westfalen erfolgt die Erweiterung innerhalb des Leistungsheftes, indem zusätzliche Leistungen in die bestehende Struktur mit eingebunden werden. Unter dem Leistungsbereich 6 finden sich beispielsweise Positionen, die nicht mehr der Unterhaltung und Instandhaltung (UI) zugeordnet werden, sondern dem Um- und Ausbau (UA). Diese länderspezifischen Leistungen werden auch für andere Bundesländer im Rahmen der bundesweiten Expertenbefragung erfragt und müssen einzeln aufgeführt werden.

Bezüglich der Zuordnung von Leistungen zur Unterhaltung und Instandhaltung (UI) oder dem Um- bzw. Ausbau (UA) liegen in NRW verlässliche Daten vor. Ebenso werden Informationen bezüglich

der Häufigkeiten von Leistungen vorgehalten, was von großem Wert für die Analyse der Nutzungsdauern der einzelnen Anlagenteile ist. Für die Positionen des Leistungsheftes sind weiterhin Kostensätze verfügbar, die kontinuierlich gesammelt und archiviert werden.

3.2.2 Ergebnis der Literaturanalyse zum Betriebsdienst auf Bundesfernstraßen

In den Leistungsheften werden die sonstigen Anlagenteile einer Straße und Leistungen der betrieblichen Unterhaltung näher beschrieben. Es lassen sich hieraus für ein Erhaltungsmanagement potenziell relevante Anlagenteile und Leistungen der Straßenunterhaltung ableiten. Da die Voruntersuchungen zeigten, dass sich die von den Straßenbauverwaltungen vorgehaltenen Daten stark am Leistungsheft für den Straßenbetriebsdienst orientieren, bildete dieses eine wichtige Grundlage für die Erstellung der Fragebögen im Rahmen der durchzuführenden Befragung.

Wie bereits erwähnt, werden in der entsprechenden Literatur – mit Ausnahme der im Leistungsbereich 6 möglichen Ergänzungen auch im Bereich des Um- und Ausbaus (UA) – nur Leistungen der betrieblichen und baulichen Unterhaltung (UI) behandelt. Das Erneuern ganzer Aggregate oder von Teilen ist nicht Gegenstand der Leistungshefte. Der Ersatz eines Gesamt- oder Teilaggregates (z. B. Lichtsignalanlage, Signalgeber usw.) im Rahmen einer Erhaltungsmaßnahme ist jedoch ein durchaus denkbares Szenario. Es ist deshalb notwendig, entsprechende Tätigkeiten auch über die Leistungshefte hinaus zu definieren und mit in die anschließende Befragung aufzunehmen.

Weiterhin bleibt festzustellen, dass sich die Zuordnung von Leistungen im Leistungsheft hauptsächlich an finanz- bzw. abrechnungstechnischen Gesichtspunkten orientiert. Eine zweckmäßige und leistungsangemessene Einordnung zur Instandhaltung, Instandsetzung und Erneuerung wie beispielsweise in den ZTV BEA/BEB existiert nicht. Um verlässliche Daten erheben zu können, muss sich – wie bereits erwähnt – die Befragung nahe an den Definitionen und Zuordnungen des Leistungsheftes orientieren. Wie in Kapitel 3.1.5 ausgeführt, erscheint eine eindeutige und leistungsabhängige Zuordnung von Tätigkeiten an den sonstigen Anlagenteilen zu einer Erhaltungsmaßnahmeart in Zukunft jedoch wünschenswert.

3.3 Sonstige Anlagenteile an Bundesfernstraßen

Für die zielführende Bearbeitung des Forschungsprojekts wird eine klare Definition der zu berücksichtigenden sonstigen Anlagenteile benötigt. Da dies derzeit nicht existiert bzw. einzelne Anlagenteile bereits in einem Management-System berücksichtigt sind, wurden im Rahmen der Literaturrecherche auch die „ASB Anweisung Straßeninformationsdatenbank Teilsystem: Bestandsdaten“ [27] und „Anweisung Straßeninformationsbank, Teilsystem Bauwerksdaten“ (ASB-ING) [28] ausgewertet. Eine dezidierte Analyse der DIN 1076 erfolgte nicht, da die dort aufgeführten Anlagenteile in der ASB-ING aufgenommen sind.

3.3.1 Anweisung Straßeninformationsdatenbank (ASB)

Der Zweck der „ASB Anweisung Straßeninformationsdatenbank Teilsystem: Bestandsdaten“ ist es, Daten und Informationen aus verschiedenen Fachbereichen zu bündeln und diese auf das Straßennetz zu beziehen. Innerhalb der ASB wird verbindlich festgelegt, welche Bestandsdaten und Anlagenteile des Netzes zu erfassen und zu dokumentieren sind. Damit stellt die Datenbank eine wichtige Quelle zur Ermittlung des aktuellen Bestands – auch der sonstigen Anlagenteile – im Straßennetz dar. Die ASB umfasst keine Bauwerke (Brücken, Tunnel usw.), deren Erfassung in der ASB-ING geregelt ist. Erfasst werden in der ASB solche Bauwerke, welche nicht nach DIN 1076 geprüft werden müssen.

Bei der Literaturrecherche im Rahmen dieses Forschungsprojekts wurden nur die Abschnitte der ASB ausgewertet, die Relevanz für den Themenkomplex der sonstigen Anlagenteile einer Straße haben. Die Bereiche „Unterhaltung in höhengleichen Knotenpunkten“, „Geometrie in Grund- und Aufriss“, „Querschnittsabmessung und stofflichen Bestandteilen“ und „landschaftspflegerischen Informationen“ wurden deshalb nicht explizit betrachtet.

In die weitere Recherche und Auswertung einbezogen wurden die beiden Abschnitte „Einrichtungen der Straße“ und „Ausstattungen für die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs“.

Unter „Einrichtungen der Straße“ gemäß der Systematik der ASB fallen

- Kreisverkehre,

- Betriebstätten,
- Betriebseinrichtungen,
- Rastanlagen,
- Sondereinrichtungen,
- die Straßenausstattung,
- Leitungen,
- Bauwerke sowie
- Durchlässe und
- die Straßenentwässerung.

Bei der „Ausstattung für die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs“ wird gemäß ASB in

- Markierungen,
- Rückhaltesysteme an Straßen,
- baulichen Leitelemente,
- Beschilderung,
- Verkehrseinschränkungen und
- Hindernisse

unterschieden.

Die oben genannten Aggregate der Straße müssen auf ihre Relevanz für ein Management-System im Sinne dieses Forschungsprojekts untersucht werden, wobei für die weitere Bearbeitung besonders zu berücksichtigen ist, wie aktuell und lückenlos die Daten in der Datenbank vorgehalten werden. Hier-von wird die Qualität der Informationen maßgeblich bestimmt.

In Tabelle 6 sind die für ein Asset-Management potenziell relevanten Anlagenteile gemäß der obigen Abschnitte der ASB aufgeführt. Die hier nicht berücksichtigten Aggregate wurden als nicht relevant für ein solches System eingestuft und im weiteren Vorgehen sowie der Befragung nicht weiter verfolgt. Keine Berücksichtigung fanden dabei solche Anlagenteile, die schon in Management-Systemen (z. B. dem BMS) enthalten sind, oder die aufgrund ihrer voraussichtlichen Kosten für den Neubau bzw. ihre Installation sowie die Erhaltung und/oder aufgrund der Ausstattungsquoten als nicht relevant angesehen wurden. Für eine entsprechende Abschätzung wurden bereits im Vorfeld Verantwortliche bei den Straßenbauverwaltungen mit in den Auswahlprozess mit einbezogen.

In Kapitel 8 findet sich die vollständige Liste der in der ASB aufgeführten sonstigen Anlagenteile, die in die nähere Analyse einbezogen wurden.

Zuordnung	Objekte
Betriebseinrichtung	Wetterstation
	Messstelle für SWIS
Straßenausstattung	Glättemeldeanlage
	Taumittelsprühanlage
	Verkehrsbeeinflussungsanlage
	Lichtsignalanlage
	Leitpfosten
	Wildschutzzaun
	Schutzeinrichtung für Amphibien
	Stationszeichen
	Zählstelle
Leitung für Abwasser	
Bauwerk	Lärmschutzwall
	Lärmschutzbauwerke mit einer sichtbaren Höhe von unter 2 m
Durchlass	Durchlass
Straßenentwässerung	Wassereinleitungsstrecken
	Vorschaltanlagen
	Schächte
	Straßenablauf
Rückhaltesysteme an Straßen und bauliche Leitelemente	Fahrzeug-Rückhaltesysteme
	Schutzwand
Markierungen	Markierungen
Beschilderung	Aufstellvorrichtungen
	Amtliche Beschilderung

Tab. 6: Aus der ASB abgeleitete potenziell relevante Anlagenteile

3.3.2 Anweisung Straßeninformationsbank, Teilsystem Bauwerksdaten (ASB-ING)

Die „Anweisung Straßeninformationsbank, Teilsystem Bauwerksdaten (ASB-ING)“ wird wie die ASB von den Straßenbauverwaltungen des Bundes und der Länder erstellt und vorgehalten. Die Datenbank dient der Erfassung und Verwaltung von Bauwerken bzw. Bauwerksdaten an Bundesfernstraßen und enthält den aktuellen Bestand an Ingenieurbauwerken, der dem jeweiligen Straßennetz zugeordnet werden kann.

Die ASB-ING enthält Bestandsdaten für folgende Anlagenteile:

- Brücken,
- Verkehrszeichenbrücken,
- Tunnel/Trogbauwerke,

- Lärmschutz-/Schutzbauwerke,
- Stützbauwerke,
- sonstige Bauwerke.

Zu den sonstigen Bauwerken nach der Definition der ASB-ING zählen

- Fähren (nur wenn sie motorisierte Fahrzeuge übersetzen),
- Durchlässe,
- Treppen,
- Schachtbauwerke,
- Pumpenhäuser,
- Leitungsabdeckungen,
- Aufzüge,
- Hochmasten und
- Gebäudeverbindungen.

Die in der ASB-ING aufgeführten Anlagenteile sollten definitionsgemäß im Bauwerk-Management-System (BMS) erfasst werden. Es ist jedoch zu erkennen, dass selbst innerhalb der ASB und ASB-ING nicht immer eine eindeutige Zuordnung aller Anlagenteile getroffen wird. So werden beispielsweise Durchlässe in beiden Datenbanken geführt. Diese sind in Absprache mit dem Betreuungsausschuss – wie auch Verkehrszeichenbrücken in der ASB-ING – Bestandteil des vorliegenden Forschungsprojekts, weshalb sie im Weiteren eingehend betrachtet werden. Die ausgewählten Anlagenteile sind in Tabelle 7 aufgeführt.

Zuordnung	Objekte
Betriebseinrichtung	Wetterstation
Verkehrszeichenbrücken	Verkehrszeichenbrücken
Lärmschutz-/ Schutzbauwerke	Lärmschutzwand
	Lärmschutzsteilwall
sonstiges Bauwerk	Durchlass
	Wasser- und Tiefbaukonstruktion

Tab. 7: Aus der ASB-ING abgeleitete potenziell relevante Anlagenteile

3.4 Nutzungsdauer

Die Nutzungsdauer eines Bauwerks ist für die Bewertung der mit dem Bauwerk verbundenen Kosten eine entscheidende Größe. So werden über die Nutzungsdauer hinweg die Beschaffungskosten abgeschrieben und die für die Erhaltung erforderlichen Aufwendungen aufsummiert.

Die Nutzungsdauer kann jedoch unter wirtschaftlichen, technischen und funktionalen Aspekten gesehen werden, weshalb der Begriff unterschiedlich definiert werden kann. So besitzen viele der zu untersuchenden Anlagenteile eine sehr hohe technische Nutzungsdauer, sie werden jedoch häufig bereits durch neuere Einrichtungen ersetzt, weil diese beispielsweise wirtschaftliche oder verkehrssicherheitsrelevante Vorteile aufweisen. Als Beispiel seien Lichtsignalanlagen genannt, die derzeit vielerorts auf LED-Technologie umgerüstet werden. Es ist deshalb stets zu prüfen, nach welchen Kriterien die Nutzungsdauer festgelegt werden sollte.

Die folgenden Kapitel geben den aktuellen Stand der Literatur zu den Nutzungsdauern von sonstigen Anlagenteilen wieder. Auf die Definitionen der verschiedenen Nutzungsdauern in Bezug auf die sonstigen Anlagenaggregate und die Vorüberlegungen im Zuge der Erstellung des Fragebogens wird in Kapitel 3.6.2 noch einmal detaillierter eingegangen.

3.4.1 Optimale und wirtschaftliche Nutzungsdauer

Der Begriff der optimalen Nutzungsdauer findet derzeit in keinem relevanten Regelwerk und somit auch nicht in Bezug auf die sonstigen Anlagenteile Verwendung. Der Begriff wird im Weiteren für diejenige Nutzungsdauer verwendet, nach deren Ablauf das Anlagenteil aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten, aber auch aus anderen, nicht aus der Abnutzung oder Beanspruchung der Aggregate rührenden Gründen – beispielsweise einer technischen Veraltung oder neuer Definition von Anforderungen – ausgewechselt wird. Informationen zu einer solchermaßen definierten Nutzungsdauer sind in der Literatur nicht dokumentiert, weshalb sich hier zunächst auf die wirtschaftlichen Nutzungsdauern als Teilaspekt der optimalen Nutzungsdauer beschränkt wird.

Im Zuge der Einführung der Doppik auf kommunaler Haushaltsebene – also die Umstellung der kom-

munalen Haushaltsführung von der Kameralistik auf die Doppelte Buchführung in Konten – ist es erforderlich, das Anlagevermögen von Straßen und somit auch das der sonstigen Anlagenteile zu bewerten. Hierfür ist neben dem absoluten Investitionswert eines Anlagenteils für dessen zeitabhängige Wertabschreibung auch dessen wirtschaftliche Nutzungsdauer erforderlich. Es wurden deshalb Literaturquellen ausgewertet, die sich auf die Erfahrungen und Ergebnisse aus der Umstellung der kommunalen Haushaltsführung beziehen.

Abschreibungstabellen werden für steuerrechtliche Belange bundeseinheitlich vom Bundesministerium der Finanzen bereitgestellt. In den meisten Bundesländern werden zur Bewertung der Vermögensgegenstände im Rahmen des NKF allerdings bundesland- bzw. kommunalspezifische Bewertungsrichtlinien mit eigenen Abschreibungstabellen verwendet. Diese Tabellen stellen Anhaltswerte für Nutzungsdauern zur Verfügung, von denen die Kommunen allerdings abweichen dürfen.

Es wurden für eine erste Näherung der wirtschaftlichen Nutzungsdauern die Abschreibungstabellen aller Flächenbundesländer – außer Hessen – sowie die Tabellen des Bundesministeriums ausgewertet. Die Daten aus Hessen standen lediglich als Komplettpaket (Software, Schulung etc.) zur Verfügung und konnten deshalb nicht in die Auswertung einbezogen werden. Die Ergebnisse dieser Literaturstudie sind in Tabelle 8 und Tabelle 9 zusammengefasst. Es ist festzustellen, dass in den bundesland- und kommunalspezifischen Vorschriften sowohl hinsichtlich der aufgeführten Anlagenteile

Anlagenteile	Komponenten	wirtschaftliche Nutzungsdauer
Bankette, Böschungen und Mittel- bzw. Trennstreifen	Bankette und Böschungen	–
	Mittel- bzw. Trennstreifen	–
offene Entwässerung	Mulden, Gräben, Rinnen	20-66
geschlossene Entwässerung	geschl. Rinnen (Sonderrinne)	–
sonstige Entwässerung	Rohrleitungen, Durchlässe und Düker	60-100
Einrichtungen zur Behandlung und hydraulischen Rückhaltung	Behandlungsbecken und Regenrückhaltebecken	–

Tab. 8: Wirtschaftliche Nutzungsdauer der Anlagenteile der Straßenentwässerung aus „NKF Tabellen“ der Bundesländer [32]-[38] und der „AfA-Tabelle“ des Bundes [11]

als auch der angegebenen wirtschaftlichen Nutzungs- bzw. Abschreibungsdauern große Abweichungen auszumachen sind. Auch innerhalb der Bundesländer zeigen sich auf Kommunalebene ausgeprägte Unterschiede bezüglich der angesetzten Abschreibungszeiträume. Dies liegt u. a. in dem Umstand begründet, dass die Kommunen einen möglichst auf ihre spezielle (finanzielle) Situation zugeschnittenen Haushalt benötigen und die Abschreibungsdauern so einer ausgeprägten politischen Beeinflussung unterliegen.

Die „AfA-Tabelle für die allgemein verwendbaren Anlagegüter (AV)“ [11] des Bundesministeriums der Finanzen geben die „betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer“ an, die durch Erfahrungen aus steuerlichen Betriebsprüfungen gewonnen wurde. Die aufgeführten Nutzungsdauern stellen die gültigen steuerlich ansetzbaren Abschreibungsdauern dar, von welchen nur in Ausnahmefällen abgewichen werden darf. Diese wirtschaftlichen Nutzungsdauern haben in der Praxis eine hohe Verbindlichkeit. Es ist aber anzuzweifeln, ob durch betriebswirt-

Anlagenteile	Komponenten	wirtschaftliche Nutzungsdauer
elektronische Anlagen	LSA	15-33
	Wechselverkehrszeichenanlage	–
	Taumittelsprühanlage	15
	Straßenzustands- und Wetterinformationssystem	–
	Glättemeldeanlage	–
Leit- und Schutzeinrichtungen	Leitpfosten	–
	Stationierungszeichen	–
	Schutzeinrichtung aus Stahl	–
	Schutzeinrichtung aus Beton	–
Verkehrszeichen	Wild- und Amphibien-schutzzäune	–
	vertikale Verkehrszeichen	15-25
	Verkehrszeichenbrücken	10-20*
sonstige Straßen-ausstattung	Markierungen	–
	Hänge, Ingenieurbauwerke	25-40

* aus AfA-Tabelle: 10 Jahre

Tab. 9: Wirtschaftliche Nutzungsdauer der Anlagenteile der Straßenausstattung aus „NKF Tabellen“ der Bundesländer [32]-[40] und der „AfA-Tabelle“ des Bundes [11]

schaftlich operierende Unternehmen ein relevantes Straßennetz in Eigenverantwortung betrieben wird, welches eine ausreichende Datengrundlage für eine realistische Bewertung der „betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauer“ durch das Bundesministerium der Finanzen zulässt. Die in weiterführender Fachliteratur z. B. [29] vorgefundenen Abschreibungstabellen weisen gleichfalls eine Varianz hinsichtlich der angegebenen Werte als auch des Umfangs auf.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Angaben zur wirtschaftlichen Nutzungsdauer einzelner Anlagenteile der Straßenentwässerung (Tabelle 8) und der Straßenausstattung (Tabelle 9) große Spannweiten aufweisen. Auf Grundlage dieser Daten eine optimale Nutzungsdauer abzuleiten, erscheint nicht zielführend, da die angegebenen Nutzungsdauern im starken Maß finanzpolitischen Festlegungen unterliegen und deshalb eine gewisse „Willkür“ aufweisen. Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass die angegebenen Zeiträume der tatsächlich optimalen wirtschaftlichen Nutzungsdauer entsprechen. Es ist demzufolge notwendig, optimale Nutzungsdauern zu ermitteln, welche nach Möglichkeit nicht durch fiskalpolitischen Willen beeinflusst wurden.

3.4.2 Technische, tatsächliche und funktionale Nutzungsdauer

Zur Abschätzung der technischen, tatsächlichen und funktionalen Nutzungsdauer ist die Anzahl der verwertbaren Quellen eingeschränkter als für die Bestimmung der optimalen bzw. der wirtschaftlichen Nutzungsdauer. Zu vielen sonstigen Anlagenteilen einer Straße finden sich keine bzw. nicht ausreichend gesicherte Aussagen zu diesen drei Nutzungsdauern.

Andererseits gibt es Anlagenaggregate, wie beispielsweise die Straßenbeleuchtung, zu welchen ausführliche und umfassende Literatur vorhanden ist (z. B. [12]). Die darin enthaltenen Informationen wurden zur Ergänzung der Ergebnissen der Befragung (vgl. Kapitel 3.4.1) genutzt.

Allgemeine Angaben zur technischen Nutzungsdauer und den durchschnittlichen monetären Aufwendungen für eine Vielzahl von sonstigen Anlagenteilen einer Straße finden sich in den sogenannten „Ablöserichtlinien“ des Bundes. Im Speziellen wurden die „Richtlinien für die Berechnung der Ablösungsbeträge der Erhaltungskosten für

Anlagenteile	Komponenten	technische Nutzungsdauer
elektronische Anlagen	LSA	15-20
	Wechselverkehrszeichenanlage	–
	Taumittelsprühanlage	> 20
	Straßenzustands- und Wetterinformationssystem	–
	Glättemeldeanlage	–
Leit- und Schutzeinrichtungen	Leitpfosten	–
	Stationierungszeichen	–
	Schutzeinrichtung aus Stahl	40
	Schutzeinrichtung aus Beton	50
	Wild- und Amphibien-schutzzäune	8-10
Verkehrszeichen	vertikale Verkehrszeichen	20-25
	Verkehrszeichenbrücken	–
	Markierungen	1-7
sonstige Straßenausstattung	Hänge, Ingenieurbauwerke	30-100

Tab. 10: Technische Nutzungsdauer der Anlagenteile der Straßenausstattung aus den Ablöserichtlinien des Bundes, Forschungsberichten, Fachartikeln und Expertenaussagen [8, 9, 42, 43]

Straßen und Wege“ (Ablösungsrichtlinien StraW 85) [9] und die „Verordnung zur Berechnung von Ablösungsbeträgen nach dem Eisenbahnkreuzungsgesetz, dem Bundesfernstraßengesetz und dem Bundeswassergesetz (Ablösungsbeträge-Berechnungsverordnung – ABBV)“ [8] ausgewertet. Die ABBV ist die rechtlich verbindliche Verordnung, welche seit März 2010 gültig ist.

Es konnte festgestellt werden, dass die Angaben bezüglich der Nutzungsdauern in der StraW 85 bei einigen der sonstigen Anlagenteile von denen der ABBV abwichen. Gründe für die Abweichungen können z. T. aus technischem Fortschritt oder einer veränderten Auswertung bzw. Datengrundlage herrühren. Die technischen Nutzungsdauern aus diesen beiden Quellen sollen – sofern möglich – die im Zuge der bundesweiten Befragung aufgenommene Daten zusätzliche verifizieren bzw. ergänzen.

Die in der Literaturanalyse gefundenen Angaben zur technischen Nutzungsdauer werden für die

Anlagenteile	Komponenten	technische Nutzungsdauer
Bankette, Böschungen und Mittel- bzw. Trennstreifen	Bankette und Böschungen	–
	Mittel- bzw. Trennstreifen	–
offene Entwässerung	Mulden, Gräben, Rinnen	20-66
geschlossene Entwässerung	geschl. Rinnen (Sonderrinne)	–
sonstige Entwässerung	Rohrleitungen, Durchlässe und Düker	60-100
Einrichtungen zur Behandlung und hydraulischen Rückhaltung	Behandlungsbecken und Regenrückhaltebecken	–

Tab. 11: Technische Nutzungsdauer der Anlagenteile der Straßenentwässerung aus den Ablöserichtlinien des Bundes, Forschungsberichten, Fachartikeln und Expertenaussagen [8, 9, 44, 70]

Straßenausstattung in Tabelle 10 und in Tabelle 11 für die Anlagenteile der Straßenentwässerung aufgeführt.

3.5 Ausstattungsquote sonstiger Anlagenteile

Die mittlere Ausstattungsquote eines jeweiligen sonstigen Anlagenteils an Bundesfernstraßen ist von hoher Bedeutung, da entsprechende Kenntnisse zwingend notwendig sind, um die durchschnittlichen Kosten für die Erneuerung und Unterhaltung bezogen auf einen definierten Streckenabschnitt abschätzen zu können. Einer solchen allgemeinen Ausstattungsquote ist eine spezielle Ausstattungsquote – z. B. erstellt aus den Daten der Straßeninformationsdatenbank (SIB) – vorzuziehen. Entsprechend genauen und speziellen Informationen über die sonstigen Anlagenteile befinden sich allerdings erst im Aufbau und für eine netzweite Betrachtung unzuverlässig.

Angaben über Ausstattungsquoten konnten in der Literaturanalyse nur für Lärmschutzbauwerke und näherungsweise für Verkehrsbeeinflussungsanlagen erhoben werden. Die Ausstattungsquote für Lärmschutzbauwerke ist in Tabelle 12 dargestellt und leitet sich aus den Statistiken des Lärmschutzes an Bundesfernstraßen [25] ab. Für Verkehrsbeeinflussungsanlagen auf Bundesautobahnen liegt eine näherungsweise undifferenzierte Ausstattungsquote für gesamt Deutschland vor [30]

Bundesland	Ausstattungsquote Lärmschutzwahl [km/km]		Ausstattungsquote Lärmschutzwand [km/km]	
	BAB	B	BAB	B
Baden-Württemberg	0,043	0,010	0,111	0,008
Bayern	0,096	0,036	0,073	0,009
Berlin	-	-	0,415	0,059
Brandenburg	0,007	0,002	0,065	0,006
Bremen	0,026	0,048	0,814	0,471
Hamburg	0,141	0,095	0,216	0,046
Hessen	0,027	0,009	0,096	0,010
Mecklenburg-Vorpommern	0,019	0,005	0,013	0,001
Niedersachsen	0,060	0,018	0,174	0,016
Nordrhein-Westfalen	0,131	0,059	0,284	0,040
Rheinland-Pfalz	0,018	0,005	0,090	0,008
Saarland	0,061	0,044	0,093	0,021
Sachsen	0,061	0,013	0,119	0,008
Sachsen-Anhalt	0,011	0,002	0,047	0,003
Schleswig-Holstein	0,099	0,032	0,094	0,010
Thüringen	0,049	0,014	0,062	0,006
Bundesdurchschnitt	0,067	0,021	0,133	0,013

Tab. 12: Ausstattungsquoten der Bundesfernstraßen mit Lärmschutzbauwerken abgeleitet aus der Statistik des Lärmschutzes [25]

	VBA	SBA	NBA
gesamt BRD	7,1 %	–	–
Nordbayern	41,6 %	8,6 %	33%

Tab. 13: Ausstattungsquoten für VBA aus der Literatur [30] und [31]

und eine differenzierte Ausstattungsquote für Nordbayern [31]. Diese sind in Tabelle 13 dargestellt.

Für sonstige Anlagenteile wie Böschungen, Verkehrszeichen und Schutzeinrichtungen konnten entsprechende Daten nicht aus der Literatur entnommen werden. Es ist aus diesem Grund von großer Bedeutung, solche Ausstattungsquoten im Rahmen der weiterführenden Befragung zu erheben.

3.6 Folgerungen aus der Literaturanalyse

Mit dem Leistungsheft für den Straßenbetriebsdienst von Bundesfernstraßen lassen sich in erster Näherung sonstige Anlagenteile bestimmen, die potenziell für ein Management-System relevant sind. Zudem lassen sich gängige Erhaltungsmaßnahmen ableiten, die jedoch hauptsächlich der Unterhaltung zuzuordnen sind. Entsprechende Kostendaten werden zunehmend bei den zuständigen Straßenbauverwaltungen vorgehalten und sollten sich heute oder in näherer Zukunft einheitlich erheben lassen.

Maßnahmen der Instandsetzung und Erneuerung sind hingegen nicht Gegenstand des Leistungsheftes. Diese Daten müssen im Zuge der Befragung gesondert erhoben werden. Hierbei ist ebenso zu prüfen, ob die durch das Leitungsheft vorausgewählten Anlagenteile aufgrund ihrer Ausstattungsquote oder Erhaltungsaufwandes aus Sicht der Praxis sinnvollerweise Eingang in ein Asset-Management finden sollten.

Weiterhin ließ sich anhand der ausgewerteten Literatur erkennen, dass die Definitionen für Erhaltungsmaßnahmen – beispielsweise nach den RPE-Stra 01 – nicht oder nur unzweckmäßig auf die sonstigen Anlagenteile übertragen werden können, da sich die Begrifflichkeiten konkret auf den Straßenoberbau beziehen. Es ist deshalb eingehend zu prüfen, inwieweit die bestehenden Definitionen erweitert oder sogar für die sonstigen Anlagenteile neu formuliert werden müssen. Nur so ist eine Abgrenzung dahingehend möglich, welche Tätigkeiten an den sonstigen Aggregaten in Abhängigkeit der Art der Erhaltungsmaßnahme zuzuordnen sind. Dies ist eine unverzichtbare Grundvoraussetzung für ein vollumfängliches Asset-Management.

Es konnte weiterhin festgestellt werden, dass die Quellenlage bezüglich der Nutzungsdauern der sonstigen Anlagenteile je nach gesuchter Information stark variierte. Zur technischen, tatsächlichen und funktionalen Nutzungsdauern fanden sich nur sehr wenige und zumeist nicht zuverlässige Angaben. Hinsichtlich der wirtschaftlichen Nutzungsdauern konnte aufgrund bundeseinheitlicher Vorgaben und der Umstellung von Kameralistik auf Doppik im Rahmen des NKF auf eine breitere Datenbasis zurückgegriffen werden. Allerdings variierten die Angaben aus der Literatur sehr stark

und waren sowohl von politischen Entscheidungen als auch von wirtschaftlichen Gesichtspunkten geprägt. Die Ableitung von optimalen wirtschaftlichen Nutzungsdauern erschien vor diesem Hintergrund schwierig.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass eine Vielzahl von für ein Asset-Management relevanten Daten (z. B. Ausstattungsquoten, Kostensätze, Nutzungsdauern der sonstigen Anlagenteile) nicht oder nur unzureichend genau vorliegen. Dies bestätigt, dass die sonstigen Anlagenteile, im Gegensatz zum Straßenoberbau selbst bis dato in ihrer Wichtigkeit vernachlässigt wurden. Um diesbezüglich eine ausreichende Datengrundlage zu erarbeiten, ist es deshalb unumgänglich, eine umfassende Befragung durchzuführen und dabei auch die bereits in der Literatur enthaltenen Daten erneut in einen Fragebogen aufzunehmen und so zu validieren.

3.6.1 Definition von Maßnahmenteilen für sonstige Anlagenteile

Aus der Literaturrecherche ging hervor, dass sich die bestehenden Definitionen für Arten von Erhaltungsmaßnahmen – beispielsweise nach den RPE-Stra – nicht auf die in Kapitel 4.1 aufgeführten sonstigen Anlagenteile einer Straße übertragen lassen (vgl. Kapitel 3.1). Eine solche Zuordnung ist jedoch für ein Asset-Management zwingend erforderlich. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, verbindliche Definitionen für Arten von Erhaltungsmaßnahmen an den sonstigen Anlagenteilen zu formulieren und zu etablieren.

Darum werden im Folgenden Formulierungsvorschläge erarbeitet, die eine auf die sonstigen Anlagenteile zugeschnittene Abgrenzung von Erhaltungsmaßnahmen an den jeweiligen Unterarten/-komponenten der sonstigen Anlagenteile ermöglichen. Leistungen an diesen können so eindeutig der baulichen/betrieblichen Unterhaltung (Instandhaltung), Instandsetzung sowie der Erneuerung zugeordnet werden (vgl. Kapitel 4.3).

Bei den Definitionen der Arten von Erhaltungsmaßnahmen von sonstigen Anlagenteilen einer Straße wird die grundsätzliche Systematik der ZTV BEA beibehalten. Diese sind jedoch mit einem anderen Wortlaut bzw. anderen Leistungen belegt als die Erhaltungsmaßnahmen des Straßenoberbaus.

Die bauliche Unterhaltung (Instandhaltung) sonstiger Anlagenteile des Straßenraums umfasst die Durchführung von Maßnahmen zur Aufrechterhaltung ihrer ursprünglichen Funktionsfähigkeit ohne den Austausch wesentlicher Bestandteile sowie die Durchführung bauartbedingter zyklischer Kontroll- und Wartungsarbeiten.

Die Instandsetzung sonstiger Anlagenteile des Straßenraums umfasst die Durchführung von Maßnahmen zur Aufrechterhaltung oder Wiederherstellung ihrer ursprünglichen Funktionsfähigkeit einschließlich des Austauschs einzelner wesentlicher Bestandteile des Anlagenteils durch gleichwertige Komponenten.

Die Erneuerung sonstiger Anlagenteile des Straßenraums umfasst die Durchführung von Maßnahmen zur Wiederherstellung ihrer ursprünglichen Funktionsfähigkeit durch den gleichwertigen Ersatz aller wesentlichen Bestandteile des Anlagenteils.

3.6.2 Nutzungsdauern sonstiger Anlagenteile

Es ist zur Bestimmung der kumulierten Erhaltungskosten über den gesamten Lebenszyklus eines Anlagenteils notwendig, die verschiedenen Nutzungsdauern seiner Komponenten zu kennen. Diese kann beim selben Anlagenteil stark variieren, je nachdem, ob man das technische Versagen, einen Funktionsverlust oder den wirtschaftlich optimalen bzw. sicherheitsrelevanten Zeitpunkt der Erneuerung als Kriterium zum Erreichen der jeweiligen Nutzungsdauer zugrunde legt. Dementsprechend müssen die einzelnen Nutzungsdauern der Aggregate bei der Befragung getrennt erhoben werden. Dabei wird unterschieden zwischen der technischen, funktionalen, optimalen sowie der tatsächlichen Nutzungsdauer. Die Ausfall- bzw. Entscheidungskriterien für die einzelnen Nutzungsdauern sind in Tabelle 14 zusammengefasst und werden in den folgenden Kapiteln näher erläutert.

Nutzungsdauer	Ausfall-/Entscheidungskriterium
technische	Totalausfall
funktionale	Inkompatibilität
optimale	optimaler Zeitpunkt für Erhaltungsmaßnahme aus wirtschaftlichen und sicherheitsrelevanten Gründen
tatsächliche	Durchführung einer Erhaltungsmaßnahme

Tab. 14: Ausfalls- bzw. Entscheidungskriterien der Nutzungsdauer der Gesamtanlage bzw. des Gesamtaggregate

3.6.2.1 Optimale Nutzungsdauer

In Bezug auf die sonstigen Anlagenteile der Straße ist es – wie bei allen anderen Anlagenteilen auch – im Sinne einer wirtschaftlichen und sicheren Infrastrukturbereitstellung zweckmäßig, den optimalen Zeitpunkt für eine Erneuerung zu ermitteln. Es ist zu erwarten, dass die daraus resultierende optimale Nutzungsdauer bei den meisten Anlagenteilen unter der zu erwartenden technischen Nutzungsdauer liegt und diese nicht übersteigen kann.

Die optimale Nutzungsdauer beschreibt in diesem Zusammenhang den Zeitraum, in dem ein (sonstiges) Anlagenteil kostenminimal das erwartete Funktionalitätsniveau unter Wahrung der Sicherheit gewährleistet.

Beispiel

Aufgrund sich verändernder hydraulischer Randbedingungen muss die unbefestigte Sohle einer offenen Entwässerungseinrichtung mehrmals im Jahr mit hohem finanziellem Aufwand punktuell instand gesetzt werden. Zu diesem Zeitpunkt sollte im Optimalfall die gesamte Entwässerungseinrichtung durch eine Entwässerungseinrichtung mit befestigter Sohle ersetzt werden. Der Vorteil der durch die befestigte Sohle reduzierten Eingriffshäufigkeit wiegt den Nachteil der höheren Kosten der befestigten Sohle auf. Die Nutzungsdauer wurde somit aus wirtschaftlichen Gründen begrenzt durch den finanziellen und zeitlichen Aufwand, welcher zur Erhaltung der Funktion des Anlagenteils notwendig war.

Kommt eine Erhaltungsmaßnahme zu diesem Zeitpunkt zur Anwendung, entspricht die optimale Nutzungsdauer zugleich der tatsächlichen Nutzungsdauer.

3.6.2.2 Funktionale Nutzungsdauer

Die funktionale Nutzungsdauer beschreibt den Zeitraum, in dem ein (sonstiges) Anlagenteil aufgrund der Kompatibilität in der Lage ist, seine vorgesehene Funktion zu erfüllen. Die funktionale Nutzungsdauer wird demnach begrenzt durch die technische Inkompatibilität.

Beispiel

Ein Wechselverkehrszeichen, welches nach einer Erweiterung der VBA nicht mehr mit dem neuen Steuergerät kompatibel ist, muss erneuert werden,

obwohl es weder seine optimale- noch technische Nutzungsdauer erreicht hat.

3.6.2.3 Technische Nutzungsdauer

Die technische Nutzungsdauer beschreibt den Zeitraum, in dem ein abnutzbarer Vermögensgegenstand bzw. (sonstiger) Anlagenteil technisch in der Lage ist, seinen vorgesehenen Verwendungszweck zu erfüllen. Durch die Möglichkeit, das technische Nutzungspotenzial einer Anlage durch vorbeugende Instandhaltung (fast) unbegrenzt wieder aufzufüllen, übersteigt die technische Nutzungsdauer die optimale und funktionale Nutzungsdauer i. d. R. erheblich.

Weiterhin ist die technische Nutzungsdauer eines Anlagenteils maßgeblich durch den verwendeten Werkstoff geprägt. Ein Kunststoffrohr wird unter denselben Randbedingungen voraussichtlich eine andere technische Nutzungsdauer als ein Steinzeugrohr aufweisen. Entsprechend detailliert und differenziert muss die technische Nutzungsdauer in der Befragung erhoben werden, falls dies zielführend ist. Das Erreichen der technischen Nutzungsdauer einer Komponente kann eine Erneuerungsmaßnahme, in jedem Fall jedoch eine Instandsetzungsmaßnahme auslösen.

Beispiel

Eine Entwässerungsmulde aus Betonfertigteilen weist wegen Setzungen des Untergrundes über die gesamte Länge des Bauwerkes großen Versatz auf, der keine Entwässerung mehr zulässt. Das Anlagenteil kann seine Funktion nicht mehr erfüllen und muss erneuert werden.

3.6.2.4 Tatsächliche Nutzungsdauer

Die tatsächliche Nutzungsdauer beschreibt den Zeitpunkt, an dem in der Praxis ein (sonstiges) Anlagenteil tatsächlich erneuert wird. Dies geschieht nicht zwingend zum optimalen Zeitpunkt bzw. zum Ende der technischen Nutzungsdauer. Die tatsächliche Nutzungsdauer wird beispielsweise stark durch finanzielle Restriktionen bestimmt, die ein Ausbleiben einer Erhaltungsmaßnahme bewirken.

Als Beispiel kann die Erneuerung der Beschilderung genannt werden. In vielen Fällen ist diese nicht mehr in der Lage, die geforderten lichttechni-

schen Eigenschaften insbesondere die Nachsichtbarkeit zu erfüllen. Dessen ungeachtet wird eine solche Beschilderung, welche ihre technische Nutzungsdauer überschritten hat, nur in seltenen Fällen zeitnah erneuert. Die tatsächliche Nutzungsdauer kann folglich die technische und optimale Nutzungsdauer über- als auch unterschreiten.

Beispiel

Eine Entwässerungsmulde aus Betonfertigteilen weist wegen Setzungen des Untergrundes großen Versatz auf, der keine Entwässerung mehr zulässt. Das Anlagenteil kann seine Funktion nicht mehr erfüllen und muss erneuert werden. Aufgrund fehlender finanzieller Mittel wird eine Erhaltungsmaßnahme aber tatsächlich erst ein Jahr später durchgeführt.

4 Vorbereitung der bundesweiten Befragung

Gemäß der in der Literatur vorkommenden Definitionen zu den sonstigen Anlagenteilen und deren Aggregaten, zur Systematik der Erhaltung sowie der dokumentierten Daten über die Kosten und die Nutzungsdauern wird ersichtlich, dass ein großer Umfang von Informationen selbst erarbeitet bzw. durch eine bundesweite Befragung eingeholt werden muss. Für die Befragung von Fachleuten war deshalb ein Fragebogen zu erstellen, anhand dessen eine möglichst vollständige Erfassung der benötigten Daten durchgeführt werden kann.

Nach der Erstellung eines Fragebogenentwurfs wurden zunächst mehrere Bauverwaltungen (Straßen.NRW, Landesbetrieb Mobilität RP, Hessische Straßen- und Verkehrsverwaltung) persönlich befragt bzw. telefonisch interviewt, um den Fragebogen sowohl auf seine Plausibilität als auch auf Verständlichkeit und Detaillierungsgrad zu überprüfen. Nach der Validierung durch den Betreuungsausschuss und Fachleuten der Niederlassung Straßen.NRW stand der Fragebogen für die weitere Befragung der ausgewählten Ansprechpartner per E-Mail bzw. Post zur Verfügung.

Das Ergebnis dieses Prozesses wird in den folgenden Kapiteln dargestellt.

4.1 Relevante Anlagenteile für ein Asset-Management

4.1.1 Vorauswahl von sonstigen Anlagenteilen

Zur Erstellung eines Fragebogens für die Befragung war es zunächst erforderlich, eine Vorauswahl von für ein Asset-Management potenziell relevanten Anlagenteilen vorzunehmen. Als wichtige Quelle für entsprechende Festlegungen wurden neben dem aus anderen Projekten bereits vorhandenen Erfahrungshintergrund (z. B. [4]) vor allem das Leistungsheft für den Straßenbetriebsdienst (vgl. Kapitel 3.2) herangezogen. Aus diesem ließen sich die relevanten sonstigen Anlagenteile und gleichzeitig gängige Leistungen an diesen im Zuge von Erhaltungsmaßnahmen entnehmen. Entsprechend der Aufgabenstellung des Forschungsprojekts wurden über die Leistungshefte hinaus auch weitere Aggregate, welche sich oftmals aus den landesspezifischen Erweiterungen der Leistungshefte ableiten, in den Abfragekatalog aufgenommen (z. B. Lärmschutzwände).

Für die Befragung wurde die Vorauswahl – auf Grundlage von Gesprächen mit Verantwortlichen und weiterer Literatur (z. B. [20]) – noch einmal reduziert. Dies geschah aufgrund der begrenzten Datenverfügbarkeit sowie der Praktikabilität innerhalb eines entsprechenden Management-Systems. Die reduzierte Auswahl der sonstigen Anlagenteile kann Tabelle 15 entnommen werden.

Die in der Spalte „Aggregate/Art“ aufgeführten Sammelbegriffe werden für die Befragung weiter in einzelne Unter-Aggregate aufgegliedert. Die Position „elektronische Anlagen“ teilt sich beispielsweise

Anlagenteile	Aggregate/Art
der Straßenentwässerung	Bankette
	Böschungen
	Mittel- bzw. Trennstreifen
	offene Entwässerung
	geschlossene Entwässerung
	sonstige Entwässerung
der Straßenausstattung	Einrichtungen zur Behandlung und hydraulischen Rückhaltung
	elektronische Anlagen
	Leit- und Schutzeinrichtungen
	Verkehrszeichen
	Lärmschutzbauwerke

Tab. 15: Relevante sonstige Anlagenteile

se weiter in Lichtsignalanlagen (LSA), Verkehrsbeeinflussungsanlagen (VBA) usw. auf. Dieser vor allem für die Zuordnung von Leistungen erforderliche Schritt wird detailliert anhand der beigefügten Fragebögen (vgl. Tabelle 19 bis 32) ersichtlich.

Einige Anlagenteile, die im Leistungsheft aufgeführt sind, wurden nicht mit in die Befragung aufgenommen. Dies betrifft vor allem Brücken- und Tunnelbauwerke, die separat im Bauwerks-Management-System (BMS) behandelt werden. Auch werden Leistungen, die Rastanlagen betreffen, nicht weiter berücksichtigt. Da entsprechende Tätigkeiten zumeist im Bereich der betrieblichen Unterhaltung anzusiedeln sind, weisen sie nur eine geringe Relevanz für ein Asset-Management auf.

Es sei an dieser Stelle noch einmal explizit darauf hingewiesen, dass diese Vorauswahl von Aggregaten zunächst nur als Diskussionsgrundlage für die Befragung diene. Die finale Auswahl von relevanten Anlagenteilen stellt ein Ergebnis der Umfrage dar.

4.1.2 Anlagenteile der Straßenentwässerung

4.1.2.1 Bankette/Böschungen und Mittel- bzw. Trennstreifen

Das Bankett (bzw. die Bankette) befindet sich am äußersten Rand des Straßenquerschnitts und schließt an den Randstreifen oder den Seitenstreifen an. Das Bankett ist ein unbefestigter Seitenstreifen mit einer Regelbreite von 1,5 m, welcher u. a. dazu dient, verschiedenen Einrichtungen der Straßenausstattung – beispielsweise Verkehrsschilder oder Schutzeinrichtungen – aufzunehmen und ggf. die Entwässerung der Straße sicherzustellen. Bankette entfallen i. d. R. im Innerortsbereich, da hier die Gehwege oder andere Einfassungen direkt am Randstreifen anschließen.

Dämme und Einschnitte erlauben einen Straßenverlauf, der weitestgehend unabhängig von der Topografie des Geländes ist. Hierbei entstehen zwangsweise Böschungen, die aufgrund des Landschaftsschutzes, der Böschungssicherung und nicht zuletzt wegen des Landschaftsbildes begrünt werden. Böschungen treten im Innerortsbereich in aller Regel nicht auf.

Der Mittelstreifen trennt auf zweibahnigen Querschnitten die Fahrrichtungen voneinander. Er besitzt eine Regelbreite von 2,5 bis 4,0 m und nimmt

u. a. die passiven Schutzeinrichtungen sowie ggf. erforderliche Leitpfosten auf.

Sowohl die Bankette als auch die anschließenden Böschungen sowie der Mittelstreifen sind von Erhaltungsmaßnahmen betroffen. Neben der regelmäßigen Grün- und Gehölzpflege und dem ggf. damit verbundenen Abtragen bzw. Andecken von Oberboden kann ein höhenmäßiger Angleich der Bankette und Böschungen bei Maßnahmen im Hocheinbau oder die Beseitigung von Erosionsschäden und/oder Verdrückungen durch das Andecken von Boden erforderlich werden.

Für eine Aufnahme der Bankette/Böschungen und Mittel- bzw. Trennstreifen in ein Asset-Management spricht auch die hohe Ausstattungsquote. Im Regelfall sind auf gesamter Streckenlänge, beidseitig der Fahrbahn Bankette angeordnet. Ein Mittelstreifen wird in der Regel auf voller Länge erforderlich, wenn ein zweibahniger Querschnitt vorliegt.

4.1.2.2 Offene Entwässerung

An Straßen werden aufgrund der einfacheren Kontrolle, Wartung und Unterhaltung häufig offene Entwässerungseinrichtungen zur Ableitung des anfallenden Oberflächenwassers vorgesehen. Diese befinden sich im Außerortsbereich i. d. R. neben der Böschung der Bankette oder im Bereich des Mittelstreifens. Im Innerortsbereich sind entsprechende Entwässerungseinrichtungen meist in Randlage beispielsweise an den Borden oder Randeinfassungen oder in Mittellage angeordnet.

Bei Landstraßen werden die offenen Entwässerungseinrichtungen normalerweise als Mulden ausgebildet, welche einen flachen und kreisförmigen Querschnitt besitzen, dessen Tiefe höchstens 0,2-mal der Breite entsprechen darf. Aufgrund der eingeschränkten hydraulischen Leistungsfähigkeit einer Entwässerungsmulde kann eine Sammelleitung zur Entlastung notwendig werden. Der Neubau einer Mulde ist aus diesem Grund u. U. teurer als der eines Straßengrabens. Eine getrennte Betrachtung erscheint demnach sinnvoll.

Straßengräben haben einen trapezförmigen Querschnitt und mit einer Sohlbreite und einer Tiefe von bis zu 0,5 m eine deutlich höhere hydraulische Leistungsfähigkeit als eine Entwässerungsmulde. Gleichzeitig stellen Gräben jedoch auch ein größeres Sicherheitsrisiko für den Straßennutzer dar und sind aufwendiger in der laufenden Unterhaltung.

Zur Befestigung des benetzten Querschnitts kommen bei Mulden und Gräben Raseneinsaat, ausgelegte Rasensoden oder Rollrasen zum Einsatz. Bei großen Gefällen kann auch eine Raubettmulde aus Schotter, Steinbruch oder Betonfertigteilen hergestellt werden.

Als in vielen Fällen notwendiger Bestandteil des Straßenquerschnitts bedürfen Mulden und Gräben einer regelmäßigen Erhaltung bzw. Unterhaltung. Hierzu zählen vor allem die Grünpflege sowie der teilweise Ersatz von Rasensoden oder Rollrasen entlang der Sohle. Auch Maßnahmen zur Sohl-sicherung – beispielsweise durch das Andecken mit Schotter oder Steinbruch bei einer Raubettsohle – sind Bestandteil von entsprechenden Erhaltungsmaßnahmen. Bei Verwendung von Betonfertigteilen kann weiterhin ein Austausch defekter Aggregate notwendig werden.

Soll ein Versickern des Oberflächenwassers verhindert werden oder werden die unterschiedlichen Verkehrsströme durch Borde getrennt (vor allem innerorts aber beispielsweise auch am Mittelstreifen auf Autobahnen), kann eine offene Rinne angeordnet werden. Je nach Lage oder Ausführung unterscheidet man in Bord-, Pendel-, Spitz- und Muldenrinnen. Die Sohle der jeweiligen Rinne besteht im Regelfall aus mehreren Pflasterreihen, eine Ausführung mit Gussasphalt ist aber ebenso möglich. Die Aufsätze der Straßenabläufe (Pult- oder Muldenrinnen-Aufsätze) werden mit zu der eigentlichen Entwässerungsrinne gezählt. Die Vielzahl der unterschiedlichen offenen Entwässerungseinrichtungen muss voraussichtlich sehr stark zusammengefasst werden, da Daten in der entsprechenden Detaillierung vermutlich nicht zu ermitteln sind.

Als wichtige Komponenten des Straßenquerschnitts, die nicht selten über die gesamte Länge eines Straßenabschnittes verlaufen, haben Rinnen eine große Bedeutung für die systematische Erhaltung. Neben dem groß- oder kleinflächigen Ersatz von schadhafte Pflastersteinen ist die Abdichtung der Fugen sowie etwaiger Risse im Gussasphalt entlang der Rinne Bestandteil von Erhaltungsmaßnahmen.

Die zur offenen Entwässerung gehörenden Straßenabläufe und Schächte bedürfen einer regelmäßigen Reinigung, um die Funktionsfähigkeit zu erhalten. Defekte Aufsätze der Straßenabläufe müssen bei Bedarf erneuert werden und sind bei Maßnahmen im Hocheinbau an die neue Höhenlage anzugleichen.

4.1.2.3 Geschlossene Entwässerung

Aufgrund begrenzter Platzverhältnisse beispielsweise im Innerortsbereich, aber auch zur Ableitung von Drän- oder Regenwasser in einen Vorfluter, können geschlossene Entwässerungseinrichtungen notwendig werden. Diese lassen sich im weiteren Sinne in geschlossene Rinnen (Schlitz-, Kasten- und Hohlbordrinnen), Sammelleitungen und Drainagen unterteilen.

Zwar entfallen bei geschlossenen Entwässerungseinrichtungen Unterhaltungsmaßnahmen wie die regelmäßige Grünpflege, trotzdem unterliegen auch sie einem regelmäßigen Erhaltungsaufwand. Die Rinnen, Straßenabläufe und zugehörigen Schächte sind regelmäßig zu reinigen, um die Funktionalität sicherzustellen. Defekt oder undichte Aggregate müssen abgedichtet oder in Teilen ausgewechselt werden.

Rohrleitungen oder Kanäle, die nicht in der Baulast des jeweiligen Straßeneinhabers liegen – also beispielsweise Schmutzwasserkanäle mit den Ver- und Entsorgungsbetrieben als Baulastträger – werden in diesem Forschungsprojekt nicht weiter betrachtet. Rohrleitungen im Besitz des Baulastträgers der Straße werden innerhalb dieses Projektes der sonstigen Entwässerung zugeordnet (siehe Kapitel 4.1.2.4).

4.1.2.4 Sonstige Entwässerung

Zu den sonstigen Entwässerungseinrichtungen werden in diesem Forschungsprojekt Kreuzungsbauwerke wie Düker und Durchlässe gezählt. Um sich an die Einteilung des Leistungsheftes für den Straßenbetriebsdienst zu halten, werden auch Rohrleitungen dieser Gruppe zugeordnet.

Die Aufgabe eines Dükers bzw. Durchlasses ist es, ein fließendes Gewässer, welches ein Straßenbauwerk kreuzt, unterhalb des Planums durch den Straßenkörper zu leiten. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes werden hiervon abweichende Verwendungszwecke nicht beachtet.

Durchlässe werden zumeist aus Stahlbetonfertigteilen, Wellstahlblech, Guss- oder Stahlbetonrohren hergestellt. Ihr lichter Abstand muss nach DIN 1076 [14] weniger als zwei Meter betragen, andernfalls sind sie als Brückenbauwerk zu klassifizieren. Düker können aus allen gängigen Rohrmaterialien hergestellt werden. Die Verwendung eines Dükers zur Führung eines Fließgewässers unter einer Ver-

kehrfläche bildet aufgrund der technischen Anforderungen, den Kosten sowie den ökologischen Aspekten die Ausnahme.

Schäden an Kreuzungsbauwerken können die Standsicherheit des Straßenkörpers gefährden. Der Funktionsfähigkeit eines solchen Aggregats muss deshalb aufgrund dieser Sicherheitsaspekte ein hoher Stellenwert zukommen. Da Durchlässe, Düker und Rohrleitungen einer regelmäßigen Unterhaltung unterliegen – beispielsweise der Reinigung oder Dichtheitsprüfung – sollten sie in einem Erhaltungsmanagement Berücksichtigung finden.

4.1.2.5 Einrichtungen zur Behandlung und hydraulischen Rückhaltung

Zu den Einrichtungen zur Behandlung und hydraulischen Rückhaltung zählen Anlagenteile, wie Absetzbecken mit und ohne Einrichtungen zur Leichtflüssigkeitsabscheidung, Regenklärbecken, Regenrückhaltebecken, Rückhaltegräben und Stauraumkanäle.

Einrichtungen zur hydraulischen Rückhaltung dienen der Entlastung des Vorfluters, indem bei einem Starkregenereignis überschüssiges Wasser in einer Kammer zwischenspeichert und reguliert wieder abgegeben wird. Regenrückhaltebecken besitzen meist ein Nutzvolumen von 150-250 m³, wobei die Größe von der angeschlossenen entwässerungswirksamen Fläche sowie den örtlichen Randbedingungen (Versiegelungsgrad, usw.) abhängt.

Bei Verkehrsbelastungen von mehr als 2.000 Kfz/24h sollte gemäß der RAS-Ew [21] das anfallende Oberflächenwasser vor der Einleitung in den Vorfluter einer Behandlung zugeführt werden. Dies geschieht durch Einrichtungen zur Behandlung wie beispielsweise Absetzbecken, oft in Kombination mit einer Einrichtung zur Leichtflüssigkeitsabscheidung, die gleichzeitig die Funktion eines Regenrückhaltebeckens übernehmen.

Einrichtungen zur Behandlung bzw. hydraulischen Rückhaltung werden in Erd- und Betonbauweise errichtet. Vorteile der Erdbauweise sind die geringeren Baukosten und die mögliche naturnahe Gestaltung. Einrichtungen in Betonbauweise haben hingegen einen geringeren Platzbedarf und können auch unterirdisch errichtet werden.

Da eine Straße durch die versiegelnde Wirkung bei Niederschlag einen hohen Abfluss von Oberflächenwasser begünstigt und sich darin straßen-

spezifische Schadstoffe anreichern können, sind in vielen Fällen Einrichtungen zur hydraulischen Rückhaltung oder Behandlung notwendig. Diese sind regelmäßig zu unterhalten. Neben der Funktionsprüfung der beweglichen mechanischen Teile und sonstigen Sicherheitseinrichtungen (z. B. Drosseleinrichtungen etc.) sind Einrichtungen in Erdbauweise regelmäßig einer Grünpflege zu unterziehen. Ebenso sind Schäden, die beispielsweise die Dichtigkeit beeinflussen, zu beseitigen.

4.1.3 Anlagenteile der Straßenausstattung

4.1.3.1 Lichtsignalanlagen (LSA)

Laut den RiLSA [18] werden Lichtsignalanlagen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit und der Qualität des Verkehrsablaufs eingerichtet. Da Lichtsignalanlagen unmittelbar in den Verkehrsablauf eingreifen und Verkehrsströme mit gemeinsamen Konfliktflächen lenken, müssen sie besonders sorgfältig geplant, entworfen und betrieben werden. Sie sind aufgrund ihrer Anzahl und sicherheitsrelevanten Funktion in einem Asset-Management zu berücksichtigen.

Eine Lichtsignalanlage besteht im Wesentlichen aus dem Mast, den dort angebrachten Signalgebern, den Detektoren sowie dem Steuergerät inklusive der benötigten Verkabelung. Die in der Straße liegenden Induktionsschleifen können den Detektoren und somit der Lichtsignalanlage zugeordnet werden. An allen diesen Komponenten können unabhängig voneinander Erhaltungsmaßnahmen notwendig werden.

Neben dem Austausch des gesamten Anlagenteils (inklusive Mast und Fundamente) müssen ggf. ganze Komponenten der Lichtsignalanlage – beispielsweise der Signalgeber – oder Teile davon (Reflektoren, Streuscheiben, Leuchtmittel) im Zuge von Erhaltungsmaßnahmen ausgetauscht werden. Um jederzeit eine ausreichende Erkennbarkeit zu gewährleisten, sind die Reflektoren sowie die der Signalgeber regelmäßig zu reinigen. Auch die elektrischen Komponenten (Steuerplatinen etc.) im zugehörigen Schaltkasten zur Steuerung der Lichtsignalanlagen müssen kontrolliert und gewartet sowie ggf. in Teilen ausgetauscht werden.

Detektoren wie Induktionsschleifen und Infrarotsensoren unterliegen ebenfalls einer Kontrolle und Wartung. Dabei ist zu klären, ob die in der Straße liegenden Induktionsschleifen bei Tiefbaumaßnah-

men am Oberbau ebenfalls erneuert werden, ein Austausch also ohne konkreten Schaden ausgehend von der LSA erfolgt.

4.1.3.2 Verkehrsbeeinflussungsanlagen (VBA)

Unter dem Oberbegriff Verkehrsbeeinflussungsanlagen (VBA) werden verschiedene Anlagenteile zusammengefasst, die der Verkehrsbeeinflussung dienen [23].

Das Ziel von Verkehrsbeeinflussungsanlagen ist die Erhöhung der Verkehrssicherheit in den erfassten Abschnitten, Knotenpunkten oder Netzen. Des Weiteren dienen sie in vielen Fällen der Verbesserung der Verkehrsqualität, indem sie den Verkehr bedarfsgerecht lenken.

Den Verkehrsbeeinflussungsanlagen werden

- Netzbeeinflussungsanlagen (NBA),
- Streckenbeeinflussungsanlagen (SBA),
- Knotenbeeinflussungsanlagen (KBA) und
- punktuell querschnittsbezogen wirksame Anlagen

zugeordnet.

Hauptziel der Netzbeeinflussungsanlagen ist es, Überlastungen einzelner Netzabschnitte zu vermeiden. Der Nutzer wird dazu mit Informationen für eine optimale Routenwahl versorgt. Diese Beeinflussung kann indirekt durch eine dynamische Wegweisung mit integrierten Stauinformationen oder direkt durch Wechselwegweiser erfolgen. Netzbeeinflussungsanlagen wirken sich somit auf ein großes Teilstraßennetz aus, das sich auch über Landes- oder Staatsgrenzen hinweg erstrecken kann.

Streckenbeeinflussungsanlagen sind in erster Linie dazu konzipiert, die Verkehrssicherheit der betroffenen Streckenabschnitte zu erhöhen. Mithilfe von Verkehrsvorschriften, z. B. der Seitenstreifenfreigabe, Geschwindigkeitsgeboten und Gefahrenwarnungen wird der Verkehrsablauf harmonisiert und zudem die Kapazität des Querschnitts zu Stoßzeiten gezielt den Erfordernissen angepasst. Sowohl die Gefahrenwarnungen als auch die Verkehrsvorschriften werden über Wechselverkehrszeichen angezeigt.

Knotenbeeinflussungsanlagen verbessern gezielt die Verkehrssicherheit und -qualität an einzelnen

Knotenpunkten. Dies kann durch eine variable Fahrstreifenfreigabe oder eine Zuflussregelungsanlage (Pfortnerampel) geschehen.

Punktuelle querschnittsbezogene Anlagen dienen dazu, Unfallschwerpunkte zu entschärfen. Sie kommen beispielsweise zum Einsatz, um bei erhöhter Geschwindigkeit zu warnen oder um vor Brückenbauwerken auf starken Wind hinzuweisen. Sie werden im Rahmen dieses Projektes nicht berücksichtigt, da Sie nur an sehr vereinzelt neuralgischen Punkten zum Einsatz kommen.

Allen in diesem Forschungsprojekt betrachteten Verkehrsbeeinflussungsanlagen ist gemein, dass sie im Regelfall rechnergestützt von zentraler Stelle gesteuert werden. Des Weiteren sind sie zur bedarfsgerechten Informationsausgabe auf Daten einer Verkehrszählanlage, Glättemeldeanlage bzw. eines Straßen- und Wetterinformationssystems angewiesen. Auch diese Aggregate gehören somit zu den Verkehrsbeeinflussungsanlagen und werden im Weiteren entsprechend berücksichtigt.

Der Bau und Betrieb einer Verkehrsbeeinflussungsanlage kann ohne spezielle Anlagenteile wie Wechselverkehrszeichen und Wechselwegweiser nicht sinnvoll gestaltet werden. Sie sind ein elementarer Bestandteil des Gesamttaggregats. Wechselverkehrszeichen (WVZ) sind eine besondere Form des normalen Verkehrszeichens. Sie verhalten sich dynamisch und können je nach Bedarf unterschiedliche Zeichenkombinationen anzeigen, die durch eine Verkehrszentrale gesteuert werden. Wechselwegweiser (WWW) können ebenfalls nach Bedarf durch die Verkehrszentrale gesteuert werden. Sie haben im Gegensatz zu Wechselverkehrszeichen ausschließlich eine verkehrlenkende Funktion, d. h. sie zeigen i. d. R. keine Gefahrenwarnungen o. Ä. an.

Generell wird zwischen dem mechanischen Wechselverkehrszeichen und Wechselwegweisern (Bildwechsel durch mechanische Drei- oder Vierkantprismen) und den Licht-emittierenden Wechselverkehrszeichen und Wechselwegweisern (Bilder auf Grundlage von LED-Technik) unterschieden. Beide Varianten müssen unterhalten und erhalten werden. Dabei fallen sowohl Leistungen an den eigentlichen Wechselverkehrszeichen bzw. Wechselwegweisern (Leuchtmittel oder Prismen tauschen, Reinigen der WVZ etc.) als auch ggf. an der Aufstellvorrichtung (Verkehrszeichenbrücke oder Mast inklusive Fundamente) an.

4.1.3.3 Taumittelsprühanlagen (TMS)

Taumittelsprühanlagen dienen dem selbstständigen Aufbringen flüssiger Auftaumittel auf die Fahrbahn zur Erhöhung der Verkehrssicherheit in kritischen Bereichen wie z. B. Brücken. Sie werden normalerweise automatisch über eine zugehörige Glättemeldeanlage (GMA) bzw. ein Straßenzustands- und Wetterinformationssystem (SWIS) gesteuert. Vereinfacht besteht eine Taumittelsprühanlage aus einem Lagertank für das Taumittel, einer Pumpe, einer oder mehrerer Spritzdüsen und der bereits genannten Glättemeldeanlage. Im weiteren Sinn können einer Taumittelsprühanlage auch die zugehörigen Wechselverkehrszeichen zugeordnet werden. Diese werden im vorliegenden Forschungsprojekt jedoch als eigene Position behandelt (vgl. Kapitel 5.1.3.2). Das gilt auch für das SWIS (vgl. Kapitel 5.1.3.4).

Um die Funktionstüchtigkeit sicherzustellen, müssen der Taumitteltank regelmäßig aufgefüllt und die Sprühdüsen kontrolliert, ggf. gereinigt oder getauscht werden. Erhaltungsmaßnahmen an einer Taumittelsprühanlage umfassen ggf. auch den Austausch des gesamten Aggregats sowie einzelner Teile davon.

4.1.3.4 Straßenzustands- und Wetterinformationssysteme (SWIS)

Straßenzustands- und Wetterinformationssysteme (SWIS) liefern Informationen zum Straßenzustand und den vorherrschenden klimatischen Bedingungen, welche vorrangig der Koordination des Winterdienstes und ggf. der Steuerung von sonstigen Straßenaggregaten (Taumittelsprühanlagen) dienen. Die SWIS werden aber ebenfalls zur unmittelbaren Einsatzentscheidung herangezogen. Die auf den Daten des SWIS basierende langfristige und systematische Planung ermöglicht es, den Winterdienst sowohl kosteneffizienter als auch volkswirtschaftlich vorteilhafter zu gestalten. Der Nutzen der SWIS besteht also vordringlich in einer ziel- und zeitgenauen Koordination des Winterdienstes auf Grundlage einer optimierten Entscheidungsgrundlage.

In Deutschland wird ein SWIS als Kooperation unter Beteiligung des Deutschen Wetter Dienstes (DWD), des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und den Straßenbauverwaltungen der Länder betrieben. Zur besseren Wettervorhersage werden durch die

Straßenbauverwaltungen zusätzliche Messstationen, sogenannte Straßenwettermessstationen bzw. Glättemeldeanlagen betrieben. Diese erfassen eine Vielzahl von für die Straße relevanten Messdaten, wie z. B. Fahrbahntemperatur, Salzreste oder Niederschlag. Die aufgenommenen Wetter- und Straßenzustandsdaten gehen zusätzlich in Berechnungen des DWD ein. Sie erlauben eine hinreichend genaue regionale Wettervorhersage, welche in die Winterdienstplanung eingebunden wird.

4.1.3.5 Leitpfosten und Stationierungszeichen

Leitpfosten sind Verkehrseinrichtungen, die zur Abgrenzung der Fahrbahn dienen und eine bessere Erkennbarkeit des Straßenverlaufs sicherstellen sollen. In der Regel erfolgt eine Aufstellung im Abstand von 50 m, ca. 50 cm abgerückt vom äußersten befestigten Fahrbahnrand. In Kurven, Kuppen oder in einem aus anderen Gründen unzureichend erkennbaren Straßenverlauf werden die Leitpfosten ggf. in dichteren Abständen angebracht. Die heutzutage hergestellten Leitpfosten bestehen in der Regel aus Kunststoff.

Da von Erhaltungsmaßnahmen oftmals auch die Randbereiche einer Straßenbefestigung – also z. B. die Bankette – betroffen sind, werden Arbeiten an den Leitpfosten u. U. unvermeidlich. Neben typischen Unterhaltungsmaßnahmen, wie der Reparatur/Reinigung oder ggf. dem Austausch einzelner Leitpfosten kann auch das Ab- bzw. Aufbauen dieser entlang des gesamten von einer Erhaltungsmaßnahme betroffenen Straßenabschnitts erforderlich sein.

Aufgrund der hohen Ausstattungsquote dürfen Leistungen an den Leitpfosten als Kostenfaktor in einem Asset-Management nicht vernachlässigt werden.

An vielen Leitpfosten werden zur besseren Orientierung entlang der Trasse Stationierungszeichen angebracht. Diese beinhalten beispielsweise eine Abschnittsnummer oder das Zeichen des jeweiligen Kreises sowie eine Kilometerangabe. Die Lesbarkeit der Stationierungszeichen ist sicherzustellen, was im Regelfall durch die Reinigung der Leitpfosten gewährleistet ist. Ändert sich die Stationierung, kann auch ein Austausch des Zeichens notwendig werden.

4.1.3.6 Passive Schutzeinrichtungen

Passive Schutzeinrichtungen aus Stahl, kurz Stahlenschutzplanken, werden hauptsächlich zum Schutz von Einrichtungen neben der Fahrbahn oder zum Schutz der Fahrzeuginsassen beim Abkommen von der Fahrbahn eingesetzt. Aufgrund der hohen Relevanz für die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer und der hohen Ausstattungsquote vor allem auf Bundesautobahnen sind die passiven Schutzeinrichtungen in einem Asset-Management zu berücksichtigen.

Als gängige Ausführungsformen kommen die einfache Schutzplanke (ESP), die einfache Distanzschutzplanke (EDSP), die doppelte Schutzplanke (DSP) sowie die doppelte Distanzschutzplanke (DDSP) zur Anwendung. Zusätzlich wurden für höhere bzw. höchste Anforderungen weitere Schutzplankensysteme entwickelt. Die wesentlichen Komponenten einer Schutzplanke sind die Pfosten inklusive der Fundamente, die eigentliche Planke sowie die Distanzstücke bei Distanzschutzplanken.

Passive Schutzeinrichtungen aus Beton, auch als Betonschutzwände bezeichnet, werden entweder aus Fertigteilen oder mittels Gleitschalung aus Ortbeton hergestellt. Sie übernehmen im Straßenraum dieselben Funktionen wie Stahlschutzplanken.

Im Rahmen von Erhaltungsmaßnahmen kann es notwendig werden, die gesamte Schutzeinrichtung partiell oder in seltenen Fällen entlang eines gesamten Streckenabschnitts auszutauschen. Der Austausch bzw. Ersatz der Einzelkomponenten des Aggregats einer Stahlschutzeinrichtung (Pfosten, Planke, Distanzstück) ist ebenfalls eine mögliche Maßnahme. Als Ursachen für ein partielles Austauschen der Leitplanken sind zumeist Unfallschäden ausschlaggebend. Ein Tausch (oder Ab- und Wiederaufbau) auf gesamter Streckenlänge ist i. d. R. entweder auf eine Erhaltungsmaßnahme oder die Anpassung der Aufhaltstufe bzw. einen sonstigen technischen Fortschritt zurückzuführen.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass bei den Leistungen gemäß dem Leistungsheft für den Straßenbetriebsdienst weder zwischen verschiedenen Ausführungsformen, noch zwischen Baustoffen (Stahl, Beton) unterschieden wird. Eine entsprechende Aufteilung erscheint jedoch – bspw. im Hinblick auf die Ausstattungsquote – als erstrebenswert, weshalb auch bei der Befragung eine solche Unterteilung vorgenommen wird.

4.1.3.7 Wildschutzzäune und Amphibienleiteinrichtungen

Wildschutzzäune bzw. Wildzäune sollen Wild am Queren von Straßen hindern und somit die Verkehrssicherheit gewährleisten. Sie stellen vor allem in Wald- oder Moorregionen ein sicherheits- und umweltschutzrelevantes Anlagenteil mit oftmals hoher Ausstattungsquote dar.

Ob ein Wildschutzzaun errichtet werden muss, ist abhängig von der Gefährdung, welche durch querende Tiere ausgeht. Bundesautobahnen und Bundesstraßen mit mindestens zweistreifigen Richtungsfahrbahnen sind zumeist mit einem Wildschutzzaun gesichert, welcher im Wesentlichen aus einem (Holz-)Pfeiler inklusive Fundament und einem Drahtgeflecht besteht.

Damit der Verkehr effizient vor querendem Wild geschützt werden kann, ist es notwendig, den Wildschutzzaun regelmäßig zu kontrollieren und ggf. Schäden sowohl an den Pfeilern als auch dem Maschengeflecht zu beseitigen. Da ein solches Anlagenteil über die gesamte Streckenlänge betrachtet eine sehr hohe Ausstattungsquote aufweist und die regelmäßige Kontrolle viel Zeit und damit Personstunden in Anspruch nimmt, sollte ein solches Anlagenteil im Erhaltungsmanagement nicht ignoriert werden.

Amphibienschutzzäune aus Polyestergerüst oder Maschengeflecht zielen darauf ab, Populationen von Amphibien vor schädlichen Einflüssen beispielsweise dem fließenden Verkehr zu schützen. Anders als bei Wildschutzzäunen ist der primäre Grund für das Aufstellen eines Amphibienschutzzaunes also nicht die Verkehrssicherheit, sondern die Bewahrung des Lebens einer Amphibie.

Amphibienleiteinrichtungen weisen eine deutlich geringere Ausstattungsquote als Wildschutzzäune auf und sind zudem oftmals nur temporär installiert (Krötenwanderung o. Ä.). Zudem wird die Unterhaltung nicht selten von freiwilligen Helfern und nicht den Straßenmeistereien durchgeführt. Da im Leistungsheft für den Straßenbetriebsdienst Leistungen an Amphibienleiteinrichtungen aufgeführt werden, werden diese mit in die Befragung aufgenommen. Die Relevanz für ein Asset-Management ist jedoch fraglich.

4.1.3.8 Vertikale Verkehrszeichen

Die vertikalen Verkehrszeichen zählen zusammen mit den Fahrbahnmarkierungen (horizontale Ver-

kehrszeichen) zur Gruppe der Verkehrszeichen (VZ). Die vertikalen Verkehrszeichen, im Folgenden auch als Verkehrsschilder bzw. Beschilderung bezeichnet, stellen aufgrund der hohen Ausstattungsquote und der unmittelbaren Regelung der Verkehrsströme einen wichtigen Teil der Straßenausstattung dar. Die Beschilderung wird behördlich angeordnet und muss vom Verkehrsteilnehmer eigenverantwortlich beachtet werden. Sie sind somit auch maßgeblich an der Sicherstellung der Verkehrssicherheit beteiligt.

Aufgrund der Vielzahl an verschiedenen Verkehrszeichen und der variablen Formen und Größenabmessungen wird in diesem Forschungsprojekt in Anlehnung an die Praxis eine pragmatische Unterscheidung getroffen. Es wird bei dieser Unterscheidung sowohl der Aufstellort als auch die Größe als Parameter herangezogen. Verkehrsschilder, welche sich über der Fahrbahn befinden, werden unterteilt nach Schildern $> 15 \text{ m}^2$ und $< 15 \text{ m}^2$. Schilder neben der Fahrbahn werden unterschieden, zwischen Schildern $< 1 \text{ m}^2$, $> 1 \text{ m}^2$ und $< 15 \text{ m}^2$ und $> 15 \text{ m}^2$.

Für die Beschilderungen gibt es verschiedene Arten von Folientypen und Herstellungs- bzw. Funktionsvarianten. Unterschieden werden diese nach Leistungsklassen bezüglich der Retroreflexion und/oder der Leuchtdichte. Dabei stellen Folien vom Typ RA1 die Kategorie mit den geringsten Anforderungen und RA 3 mit den höchsten Anforderungen dar. Des Weiteren werden die Reflexfolien nach drei verschiedenen Aufbauarten bzw. Konstruktionsprinzipien differenziert, diese sind in Tabelle 16 aufgeführt.

Eine Unterscheidung der Beschilderung nach der Leistungsklasse und der Aufbauart erfolgt im Rahmen der Befragung dieses Forschungsprojektes nicht. Diese Informationen liegen den zuständigen Straßenbauverwaltungen nur in wenigen Ausnahmefällen vor, eine systematische Erhebung ist somit nicht möglich.

Die Beschilderung besteht im Wesentlichen aus der Aufstellvorrichtung (Pfeiler oder Verkehrszeichenbrücke inklusive Fundamenten) und den eigentlichen Schildern bzw. Tafeln. Neben dem Ersatz

Bauart	Technologie
Aufbauart A	eingebundene Mikrogaskugeln/perlen
Aufbauart B	eingekapselte Mikrogaskugeln/perlen
Aufbauart C	Mikroprismen

Tab. 16: Bauart/Technologie der verschiedenen Folienarten

des gesamten Anlagenteils müssen ggf. auch einzelne Komponenten (Pfosten oder Schilder/Tafeln) getauscht sowie gereinigt werden. Damit die Beschilderung jederzeit gut zu erkennen ist und keine für den Straßenverkehr gefährlichen Reflexionen durch die Beschilderung entstehen, kann weiterhin eine (Neu-)Ausrichtung notwendig werden. Beschilderungen an Verkehrszeichenbrücken werden bereits im Bauwerk-Management-System erfasst, werden aber dennoch im Rahmen dieses Forschungsprojektes berücksichtigt.

4.1.3.9 Horizontale Verkehrszeichen

Zu den horizontalen Verkehrszeichen werden alle Fahrbahnmarkierungen gezählt. Sie der Erhöhung der Sicherheit, der Verkehrslenkung sowie der Verkehrsbeeinflussung. Sie werden den Verkehrszeichen zugeordnet. Straßenmarkierungen sind grundsätzlich weiß oder bei vorübergehenden Baumaßnahmen in Gelb aufzubringen. Bei den Längsmarkierungen einer Straße kann man zwischen dem Schmalstrich mit einer Breite von 12 bzw. 15 cm und dem Breitstrich mit einer Breite von 25 bzw. 30 cm unterscheiden.

Die BASt führt in Deutschland die Eignungstests an Markierungssystemen durch. In den erstellten Prüfzeugnissen werden die verkehrstechnischen und lichttechnischen Eigenschaften des Markierungssystems angegeben. Des Weiteren wird die Dauerhaftigkeit der verwendeten Materialien bewertet. Die Dauerhaftigkeit wird in sogenannten Verkehrsklassen, ausgedrückt über die möglichen Überrollungen im Prüflabor bis zu einer Reduktion der Markierungsfläche auf 90 % bestimmt. Die Dauerhaftigkeit ist neben den tatsächlichen Überrollungen durch den fließenden Verkehr maßgeblich von der verwendeten Materialkomposition abhängig.

Im Straßenbau werden als Markierungsmaterial sowohl Dispersionen, High-Solid-Farben, Heiß- und Kaltplastiken als auch Folien verwendet. Markierungssysteme aus Heiß- und Kaltplastiken lassen sich nochmals unterteilen in Systeme mit und ohne stochastisch verteilte Agglomerate. Die technische Nutzungsdauer dieser Materialien kann im direkten Vergleich sehr stark variieren.

Markierungen lassen sich des Weiteren unterscheiden in Markierungen des Typs I und des Typs II. Markierungssysteme des Typs I umfassen herkömmliche Markierungen, die keine erhöhte Nachtsichtbarkeit bei Nässe aufweisen. Typ II Mar-

kierungssysteme sind so ausgebildet, dass Teile der Markierung aus der Oberfläche herausragen und somit eine erhöhte Nachtsichtbarkeit bei Nässe gewährleisten. Typ II Systeme kommen dort zum Einsatz, wo eine visuelle Führung bei Nässe und Dunkelheit notwendig ist. Eine Unterscheidung nach Typ I und II erfolgt in der Befragung nicht.

Sind die Fahrbahnmarkierungen so weit abgenutzt, dass ihre lichttechnischen und verkehrstechnischen Eigenschaften nicht mehr ausreichend sind, oder fällt eine Erhaltungsmaßnahme an, müssen sie erneuert werden.

4.1.3.10 Lärmschutzbauwerke

Unter diesem Punkt werden die Lärmschutzwände und -wälle zusammengefasst und als eigene Aggregate der Straßenausstattung behandelt.

Lärmschutzbauwerke haben als ingenieurtechnische Bauwerke die Aufgabe, die entstehenden Emissionen von linienförmigen Lärmquellen also beispielsweise Straßen zu dämmen oder zu reflektieren. Der zu schützende Immissionsort ist in erster Linie die anliegende Wohnbebauung. Im Allgemeinen werden Lärmschutzbauwerke in Randlage unmittelbar an der Straße errichtet. Ob eine Lärmschutzwand oder ein Lärmschutzwall errichtet wird, ist letztlich von den jeweiligen ortsspezifischen Randbedingungen (beispielsweise den Platzverhältnissen) sowie von planerisch-gestalterischen Faktoren abhängig.

Die Materialauswahl der Lärmschutzwand wird im Regelfall auf Grundlage von gestalterischen und fahrpsychologischen Aspekten getroffen. Neben Kunststoff sind auch Plexiglas, Holz, Stahl oder Beton gängige Baustoffe, die sich in ihrem erforderlichen Erhaltungsaufwand voraussichtlich deutlich voneinander unterscheiden. Bei einem Lärmschutzwall hingegen handelt es sich um ein Erdbauwerk (aus Boden oder Schüttgut), das aus Gründen des Erosionsschutzes generell bepflanzt bzw. begrünt wird.

Dementsprechend unterschiedlich sind auch die Leistungen, die im Zuge der Unterhaltung bzw. Erhaltung an entsprechenden Aggregaten notwendig werden. Während bei Lärmschutzwänden die Reinigung und ggf. der Austausch einzelner Elemente im Vordergrund stehen, werden bei Wällen vor allem regelmäßige Erhaltungsmaßnahmen im Bereich der Grün- bzw. Gehölzpflanze und der Beseitigung von Erosionsschäden notwendig.

Da dem Lärmschutz nach dem heutigen Immissionsschutzgesetz und entsprechenden Verordnungen eine hohe Bedeutung zukommt und es sich vor allem bei Lärmschutzwällen um große Bauwerke handelt, sollten entsprechende Aggregate in einem Asset-Management berücksichtigt werden. Dies geschieht aktuell jedoch bereits teilweise im Rahmen des Bauwerks-Management-Systems. Die dort erfassten Bauwerke besitzen allerdings eine Mindesthöhe von 2 m.

4.2 Gliederung der Aggregate/Anlagenteile

Die sonstigen Anlagenteile einer Straße zeichnen sich dadurch aus, dass sie oftmals einen wesentlich komplexeren und feingliedrigeren Aufbau aufweisen als ein Straßenoberbau, der sich zumindest in erster Näherung verhältnismäßig einfach in verschiedene Schichten aufteilen lässt.

An einem Großteil der Unterarten oder Unterkomponenten der sonstigen Anlagenteile werden Erhaltungsmaßnahmen notwendig, die in keinem Zusammenhang mit anderen Komponenten desselben Aggregats stehen und deshalb nicht zu einer „verhaltenshomogenen“ Gruppe zusammengefasst werden können. Dies macht eine sehr feingliedrige Aufteilung der sonstigen Anlagenteile notwendig.

Gleichzeitig muss sich der Detaillierungsgrad der Aufgliederung aber an der Datenverfügbarkeit orientieren. Hier kann für die Unterhaltung und Instandhaltung das Leistungsheft für den Straßenbetriebsdienst als Referenz herangezogen werden, da davon ausgegangen werden muss, dass Leistungen von den Verantwortlichen nicht detaillierter vorgehalten werden. Nur in Einzelfällen wurde eine abweichende Aufteilung gewählt (bspw. sind Bankette, Böschungen sowie Mittel- und Trennstreifen für einige Leistungen im Leistungsheft nicht getrennt ausgewiesen).

Für Leistungen der Erneuerung erfolgt eine vom Leistungsheft abweichende, als zweckmäßig angesehene Aufteilung der Anlagenteile in die wesentlichen Komponenten. Hierzu wurden mehreren Verantwortlichen die in Kapitel 4 aufgeführten detaillierten Aufgliederungen zur Abstimmung vorgelegt. Als Ergebnis dieser Vorabstimmung wurden teilweise Positionen und Leistungen zusammengefasst oder gestrichen, sodass letztlich

die Aufteilung, die auch Eingang in die Fragebögen fand, erhalten blieb (vgl. Kapitel 4.8).

Eine Abschätzung, ob diese gewählte Aufgliederung für das Asset-Management praxistauglich ist, ist nicht möglich. Alternativ war vorgesehen, eine Aufgliederung der Anlagenteile mit Bezug auf die SIB bzw. die ASB zu prüfen. Dabei zeigte sich jedoch, dass in den entsprechenden Datenbanken eine Untergliederung nur in für ein Asset-Management unzureichend detaillierter Form vorliegt. Der Ansatz wurde deshalb verworfen.

4.3 Zuordnung von Leistungen zu einer Art der Erhaltungsmaßnahme

Die in Kapitel 3.6.1 getroffenen Definitionen ermöglichen die Zuordnung von Leistungen an den sonstigen Anlagenteilen zu einer der Arten von Erhaltungsmaßnahmen. Dabei erscheint es nicht zwingend notwendig bzw. sinnvoll, bestehende Zuordnungen – beispielsweise gemäß dem Leistungsheft für den Straßenbetriebsdienst – beizubehalten, falls dies im Widerspruch zu den Neudefinitionen steht.

Die Tabelle 17 enthält Vorschläge für die Zuordnung von Leistungen an den sonstigen Anlagenteilen in Abhängigkeit der Art der Erhaltungsmaßnahme.

Die in Tabelle 17 verwendeten Abkürzungen sind im Folgenden erläutert:

- Unterhaltung/Instandhaltung (U),
- Instandsetzung (I),
- Erneuerung (E),
- Lichtsignalanlage (LSA),
- Taumittelsprühanlage (TMS),
- Verkehrsbeeinflussungsanlage (VBA).

4.4 Nutzungsdauer sonstiger Anlagenteile

Um ein Asset-Management sinnvoll zu gestalten, ist es von großer Bedeutung, die verschiedenen Nutzungsdauern der sonstigen Anlagenteile zu kennen (siehe Kapitel 3.6.2). Im Fragebogen werden so-

Lfd. Nr.	Aggregat/Anlagenteil	Leistung	U	I	E
1	Bankette	Schäden an unbefestigten Flächen beseitigen	x		
2		Bankette an Fahrbahnen mähen	x		
3		Bankette an Fahrbahnen erneuern			x
4	Böschungen	Gehölze im Straßenrandbereich zurück schneiden	x		
5		Böschungen an Fahrbahnen erneuern			x
6	Mitte- bzw. Trennstreifen	Gehölze im Mittel- bzw. Trennstreifen zwischen Fahrbahnen zurückschneiden	x		
7		Mitte- bzw. Trennstreifen an Fahrbahnen erneuern			x
8	Mulden, Gräben, Rinnen	Mängel an unbefestigten Gräben und Mulden beseitigen	x		
9		Schäden an Straßenrinnen und befestigten Straßengräben beseitigen	x		
10		Straßenmulden und Entwässerungsgräben mähen	x		
11		befestigte Straßenmulden und -gräben sowie Böschungsrinnen reinigen	x		
12	Mulden, Gräben	unbefestigte Gräben und Mulden erneuern			x
13		befestigte Gräben und Mulden erneuern			x
14	Rinnen	offenen Entwässerungsrinnen erneuern			x
15	geschl. Rinne	Sonderrinnen reinigen	x		
16	LSA	Lichtsignalanlage warten und instand halten	x		
17		Fußgängerlichtsignalanlage erneuern			x
18		Normal-/Auslegermast einer Lichtsignalanlage erneuern			x
19	TMS	Taumittelsprühanlage warten und instand halten	x		
20		Pumpstation der Taumittelsprühanlage erneuern			x
21		elektronische Steuerung der Taumittelsprühanlage erneuern			x
22	VBA	Wechselverkehrszeichen mit Licht emittierender Anzeige warten und Instand halten	x		
23		Wechselverkehrszeichen mit Licht emittierender Anzeige erneuern			x

Tab. 17: Beispielhafte Zuordnung von Leistungen zu Arten von Erhaltungsmaßnahmen

wohl die optimale, technische als auch die tatsächliche Nutzungsdauer abgefragt.

Die technische und tatsächliche Nutzungsdauer wird jeweils auch als solche auf dem Fragebogen entsprechend benannt. Die optimale Nutzungsdauer wird nicht direkt erfasst. Die Erhebung findet indirekt statt, durch die Abfrage nach wie vielen Jahren eine Erneuerung im Durchschnitt notwendig ist.

Die Abfrage der optimalen Nutzungsdauern erfolgte getrennt nach Bundesstraßen und Bundesautobahnen. Für die technische und tatsächliche Nutzungsdauer der sonstigen Anlagenteile wurde eine solche Aufgliederung nicht vorgenommen. Für die technische Nutzungsdauer eines Anlagenteils liegt dies in dem Umstand begründet, dass diese generell unabhängig von der Straßenkategorie ist. Für die tatsächliche Nutzungsdauer hatte eine Vorbefragung ergeben, dass eine Unterscheidung hin-

sichtlich der Verkehrswegekategorie zwar sinnvoll erscheint, Daten hierfür jedoch nicht vorgehalten werden und auch nicht hinreichend zuverlässig abgeschätzt werden können. Im Zuge der Abfrage der tatsächlichen Nutzungsdauer wurde jedoch auch der Grund der Erneuerung bzw. des Austausches erhoben.

4.5 Häufigkeiten von Leistungen an sonstigen Anlagenteilen

Für den Erhaltungsaufwand sind nicht nur die einzelnen Kosten, sondern auch die Häufigkeiten (Turnusse) entsprechender Maßnahmen von Bedeutung. Eine Leistung mit geringen Kosten, aber einer großen Häufigkeit erzeugt bei Betrachtung eines definierten Zeitraums eventuell höhere Aufwendungen als eine teurere Maßnahme, die jedoch nur sehr selten notwendig wird.

In dem Fragebogen wurden deshalb Häufigkeiten von Leistungen getrennt nach Bundesautobahnen (BAB) und Bundesstraßen (B) abgefragt, da für viele Leistungen ein abweichender Turnus je nach Straßenkategorie zu erwarten war. Die abgefragten Häufigkeiten beziehen sich bis auf die Maßnahmeart der Erneuerung (E), auf die Leistungen des Leistungshefts für den Straßenbetriebsdienst und die entsprechende Zuordnung zu einer Maßnahmeart (UI und UA). Die Häufigkeiten für die in Kapitel 4.1.2 und Kapitel 4.1.3 beschriebene feineren Aufgliederungen (also z. B. die Häufigkeit für das Auswechseln der Leuchteinrichtung) wurden nicht einzeln erfasst. Lagen den Straßenbauverwaltungen allerdings entsprechend detaillierte Informationen vor, wurden diese berücksichtigt.

4.6 Kosten von Leistungen an sonstigen Anlagenteilen

Um den Erhaltungsaufwand der sonstigen Anlagenteile einer Straße monetär bewerten zu können, sind verlässliche Kostensätze für die jeweiligen Leistungen an den sonstigen Anlagenteilen einer Straße erforderlich. Eine entsprechende Abfrage fand sowohl für die Leistungen der Unterhaltung und Instandhaltung (UI) als auch für den Um- und Ausbau (UA) – also Leistungen nach dem Leistungsheft – statt. Der Fokus der Befragung lag in Bezug auf Kostensätze jedoch auf dem Bereich der Erneuerungsmaßnahmen (E), da diese für ein netzweites Asset-Management von übergeordneter Bedeutung sind. Ein solches Asset-Management hat – wie auch das PMS – nicht die turnusmäßige betriebliche Unterhaltung der Straßenmeistereien zum Gegenstand.

Wie schon bei den Häufigkeiten, erfolgte die Ermittlung dieser Werte getrennt nach Bundesautobahnen und den Bundesstraßen. Aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen beispielsweise in Bezug auf die Sicherung gegen fließenden Verkehr, waren deutlich unterschiedliche Kostenansätze für die jeweilige Verkehrswegekategorie zu erwarten.

4.7 Ausstattungsquote von sonstigen Anlagenteilen

Der Erhaltungsaufwand der sonstigen Anlagenteile einer Straße wird nicht nur durch die Häufigkeit von Leistungen und deren Kosten, sondern auch durch die Ausstattungsquote der Aggregate bestimmt. So

werden sich – relativ betrachtet – auf einer Bundesautobahn wesentlich weniger Lichtsignalanlagen als Schutzeinrichtungen befinden. Auf eine gewisse Streckenlänge bezogen ist die Ausstattungsquote mit Schutzeinrichtungen also wesentlich höher und diese sind deshalb voraussichtlich auch wesentlich häufiger von Erhaltungsmaßnahmen betroffen.

Die Ausstattungsquote wurde für jedes Anlagenteil getrennt nach Bundesautobahn und Bundesstraßen abgefragt. Falls möglich, sollten entsprechende Informationen aus der Straßeninformationsdatenbank (SIB) entnommen werden. Die Straßeninformationsdatenbank dient als Basisinformationssystem für straßenbezogene Daten und verwaltet die grundlegenden Informationen des überörtlichen Straßennetzes. Dazu zählen die Bundesautobahnen, Bundesstraßen, Landesstraßen und Kreisstraßen. Eine SIB wird von den meisten Bundesländern genutzt und betrieben. Lagen entsprechende Informationen nicht vor, wurden Ausstattungsquoten durch die befragten Experten geschätzt. Eine Schätzung wurde im Fragebogen vermerkt und in der Auswertung als solche markiert.

4.8 Erstellung der Fragebögen

Sämtliche in den vorherigen Kapiteln beschriebenen Vorarbeiten und -überlegungen wurden in einem mehrteiligen Fragebogen zusammengefasst. Dieser war mit einem ausführlichen Anschreiben versehen, welches das Ausfüllen der Umfrageblätter erleichtern und zu möglichst einheitlichen Ergebnissen führen sollte.

Der Fragebogen wurde so konzipiert, dass er sowohl im Rahmen einer Befragung vor Ort, als auch per Briefumfrage verwendet werden konnte.

Die Erläuterungen zu den verwendeten Abkürzungen können Tabelle 18 entnommen werden.

Abkürzung	Bedeutung
UI	Unterhaltung und Instandsetzung
UA	Umbau und Ausbau
E	Erneuerung
BAB	Bundesautobahn
B	Bundesstraße

Tab. 18: Erläuterung der verwendeten Abkürzungen der Fragebögen

Nr.	Anlagenteile / Aggregate	Komponenten/ Art	Nummer nach Leistungsheft	Bezeichnung der Leistungen	Erhaltungsmaßnahmeart (EMA)			Einheit		Häufigkeit der EMA pro Jahr ¹⁾		Kostensätze (€/Einheit ²⁾)			
					UI	UA	E	Vorschlag	eigene	BAB	B	BAB	B		
1.1	Bankette / Böschungen und Mittel- bzw. Trennstreifen	Bankette	1.04	Schäden an unbefestigten Flächen beseitigen	x			Stk/1000 m ²							
			1.09	Mängel an unbefestigten Seiten-, Mittel- und Trennstreifen beseitigen	x			Stk/km							
			2.01	Bankette an Fahrbahnen mähen	x			km							
			2.04	Sichfelder im Bereich von Knotenpunkten mähen	x			m ²							
			2.10	Gehölze im Straßenrandbereich zurückschneiden	x			km							
				Substanzerhaltende Maßnahmen an unbefestigten Flächen				m ²							
			unbefestigte Seiten-, Mittel- und Trennstreifen reprofiliert				m ²								
		1.04	Schäden an unbefestigten Flächen beseitigen	x				Stk/1000 m ²							
		1.09	Mängel an unbefestigten Seiten-, Mittel- und Trennstreifen beseitigen	x				Stk/km							
		2.01	Bankette an Fahrbahnen mähen	x				km							
		2.10	Gehölze im Straßenrandbereich zurückschneiden	x				km							
			substanzerhaltende Maßnahmen an unbefestigten Flächen					m ²							
			unbefestigte Seiten-, Mittel- und Trennstreifen reprofiliert					m ²							
			Schäden an unbefestigten Flächen beseitigen	x				Stk/1000 m ²							
	Mängel an unbefestigten Seiten-, Mittel- und Trennstreifen beseitigen	x				Stk/km									
	Mittel- und Trennstreifen zwischen Fahrbahnen mähen	x				km									
	Sichfelder im Bereich von Knotenpunkten mähen	x				m ²									
	Gehölze im Mittel- und Trennstreifen zwischen Fahrbahnen zurückschneiden	x				km									
	substanzerhaltende Maßnahmen an unbefestigten Flächen					m ²									
	unbefestigte Seiten-, Mittel- und Trennstreifen reprofiliert					m ²									

Tab. 19: Fragebogen zur Erfassung der Leistungen an den sonstigen Anlagen der Straßenentwässerung

Nr.	Anlagenteile / Aggregate	Komponenten/ Art	Nummer nach Leistungsheft	Bezeichnung der Leistungen	Erhaltungs- maßnahmentyp (EMA)			Einheit		Häufigkeit der EMA pro Jahr ^(*)		Kostensätze (€/Einheit) ^(*)		
					UI	UA	E	Vorschlag	eigene	BAB	B	BAB	B	
1.2	offene Entwässerung	Mulden Gräben Rinnen	1.07	Schäden an Straßenrinnen und befestigten Straßengräben beseitigen	x			m/km						
			1.08	Mängel an unbefestigten Gräben und Mulden beseitigen	x			Stk/km						
			1.11	Schäden an Straßenabläufen und Schächten beseitigen	x			Stk						
			4.09	Straßenabläufe reinigen	x			Stk						
			4.10	Schächte reinigen	x			Stk						
			2.05	Straßenmulden und Entwässerungsgräben mähen	x			km						
			4.07	befestigte Straßenmulden und -gräben sowie Böschungsrinnen reinigen	x			km						
1.3	geschlossene Entwässerung	geschl. Rinnen (Sonderrinnen)		substanzerhaltende Maßnahmen an Entwässerungseinrichtungen				Stk						
				unbefestigte Gräben und Mulden reprofiliert				m/km						
			1.07	Schäden an Straßenrinnen und befestigten Straßengräben beseitigen	x			m/km						
			1.11	Schäden an Straßenabläufen und Schächten beseitigen	x			Stk						
			4.08	Sonderrinnen reinigen	x			km						
			4.09	Straßenabläufe reinigen	x			Stk						
			4.10	Schächte reinigen	x			Stk						
1.4	sonstige Entwässerung	Rohrleitungen, Durchlässe und Düker		substanzerhaltende Maßnahmen an Entwässerungseinrichtungen				Stk						
			1.10	Schäden an Rohrleitungen und Durchlässen beseitigen	x			m/km						
			4.11	Rohrleitungen reinigen	x			m/km						
			4.12	Durchlässe und Düker reinigen	x			km						
				substanzerhaltende Maßnahmen an Entwässerungseinrichtungen				Stk						
			4.13	sonstige Entwässerungseinrichtungen reinigen	x			Stk						
			1.5	Einrichtungen zur Behandlung und hydraulischen Rückhaltung	Behandlungs- becken Regenrückhalte- becken Sonstige	1.12	Schäden an Rückhalteanlagen und Versickerungsanlagen beseitigen	x			Stk			
2.08	Rückhalte-, Absetz- und Versickerbecken mähen	x						m ²						
1.12	Schäden an Rückhalteanlagen und Versickerungsanlagen beseitigen	x						Stk						
2.08	Rückhalte-, Absetz- und Versickerbecken mähen	x						m ²						
	Arbeiten an sonstigen Einrichtungen zur Behandlung	x						m ²						
	Arbeiten an sonstigen Einrichtungen zur hydraulischen Rückhaltung	x						m ²						

Tab. 20: Fragebogen zur Erfassung der Leistungen an den sonstigen Anlagen der Straßenentwässerung (Fortsetzung)

Nr.	Anlagenteile/ Aggregate	Komponenten/ Art	Nummer nach Leistungs- heft	Bezeichnung der Leistungen	Erhaltungs- maßnahmereit (EMA)			Einheit		Häufigkeit der EMA pro Jahr ^(*)		Kostensätze (€/Einheit ^(*))		
					UI	UA	E	Vorschlag	eigene	BAB	B	BAB	B	
2.1 elektronische Anlagen		LSA	3.09	Lichtsignalanlagen (LSA) warten und instand halten	x			Stk						
			3.12	Taunmittelsprühanlagen (TMS) warten und instand halten	x			Stk						
			3.13	Straßenzustands- und Wetter-Informationssysteme (SWIS) warten und instand halten	x			Stk						
				Glättemeldeanlagen (GMA) warten und instand halten	x			Stk						
		3.08	VBA	3.08	Wechselverkehrszeichenanlagen (VWA) warten und instand halten	x			Stk					
					Netzbeeinflussungsanlagen (NBA) warten und instand halten	x			Stk					
					Streckenbeeinflussungsanlagen (SBA) warten und instand halten	x			Stk					
					Knotenbeeinflussungsanlagen (KBA) warten und instand halten	x			Stk					
					Wechselverkehrszeichen (WWZ) mit mechanischer Anzeige warten und instand halten	x			Stk					
					Wechselverkehrszeichen (WWZ) mit Licht emittierender Anzeige warten und instand halten	x			Stk					
					Wechselwegweiser (WWW) mit mechanischer Anzeige warten und instand halten	x			Stk					
					Wechselwegweiser (WWW) mit Licht emittierender Anzeige warten und instand halten	x			Stk					
					automatischen Datenerfassungsanlagen warten und instand halten	x			Stk					
					Unterzentrale zur Steuerung einer VBA warten und instand halten	x			Stk					

Tab. 21: Fragebogen zur Erfassung der Leistungen an den sonstigen Anlagen der Straßenentwässerung

Nr.	Anlagenteile/ Aggregate	Komponenten/ Art	Nummer nach Leistungs- heft	Bezeichnung der Leistungen	Erhaltungs- maßnahmeerart (EMA)			Einheit		Häufigkeit der EMA pro Jahr ^(*)		Kostensätze (€/Einheit) ^(*)	
					UI	UA	E	Vorschlag	eigene	BAB	B	BAB	B
2.2	Leit- und Schutzeinrichtungen	Leitposten	3.02	Leitposten instand halten	x			Stk					
			4.18	Leitposten reinigen	x			Stk					
				Leiteinrichtungen / Stationszeichen					Stk				
			Stationierungszeichen	3.03	Stationierungszeichen instand halten	x			Stk				
			Schutzeinrichtungen aus Stahl	3.04	passive Schutzeinrichtungen instand halten	x			m/km				
				sonstige Arbeiten an Schutzeinrichtungen				m/km					
				Schutzeinrichtung instand halten (ESP) (inkl. Verkehrssicherung)				m/km					
					Schutzeinrichtung instand halten (DSP) (inkl. Verkehrssicherung)				m/km				
					Schutzeinrichtung instand halten (EDSP) (inkl. Verkehrssicherung)				m/km				
					Schutzeinrichtung instand halten (DDSP) (inkl. Verkehrssicherung)				m/km				
					Schutzeinrichtung instand halten (Super-Rail Eco) (inkl. Verkehrssicherung)				m/km				
					Schutzeinrichtung instand halten (Super-Rail) (inkl. Verkehrssicherung)				m/km				
			Schutzeinrichtungen aus Beton	3.04	passive Schutzeinrichtungen instand halten	x			m/km				
			Wild- und Amphibienschutzzäune		sonstige Arbeiten an Schutzeinrichtungen				m/km				
				2.09	Mähen entlang von Wildschutz- und Amphibienleiteinrichtungen	x			km				
	3.05	Wild- und Amphibienschutzzäune instand halten		x			m/km						

Tab. 22: Fragebogen zur Erfassung der Leistungen an den sonstigen Anlagenteilen der Straßenausstattung (Fortsetzung)

Nr.	Anlagenteile/ Aggregate	Komponenten/ Art	Nummer nach Leistungs- heft	Bezeichnung der Leistungen	Erhaltungs- maßnahmeanart (EMA)			Einheit	Häufigkeit der EMA pro Jahr ^(*)		Kostensätze (€/Einheit ^(*))		
					UI	UA	E		Vorschlag	eigene	BAB	B	BAB
2.3	Verkehrszeichen	Beschilderung neben der Fahrbahn	3.01	Verkehrszeichen instand halten	x			Stk					
			4.17	Verkehrszeichen reinigen	x			Stk					
			Beschilderung über der Fahrbahn	3.01	Arbeiten an der Beschilderung				Stk				
					Verkehrszeichen instand halten	x			Stk				
				4.17	Verkehrszeichen reinigen	x			Stk				
					Arbeiten an der Beschilderung				Stk				
2.4	Lärmschutz- bauwerke	Verkehrszeichenbrücken		Verkehrszeichenbrücken warten und instand halten	x			Stk					
				Markierungen erneuern (kurze Abschnitte, Sofortmaßnahmen)	x			m/km					
		Markierungen		Markierungen erneuern (mit eigener Maschine)				m/km					
				Lärmschutz- wände		Schäden an Lärmschutzwänden beseitigen	x			Stk			
		Lärmschutz- wälle		Schäden an Lärmschutzwällen beseitigen	x			Stk					

Tab. 23: Fragebogen zu den Leistungen an den sonstigen Anlagenteilen der Straßenausstattung

Nr.	Anlagenteile / Aggregate	Komponenten/ Art	Nummer nach Leistungsheft	Bezeichnung der Leistungen	Erhaltungsmaßnahmeart (EMA)			Einheit		Nach wie vielen Jahren ist eine Erneuerungsmaßnahme im Durchschnitt notwendig? *)			Kosten (€/Einheit) *)		
					UI	UA	E	Vorschlag	eigene	BAB	B	BAB	B	BAB	B
1.1	Bankette / Böschungen und Mittel- bzw. Trennstreifen	Bankette	-	Bankette an Fahrbahnen erneuern			x	m							
		Böschungen	-	Böschungen an Fahrbahnen erneuern			x	m²							
		Mittel- bzw. Trennstreifen	-	Mittel- bzw. Trennstreifen an Fahrbahnen erneuern			x	m							
1.2	offene Entwässerung	Mulden	-	unbefestigte Gräben und Mulden erneuern			x	m²							
		Gräben	-	befestigte Gräben und Mulden erneuern			x	m²							
		Rinnen	-	offene Entwässerungsrinnen erneuern			x	m							
1.3	geschlossene Entwässerung	Straßenrinnen	-	Straßenrinnen erneuern			x	m							
		Straßenabläufe	-	Straßenabläufe erneuern			x	Stk							
		Schächte	-	Schächte erneuern			x	Stk							
		Rigolen	-	Rigolen erneuern			x	m							
1.4	sonstige Entwässerung	Rohrleitungen	-	Rohrleitungen erneuern			x	m							
		Durchlässe	-	Durchlässe erneuern			x	Stk							
		Düker	-	Düker erneuern			x	Stk							
1.5	Einrichtungen zur Behandlung und hydraulischen Rückhaltung	Absetzbecken	-	Absetzbecken erneuern			x	m²							
		Absetzbecken mit Leichtflüssigkeitsrückhaltung	-	Absetzbecken mit Leichtflüssigkeitsrückhaltung erneuern			x	m²							
		Regenklärbecken	-	Regenklärbecken erneuern			x	m²							
		beweglicher Teile (Drosseklappe, Schieber)	-	beweglicher Teile (Drosseklappe, Schieber) erneuern			x	Stk							
		Regenrückhaltebecken	-	Regenrückhaltebecken erneuern			x	m²							
		Regenrückhaltegraben	-	Regenrückhaltegraben erneuern			x	m²							
1.5	Einrichtungen zur hydraulischen Rückhaltung	Stauraumkanal	-	Stauraumkanal erneuern			x	m³							
		beweglicher Teile (Drosseklappe, Schieber)	-	beweglicher Teile (Drosseklappe, Schieber) erneuern			x	Stk							

Tab. 24: Fragebogen zu den Erneuerungsleistungen an den sonstigen Anlagenteilen der Straßenentwässerung

Nr.	Anlagenteile/ Aggregate	Komponenten/ Art	Nummer nach Leistungs- heft	Bezeichnung der Leistungen	Erhaltungs- maßnahmeart (EMA)			Einheit		Nach wie vielen Jahren ist eine Erneuerungsmaßnahme im Durchschnitt notwendig?		Kosten (€/Einheit) *)	
					UI	UA	E	Vorschlag	eigene	BAB	B	BAB	B
2.1 elektronische Anlagen		LSA	-	Fußgängerlichtsignalanlage (FG-LSA) erneuern	/	/	x	Stk					
			-	Lichtsignalanlage (LSA) erneuern (Normalmast)	/	/	x	Stk					
			-	Lichtsignalanlage (LSA) erneuern (Auslegermast)	/	/	x	Stk					
		TMS	-	Lichtsignalanlage (LSA) erneuern (Steuerungseinheit)	/	/	x	Stk					
			-	gesamte Taumittelsprühanlage (TMS) erneuern	/	/	x	km					
			-	Pumpstation der Taumittelsprühanlage (TMS) erneuern	/	/	x	Stk					
		SWIS	-	Sprühköpfe/Sprühleiter der Taumittelsprühanlage (TMS) erneuern	/	/	x	Stk					
			-	elektronische Steuerung der Taumittelsprühanlage (TMS) erneuern	/	/	x	Stk					
			-	Straßenzustands- und Weiter-Informationssystem (SWIS) erneuern	/	/	x	Stk					
		GMA	-	gesamte Glättemeldeanlage (GMA) erneuern	/	/	x	Stk					
			-	elektronische Sensoren der Glättemeldeanlage (GMA) erneuern	/	/	x	Stk					
			-	mechanische Sensoren der Glättemeldeanlage (GMA) erneuern	/	/	x	Stk					
		VBA	-	gesamte Netzbeeinflussungsanlage (NBA) erneuern	/	/	x	Stk					
			-	gesamte Streckenbeeinflussungsanlage (SBA) erneuern	/	/	x	Stk					
			-	gesamte Knotenbeeinflussungsanlage (KBA) zur variablen Fahrtstrefenzuteilung erneuern	/	/	x	Stk					
-	gesamte Knotenbeeinflussungsanlage (KBA) zur Zufussregelung erneuern		/	/	x	Stk							
-	Wechselverkehrszeichen (WVZ) mit mechanischer Anzeige erneuern		/	/	x	Stk							
-	Wechselverkehrszeichen (WVZ) mit Licht emittierender Anzeige erneuern		/	/	x	Stk							
	-	Wechselwegweiser (WWW) mit mechanischer Anzeige erneuern	/	/	x	Stk							
	-	Wechselwegweiser (WWW) mit Licht emittierender Anzeige erneuern	/	/	x	Stk							
	-	automatische Verkehrsdatenerfassungsanlage (VDA) erneuern	/	/	x	Stk							
	-	Unterzentralen zur Steuerung einer VBA erneuern	/	/	x	Stk							

Tab. 25: Fragebogen zu den Erneuerungsleistungen an den sonstigen Anlagenteilen der Straßenausstattung

Nr.	Anlagenteile/ Aggregate	Komponenten/ Art	Nummer nach Leistungs- heft	Bezeichnung der Leistungen	Erhaltungs- maßnahmeart (EMA)			Einheit		Nach wie vielen Jahren ist eine Erneuerungsmaßnahme im Durchschnitt notwendig?		Kosten (€/Einheit) *)
					UI	UA	E	Vorschlag	eigene	BAB	B	
2.2 Leit- und Schutz- einrichtungen		Leitpfosten	-	Leitpfosten erneuern			x	Stk				
		Stationierungszeichen	-	Stationierungszeichen erneuern			x	Stk				
			-	passive Schutzeinrichtung (Stahl) ESP erneuern			x	m				
			-	passive Schutzeinrichtung (Stahl) DSP erneuern			x	m				
			-	passive Schutzeinrichtung (Stahl) EDSP (H1) erneuern			x	m				
			-	passive Schutzeinrichtung (Stahl) EDSP (H2) erneuern			x	m				
			-	passive Schutzeinrichtung (Stahl) DDSP (H1) erneuern			x	m				
			-	passive Schutzeinrichtung (Stahl) DDSP (H2) erneuern			x	m				
			-	passive Schutzeinrichtung (Stahl) Super-Rail Eco (H2) erneuern			x	m				
			-	passive Schutzeinrichtung (Stahl) Super-Rail (H2) erneuern			x	m				
			-	passive Schutzeinrichtung (Stahl) Super-Rail (H4b) erneuern			x	m				
			-	passive Schutzeinrichtung (Ortbeton) erneuern			x	m				
			-	passive Schutzeinrichtung (Fertigteile aus Beton) erneuern			x	m				
			-	Wildschutzzaun erneuern			x	km				
		-	Amphibieeinrichtungen erneuern			x	km					

Tab. 26: Fragebogen zu den Erneuerungsleistungen an den sonstigen Anlagenteilen der Straßenausstattung (Fortsetzung)

Nr.	Anlagenteile/ Aggregate	Komponenten/ Art	Nummer nach Leistungs- heft	Bezeichnung der Leistungen	Erhaltungs- maßnahmeart (EMA)			Einheit		Nach wie vielen Jahren ist eine Erneuerungsmaßnahme im Durchschnitt notwendig?			Kosten (€/Einheit)*			
					UI	UA	E	Vorschlag	eigene	BAB	B	BAB	B			
2.3	Verkehrszeichen		-	statisches Beschilderung A \leq 1m ² erneuern			x	Sik								
			-	Aufstellvorrichtung für statisches Beschilderung A < 1m ² erneuern			x	Sik								
			-	statisches Beschilderung 1m ² < A < 15m ² erneuern			x	Sik								
			-	Aufstellvorrichtung für statisches Beschilderung 1m ² < A < 15m ² erneuern			x	Sik								
			-	statisches Beschilderung A \geq 15m ² erneuern			x	Sik								
			-	Aufstellvorrichtung für statisches Beschilderung A \geq 15m ² erneuern			x	Sik								
			-	statisches Beschilderung A < 15m ² erneuern			x	Sik								
			-	statisches Beschilderung A \geq 15m ² erneuern			x	Sik								
			-	gesamte Verkehrszeichenbrücke erneuern 2-spurig			x	Sik								
			-	Fundament einer Verkehrszeichenbrücke erneuern 2-spurig			x	Sik								
			-	Austausch eines Konstruktionselementes (Riegel/Stiehl) einer Verkehrszeichenbrücke 2-spurig			x	Sik								
			-	gesamte Verkehrszeichenbrücke erneuern 4-spurig			x	Sik								
			-	Austausch eines Konstruktionselementes (Riegel/Stiehl) einer Verkehrszeichenbrücke 4-spurig			x	Sik								
			-	Fundament der Verkehrszeichenbrücke erneuern 4-spurig			x	Sik								
			-	Markierungen erneuern (Dispersionfarbe)			x	m								
			-	Markierungen erneuern (Heiß- und Kaltplastik ohne Agglomeratmarkierung)			x	m								
			-	Markierungen erneuern (Agglomeratmarkierung)			x	m								
			-	Markierungen erneuern (Folien)			x	m								
-	Markierungen erneuern (Dispersionfarbe)			x	m											
-	Markierungen erneuern (Heiß- und Kaltplastik ohne Agglomeratmarkierung)			x	m											
-	Markierungen erneuern (Agglomeratmarkierung)			x	m											
-	Markierungen erneuern (Folien)			x	m											

Tab. 27: Fragebogen zu den Erneuerungsleistungen an den sonstigen Anlagenteilen der Straßenausstattung (Fortsetzung)

Nr.	Anlagenteile/ Aggregate	Komponenten/ Art	Nummer nach Leistungs- heft	Bezeichnung der Leistungen	Erhaltungs- maßnahmeart (EMA)			Einheit		Nach wie vielen Jahren ist eine Erneuerungsmaßnahme im Durchschnitt notwendig?		Kosten (€/Einheit) *)	
					UI	UA	E	Vorschlag	eigene	BAB	B	BAB	B
2.4	Lärmschutz- bauwerke	Lärmschutzwände	-	Lärmschutzwand (Beton) erneuern bis 5 m			x	m					
			-	Lärmschutzwand (Beton) erneuern größer als 5m			x	m					
			-	Lärmschutzwand (Kunststoff) erneuern bis 5 m			x	m					
			-	Lärmschutzwand (Kunststoff) erneuern größer als 5m			x	m					
			-	Lärmschutzwand (sonstige) erneuern bis 5 m			x	m					
			-	Lärmschutzwand (sonstige) erneuern größer als 5 m			x	m					
		-	Lärmschutzwand erneuern bis 5 m			x	m						
		-	Lärmschutzwand erneuern größer als 5m			x	m						

Tab. 28: Fragebogen zu den Erneuerungsleistungen an den sonstigen Anlagenteilen der Straßenausstattung (Fortsetzung)

Nr.	Anlagenteile/ Aggregate	Komponenten/ Art	Nutzungsdauern		Austauschgrund Warum tauschen Sie das Aggregat üblicherweise aus? (Z.B. Kompatibilität [K], Wirtschaftlichkeit [W])	Ausstattungsquote (Gesamtsumme der vorhandenen Anlagenteile aus beiden Fahrrichtungen) Wert aus SIB. Falls nicht möglich: Schätzung		Einheit	
			technisch	tatsächliche		BAB	B	Vorschlag	eigene
			Wie lange kann ein Gesamtaggregat höchstens durchschnittlich betrieben werden (in Jahren)	Nach wievielen Jahren erneuern Sie das Aggregat üblicherweise tatsächlich?					
1.1	Bankette / Böschungen und Mittel- bzw. Trennstreifen	Bankette						km	
		Böschungen						m ²	
		Mittel- bzw. Trennstreifen						m ²	
1.2	offene Entwässerung	Mulden mit befestigter Sohle						km	
		Mulden mit Rasensohle						km	
		Gräben mit befestigter Sohle						km	
		Gräben mit Rasensohle						km	
		Rinnen						km	
1.3	geschlossene Entwässerung	Rigolen						km	
		geschl. Rinnen						km	
1.4	sonstige Entwässerung	Rohrleitungen						km	
		Durchlässe						Stk.	
		Düker						Stk.	
1.5	Einrichtungen zur Behandlung und hydraulischen Rückhaltung	Absetzbecken						m ²	
		Absetzbecken mit Leichtflüssigkeits- rückhaltung						m ²	
		Regenklärbecken						m ²	
		Regenrückhaltebecken						m ²	
		Regenrückhaltegraben						m ²	
		Stauraumkanal						m ³	
Gesamtlänge des betreuten Netzes: Summe aus beiden Fahrrichtungen					BAB				
					B				

Tab. 29: Fragebogen zur Erfassung der Nutzungsdauern und der Ausstattungsquote von sonstigen Anlagen der Straßenentwässerung

Nr.	Anlagenteile/ Aggregate	Komponenten/ Art	Nutzungsdauern		Austauschgrund Warum tauschen Sie das Aggregat üblicherweise aus? (Z.B. Kompatibilität [K], Wirtschaftlichkeit [W])	Ausstattungsquote (Gesamtsumme der vorhandenen Anlagenteile aus beiden Fahrtrichtungen) Wert aus SIB. Falls nicht möglich: Schätzung		Einheit	
			technisch	tatsächliche		BAB	B	Vorschlag	eigene
			Wie lange kann ein Gesamttaggregat höchstens durchschnittlich betrieben werden (in Jahren)	Nach wievielen Jahren erneuern Sie das Aggregat üblicherweise tatsächlich?					
2.1	elektronische Anlagen	Fußgängerlichtsignalanlagen (FG-LSA)						Stk	
		Lichtsignalanlagen (LSA) (Normalmast)						Stk	
		Lichtsignalanlagen (LSA) (Auslegermast)						Stk	
		Lichtsignalanlagen (LSA) (Steuerungseinheit)						Stk	
		Taumittelsprühanlagen						Stk	
		Straßenzustands- und Wetter- Informationssysteme						Stk	
		Glättemeldeanlagen						Stk	
		Netzbeeinflussungsanlagen (NBA)						Stk	
		Streckenbeeinflussungs- anlagen (SBA)						Stk	
		Knotenpunkbeeinflussungs- anlagen (KBA)						Stk	
		Wechselverkehrszeichen (WWZ)						Stk	
		Wechselwegweisung (WWW)						Stk	
		Anlage zur automatischen Verkehrsdatenerfassung (VDA)						Stk	
Unterkentrale zur Steuerung einer VBA						Stk			
2.2	Leit- und Schutzeinrichtungen	Leitpfosten						Stk	
		Stationierungszeichen						Stk	
		Schutzeinrichtungen DSP						km	
		Schutzeinrichtungen ESP						km	
		Schutzeinrichtungen EDSP						km	
		Schutzeinrichtungen DDSP						km	
		Schutzeinrichtungen Super-Rail Eco						km	
		Schutzeinrichtungen Super-Rail						km	
		Schutzeinrichtungen (Beton)						km	
		Wildschutzzäune						km	
Amphibienleiteinrichtungen						km			

Tab. 30: Fragebogen zur Erfassung der Nutzungsdauern und der Ausstattungsquote von sonstigen Anlagen

Nr.	Anlagenteile/ Aggregate	Komponenten/ Art	Nutzungsdauern		Austauschgrund	Ausstattungsquote		Einheit		
			technisch	tatsächliche		(Gesamtsumme der vorhandenen Anlagenteile aus beiden Fahrtrichtungen)				
			Wie lange kann ein Gesamtaggregate höchstens durchschnittlich betrieben werden (in Jahren)	Nach wievielen Jahren erneuern Sie das Aggregat üblicherweise tatsächlich?		Warum tauschen Sie das Aggregat üblicherweise aus? (Z.B. Kompatibilität [K], Wirtschaftlichkeit [W])	Wert aus SIB. Falls nicht möglich: Schätzung		Vorschlag	eigene
							BAB	B		
2.3	Verkehrszeichen	Schilder < 1 m ²							Stk	
		Aufstellvorrichtung für Schilder < 1 m ²							Stk	
		Schilder > 1 m ² neben der Fahrbahn							Stk	
		Aufstellvorrichtung für Schilder > 1 m ² neben der Fahrbahn							Stk	
		Schilder > 1 m ² über der Fahrbahn							Stk	
		Verkehrszeichenbrücken							Stk	
		Markierungen – Schmalstrich (0,12/0,15) (Dispersionsfarbe)							km	
		Markierungen – Schmalstrich (0,12/0,15) (Heiß- und Kaltplastik ohne Agglomeratm.)							km	
		Markierungen – Schmalstrich (0,12/0,15) (Agglomeratmarkierung)							km	
		Markierungen – Schmalstrich (0,12/0,15) (Folie)							km	
		Markierungen – Breitstrich (0,25/0,30) (Dispersionsfarbe)							km	
		Markierungen – Breitstrich (0,25/0,30) (Heiß- und Kaltplastik ohne Agglomeratm.)							km	
		Markierungen – Breitstrich (0,25/0,30) (Agglomeratmarkierung)							km	
Markierungen – Breitstrich (0,25/0,30) (Folie)							km			
2.4	Lärmschutz- bauerwerke	Lärmschutzwände aus Beton bis 5 m							km	
		Lärmschutzwände aus Beton bis 10 m							km	
		Lärmschutzwände aus Kunststoff bis 5 m							km	
		Lärmschutzwände aus Kunststoff bis 10 m							km	
		Lärmschutzwände aus sonst. Baustoffen bis 5 m							km	
		Lärmschutzwände aus sonst. Baustoffen bis 10 m							km	
		Lärmschutzwälle bis 5 m							km	
		Lärmschutzwälle bis 10 m							km	

Tab. 31: Fragebogen zur Erfassung der Nutzungsdauern und der Ausstattungsquote von sonstigen Anlagen

5 Ergebnisse der Datenerhebung

Im Rahmen der bundesweiten Expertenbefragung wurden Verwaltungen bzw. Institutionen in allen 16 Bundesländern angeschrieben (Tabelle 32).

In den nachfolgenden Kapiteln werden die Ergebnisse der Erhebung dargelegt, die sich aus der Auswertung der zurückgesandten Fragebögen ergeben.

Der Rücklauf war jedoch eingeschränkt, lediglich aus 6 Bundesländern wurden teilausgefüllte Fragebögen geliefert. Als Grund für die mäßige Resonanz wurden auf Rückfrage von den Verantwortlichen Personalknappheit und nicht ausreichende Datengrundlagen angegeben. Insgesamt muss

Bundesland	Name der befragten Institution
Thüringen	Landesamt für Bau und Verkehr
Sachsen	ehem. Autobahnamt Sachsen
Brandenburg	Zentrale des Landesbetriebs Straßenwesen
Sachsen-Anhalt	Landesbetrieb Bau des Landes Sachsen-Anhalt
Niedersachsen	Zentrale Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr
Schleswig-Holstein	Zentrale des Landesbetrieb für Straßenbau und Verkehr
Mecklenburg-Vorpommern	Landesamt für Straßenbau und Verkehr
Baden-Württemberg	Regierungspräsidium Tübingen
	Regierungspräsidium Stuttgart
	Ministerium für Verkehr und Infrastruktur (Stuttgart)
	Stadt Stuttgart
Bayern	Oberste Baubehörde im Bayerischen Ministerium des Inneren
	Autobahndirektion Südbayern
Saarland	Landesbetrieb für Straßenbau
Rheinland-Pfalz	Landesbetrieb Mobilität
Hessen	Hessen Mobil
Nordrhein-Westfalen	Straßen.NRW Gelsenkirchen
Berlin	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt
Bremen	Amt für Straßenverkehrstechnik
Hamburg	Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer Hamburg

Tab. 32: Befragte Institutionen in den jeweiligen Bundesländern

konstatiert werden, dass aufgrund der Anzahl und Qualität der erhobenen Daten – beispielsweise teilweise nur einzelne Nennungen – nicht generell von einer repräsentativen Aussagekraft der Werte ausgegangen werden kann. Hierauf wird in den jeweiligen Kapiteln noch einmal explizit eingegangen.

5.1 Kostenansätze für Leistungen an den sonstigen Anlagenteilen

In diesem Kapitel werden die im Rahmen der Expertenbefragung erhobenen Kostensätze für die Erhaltung der sonstigen Anlagenteile dargelegt. Für einige Leistungen werden als Referenz zusätzlich Werte aus der Literatur hinzugezogen, die jeweils mit Quellenangabe kenntlich gemacht sind. Sie dienen – falls verfügbar – als Vergleich und ermöglichen damit, die Qualität der mittels der Fragebögen erhobenen Werte einzuschätzen und ggf. den Datenpool zu erweitern.

Bei der Angabe der Kosten für die Erneuerung, Unterhaltung und Instandsetzung wurde angestrebt, die Unterteilung der Aggregate und Anlagenteile in Einzelkomponenten möglichst detailliert beizubehalten. Die Ergebnisse der Umfrage ließen dies jedoch nicht immer zu, sodass einige Komponenten zusammengefasst werden mussten. Die Untergliederung in Bundesautobahnen und Bundesstraßen wurde hingegen durchgängig beibehalten.

Die Angabe der Kosten erfolgt in diesem Kapitel nach der in den Fragebögen vorgegebenen Systematik, d. h. getrennt nach den Leistungen der Unterhaltung und Instandsetzung (UI) und der Erneuerung. Für die aufgeführten UI-Leistungen werden – falls vorhanden die Nummern nach dem Leistungsheft des Straßenbetriebsdienstes auf Bundesfernstraßen angegeben.

Eine Zuordnung der Leistungen und der damit verbundenen Kosten zu den Arten von Erhaltungsmaßnahmen nach den Definitionen für die sonstigen Anlagenteile (siehe Kapitel 3.6.1) erfolgt auf der Grundlage der hier vorgestellten Ergebnisse und damit im folgenden Berichtsabschnitt.

Die Kosten für die Erneuerung eines Anlagenteils umfassen, soweit nicht anders angegeben, die Gesamtkosten, die sich aus den Material-, Personal-, Geräte- und Verkehrssicherungskosten zusammensetzen. Dabei zeigte sich jedoch, dass nicht in allen angegebenen Werten die Verkehrssicherung anteilmäßig umgelegt wurde. Auf entsprechende

Leistungen wird in den folgenden Kapiteln explizit verwiesen. Es werden jeweils die anhand der Befragung ermittelten minimalen, maximalen und arithmetisch gemittelten Kostensätze (in €/Einheit) für die jeweiligen Leistungen angegeben.

Auch in den Unterhaltungs- und Instandsetzungskosten sind z. T. keine Kosten für die Verkehrssicherung enthalten. Die Verkehrssicherungskosten werden nach dem Leistungsheft zwar erfasst, jedoch wieder herausgerechnet bzw. sie sind in den erhobenen Daten teilweise nicht enthalten. Dies geschieht aus Gründen der Vergleichbarkeit zwischen den verschiedenen Meistereien bzw. Bundesländern. Eine Angabe, ob Verkehrssicherungskosten in den dargestellten Kosten der unterschiedlichen Leistungen enthalten sind, findet sich in den jeweiligen Kapiteln. Für die erhobenen Kostensätze werden analog zur Erneuerung die jeweils ermittelten maximalen und minimalen Werte sowie das berechnete arithmetische Mittel angegeben.

Sowohl aus der Literatur als auch als Ergebnis der Umfrage wurden z. T. keine festen Kosten sondern Kostenspannen angegeben. Diese wurden bei der Berechnung der Minimal- und Maximalwerte sowie der Mittelwertbildung berücksichtigt. Entsprechen die Grenzen der Kostenspannen den Minima bzw. Maxima, wurden diese entsprechend direkt angegeben und gingen ansonsten als gemittelter Wert in die weitere Auswertung ein.

War es aufgrund der Datengrundlage möglich, einzelne Leistungen des Leistungsheftes weiter aufzugliedern, werden im Folgenden die Ergebnisse entsprechend detailliert angegeben.

Teilweise war es aufgrund der eingeschränkten Datengrundlage nicht möglich, Kostenwerte anzugeben. In anderen Fällen konnte nur ein einziger verwertbarer Datensatz eingeholt werden. Dieser wurde dann als Mittelwert ohne Angabe der jeweiligen minimalen und maximalen Werte eingetragen. Gleichermaßen wurde verfahren, wenn zwar mehrere Nennungen getätigt wurden, diese aber stets den gleichen Wert aufwiesen.

5.1.1 Auswertung der Befragung für die Anlagenteile der Entwässerung

5.1.1.1 Bankette, Böschungen und Mittel- bzw. Trennstreifen

In den folgenden Tabellen werden die erhobenen Daten für die Bankette, Böschungen und Mittel-

bzw. Trennstreifen zusammenfassend dargestellt. Einzelne Nennungen, die nicht plausibel erschienen oder im offensichtlichen Widerspruch zu anderen Angaben standen, wurden durch gezielte Rückfragen oder qualifizierte Annahmen abgeändert. In den Tabellen werden die tatsächlich erhobenen Werte in Klammer unter den angepassten Kostensätzen angegeben.

Erneuerungskosten und Nutzungsdauern

Die Erneuerungskosten sowie Nutzungsdauern für Bankette, Böschungen und Mittel- bzw. Trennstreifen wurden jeweils separat für Bundesstraßen und Bundesautobahnen ermittelt. Die verfügbare Datenbasis beschränkte sich sowohl in Bezug auf Bundesautobahnen als auch bei Bundesstraßen auf nur wenige Nennungen. Entsprechend sind die Werte aufgrund fehlender Vergleichsgrößen teilweise kritisch zu betrachten.

Die Ergebnisse der Umfrage in Bezug auf die Erneuerungskosten sowie die Nutzungsdauern sind in den Tabelle 33 bis Tabelle 35 dargestellt.

Die Kostendaten für die Erneuerungsleistungen wurden für Bankette pro Meter erhoben, wobei eine Regelbreite von 1,5 m zugrunde gelegt wurde, falls eine Angabe in €/m² getätigt wurde. Die Erneuerungskosten für Mittel- bzw. Trennstreifen wurden ebenfalls pro Meter erhoben, es wurde dabei eine durchschnittliche Breite von 4 m auf Bundesautobahnen und 3 m auf Bundesstraßen zugrunde gelegt, was auf dieselben Ursachen wie bei den Banketten zurückzuführen ist.

Für Böschungen wurden abweichend die Kosten pro Quadratmeter Böschungsfläche und nicht pro laufenden Meter erhoben.

Die Erneuerungskosten für Bankette wurden für Bundesautobahnen und Bundesstraßen einheitlich mit 10 €/m angegeben und erscheinen so zunächst nachvollziehbar. Allerdings ist kritisch zu hinterfragen, ob in den Werten die umgelegten Anteile für die Verkehrssicherung eingerechnet sind. Da diese bei Autobahnen höher ausfallen als auf Bundesstraßen, wäre es erwartungskonform, wenn die Erneuerungskosten auf Bundesautobahnen zumindest um diesen Anteil höher liegen würden. Zudem lässt sich der Wert für Bundesautobahnen aufgrund nur einer Nennung nicht abschließend validieren.

Bezüglich der optimalen Nutzungsdauer stimmen die Maximalwerte für Bundesautobahnen und Bun-

desstraßen mit 30 Jahren überein. Da nach den RStO eine Lebensdauer einer Straße von eben dieser Größe unterstellt wird, erscheint dieser Wert schlüssig, da spätestens beim Neubau der Straße auch die Bankette erneuert werden, diese also wie die Fahrbahn keine verbleibende Nutzungsdauer mehr aufweisen.

Die Minimalwerte für die optimale Nutzungsdauer liegen mit 20 Jahren (BAB) bzw. 10 Jahren (BA) deutlich unter dem maximalen Wert. Demzufolge scheint von einigen Befragten eine Erneuerung der Bankette im Zuge von Maßnahmen an der gebundenen Befestigung (beispielsweise einer Deckenerneuerung) als sinnvoll angesehen zu werden. Die Mittelwerte spiegeln diese Überlegungen entsprechend wider.

Die technische Nutzungsdauer an Banketten von Bundesautobahnen und Bundesstraßen liegen erwartungs- und definitionsgemäß über der optimalen Nutzungsdauer. Es wird davon ausgegangen, dass die Bankette maximal ca. 50 Jahre genutzt werden können, bevor sie durch die Beanspruchungen aus Verkehr und Klima soweit zerstört sind, dass sie ihre Funktion nicht mehr erfüllen können. Die minimale technische Nutzungsdauer von lediglich 15 Jahren erscheint hingegen zu niedrig. Dass während der Gesamtnutzungsdauer einer Straße von 30 Jahren einmal die Bankette erneuert werden, entspricht nicht den Erfahrungen aus der Praxis. Eine mittlere technische Nutzungsdauer von 30 Jahren erscheint nachvollziehbar, wenn auch tendenziell niedrig für eine unbefestigte Fläche.

Die tatsächliche Nutzungsdauer liegt niedriger als die technische Nutzungsdauer, was zu der Er-

kenntnis führt, dass Bankette zwar teilweise über die Lebensdauer einer Straße von 30 Jahren hinaus genutzt werden, jedoch nicht bis zu ihrem technischen Versagen. Vielmehr scheinen – wie auch der Minimalwert von 10 Jahren zeigt – Maßnahmen eher dann durchgeführt zu werden, wenn sich dies mit dem Erhaltungszyklus der restlichen Fahrbahnbefestigung vereinbaren lässt. Im Mittel werden die Bankette tatsächlich bereits nach rund 23 Jahren erneuert. Dies erscheint plausibel, da gegen Ende des „Lebenszyklus“ einer Straße oftmals umfangreichere Erhaltungsmaßnahmen an der Fahrbahn notwendig werden, im Zuge dessen auch die Bankette mit erneuert werden.

Die angegebenen Erneuerungskosten für Böschungen an Bundesautobahnen erschienen mit 10 €/m² als tendenziell zu niedrig. Deshalb wurde fernmündlich eine Rücksprache mit zuständigen Stellen vollzogen, um den Wert zu prüfen. Als Ergebnis wurde dieser auf 30 €/m² – entsprechend der mittleren Erneuerungskosten an Bundesstraßen – angehoben, was als plausibel angesehen wurde. Dabei ist allerdings kritisch anzumerken, dass die Spanne bei den Erneuerungskosten für Böschungen an Bundesstraßen von 10 bis 50 € sehr ausgeprägt ist. Eine mögliche Ursache kann in den verschiedenen geometrischen Randbedingungen (z. B. Länge und Neigung) der Böschung gefunden werden, die maßgeblich den Arbeits- und Geräteaufwand beeinflussen. Eine genauere Validierung der erhobenen Kosten war aufgrund der begrenzten Datengrundlage nicht realisierbar.

Die optimalen Nutzungsdauern der Böschungen liegen sowohl bei Bundesautobahnen als auch bei

Anlagenmerkmale	Bankette		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten an Bundesautobahnen [€/m]	–	–	10
Erneuerungskosten an Bundesstraßen [€/m]	10	10	10
optimale Nutzungsdauer an Bundesautobahnen [a]	20	30	25
optimale Nutzungsdauer an Bundesstraßen [a]	10	30	20 (18,75)
technische Nutzungsdauer [a]	15	50	30 (26,25)
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	10	40	22,5

Tab. 33: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von Banketten

Anlagenmerkmale	Böschungen		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten an Bundesautobahnen [€/m ²]	–	–	30 (10)
Erneuerungskosten an Bundesstraßen [€/m ²]	10	50	30
optimale Nutzungsdauer an Bundesautobahnen [a]	50	80	65
optimale Nutzungsdauer an Bundesstraßen [a]	30	50	45
technische Nutzungsdauer [a]	50	80	65
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	–	–	–

Tab. 34: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von Böschungen

Bundesstraßen mit 80 bzw. 50 Jahren deutlich über den Werten für die anschließenden Bankette. Selbst die Minimalwerte liegen mit 50 bzw. 30 Jahren über oder an der Gesamtnutzungsdauer einer Straße gemäß den RStO.

Die Werte lassen erkennen, dass die Böschungen offensichtlich nicht mit den Banketten gemeinsam erneuert werden. Vielmehr überdauern diese bei Bundesautobahnen mindestens einen „Lebenszyklus“ (30 Jahre) und werden weitgehend unabhängig von diesen erneuert.

Böschungen an Bundesstraßen müssen optimaler Weise früher erneuert werden als auf Bundesautobahnen. Dies ist nachvollziehbar, da diese aufgrund der höheren Beanspruchungen aus Verkehr und der oftmals vernachlässigten Unterhaltung schneller versagen. Laut den Befragten sollte eine Erneuerung frühestens nach 30 Jahren – also am Ende der Nutzungsdauer der Straßenbefestigung – bzw. im optimalen Fall maximal 20 Jahre danach durchgeführt werden.

Die technische Nutzungsdauer von Böschungen ist auf Bundesautobahnen identisch mit der optimalen Nutzungsdauer, d. h., eine Erneuerung findet hier im Idealfall zum Zeitpunkt des technischen Versagens statt. Dieser Zeitpunkt wird von den Befragten aber sehr unterschiedlich eingeschätzt und reicht von 50 bis 80 Jahre. Auf Bundesstraßen ergibt sich rein rechnerisch für die Böschungen hingegen eine Erneuerung schon vor dem technischen Versagen, nämlich nach 45 Jahren. Dies deckt sich mit der Einschätzung der Befragten zu den Nutzungsdauern der Bankette. Ursache hierfür können beispielsweise die häufigeren Unfälle mit entsprechenden Schäden sein.

Anlagenmerkmale	Mittel- und Trennstreifen		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten an Bundesautobahnen [€/m]	–	–	20
Erneuerungskosten an Bundesstraßen [€/m]	10	20	15
optimale Nutzungsdauer an Bundesautobahnen [a]	20	40	25
optimale Nutzungsdauer an Bundesstraßen [a]	10	40	25
technische Nutzungsdauer [a]	20	30	25
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	20	30	25

Tab. 35: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von Mittel- und Trennstreifen

Tatsächliche Nutzungsdauern von Böschungen konnten für keine Straßenkategorie erhoben werden.

Die Erneuerungskosten für Mittel- und Trennstreifen wurden mit 20 €/m benannt. Eine Überprüfung dieses Einzelwertes war nicht möglich, auch ein Abgleich mit den Kosten für Bundesstraßen erschien nicht zielführend. Die Erneuerungskosten für Bundesstraßen schwankten von 10 bis 20 €/m und resultieren in einem Mittelwert von 15 €/m.

Bei der Ermittlung von Nutzungsdauern stellte sich die Zusammenfassung von Mittel- und Trennstreifen nach der Systematik des Leistungsheftes für den Straßenbetriebsdienst als hinderlich heraus. Im Nachhinein kann nicht davon ausgegangen werden, dass beide Flächen die gleichen Nutzungsdauern bzw. Erneuerungszeitpunkte aufweisen. Dementsprechend ist es nur schwer zu entscheiden, welche Nutzungsdauer – egal ob optimal, technisch oder tatsächlich – welchem Anlagenteil zuzuordnen ist.

Festzustellen war jedoch, dass die technische und tatsächliche Nutzungsdauer übereinstimmen, so dass als Ergebnis der Umfrage festgehalten werden kann, dass eine Erneuerung offensichtlich erst bei technischem Versagen durchgeführt wird, was bezogen auf den Mittelwert auch den optimalen Zeitpunkt darstellt.

Ausstattungsquoten

Bei regelkonformen Straßenquerschnitten ist davon auszugehen, dass fast jede in Deutschland gebaute Bundesautobahn und übergeordnete Bundesstraße über Bankette verfügt. Wie aus den in Tabelle 36 dargestellten Ausstattungsquoten zu ersehen, stimmt diese Annahme mit den Ergebnissen der Befragung überein. Die Schwankungen der

Anlagenteil	Ausstattungsquote Einheit pro km	
	BAB	B
Bankette	0,97-1,07 km	1 km
Böschungen	1.100-6.200 m ²	6.100 m ²
Mittel- bzw. Trennstreifen	1 km* (1.650-1.710 m ²)	–
* begründete Annahme		

Tab. 36: Ausstattungsquote für Bankette, Böschungen und Mittel- bzw. Trennstreifen (Querschnitt Richtungsfahrbahn)

Ausstattungsquoten für Bundesautobahnen lassen sich dabei auf Ingenieurbauwerke und räumlich getrennte Fahrstreifen beispielsweise bei Zufahrten zurückführen.

Eine hinreichend genaue und weitestgehend allgemeingültige Aussage zur Ausstattungsquote von Böschungen zu treffen, ist kaum möglich. Vor allem bei den Angaben für Bundesautobahnen zeigt sich dies in den stark variierenden Werten. Ob und in welchem Ausmaß Böschungen an einer Straße notwendig werden, ist immer von der individuellen Lage und den vorherrschenden topografischen Randbedingungen abhängig. Angaben aus Bundesländern mit sehr bewegtem Gelände wie beispielsweise Süd-Bayern werden voraussichtlich völlig andere Ausstattungsquoten liefern als Nennungen aus dem norddeutschen Flachland. Dasselbe dürfte auch für Bundesstraßen gelten, konnte aufgrund der einzelnen Nennung jedoch nicht überprüft werden.

Für den Mittelstreifen kann bei Verwendung von Regelquerschnitten ebenfalls davon ausgegangen werden, dass alle Straßen mit baulich getrennten Richtungsfahrbahnen über einen solchen verfügen. Abgefragt wurde für die begrünten Mittel- und Trennstreifen die Fläche in Quadratmetern statt der Länge pro Kilometer Bundesautobahn. Dies geschah – wie auch für Böschungen – da sich die Leistungen des Betriebsdienstes wie z. B. Mahd auf diese Einheit beziehen. Unter der Annahme, dass ein durchschnittlicher begrünter Mittelstreifen an Bundesautobahnen rund 3,50 m breit ist, ergibt sich eine Ausstattungsquote auf Bundesautobahnen von etwa 50 %. Dies erscheint jedoch nicht plausibel, da auch die Flächen für die Trennstreifen mit in dem Anlagenteil enthalten sind, wären Ausstattungsquoten von über 100 % erwartungskonform. Worauf diese Abweichungen zurückzuführen sind, ließ sich aufgrund der eingeschränkten Datengrundlage nicht klären. Es kann vermutet werden, dass sich die Angaben nach dem Vorbild des Leistungsheftes auf die begrünte Fläche beziehen, die schmäler als der gesamte Mittelstreifen ist. Für Bundesautobahnen wird für Mittel- bzw. Trennstreifen deshalb näherungsweise eine Ausstattungsquote von 1 km pro km vorgeschlagen.

In welchem Umfang Mittelstreifen auch für die Bundesstraßen vorhanden sind, ließ sich aufgrund der nicht vorhandenen Daten nicht abschließend klären.

Häufigkeiten der Betriebsdienstleistungen und dessen Kosten

Die bei der Umfrage erhobenen Häufigkeiten und Kosten für Leistungen des Betriebsdienstes sind getrennt für Bundesautobahnen und Bundesstraßen in Tabelle 37 und Tabelle 38 zusammenfassend dargestellt. Die Einteilung der Leistungen orientiert sich an dem Leistungsheft für den Straßenbetriebsdienst an Bundesfernstraßen, sodass die Differenzierung nach Banketten, Mittel- bzw. Trennstreifen nicht durchgängig beibehalten wurde (vgl. Leistung 1.04 „Schäden an unbefestigten Flächen beseitigen“). Eine detailliertere Aufgliederung war den befragten Verantwortlichen nicht möglich, weshalb generell das Ordnungsschema des Leistungsheftes beibehalten wurde.

Wie aus den Tabellen zu erkennen ist, weisen die angegebenen Häufigkeiten besonders für die Leistungen 1.04, 1.09 und 2.10 extreme Spannweiten auf, die Mittelwerte dieser Positionen besitzen entsprechend kaum eine Aussagekraft. Eine mögliche Ursache liegt in der Herkunft der Daten begründet. Auf Rückfrage gaben einige Verantwortliche zurück, dass sich ihre Daten auf deutschlandweite Mittelwerte beziehen, während andere Befragte Erfahrungswerte aus bestimmten Straßenmeistereien angaben, deren Erhaltungsstrategie stark von den vorherrschenden, regionalen Randbedingungen geprägt werden. Ein Vergleich bzw. eine Validierung der Werte ist deshalb mit der bestehenden Datengrundlage nicht möglich.

Auch die angegebenen Kosten für Leistungen des Betriebsdienstes an Banketten, Böschungen und Mittel- bzw. Trennstreifen variierten teilweise unverhältnismäßig. Bei Bundesautobahnen betraf dies besonders die Positionen 1.04, 1.09, 2.01, 2.04 und 2.11. Bei letzterer schwankten die angegebenen Kosten von 105 bis 2.000 €, was einer relativen Abweichung von rund 1.900 % entspricht. Auch wenn sich die Ursachen hierfür aufgrund der begrenzten Datenverfügbarkeit nicht hinreichend genau definieren lassen, kann nach Rücksprache mit den Verantwortlichen vermutet werden, dass ebenfalls die Herkunft der Daten (bundesweite Mittelwerte oder Werte einer einzelnen Straßenmeisterei) zu stark abweichenden Ergebnissen führen. Gleichzeitig wurde angemerkt, dass die Verteilung von Gemeinkosten auf die einzelnen Leistungen nicht bundeseinheitlich vollzogen wird. In einigen Bundesländern werden beispielsweise die anfallenden Kosten für die Unterhaltung der

IT-Infrastruktur auf die einzelnen Positionen des Betriebsdiensts umgelegt, andernorts geschieht dies nicht.

In Bezug auf die Bundesstraßen gilt entsprechendes für die Positionen 1.04, 1.09, 2.01 und 2.11.

Aufgrund der oben genannten Restriktionen sind die Ergebnisse – sowohl für die Häufigkeiten als auch die Kosten für den Betriebsdienst – beim Vergleich von Bundesautobahnen und Bundesstraßen nicht immer nachvollziehbar. Im Mittel wird beispielsweise die Leistung 2.01 „Bankette an Fahr-

Anlagenteile/ Aggregate	Nummer nach Leistungsheft	Bezeichnung der Leistungen	Einheit	Häufigkeit der Leistung an Bundesautobahnen pro Jahr und Einheit			Einheit	Kosten der Leistungen einer Maßnahme an Bundesautobahnen in € pro Einheit		
				min.	max.	Mittelwert		min.	max.	Mittelwert
Bankette/Böschungen und Mittel- bzw. Trennstreifen	1.04	Schäden an unbefestigten Flächen beseitigen	Stk./1.000 m ²	0,10	10,00	3,30	Stk.	4,00	112,00	60,00
	1.09	Mängel an unbefestigten Seiten-, Mittel- und Trennstreifen beseitigen	Stk./km	0,10	10,00	2,70	Stk.	4,00	112,00	40,00
	2.01	Bankette an Fahrbahnen mähen	km	2,00	3,00	2,30	km	40,00	108,00	68,00
	2.03	Mittel- und Trennstreifen zwischen Fahrbahnen mähen	km	2,00	2,00	2,00	km	90,00	108,00	68,00
	2.04	Sichtfelder im Bereich von Knotenpunkten mähen	m ²	2,00	2,30	2,10	m ²	0,05	0,15	0,06
	2.10	Gehölze im Straßenrandbereich zurückschneiden	km	0,20	1,00	0,50	km	500,00	713,00	607,00
	2.11	Gehölze im Mittel- und Trennstreifen zwischen Fahrbahnen zurückschneiden	km	0,40	0,50	0,50	km	105,00	2.000,00	1.183,00
		Substanzerhaltende Maßnahmen an unbefestigten Flächen	m ²	-	-	-	m ²	9,00	15,00	12,00
		unbefestigte Seiten-, Mittel- und Trennstreifen reprofiliert	m ²	-	-	-	m ²	-	-	5,00

Tab. 37: Häufigkeiten und Kosten des Betriebsdienstes für Bankette, Böschungen und Mittel- bzw. Trennstreifen (Bundesautobahnen)

Anlagenteile/ Aggregate	Nummer nach Leistungsheft	Bezeichnung der Leistungen	Einheit	Häufigkeit der Leistung an Bundesstraßen pro Jahr und Einheit			Einheit	Kosten der Leistungen einer Maßnahme an Bundesstraßen in € pro Einheit		
				min.	max.	Mittelwert		min.	max.	Mittelwert
Bankette/Böschungen und Mittel- bzw. Trennstreifen	1.04	Schäden an unbefestigten Flächen beseitigen	Stk./1.000 m ²	0,10	10,00	2,70	Stk.	4,00	28,00	16,00
	1.09	Mängel an unbefestigten Seiten-, Mittel- und Trennstreifen beseitigen	Stk./km	0,10	10,00	2,70	Stk.	3,50	4,00	3,70
	2.01	Bankette an Fahrbahnen mähen	km	2,00	10,00	4,30	km	40,00	360,00	200,00
	2.03	Mittel- und Trennstreifen zwischen Fahrbahnen mähen	km	2,00	2,00	2,00	km	-	-	130,00
	2.04	Sichtfelder im Bereich von Knotenpunkten mähen	m ²	2,00	2,80	2,30	m ²	-	-	0,10
	2.10	Gehölze im Straßenrandbereich zurückschneiden	km	0,20	10,00	2,80	km	475,00	500,00	487,50
	2.11	Gehölze im Mittel- und Trennstreifen zwischen Fahrbahnen zurückschneiden	km	0,20	0,50	0,40	km	-	-	170,70
		Substanzerhaltende Maßnahmen an unbefestigten Flächen	m ²	-	-	-	m ²	-	-	3,40
		unbefestigte Seiten-, Mittel- und Trennstreifen reprofiliert	m ²	-	-	-	m ²	-	-	-

Tab. 38: Häufigkeiten und Kosten des Betriebsdienstes für Bankette, Böschungen und Mittel- bzw. Trennstreifen (Bundesstraßen)

bahnen mähen“ laut der Umfrage an Bundesstraßen fast doppelt so häufig durchgeführt wie an Bundesautobahnen. Vor dem Hintergrund der höheren Verkehrsbedeutung von Bundesautobahnen und den Erkenntnissen aus der Praxis erscheint dies nicht plausibel. Dasselbe gilt auch für die Kosten dieser Leistung. Diese sind gemäß der Umfrage auf Bundesstraßen deutlich höher als auf Bundesautobahnen. Schon aufgrund der höheren Verkehrssicherungskosten auf Autobahnen wären hier höhere Kosten erwartungskonform.

Um einen repräsentativen und bundesweit gültigen Schnitt der Häufigkeiten und Kosten für den Betriebsdienst an Banketten, Böschungen und Mittel- bzw. Trennstreifen zu gewährleisten, reicht die vorhandene Datengrundlage nicht aus. Hierzu sind flächendeckend weitere Erhebungen notwendig.

5.1.1.2 Offene Entwässerung

In den folgenden Tabellen werden die erhobenen Daten für die Anlagenteile der offenen Entwässerung zusammenfassend dargestellt. Einzelne Nennungen, die nicht plausibel erschienen oder im offensichtlichen Widerspruch zu anderen Angaben standen, wurden durch gezielte Rückfragen oder qualifizierte Annahmen abgeändert. In den Tabellen werden die tatsächlich erhobenen Werte in Klammern unter den angepassten Kostensätzen angegeben.

Erneuerungskosten und Nutzungsdauern

Die Erneuerungskosten sowie Nutzungsdauern für die Anlagenteile der offenen Entwässerung wurden jeweils separat für Bundesstraßen und Bundesautobahnen ermittelt. Die Ergebnisse der Umfrage in Bezug auf die Erneuerungskosten sowie die Nutzungsdauern sind in Tabelle 39 bis Tabelle 41 dargestellt. Aufgrund der Datenverfügbarkeit wurden die beiden Anlagenteile Gräben und Mulden – getrennt nach befestigt und unbefestigt – jeweils gemeinsam ausgewertet und in einer Tabelle angegeben. Da die ermittelten Werte nahezu identisch waren, ist diese Verallgemeinerung zulässig.

Für die Erneuerungskosten von unbefestigten Mulden und Gräben an Bundesautobahnen konnte nur ein Wert erhoben werden, der mit 10 €/m² mit den Nennungen (insgesamt 2) für Bundesstraßen übereinstimmt, jedoch nicht direkt validiert werden kann. Dass die Erneuerungskosten beider Straßenkategorien übereinstimmen, unterstellt, dass die für die

Maßnahme erforderlichen Verkehrssicherungskosten an Bundesautobahnen und Bundesstraßen nicht unterschiedlich hoch ausfallen. Das höhere Sicherheitsbedürfnis auf Arbeitsstellen an Autobahnen ließe auch höhere Kosten als auf Bundesstraßen erklären.

Die optimalen Nutzungsdauern von unbefestigten Mulden und Gräben stimmen bei Bundesautobahnen und Bundesstraßen überein und reichen von 10 bis maximal 30 Jahre. Damit sehen die Verantwortlichen den optimalen Zeitpunkt für eine Erneuerung einerseits am Ende der angestrebten Nutzungsdauern einer Straßenbefestigung gemäß den RStO, andererseits bereits wesentlich früher. Mit Blick auf die minimale technische Nutzungsdauer von ebenfalls 10 Jahren, kann also nach Ansicht der Befragten auch ein frühzeitig auftretender Funktionsverlust (Erosion etc.) einen optimalen Eingriffzeitpunkt – lange vor Ende der Lebensdauer der eigentlichen Straßenkonstruktion – diktieren.

Aufgrund der unterschiedlichen Anzahl an verfügbaren Daten ergab sich im Mittel eine niedrigere technische als optimale Nutzungsdauer. Die Befragten scheinen demnach der Ansicht zu sein, dass für die Anlagenteile eine technische Nutzungsdauer von 20 Jahren wünschenswert wäre, diese jedoch offensichtlich nicht generell erreicht wird.

Die minimale tatsächliche Nutzungsdauer liegt mit 15 Jahren höher als die entsprechende optimale und technische Nutzungsdauer. Dies lässt vermuten, dass unbefestigte Mulden und Gräben bei frühzeitigem, technischem Versagen nicht unmittelbar,

Anlagenmerkmale	unbefestigte Mulden und Gräben		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten an Bundesautobahnen [€/m ²]	–	–	10
Erneuerungskosten an Bundesstraßen [€/m ²]	10	10	10
optimale Nutzungsdauer an Bundesautobahnen [a]	10	30	20
optimale Nutzungsdauer an Bundesstraßen [a]	10	30	20
technische Nutzungsdauer [a]	10	25	20 (17,5)
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	15	25	20

Tab. 39: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von unbefestigten Mulden und Gräben

sondern vermutlich erst im Zuge der nächsten umfangreicheren Erhaltungsmaßnahme erneuert werden. Die maximale tatsächliche Nutzungsdauer hingegen liegt mit 25 Jahren unter der optimalen Nutzungsdauer und deckt sich mit der technischen Nutzungsdauer. Man kann hieraus schließen, dass unbefestigte Gräben und Mulden in einigen Fällen schon vor der angestrebten Gesamtlebensdauer einer Straße – vermutlich im Rahmen einer vorgezogenen umfangreichen Erneuerungsmaßnahme des Oberbaus – erneuert werden. Im Mittel deckt sich die tatsächliche Nutzungsdauer jedoch mit dem optimalen Eingreifzeitpunkt.

Die Schwankungen bei den Nutzungsdauern sind nachvollziehbar. Die individuellen Erhaltungs- und Unterhaltungsstrategien der Verantwortlichen sowie die vorherrschenden hydrologischen Verhältnisse haben großen Einfluss auf die Werte. Die hydrologischen Gegebenheiten bestimmen neben den Abmessungen der Entwässerungseinrichtung auch das Maß an Erosion bzw. „Abnutzung“ der Aggregate und limitieren die Nutzungsdauern bzw. diktieren die Zeitpunkte notwendiger Maßnahmen.

Für befestigte Mulden und Gräben war die verfügbare Datengrundlage sehr eingeschränkt. Zudem zeigte sich ein großer Unterschied bei den Erneuerungskosten im Vergleich zwischen Bundesautobahnen und Bundesstraßen, wobei kritisch anzumerken ist, dass beide Größen auf einer einzelnen Nennung basieren und deshalb nicht validiert werden können.

Die Erneuerungskosten für befestigte Mulden und Gräben liegen sowohl für Bundesautobahnen als auch Bundesstraßen deutlich höher als für entspre-

chende unbefestigte Anlagenteile. Dies ist erwartungskonform, da eine befestigte Sohle – beispielsweise aus Betonfertigteilen – deutlich kostenintensiver als ein reines und technisch einfaches Erdbauwerk ist. Auffällig bei den befestigten Mulden und Gräben ist, dass die Erneuerungskosten auf Bundesautobahnen mit 200 €/m² deutlich höher ausfallen als auf Bundesstraßen. Gründe hierfür werden wahrscheinlich die deutlich größeren abzuführenden Wassermengen und damit Einrichtungen sowie deren Ausführungsart (z. B. Betonfertigteile) sein.

Als optimale Nutzungsdauern wurden bei der Umfrage Werte von 20 bis 50 Jahren bei Bundesautobahnen angegeben. Hieraus lässt sich erkennen, dass bei dieser Straßenkategorie die befestigten Gräben und Rinnen im Idealfall deutlich später erneuert werden als ihre unbefestigten Gegenstücke. Dies ist plausibel, da beispielsweise Betonfertigteile bei ordnungsgemäßer Herstellung eine geringere Anfälligkeit gegen äußere Einflüsse wie Erosion aufweisen. Auffällig ist allerdings, dass der resultierende Mittelwert der optimalen Nutzungsdauer von 35 Jahren deutlich über der angegebenen technischen Nutzungsdauer von 20 Jahren liegt. Dieser zunächst als Widerspruch erscheinende Sachverhalt spiegelt offensichtlich die Auffassung der Befragten wider, dass entsprechend der optimalen auch eine technische Nutzungsdauer von 35 Jahren wünschenswert wäre, diese sich aber nicht realisieren lässt. Geht man davon aus, dass die Angaben für die technische Nutzungsdauer hinreichend plausibel sind, würde in diesem Fall die optimale Nutzungsdauer einen fiktiven Wert darstellen, der sich nicht realisieren lässt.

Anlagenmerkmale	befestigte Mulden und Gräben		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten an Bundesautobahnen [€/m ²]	–	–	200
Erneuerungskosten an Bundesstraßen [€/m ²]	–	–	50
optimale Nutzungsdauer an Bundesautobahnen [a]	20	50	35
optimale Nutzungsdauer an Bundesstraßen [a]	–	–	30 (20-30)
technische Nutzungsdauer [a]	20	20	20
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	10	30	20

Tab. 40: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von befestigten Mulden und Gräben

Die aus der Umfrage gewonnene tatsächliche Nutzungsdauer orientiert sich deshalb stärker an dem Zeitpunkt des technischen Versagens als an dem optimalen Eingreifzeitpunkt. Der Maximalwert und damit auch der Mittelwert liegen zwar leicht über der technischen Nutzungsdauer, dies ist aber vermutlich dem Umstand geschuldet, dass beispielsweise aufgrund von finanziellen Restriktionen nicht unmittelbar beim technischen Versagen eines Anlagenteils dieses auch erneuert werden kann.

Die Erneuerungskosten von offenen Rinnen liegen nach den bei Ämtern erfragten Angaben mit 40 €/m auf Bundesstraßen viermal so hoch wie auf Bundesautobahnen. Die geringeren Kosten auf Bundesstraßen können auf mehrere mögliche Ursachen zurückgeführt werden. Die kurvenreichere

Linienführung erschwert den maschinellen Einbau, da beispielsweise mehr Zeit zum Anbringen des Leitdrahts benötigt wird. Andererseits kommen auf Bundesstraßen nur partiell Bordsteine oder Mittelstreifen und damit die Möglichkeit einer offenen Rinne zum Einsatz, sodass bei Erneuerungsmaßnahmen generell von deutlich kleineren Loslängen als auf Autobahnen ausgegangen werden kann. Beide Aspekte bewirken einen höheren Gesamtpreis. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass – wie bereits mehrfach erwähnt – die Verkehrssicherungskosten an Bundesautobahnen höher sind, konnte aufgrund der einzelnen Nennung nicht geklärt werden, ob die erhobenen Kostenunterschiede repräsentativ sind. Ergebnisse aus dem FE 29.196 „Aktualisierung der Kostendaten“ ergaben Erneuerungskosten für offene Rinnen in Gussasphaltbauweise von rund 10 €/m ohne Verkehrssicherungskosten, sowohl für Bundesautobahnen als auch Bundesstraßen. Dieser Wert kann deshalb als realitätsnahe Größe angesehen werden. Die Kostensätze für offene Rinnen wurden inklusive der Verkehrssicherungskosten deshalb in Tabelle 41 auf 20 €/m sowohl für Bundesautobahnen als auch für Bundesstraße gesetzt.

Die optimale Nutzungsdauer bei Bundesautobahnen wies eine Spanne von 20 bis 50 Jahren und damit einen Mittelwert von 35 Jahren auf. Die Angaben decken sich – auch für Bundesstraßen – mit den Werten der befestigten Mulden und Gräben. Ebenso stimmen die technischen Nutzungsdauern überein, woraus man in gleicher Weise entsprechende Schlüsse ziehen kann.

Die tatsächlichen Nutzungsdauern wurden mit 20 bis 25 Jahren angegeben. Demnach werden auch

Anlagenmerkmale	offene Rinnen		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten an Bundesautobahnen [€/m]	–	–	(10) 20
Erneuerungskosten an Bundesstraßen [€/m]	–	–	(40) 20
optimale Nutzungsdauer an Bundesautobahnen [a]	20	50	35
optimale Nutzungsdauer an Bundesstraßen [a]	–	–	30 (20-30)
technische Nutzungsdauer [a]	20	20	20
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	20	25	23

Tab. 41: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von offenen Rinnen

offenen Rinnen lange vor dem optimalen Zeitpunkt erneuert, was auf die ebenfalls niedrigere technische Nutzungsdauer zurückzuführen ist. Im Mittel wird tatsächlich eine Erneuerung rund 3 Jahre nach dem technischen Versagen des Anlagenteils durchgeführt.

Ausstattungsquoten

Als Ergebnis der bundesweiten Befragung lagen – mit Ausnahme der befestigten Mulden an Bundesstraßen – für alle Anlagenteile der offenen Entwässerung Ausstattungsquoten vor. Dabei ist jedoch kritisch anzumerken, dass Daten hierzu sehr selten existieren und somit nur eine einzelne Institution Angaben zur Ausstattungsquote von Bundesstraßen machte. Die zur Verfügung gestellten Daten konnten für die Ausstattungsquote eine vollständige Unterteilung in Gräben und Mulden liefern. Die Datenbasis stützt sich jedoch nur auf die in diesem Gebiet vorherrschenden Randbedingungen. Eine Vorlage dieser Verteilung bei anderen Ämtern erbrachte die Erkenntnis, dass die in Tabelle 42 zusammengefassten Daten nicht verallgemeinert werden dürfen. Eine Konkretisierung für die Netze der befragten Ämter konnte aber leider nicht erbracht werden.

Auch wenn die Ausstattungsquote für Mulden mit befestigter Sohle starken Schwankungen unterliegt, scheinen sie im damit beschriebenen Netz nur eine untergeordnete Bedeutung zu haben. Maximal rund 52 m pro Kilometer Strecke sind mit entsprechenden Entwässerungseinrichtungen ausgestattet. Dies entspricht lediglich einem relativen Anteil von etwa 5,2 % bezogen auf den gesamten Querschnitt und bei gleicher Verteilung rund 2,6 % pro Richtungsfahrbahn. Für Bundesstraßen liegen nach der Befragung keine verwertbaren Ergebnisse vor.

Anlagenteil	Ausstattungsquote Einheit pro km	
	BAB	B
Mulden mit unbefestigter Sohle	68,4-267,24 m	3,1 m
Mulden mit befestigter Sohle	0,9-51,72 m	–
Gräben mit unbefestigter Sohle	213,7-804,6 m	606,6 m
Gräben mit befestigter Sohle	0,43-10,34 m	9,64 m
Rinnen	179,3-427,3 m	113,69 m

Tab. 42: Ausstattungsquote für Anlagenteile der offenen Entwässerung (Gesamtquerschnitt)

Auch für Mulden mit unbefestigter Sohle weist die Ausstattungsquote eine hohe Spanne auf, für Bundesautobahnen liegen die Werte – erwartungskonform – deutlich höher als die der Mulden mit befestigter Sohle. Demnach sind maximal rund 270 m pro Kilometer Strecke bezogen auf den Gesamtquerschnitt mit unbefestigten Mulden ausgestattet. Das ergibt einen prozentualen Anteil von rund 27 % bezogen auf den Gesamtquerschnitt, bei gleicher Verteilung demnach rund 13,5 % pro Richtungsfahrbahn. Für Bundesstraßen wurde von den Befragten eine Ausstattungsquote für Mulden mit unbefestigter Sohle von 3,1 m pro Kilometer Strecke angegeben, was bezogen auf den Gesamtquerschnitt lediglich einen Wert von rund 0,31 % ausmacht. Auch wenn auf Bundesstraßen verstärkt ausschließlich über das Bankett und die ggf. angrenzende Böschung entwässert wird, erscheint dieser Wert sehr niedrig und sollte validiert werden.

Gräben mit befestigter Sohle weisen auf Bundesautobahnen mit maximal rund 10 m pro km Strecke (entspricht 1 % bezogen auf den gesamten Querschnitt) die geringste Ausstattungsquote auf. Auch wenn die Schwankungen in den Angaben sehr ausgeprägt sind, scheint die Relevanz dieser Anlagenaggregate – zumindest aufgrund der Ergebnisse dieser Umfrage – zweifelhaft. Ähnliches gilt für die ebenfalls sehr niedrige Ausstattungsquote von rund 10 m pro km Strecke auf Bundesstraßen.

Auffällig bei der Auswertung der Befragung war die hohe Ausstattungsquote für Gräben mit unbefestigter Sohle, sowohl auf Bundesstraßen als auch auf Bundesautobahnen. Auf Bundesautobahnen sind demnach rund 800 m pro km Strecke (entspricht rund 80 % bezogen auf den Gesamtquerschnitt) und Bundesautobahnen mit etwa 600 m pro km Strecke (entspricht rund 60 %) mit unbefestigten Gräben ausgestattet. Nach Rücksprache mit Verantwortlichen aus den Bundesländern Niedersachsen und Sachsen-Anhalt konnte diese Tendenz als realistischer Wert bestätigt werden. Trotzdem scheint diesen Angaben keine bundesweite Gültigkeit innezuwohnen. Bundesländer mit begrenzten Platzverhältnissen (beispielsweise das Ruhrgebiet in NRW) zeigen eine stärkere Fassung des Wassers in geschlossenen Systemen. Die Umfrage zeigte jedoch auch, dass genaue Angaben nur sehr schwer zu erhalten sind, da die Verantwortlichen nach eigener Aussage oftmals die Ausstattungsquoten ihres Netzes nicht detailliert kennen, da diese nie vollständig erhoben wurden.

Auch Rinnen weisen auf Bundesautobahnen mit 180 bis 430 m pro Kilometer Strecke eine verhältnismäßig hohe Ausstattungsquote auf, was mit der oftmals vollzogenen Entwässerung am Mittelstreifen über beispielsweise Gussasphaltrinnen zu begründen ist. In vielen Fällen reicht bei einer Entwässerung über den Mittelstreifen dessen Versicherungsrate nicht aus, um das Wasser sicher abzuführen. Auf Bundesstraßen liegt die Ausstattungsquote wie erwartet deutlich niedriger, was u. a. auf das nicht Vorhandensein von Mittelstreifen bzw. Borden über die gesamte Streckenlänge begründet liegt.

Pro Richtungsfahrbahn liegt die Ausstattungsquote für offene Entwässerungseinrichtungen gemäß der vorliegenden Erhebung bei 230 m/km bis 781 m/km bezogen auf Bundesautobahnen und rund 367 m/km an Bundesstraßen. Da die Verteilung und Wahlgeeigneter Entwässerungsformen jedoch stark von den vorherrschenden hydraulischen Bedingungen und den geographischen Gegebenheiten geprägt wird, ist für ein Asset-Management eine regionale Unterteilung sinnvoll bzw. notwendig, da sich kein allgemeingültiger Ansatz aufstellen lässt. Dies gilt sowohl im Hinblick auf die offene als auch die geschlossenen Entwässerungseinrichtungen.

Häufigkeiten der Betriebsdienstleistungen und dessen Kosten

Die bei der Umfrage erhobenen Häufigkeiten und Kosten für Leistungen des Betriebsdienstes sind getrennt für Bundesautobahnen und Bundesstraßen in Tabelle 43 und Tabelle 44 zusammenfassend dargestellt. Die Einteilung der Leistungen orientiert sich an dem Leistungsheft für den Straßenbetriebsdienst an Bundesfernstraßen. Um dessen Systematik beizubehalten, wurden ebenfalls Straßenabläufe und Schächte mit aufgenommen, die im Weiteren – beispielsweise bezüglich der Erneuerungskosten – unter Kapitel 3.2.1 „Geschlossene Entwässerung“ geführt werden. Eine Unterteilung nach Gräben und Mulden ließ sich zudem nicht beibehalten (vgl. Leistung 1.08 „Mängel an unbefestigten Gräben und Mulden beseitigen“).

Bei den Häufigkeiten der Leistungen des Betriebsdienstes treten teilweise sehr hohe Spannweiten auf. Dies gilt vor allem für die Leistungen 1.07, 1.08 und 4.10 auf Bundesautobahnen und 1.07 und 1.08 auf Bundesstraßen. Auch hier spiegelt sich die regional stark unterschiedliche Ausstattungsquote für

Anlagenteile/ Aggregate	Nummer nach Leistungs- heft	Bezeichnung der Leistungen	Einheit	Häufigkeit der Leistung an Bundesautobahnen pro Jahr und Einheit			Einheit	Kosten der Leistungen einer Maßnahme an Bundesautobahnen in € pro Einheit		
				min.	max.	Mittel- wert		min.	max.	Mittel- wert
offene Entwässerung	1.07	Schäden an Straßenrinnen und befestigten Straßengräben beseitigen	m/km	0,05	0,80	0,55	m	2,00	35,00	18,50
	1.08	Mängel an unbefestigten Gräben und Mulden beseitigen	Stk./km	0,10	13,00	4,40	Stk.	-	-	133,00
	1.11	Schäden an Straßenabläufen und Schächten beseitigen	Stk./km	0,01	0,02	0,01	Stk.	145,00	428,00	291,00
	4.09	Straßenabläufe reinigen	Stk./km	1,00	2,00	1,60	Stk.	7,00	12,00	9,00
	4.10	Schächte reinigen	Stk./km	0,20	2,00	0,70	Stk.	12,75	70,00	33,50
	2.05	Straßenmulden und Entwässerungsgräben mähen	km	1,00	1,20	1,10	km	-	-	136,00
	4.07	befestigte Straßenmulden und -gräben sowie Böschungsrinnen reinigen	km	0,50	2,00	1,00	km	300,00	850,00	578,00
		substanzerhaltende Maßnahmen an Entwässerungseinrichtungen	Stk./km	-	-	-	Stk.	-	-	-
		unbefestigte Gräben und Mulden reprofiliert	m/km	-	-	-	m	-	-	-

Tab. 43: Häufigkeiten und Kosten des Betriebsdienstes für Anlagenteile der offenen Entwässerung (Bundesautobahnen)

Anlagenteile/ Aggregate	Nummer nach Leistungs- heft	Bezeichnung der Leistungen	Einheit	Häufigkeit der Leistung an Bundesstraßen pro Jahr und Einheit			Einheit	Kosten der Leistungen einer Maßnahme an Bundesstraßen in € pro Einheit		
				min.	max.	Mittel- wert		min.	max.	Mittel- wert
offene Entwässerung	1.07	Schäden an Straßenrinnen und befestigten Straßengräben beseitigen	m/km	0,02	0,80	0,31	m	9,00	20,00	14,50
	1.08	Mängel an unbefestigten Gräben und Mulden beseitigen	Stk./km	0,01	0,15	0,09	Stk.	-	-	-
	1.11	Schäden an Straßenabläufen und Schächten beseitigen	Stk./km	0,01	0,01	0,01	Stk.	275,00	342,00	309,00
	4.09	Straßenabläufe reinigen	Stk./km	1,00	2,00	1,33	Stk.	5,78	7,50	7,50
	4.10	Schächte reinigen	Stk./km	0,20	0,25	0,22	Stk.	18,87	70,00	44,00
	2.05	Straßenmulden und Entwässerungsgräben mähen	km	1,00	1,00	1,00	km	-	-	45,00
	4.07	befestigte Straßenmulden und -gräben sowie Böschungsrinnen reinigen	km	0,50	1,00	0,83	km	445,00	3.000,00	1.723,00
		substanzerhaltende Maßnahmen an Entwässerungseinrichtungen	Stk./km	-	-	-	Stk.	-	-	-
		unbefestigte Gräben und Mulden reprofiliert	m/km	-	-	-	m	-	-	-

Tab. 44: Häufigkeiten und Kosten des Betriebsdienstes für Anlagenteile der offenen Entwässerung (Bundesstraßen)

offene Entwässerungseinrichtungen wider. Besitzen beispielsweise unbefestigte Gräben und Mulden in einem Bundesland nur eine untergeordnete Rolle für die Straßenentwässerung, weisen diese auch nur einen niedrigen Stellenwert im Unterhaltungsmanagement auf und entsprechend selten

werden Maßnahmen durchgeführt. Eine regionale Zuordnung der jeweiligen Häufigkeiten zu einer Region bzw. Bundeland ist aufgrund der begrenzten Datenverfügbarkeit nicht möglich, wie eine Regionalisierung der Ausstattungsquote jedoch offensichtlich notwendig für ein Asset-Management.

Auch die angegebenen Kosten für Leistungen des Betriebsdienstes an offenen Entwässerungseinrichtungen schwanken teilweise erheblich. Bei Bundesautobahnen ist dies besonders bei den Leistungen 1.07, 1.11, 4.10 und 4.07 der Fall. Für Bundesstraßen gilt selbiges für die Leistungen 4.10 und besonders 4.07. Die möglichen Ursachen für die ausgeprägten Kostenspannen sind zahlreich. Beispielsweise wurde die Leistung 1.08 „Mängel an unbefestigten Gräben und Mulden beseitigen“ in der Einheit Stk./km abgefragt, was aber auch nach Rückfrage keine Aussage darüber erlaubt, welche Art von Schaden in welchem Umfang Grundlage der angegebenen Werte ist. Dies gilt sinngemäß auch für die Leistung 1.11 „Schäden an Straßenabläufen und Schächten beseitigen“. Weiterhin wird gemäß dem Leistungsheft nicht näher zwischen verschiedenen Materialien, Größen und Formen – beispielsweise für Abläufe oder Schächte – unterschieden, was aber voraussichtlich einen deutlichen Einfluss auf die Unterhaltungskosten hat.

5.1.1.3 Geschlossene Entwässerung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der bundesweiten Befragung für die Anlagenteile der geschlossenen Entwässerung dargelegt. Einzelnen Nennungen, die nicht plausibel erschienen oder im offensichtlichen Widerspruch zu anderen Angaben standen, wurden durch gezielte Rückfragen oder qualifizierte Annahmen abgeändert. In den Tabellen werden die tatsächlich erhobenen Werte in Klammern unter den angepassten Kostensätzen angegeben.

Erneuerungskosten und Nutzungsdauern

Die Erneuerungskosten sowie Nutzungsdauern für die Anlagenteile der geschlossenen Entwässerung wurden jeweils separat für Bundesstraßen und Bundesautobahnen ermittelt. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 45 bis 47 dargestellt.

Bezüglich der Erneuerungskosten für geschlossene Rinnen zeigt sich ein geteiltes Bild. Bei Bundesautobahnen liegen die aus der Umfrage gewonnenen Werte mit 200 €/m bis 250 €/m in einer vergleichbaren und nach erster Einschätzung realistischen Größenordnung. Bei Bundesstraßen wurde von den Befragten hingegen ein Minimalwert von 40 €/m angegeben, während die maximalen Erneuerungskosten weiterhin bei 200 €/m liegen. Zwar erscheinen niedrigere Kosten an Bundesstraßen zunächst plausibel, dass diese auf einen Meter bezogen 160 € ausma-

chen, ist in dieser Größenordnung jedoch nicht nachvollziehbar. Da sich die Ursachen für die niedrigen Kosten nach Rückfrage nicht ermitteln ließen, wurde der Wert als Ausreißer betrachtet und der Mittelwert entsprechend auf 200 €/m angehoben.

Die optimale Nutzungsdauer für geschlossene Rinnen wird auf Bundesautobahnen mit 20 bis 40 Jahren angegeben und bewegt sich damit mit einem Mittelwert von 28 Jahren im Bereich der angestrebten Gesamtnutzungsdauer einer Straßenkonstruktion von 30 Jahren gemäß den RStO. Auch die optimale Nutzungsdauer an Bundesstraßen liegt mit 20 bis 25 Jahren in dieser Größenordnung, wobei sich diese Angabe nur auf eine einzelne Nennung stützt. Die von den Verantwortlichen genannten optimalen Nutzungsdauern erscheinen plausibel, da davon auszugehen ist, dass geschlossenen Rinnen nur im Zuge einer Kompletterneuerung der Straße oder bei größeren Erhaltungsmaßnahmen, die mittelbar vor oder nach dem Erreichen der Lebensdauer der Straße durchgeführt werden, ebenfalls erneuert werden.

Die auf einer einzelnen Nennung basierende technische Nutzungsdauer von geschlossenen Rinnen lässt erkennen, dass ein Funktionsverlust bzw. ein Versagen des Anlagenteils nach maximal 30 Jahren prognostiziert wird. Daraus kann man ableiten, dass geschlossenen Rinnen voraussichtlich etwa zeitgleich mit der Gesamtkonstruktion ausfallen, eine entsprechende Erneuerung zu diesem Zeitpunkt – wie auch die optimale Nutzungsdauer zeigt – optimaler Weise erfolgen sollte.

Da keine tatsächlichen Nutzungsdauern erhoben werden konnten, lässt sich aus den Daten nicht erschließen, ob das Erreichen der technischen Nutzungsdauer unmittelbar oder mittelbar eine Erhal-

Anlagenmerkmale	geschlossene Rinnen		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten an Bundesautobahnen [€/m]	200	250	200 (225)
Erneuerungskosten an Bundesstraßen [€/m]	(40)	200	200 (120)
optimale Nutzungsdauer an Bundesautobahnen [a]	20	40	28
optimale Nutzungsdauer an Bundesstraßen [a]	20	25	22,5
technische Nutzungsdauer [a]	–	–	30
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	–	–	30 (-)

Tab. 45: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von geschlossenen Rinnen

tungsmaßnahme auslöst. Die Vermutung liegt jedoch nahe, dass die tatsächliche Erneuerung bei einer entsprechenden Maßnahme am Straßenkörper durchgeführt wird.

Für Rigolen war die Datengrundlage noch einmal wesentlich geringer als für geschlossene Rinnen. Lediglich bezüglich der Erneuerungskosten auf Bundesstraßen sowie der optimalen Nutzungsdauern konnten Daten erhoben werden. Diese basieren jedoch alle auf einer einzelnen Nennung und können deshalb nicht kritisch geprüft werden.

Bezüglich der optimalen Nutzungsdauer ist zu erkennen, dass diese auf Bundesautobahnen mit 20 bis 40 Jahren als etwa doppelt so hoch wie auf Bundesstraßen eingeschätzt wird. Ohne Angaben zu technischen und tatsächlichen Nutzungsdauern lassen sich die Ursachen hierfür nur schwer ergründen. Der optimale Zeitpunkt für eine Maßnahme bewegt sich im Bereich des Endes der angestrebten Nutzungsdauer der Straßenbefestigung, sodass davon auszugehen ist, dass auch Rigolen nur bei einer größeren Erhaltungsmaßnahme – beispielsweise einer grundhaften Erneuerung der Straße – erneuert werden.

Bei den Erneuerungskosten für Schächte ergeben sich sowohl auf Bundesautobahnen als auch auf Bundesstraßen größere Spannen. Dies liegt vermutlich in den fehlenden Angaben zur Tiefe und zum Durchmesser sowie zur Bauweise der Schächte begründet, die die Erneuerungskosten beeinflussen. Nach Rückfrage zur Eingrenzung der Werte, wurde ein verlässlicher Wert von 1.050 €/Stk. genannt, der als Referenzwert angesetzt wird und den Mittelwert – sowohl bei Bundesautobahnen als auch Bundesstraßen – ersetzt.

Anlagenmerkmale	Rigolen		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten an Bundesautobahnen [€/m]	–	–	–
Erneuerungskosten an Bundesstraßen [€/m]	–	–	250
optimale Nutzungsdauer an Bundesautobahnen [a]	20	40	30
optimale Nutzungsdauer an Bundesstraßen [a]	10	20	15
technische Nutzungsdauer [a]	–	–	–
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	–	–	30 (–)

Tab. 46: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von Rigolen

Laut den Befragten schwankt der optimale Zeitpunkt für die Erneuerung der Schächte an Bundesautobahnen von 20 bis 50 Jahren. Der Mittelwert von 37 Jahren lässt erkennen, dass Schächte im optimalen Fall offensichtlich während der gesamten Lebensdauer einer Straße und darüber hinaus nicht erneuert werden müssen. Zwar lässt sich aus den fehlenden Angaben zur technischen Nutzungsdauer nicht ableiten, dass ein Schacht auch technisch in der Lage ist, eine entsprechende Zeitspanne schadlos zu überdauern, dies wird aber ebenso eingeschätzt.

Die optimale Nutzungsdauer auf Bundesstraßen – basierend auf einer einzelnen Nennung – wurde von den Befragten mit 15 bis 25 Jahren abgeschätzt und liegt damit deutlich unter dem Mittelwert für Bundesautobahnen.

Die angegebenen Erneuerungskosten für Straßenabläufe schwanken mit 350 bis 600 €/Stk. an Bun-

Anlagenmerkmale	Schächte		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten an Bundesautobahnen [€/Stk.]	1.050	2.500	1.050 (1.775)
Erneuerungskosten an Bundesstraßen [€/Stk.]	600	1.050	1.050 (825)
optimale Nutzungsdauer an Bundesautobahnen [a]	20	50	30 (37)
optimale Nutzungsdauer an Bundesstraßen [a]	15	25	20
technische Nutzungsdauer [a]	–	–	–
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	–	–	–

Tab. 47: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von Schächten

Anlagenmerkmale	Straßenabläufe		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten an Bundesautobahnen [€/Stk.]	350	600	350 (475)
Erneuerungskosten an Bundesstraßen [€/Stk.]	250	350	350 (300)
optimale Nutzungsdauer an Bundesautobahnen [a]	20	30	30 (27)
optimale Nutzungsdauer an Bundesstraßen [a]	20	25	22,5
technische Nutzungsdauer [a]	–	–	–
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	–	–	–

Tab. 48: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von Straßenabläufe

des Autobahnen und 250 bis 350 €/Stk. an Bundesstraßen nicht unerheblich. Ursächlich hierfür ist voraussichtlich der Umstand, dass den Angaben keine Informationen zur Abmessung und Geometrie (Typ I, Typ II) der Straßenabläufe entnommen werden konnten. Auf Rückfrage wurde ein verlässlicher Durchschnittswert von 350 €/Stk. genannt, der als Referenzwert die Mittelwerte für Bundesautobahnen und Bundesstraßen ersetzt.

Bezüglich der optimalen Nutzungsdauer gaben die Befragten Werte von 20 bis maximal 30 Jahren an Bundesautobahnen und 20 bis 25 Jahren auf Bundesstraßen an. Zwar ist es ebenfalls denkbar, dass Straßenabläufe als singuläres Anlagenteil auftreten, im Regelfall werden sie jedoch als Teil einer offenen Rinne oder befestigten Mulden und Gräben zum Einsatz kommen. Ein Vergleich der Nutzungsdauer dieser Anlagenteile erscheint demnach sinnvoll. Die mittlere optimale Nutzungsdauer von Straßenabläufen ist sowohl an Bundesautobahnen als auch Bundesstraßen niedriger als bei den offenen Rinnen sowie den befestigten Gräben und Mulden. Zumindest bezogen auf einen optimalen Erneuerungszeitpunkt erscheint es nicht nachvollziehbar, die Straßenabläufe im Mittel 3 Jahre (BAB) bzw. 7,5 Jahre (B) vor der Gesamterneuerung der Rinne, Gräben und Mulden auszutauschen. Eine zeitgleiche Erneuerung ist bei einem solchen Szenario deutlich wahrscheinlicher. Eine gesicherte Aussage, die sich auch auf die technische und/oder tatsächliche Nutzungsdauer stützt, war aufgrund des Fehlens entsprechender Angaben nicht möglich.

Die optimalen Nutzungsdauern der Straßenabläufe wurden an die der Schächte angepasst. Eine Abstimmung dieser Nutzungsdauern mit denen der Mulden, Gräben und Rinnen erscheint sinnvoll.

Ausstattungsquoten

Für geschlossene Rinnen konnte nur eine Ausstattungsquote für Bundesautobahnen ermittelt werden. Dabei zeigt sich, dass diesem mit einer durchschnittlichen Länge von 17,2 m pro Kilometer Strecke – dies entspricht einer relativen Ausstattungsquote von rund 1,7 % – keine bzw. nur eine geringe Bedeutung für ein Asset-Management aufweisen. Auf Bundesstraßen kann nicht von einer wesentlich anderen Tendenz ausgegangen werden.

Die Ausstattungsquoten für Straßenabläufe und Schächte können nur schwer prognostiziert und angegeben werden. Einerseits sind die Abstände von

Anlagenteil	Ausstattungsquote Einheit pro km	
	BAB	B
geschlossene Rinnen	17,2 m	–
Straßenabläufe	25 Stk.	25 Stk.
Schächte	10 Stk.	10 Stk.

Tab. 49: Ausstattungsquote für Anlagenteile der geschlossenen Entwässerung (Gesamtquerschnitt)

den hydraulischen Randbedingungen abhängig, andererseits kommen i. d. R. Abläufe an solchen Querschnitten zur Anwendung, die mit offenen Rinnen oder befestigten Gräben bzw. Mulden ausgestattet sind. Darum wurde die maximale aufsummierte Ausstattungsquote von offenen Rinnen sowie befestigten Gräben und Mulden an Bundesautobahnen zugrunde gelegt (ca. 490 m/km) und mit einem mittleren Abstand der Straßenabläufe von 20 m und der Schächten von 50 m verrechnet. Diese Werte stellen nach Rücksprache mit Verantwortlichen einen realistischen Mittelwert dar, beziehen sich allerdings auf das Bundesland NRW. Hieraus konnte dann die mittlere Anzahl an Straßenabläufen und Schächten berechnet und näherungsweise auf die Bundesstraßen übertragen werden.

Wie auch bei den anderen Anlagenteilen der Entwässerung ist deshalb im Rahmen eines umfassenden Asset-Managements eine Regionalisierung vordringlich der Ausstattungsquoten anzustreben, was jedoch mit einem erheblichen Mehraufwand verbunden ist.

Häufigkeiten der Betriebsdienstleistungen und dessen Kosten

Die bei der Umfrage erhobenen Häufigkeiten und Kosten für Leistungen des Betriebsdienstes sind getrennt für Bundesautobahnen und Bundesstraßen in Tabelle 50 und Tabelle 51 zusammenfassend dargestellt. Die Einteilung der Leistungen orientiert sich an dem Leistungsheft für den Straßenbetriebsdienst an Bundesfernstraßen. Deshalb ließ sich die für die Erneuerungskosten gewählte Unterteilung nicht einheitlich beibehalten. Einige Leistungen entsprechen dabei denen der offenen Entwässerung (vgl. Leistung 1.07 und 1.11) beziehen sich jedoch explizit auf geschlossene Ausführungsformen, sodass abweichende Kosten und Häufigkeiten auftreten.

Wiederum zeigen sich bei einigen Leistungen des Betriebsdienstes große Schwankungen bei den angegebenen Häufigkeiten. Dies betrifft in Bezug auf

Anlagenteile/ Aggregate	Nummer nach Leistungs- heft	Bezeichnung der Leistungen	Einheit	Häufigkeit der Leistung an Bundesautobahnen pro Jahr und Einheit			Einheit	Kosten der Leistungen einer Maßnahme an Bundesautobahnen in € pro Einheit		
				min.	max.	Mittel- wert		min.	max.	Mittel- wert
geschlossene Entwässerung	1.07	Schäden an Straßenrinnen und befestigten Straßengräben beseitigen	m/km	0,80	3,00	1,50	m	35,00	500,00	268,00
	1.11	Schäden an Straßenabläufen und Schächten beseitigen	Stk.	0,01	10,00	3,30	Stk.	300,00	300,00	300,00
	4.08	Sonderrinnen reinigen	km	2,00	2,00	2,00	km	15,00	4.000,00	2.068,00
	4.09	Straßenabläufe reinigen	Stk.	1,50	2,00	1,80	Stk.	8,00	20,00	14,00
	4.10	Schächte reinigen	Stk.	0,20	0,25	0,23	Stk.	15,00	70,00	43,00
		substanzerhaltende Maßnahmen an Entwässerungseinrichtungen	Stk.	-	-	-	Stk.	-	-	-

Tab. 50: Häufigkeiten und Kosten des Betriebsdienstes für Anlagenteile der geschlossenen Entwässerung (Bundesautobahnen)

Anlagenteile/ Aggregate	Nummer nach Leistungs- heft	Bezeichnung der Leistungen	Einheit	Häufigkeit der Leistung an Bundesstraßen pro Jahr und Einheit			Einheit	Kosten der Leistungen einer Maßnahme an Bundesstraßen in € pro Einheit		
				min.	max.	Mittel- wert		min.	max.	Mittel- wert
geschlossene Entwässerung	1.07	Schäden an Straßenrinnen und befestigten Straßengräben beseitigen	m/km	0,10	0,80	0,45	m	-	-	20,00
	1.11	Schäden an Straßenabläufen und Schächten beseitigen	Stk.	0,01	0,01	0,01	Stk.	-	-	275,00
	4.08	Sonderrinnen reinigen	km	0,50	0,50	0,50	km	-	-	4,00
	4.09	Straßenabläufe reinigen	Stk.	1,00	2,00	1,50	Stk.	-	-	7,50
	4.10	Schächte reinigen	Stk.	0,20	0,25	0,23	Stk.	-	-	70,00
		substanzerhaltende Maßnahmen an Entwässerungseinrichtungen	Stk.	-	-	-	Stk.	-	-	-

Tab. 51: Häufigkeiten und Kosten des Betriebsdienstes für Anlagenteile der geschlossenen Entwässerung (Bundesstraßen)

Bundesautobahnen besonders die Leistungen 1.07 „Schäden an Straßenrinnen und befestigten Straßengräben beseitigen“ und 1.11 „Schäden an Straßenabläufen und Schächten beseitigen“. Für Bundesstraßen ergeben die erfragten Häufigkeiten ein homogeneres Bild. Diese Schwankungen sind vermutlich – wie auch bei den Anlagenteilen der offenen Entwässerung – auf die sehr individuelle Ausstattungsquote je nach Region und vorherrschenden hydraulischen Randbedingungen zurückzuführen. Auch mit Blick auf die Ausstattungsquoten können Abweichungen mit dem Faktor 1.000 (vgl. Leistung 1.11) nicht befriedigend geklärt werden.

Tendenziell ist festzustellen, dass die Häufigkeiten auf Bundesstraßen geringer ausfallen als auf Bundesautobahnen. Aufgrund der geringeren Verkehrsbedeutung erscheint diese Tendenz prinzipiell nachvollziehbar, kann jedoch in Bezug auf die Größenordnung und damit Plausibilität nur schwer abgeschätzt werden.

Die erhobenen Daten bezüglich der Kosten für Leistungen des Betriebsdienstes weisen z. T. noch gravierendere Abweichungen auf als die Häufigkeiten. Während bei Bundesstraßen nur jeweils eine Nennung und damit keine Spanne vorliegen, schwankt diese bei Bundesautobahnen besonders bei den Leistungen 1.07, 4.08 und 4.10 unverhältnismäßig. Offensichtlich scheinen die Kosten im großen Maße davon bestimmt zu werden, welche Rinnen und Gräben, Sonderrinnen und Schächte mit ihren individuellen Abmessungen und Ausführungsformen unterhalten werden müssen. Auf welche Randbedingungen sich beispielsweise die stark variierenden Unterhaltungskosten von 15 €/Stk. bis 4.000 €/Stk. für Leistung 4.08 „Sonderrinnen“ gründen, konnte aufgrund fehlender Angaben nicht geklärt werden.

Zu vermuten wäre, dass die sehr individuellen, auf die jeweilige Einzelsituation angepassten, Sonderrinnen auch sehr individuelle Unterhaltungsleis-

tungen benötigen, die nicht über einen mittleren Preis adäquat abgebildet werden können.

Betrachtet man die Unterhaltungskosten an Bundesstraßen – für die, wie bereits erwähnt, keine Kostenspannen angegeben werden konnten – fällt auf, dass diese mit Ausnahme der Leistung 4.10 wesentlich geringer ausfallen als auf Bundesautobahnen. Die erhobenen Werte erscheinen dabei teilweise willkürlich, die Kosten von Leistung 4.08 beispielsweise betragen an Bundesstraßen 4 €/km auf Bundesautobahnen demgegenüber maximal 4.000 €/km. Dies lässt sich mit höheren Verkehrs-sicherungskosten und individuellen Ausführungsformen in dieser Größenordnung nicht begründen. Ähnliches gilt für die Leistung 1.07.

Zusammenfassend muss konstatiert werden, dass die Häufigkeiten sowie die Kosten für die Leistungen der Unterhaltung an Anlagenteilen der geschlossenen Entwässerung nur mit großen Einschränkungen nutzbar sind. Sie müssen mittels eines erweiterten Datenpools validiert und plausibilisiert werden, um in ein Asset-Management integriert oder für Life-Cycle-Betrachtungen verwendet werden zu können.

5.1.1.4 Sonstige Entwässerung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der bundesweiten Befragung für die Anlagenteile der sonstigen Entwässerung dargelegt. Einzelnen Nennungen, die nicht plausibel erschienen oder im offensichtlichen Widerspruch zu anderen Angaben standen, wurden durch gezielte Rückfragen oder qualifizierte Annahmen abgeändert. In den Tabellen werden die tatsächlich erhobenen Werte in Klammern unter den angepassten Kostensätzen angegeben.

Erneuerungskosten und Nutzungsdauern

Die Erneuerungskosten sowie Nutzungsdauern für die Anlagenteile der geschlossenen Entwässerung wurden jeweils separat für Bundesstraßen und Bundesautobahnen ermittelt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 52 bis Tabelle 54 dargestellt.

Auf die Abfrage der Erneuerungskosten für Rohrleitungen nur an Bundesstraßen wurde nur von einer Institution geantwortet. Antwort zurück. Im Nachgang wurde deshalb zusätzliche Literatur ausgewertet ([80-82]) und weitere Fachleute aus Ingenieurbüros und Öffentlichen Einrichtungen befragt, die den Mittelwert von rund 200 €/m als Erneue-

rungskosten bestätigten. Dieser Preis bezieht sich auf Stahlbetonrohre mit einem Durchmesser von rund 300 mm auf anbaufreier Strecke und in üblicher Tiefenlage eingebaut werden. Innerhalb von Ortschaften können die Erneuerungskosten erheblich höher liegen. Die Erneuerungskosten auf Bundesstraßen liegen gegenüber denen von Bundesautobahnen etwas höher, da die Rohrleitungen hier in die Fahrbahn eingebaut werden.

Die optimale Nutzungsdauer für Rohrleitungen an Bundesautobahnen wird mit 25 bis 70 Jahren angegeben. Rohre werden demnach frühestens am Ende der Lebensdauer einer Straße von etwa 30 Jahren erneuert oder überdauern auch einen zweiten „Lebenszyklus“ in der Befestigung und werden dann vermutlich im Zuge einer umfangreichen Erneuerungsmaßnahme des Oberbaus ausgewechselt. Die mittlere optimale Nutzungsdauer von 48 Jahren suggeriert, dass die Erneuerung von Rohrleitungen bei Bundesautobahnen im Mittel nicht während der ersten 30 Jahre, sondern etwa in der Mitte des zweiten „Lebenszyklus“ stattfinden sollte. Die optimale Nutzungsdauer bei Bundesstraßen liegt mit 40 bis 80 Jahren über den angegebenen Werten für Bundesautobahnen.

Die technische Nutzungsdauer unterliegt mit 25 bis 80 Jahren ausgeprägten Schwankungen. Die Ursachen dafür mögen in den Erlebnisfällen der Befragten liegen, die infolge von Schäden, aber auch aufgrund von neuen Planungen, die eine Erneuerung ohne Schaden erforderlich machten, und den sehr langen Zeiträumen an sich liegen. Grundsätzlich steht damit in Frage, ob die Aussagen zur technischen Nutzungsdauer in dieser Größenordnung auf einen belastbaren Erfahrungshintergrund zurück-

Anlagenmerkmale	Rohrleitungen		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten an Bundesautobahnen [€/m]	200	220	210
Erneuerungskosten an Bundesstraßen [€/m]	200	300	250
optimale Nutzungsdauer an Bundesautobahnen [a]	25	70	48
optimale Nutzungsdauer an Bundesstraßen [a]	40	80	57
technische Nutzungsdauer [a]	25	80	49
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	25	80	47

Tab. 52: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von Rohrleitungen

geführt werden können. Bei der überwiegenden Anzahl von Angaben muss es sich um persönliche Einschätzungen handeln.

Nach Rücksprache mit Verantwortlichen wurde bestätigt, dass Rohrleitungen bei sachgerechter Herstellung und Unterhaltung eine sehr hohe technische Nutzungsdauer – sogar von über 80 Jahren – aufweisen können. Diese wird maßgeblich von der Verlegequalität und davon bestimmt, ob und in welcher Tiefe die Rohrleitungen unterhalb der Fahrbahn eingebaut werden. Die hohen statischen Beanspruchungen des Verkehrs begründen somit generell eine geringere Nutzungsdauer der Rohrleitungen an Bundesstraßen, die im Gegensatz zu denen an Bundesautobahnen im Straßenaufbau untergebracht sind.

Die große Auswahl an Ausprägungen bezüglich Geometrie und Material sowie den oben genannten Einflussfaktoren aus Herstellung und Unterhaltung spiegeln sich auch in der tatsächlichen Nutzungsdauer wider, die annähernd gleiche Werte wie die technische Nutzungsdauer aufweist. Eine Erneuerung wird demnach durch das technische Versagen diktiert, was unmittelbar eine Maßnahme auslöst.

Die Erneuerungskosten für Durchlässe schwanken bei Bundesautobahnen von 161 bis 290 €/m und von 136 bis 410 €/m bei Bundesstraßen. Da Durchlässe in den meisten Fällen das bereits gesammelte Wasser unter der Fahrbahn hinweg zur Vorflut befördern, ist ihr Durchmesser größer als der der angeschlossenen Rohre. Im Bereich von 300 mm bis 500 mm wirkt sich dies jedoch praktisch nicht auf die Erneuerungskosten aus [79]. Der Grund für die gegenüber den Rohrleitungen geringeren Er-

Anlagenmerkmale	Rohrdurchlässe		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten an Bundesautobahnen [€/m]	161	290	226
Erneuerungskosten an Bundesstraßen [€/m]	136	410	255
optimale Nutzungsdauer an Bundesautobahnen [a]	25	70	48
optimale Nutzungsdauer an Bundesstraßen [a]	40	80	57
technische Nutzungsdauer [a]	25	80	49
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	25	80	47

Tab. 53: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von Rohrdurchlässen

neuerungskosten liegt im Bauverfahren: Rohrdurchlässe können in grabenloser Rohrverlegung erstellt werden.

Neben den Rohrdurchlässen können an Bundesstraßen auch andere Formen der Durchlässe verwirklicht werden. Bei den Rahmendurchlässen und den Durchlässen mit Maul- bzw. Halbprofilen handelt es sich jedoch um kleine Brückenbauwerke, auf die hier im Detail nicht eingegangen werden kann.

Die angegebenen Nutzungsdauern stimmen laut der Umfrage mit denen von Rohrleitungen überein, wobei als Gründe für die hohen Abweichungen zwischen den Nennungen dieselben Argumente wie bei diesen angeführt werden können. Dies scheint plausibel, da Durchlässe aus demselben Material wie Rohrleitungen hergestellt werden.

Für Düker konnte nur ein einzelner Wert für die Erneuerungskosten an Bundesstraßen ermittelt werden, der jedoch im Nachgang der Befragung validiert wurde. Dass die Kosten für Düker bei gleicher Herstellungsart tendenziell niedriger ausfallen als bei Durchlässen, ist nachvollziehbar. Zwar werden Düker zur Ableitung von Regenwasser im Regelfall sehr groß dimensioniert, da sie auch für seltene, aber extreme Spitzenabflussmengen ausgelegt werden müssen, aufgrund der Druckspülung reichen jedoch trotzdem geringere Durchmesser als bei Rohrleitungen. Weiterhin müssen Düker wegen der vorherrschenden Drücke fugenfrei hergestellt werden, wofür kostengünstigere verschweißte Kunststoffrohre zum Einsatz kommen.

Nach Rücksprache mit verantwortlichen Straßenbauverwaltungen zeigte sich, dass Düker zur Ablei-

Anlagenmerkmale	Düker		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten an Bundesautobahnen [€/Stk.]	–	–	–
Erneuerungskosten an Bundesstraßen [€/Stk.]	–	–	182
optimale Nutzungsdauer an Bundesautobahnen [a]	50	70	60
optimale Nutzungsdauer an Bundesstraßen [a]	40	50	45
technische Nutzungsdauer [a]	–	–	50
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	30	50	40

Tab. 54: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von Dükern

tung von Regenwasser für den Straßenbau kaum Bedeutung haben.

Ausstattungsquoten

Für die Ausstattungsquoten der sonstigen Entwässerung an Bundesautobahnen und Bundesstraßen konnten – im Vergleich zu anderen Anlagenteilen – verhältnismäßig viele Daten erhoben werden. Es war jedoch nicht möglich, eine Angabe zu den Ausstattungsquoten von Bundesautobahnen und Bundesstraßen mit Dükern zu erheben.

Es ist zu erkennen, dass Bundesautobahnen im Hinblick auf Rohrleitungen zur Entwässerung eine sehr hohe Ausstattungsquote aufweisen, die bezogen auf den Gesamtquerschnitt bis zu 1.600 m pro km/Strecke ausmacht. Nach Rücksprache mit Verantwortlichen scheint dieser Wert tendenziell über dem Durchschnitt auf deutschen Bundesautobahnen zu liegen, was vermutlich auf die Herkunft der Daten zurückzuführen ist.

Eine verrohrte Entwässerung wird zur Abführung des Regenwassers, das über die Fahrbahn zu dessen Rand geführt wird, sowie zur Ableitung des versickernden Wassers bei problematischen Planungspunkten (z. B. Senken) oder geologischen Widrigkeiten verwendet. Sie führen das Wasser sowohl längs der Fahrbahn als auch zur seitlich gelegenen Vorflut, wodurch eine Querung der Fahrbahn erforderlich werden kann. Die Erfordernis einer geschlossenen Entwässerung ergibt sich aber auch bei besonderen hydraulischen Gegebenheiten – beispielsweise umweltrechtlichen Vorgaben sowie bei Schutzeinrichtungen aus Beton, die am Mittelstreifen eine verrohrte Entwässerung erforderlich macht. Die Ausstattungsquote wird entsprechend von den geographischen Randbedingungen und den üblichen Ausführungsvariante jedes Bundeslandes abhängen und entsprechend schwanken.

Eine gesicherte Aussage zur Ausstattungsquote von Durchlässen scheint – wie auch die Ergebnisse vorrangig an Bundesautobahnen zeigen – ebenfalls nicht möglich. Die Notwendigkeit von Durchlässen wird in großem Maße von den individuellen hydraulischen und topografischen Gegebenheiten der jeweiligen Strecke bestimmt und lässt kaum eine Verallgemeinerung auf Bundesland- oder gar Bundesebene zu. Auch der Grund, aus dem die erhobenen Werte für Bundesautobahnen tendenziell höher liegen als auf Bundesstraßen, kann vor diesem Hintergrund nicht zweifelsfrei festgestellt werden.

Anlagenteil	Ausstattungsquote Einheit pro km	
	BAB	B
Rohrleitungen	1.300-1.600 m	92 m
Durchlässe	3-25 Stk.	1,3 Stk.
Düker	–	–

Tab. 55: Ausstattungsquote für Anlagenteile der sonstigen Entwässerung (Gesamtquerschnitt)

Für Düker konnten keine Ausstattungsquoten erhoben werden, es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass dieselben Restriktionen wie bei Durchlässen gelten.

Häufigkeiten der Betriebsdienstleistungen und dessen Kosten

Die Kosten und Häufigkeiten von Leistungen des Betriebsdienstes an den Anlagenteilen der sonstigen Entwässerung wurden mithilfe der durch das Leistungsheft des Bundes definierten Leistungen erhoben. Das Leistungsheft für den Straßenbetriebsdienst an Bundesfernstraßen fasst hinsichtlich der sonstigen Entwässerungseinrichtungen teilweise mehrere Aggregate in einer Leistungsposition zusammen (z. B. Leistung 4.12 „Durchlässe und Düker reinigen“). Kostendaten und Häufigkeiten für diese UI-Leistungen konnten im Rahmen der Befragung ausschließlich für die gesamte Position – also nicht aggregatspezifisch – erhoben werden.

Die Leistung 4.13 „Sonstige Entwässerungseinrichtungen reinigen“ wurde im Zuge der bundesweiten Befragung unter dem Oberbegriff der Anlagenteile der sonstigen Entwässerungseinrichtungen abgefragt. Die durch die Leistung erfassten Anlagenteile (Rückhaltebecken, Versickeranlagen, Absetzbecken mit Leichtflüssigkeitsabscheider) sind jedoch definitionsgemäß innerhalb dieses Forschungsprojekts den Einrichtungen der Behandlung und hydraulischen Rückhaltung zuzuordnen. Die erhobenen Kostendaten und Häufigkeiten für die Leistung 4.13 sind somit im entsprechenden Kapitel „Einrichtungen zur Behandlung und hydraulischen Rückhaltung“ zu finden.

Es ist zu erkennen, dass Leistungen des Betriebsdienstes an den Anlagenteilen der sonstigen Entwässerung eine geringe Häufigkeit aufweisen, entsprechende Maßnahmen demnach nur verhältnismäßig selten durchgeführt werden. Auch Leistungen mit relativ hohen Einzelkosten, z. B. für das Beseitigen von Schäden an Rohrleitungen und Durchlässen, scheinen demnach für die Gesamtkosten des

Anlagenteile/ Aggregate	Nummer nach Leistungs- heft	Bezeichnung der Leistungen	Einheit	Häufigkeit der Leistung an Bundesautobahnen pro Jahr und Einheit			Einheit	Kosten der Leistungen einer Maßnahme an Bundesautobahnen in € pro Einheit		
				min.	max.	Mittel- wert		min.	max.	Mittel- wert
sonstige Entwässerung	1.10	Schäden an Rohrleitungen und Durchlässen beseitigen	m/km	0,10	0,20	0,15	m	-	-	200,00
	4.11	Rohrleitungen reinigen	m/km	0,05	0,10	0,07	m	2,80	4,00	3,40
	4.12	Durchlässe und Düker reinigen	Stk.	0,50	1,00	0,70	Stk.	20,00	40,00	30,00
		substanzerhaltende Maßnahmen an Entwässerungseinrichtungen	Stk.	-	-	-	Stk.	-	-	-

Tab. 56: Häufigkeiten und Kosten des Betriebsdienstes für die sonstige Entwässerung (Bundesautobahnen)

Anlagenteile/ Aggregate	Nummer nach Leistungs- heft	Bezeichnung der Leistungen	Einheit	Häufigkeit der Leistung an Bundesstraßen pro Jahr und Einheit			Einheit	Kosten der Leistungen einer Maßnahme an Bundesstraßen in € pro Einheit		
				min.	max.	Mittel- wert		min.	max.	Mittel- wert
sonstige Entwässerung	1.10	Schäden an Rohrleitungen und Durchlässen beseitigen	m/km	0,20	0,60	0,40	m	-	-	100,00
	4.11	Rohrleitungen reinigen	m/km	0,05	0,10	0,07	m	1,70	3,30	2,50
	4.12	Durchlässe und Düker reinigen	Stk.	0,50	1,00	0,70	Stk.	-	-	16,80
		substanzerhaltende Maßnahmen an Entwässerungseinrichtungen	Stk.	-	-	-	Stk.	-	-	-

Tab. 57: Häufigkeiten und Kosten des Betriebsdienstes für Anlagenteile der offenen Entwässerung (Bundesstraßen)

Betriebsdienstes eine eher untergeordnete Rolle zu spielen.

Die Unterschiede in den Häufigkeiten und Kosten zwischen Bundesautobahnen und Bundesstraßen lassen sich aufgrund der begrenzten Datenverfügbarkeit nur unzureichend klären, jedoch kann auch hier der Einfluss der schwer zu verallgemeinernden Randbedingungen (z. B. Durchmesser usw.) vermutet werden.

5.1.1.5 Einrichtungen zur Behandlung und hydraulischen Rückhaltung

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wurde der Begriff „Einrichtungen zur Behandlung und hydraulischen Rückhaltung“ verwendet, wie er in den H KWES [73] zur Anwendung kommt. Damit wird von den Bezeichnungen des Leistungsheftes für den Betriebsdienst auf Bundesfernstraßen abgewichen. Durch das Leistungsheft werden die hier aufgeführten Anlagenteile wie Absatzbecken, Regenklärbecken etc. unter der Bezeichnung „Sonstige Einrichtungen der Entwässerung“ zusammengefasst.

Erneuerungskosten und Nutzungsdauern

Der Rücklauf an Daten zu den Erneuerungskosten und Nutzungsdauern für Anlagenteile der Behandlung und hydraulischen Rückhaltung war sehr gering. Dies entspricht durchaus der Erwartung, ist doch bekannt, dass entsprechende Daten in praktisch keinem Amt vorhanden sind.

Konkret konnte lediglich ein Kostensatz und wenige Informationen zu den verschiedenen Nutzungsdauern erfragt werden. Ein Vergleich bzw. eine Bewertung der Erneuerungskosten wird damit redundant, eine weitere Datenerhebung ist notwendig, sollen entsprechende Aggregate sinnvoll in ein Asset-Management integriert werden.

Es kann festgestellt werden, dass optimale Nutzungsdauern vor allem auf Bundesautobahnen durch die Befragten teilweise sehr unterschiedlich eingeschätzt werden. Minimale Werte von 15 Jahren bei Regenrückhaltebecken und 10 Jahren bei Regenrückhaltegräben erscheinen nach zusätzlichen Rücksprachen mit Verantwortlichen – auch unter Berücksichtigung verschiedener Ausführungs-

formen (Beton- oder Erdbauwerke) – als sehr niedrig. Ob ein Regenrückhaltebecken bereits nach 10 Jahren die technische Nutzungsdauer erreicht, ist ebenfalls kritisch zu hinterfragen. In der Erhaltungspraxis würde dies bedeuten, dass ein entsprechendes Anlagenteil während der Lebensdauer einer Straßenbefestigung insgesamt dreimal erneuert werden müsste.

Die tendenziell höhere Nutzungsdauer für Entwässerungseinrichtungen auf Bundesautobahnen kann vor dem Hintergrund der sehr beschränkten Datengrundlage nicht abschließend geklärt werden. Als mögliche Ursache kommt die kontinuierlichere Unterhaltung auf Autobahnen in Frage, da Einrichtungen zur Behandlung und hydraulischen Rückhaltung bei beiden Straßenkategorien ansonsten prinzipiell den gleichen äußeren Belastungen ausgesetzt sind.

Anlagenmerkmale	Absetzbecken ohne Leichtflüssigkeitsabscheider		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten an Bundesautobahnen [€/m ²]	–	–	–
Erneuerungskosten an Bundesstraßen [€/m ²]	–	–	–
optimale Nutzungsdauer an Bundesautobahnen [a]	20	50	35
optimale Nutzungsdauer an Bundesstraßen [a]	30	40	35
technische Nutzungsdauer [a]	–	–	–
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	–	–	–

Tab. 58: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von Absetzbecken ohne Leichtflüssigkeitsabscheider

Anlagenmerkmale	Absetzbecken mit Leichtflüssigkeitsabscheider		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten an Bundesautobahnen [€/m ²]	–	–	–
Erneuerungskosten an Bundesstraßen [€/m ²]	–	–	–
optimale Nutzungsdauer an Bundesautobahnen [a]	20	50	35
optimale Nutzungsdauer an Bundesstraßen [a]	30	40	35
technische Nutzungsdauer [a]	–	–	50
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	–	–	–

Tab. 59: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von Absetzbecken mit Leichtflüssigkeitsabscheider

Anlagenmerkmale	Regenklärbecken		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten an Bundesautobahnen [€/m ²]	–	–	–
Erneuerungskosten an Bundesstraßen [€/m ²]	–	–	–
optimale Nutzungsdauer an Bundesautobahnen [a]	–	–	50
optimale Nutzungsdauer an Bundesstraßen [a]	30	40	35
technische Nutzungsdauer [a]	–	–	–
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	–	–	–

Tab. 60: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von Regenklärbecken

Anlagenmerkmale	bewegliche Teile der Einrichtungen zur Behandlung		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten an Bundesautobahnen [€/Stk.]	–	–	–
Erneuerungskosten an Bundesstraßen [€/Stk.]	–	–	2.500
optimale Nutzungsdauer an Bundesautobahnen [a]	15	25	20
optimale Nutzungsdauer an Bundesstraßen [a]	15	25	20
technische Nutzungsdauer [a]	–	–	–
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	–	–	–

Tab. 61: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von beweglichen Teilen der Einrichtungen zur Behandlung

Anlagenmerkmale	Regenrückhaltebecken		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten an Bundesautobahnen [€/m ²]	–	–	–
Erneuerungskosten an Bundesstraßen [€/m ²]	–	–	–
optimale Nutzungsdauer an Bundesautobahnen [a]	15	80	43
optimale Nutzungsdauer an Bundesstraßen [a]	30	40	35
technische Nutzungsdauer [a]	10	60	45
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	–	–	–

Tab. 62: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von Regenrückhaltebecken

Anlagenmerkmale	Regenrückhaltegräben		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten an Bundesautobahnen [€/m ²]	–	–	–
Erneuerungskosten an Bundesstraßen [€/m ²]	–	–	–
optimale Nutzungsdauer an Bundesautobahnen [a]	10	70	35
optimale Nutzungsdauer an Bundesstraßen [a]	30	40	35
technische Nutzungsdauer [a]	–	50	–
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	–	–	–

Tab. 63: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von Regenrückhaltegräben

Anlagenmerkmale	Stauraumkanal		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten an Bundesautobahnen [€/m ³]	–	–	–
Erneuerungskosten an Bundesstraßen [€/m ³]	–	–	–
optimale Nutzungsdauer an Bundesautobahnen [a]	50	70	60
optimale Nutzungsdauer an Bundesstraßen [a]	–	–	40
technische Nutzungsdauer [a]	40	50	48
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	–	–	50-70

Tab. 64: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von Stauraumkanälen

Anlagenmerkmale	bewegliche Teile der Einrichtungen zur hydraulischen Rückhaltung		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten an Bundesautobahnen [€/m ²]	–	–	–
Erneuerungskosten an Bundesstraßen [€/m ²]	–	–	–
optimale Nutzungsdauer an Bundesautobahnen [a]	–	–	–
optimale Nutzungsdauer an Bundesstraßen [a]	–	–	–
technische Nutzungsdauer [a]	–	–	–
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	–	–	–

Tab. 65: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von beweglichen Teilen der Einrichtungen zur hydraulischen Rückhaltung

Ausstattungsquoten

Auch Angaben zu den Ausstattungsquoten für Anlagenteile der Behandlung und hydraulischen Rückhaltung konnten nur im begrenzten Umfang gewonnen werden. Darüber hinaus scheint die Umlegung der im Mittel vorhandenen Flächen für Einrichtungen der Behandlung und hydraulischen Rückhaltung auf eine Abschnittslänge von 1 km problematisch zu sein. Dass auf Bundesstraßen eine mittlere Ausstattungsquote für Rückhaltebecken von fast 47 m² pro Kilometer Strecke angegeben wurde, entspricht sicher nicht dem bundesweiten Durchschnitt, sondern liegt weit darüber.

Es ist zudem zu beachten, dass die Entwicklung der Ausstattungsquote in den Bundesländern z. T. konträr verläuft. So werden in Teilen der „neuen Bundesländer“ z. T. Regenrückhaltebecken, Absetzbecken etc. zurück gebaut, da sie hydrologisch nicht notwendig und in der Unterhaltung zu aufwendig sind. In den „alten Bundesländern“ werden aufgrund von Um-, Neu- und Ausbauten zumeist Einrichtungen der hydraulischen Rückhaltung oder Behandlung notwendig. Die Ausstattungsquote nimmt somit tendenziell (sehr) leicht zu.

Zu beachten ist, dass aufgrund der sehr schlechten Datenlage nicht von einer bundesweiten Repräsentativität der Daten ausgegangen werden kann.

Anlagenteil	Ausstattungsquote Einheit pro km	
	BAB	B
Absetzbecken	–	–
Absetzbecken mit Leichtflüssigkeitsabscheider	0,024 m ²	–
Regenklärbecken	–	–
Regenrückhaltebecken	–	46,75 m ²
Regenrückhaltegräben	3,41 m ²	–
Stauraumkanal	–	47,5 m ³

Tab. 66: Ausstattungsquote für Anlagenteile zur Behandlung und hydraulischen Rückhaltung (Gesamtquerschnitt)

Häufigkeiten der Betriebsdienstleistungen und dessen Kosten

Für die Kosten und Häufigkeiten der Leistungen des Betriebsdienstes an Bundesautobahnen konnte eine verhältnismäßig große Anzahl von Angaben erhoben werden. Es konnte jedoch für die Leistungen des Betriebsdienstes an Bundesstraßen jeweils nur ein Wert erhoben werden.

Die Werte für Leistung 2.08 „Rückhalte-, Absetz- und Versickerbecken mähen“ zeigt eine maximale Varianz von 25 % bzw. 3 ct. Diese geringe Varianz

ist dadurch erklärbar, dass die eingesetzte Technik sowie Maschinerie zumeist gleichwertig sind, aber die Topografie und Gestaltung jeder Einrichtung individuell ist. Für Leistung 1.12 „Schäden an Rückhalteinrichtungen und Versickeranlagen beseitigen“ ist eine solche Homogenität nicht erkennbar. Durch die befragten Institutionen war nicht zu rekonstruieren, welcher Art und Umfangs die behobenen Schäden waren. Ein direkter Vergleich der erhobenen Kosten ist ohne diese Informationen jedoch nicht möglich.

Ein Vergleich der mittleren berechneten Kosten der Leistungen des Betriebsdienstes an Bundes-

Anlagenteile/ Aggregate	Nummer nach Leistungsheft	Bezeichnung der Leistungen	Einheit	Häufigkeit der Leistung an Bundesautobahnen pro Jahr und Einheit			Einheit	Kosten der Leistungen einer Maßnahme an Bundesautobahnen in € pro Einheit		
				min.	max.	Mittelwert		min.	max.	Mittelwert
Einrichtungen zur Behandlung und hydraulischen Rückhaltung	1.12	Schäden an Rückhalteinrichtungen und Versickerungsanlagen beseitigen	Stk.	0,10	0,10	0,10	Stk.	143,00	757,00	375,00
	2.08	Rückhalte-, Absetz- und Versickerbecken mähen	m ²	0,50	1,00	0,80	m ²	0,07	0,15	0,12
	1.12	Schäden an Rückhalteinrichtungen und Versickerungsanlagen beseitigen	Stk.	0,10	0,10	0,10	Stk.	15,00	225,00	128,00
	2.08	Rückhalte-, Absetz- und Versickerbecken mähen	m ²	1,00	1,00	1,00	m ²	0,12	0,15	0,14
	4.13	sonstige Entwässerungseinrichtungen reinigen	Stk.	0,10	1,00	0,60	Stk.	29,00	40,00	34,00
		Arbeiten an sonstigen Einrichtungen zur Behandlung	m ²	-	-	-	m ²	-	-	-
		Arbeiten an sonstigen Einrichtungen zur hydraulischen Rückhaltung	m ²	-	-	-	m ²	-	-	-

Tab. 67: Häufigkeiten und Kosten des Betriebsdienstes für Einrichtungen zur Behandlung und hydraulischen Rückhaltung (Bundesautobahnen)

Anlagenteile/ Aggregate	Nummer nach Leistungsheft	Bezeichnung der Leistungen	Einheit	Häufigkeit der Leistung an Bundesstraßen pro Jahr und Einheit			Einheit	Kosten der Leistungen einer Maßnahme an Bundesstraßen in € pro Einheit		
				min.	max.	Mittelwert		min.	max.	Mittelwert
Einrichtungen zur Behandlung und hydraulischen Rückhaltung	1.12	Schäden an Rückhalteinrichtungen und Versickerungsanlagen beseitigen	Stk.	0,05	0,1	0,08	Stk.	200	1070	648
	2.08	Rückhalte-, Absetz- und Versickerbecken mähen	m ²	0,5	1	0,7	m ²	0,11	0,3	0,21
	1.12	Schäden an Rückhalteinrichtungen und Versickerungsanlagen beseitigen	Stk.	0,1	0,1	0,1	Stk.	-	-	200
	2.08	Rückhalte-, Absetz- und Versickerbecken mähen	m ²	0,5	1	0,8	m ²	-	-	0,3
	4.13	sonstige Entwässerungseinrichtungen reinigen	Stk.	0,1	0,5	0,3	Stk.	-	-	65
		Arbeiten an sonstigen Einrichtungen zur Behandlung	m ²	-	-	-	m ²	-	-	-
		Arbeiten an sonstigen Einrichtungen zur hydraulischen Rückhaltung	m ²	-	-	-	m ²	-	-	-

Tab. 68: Häufigkeiten und Kosten des Betriebsdienstes für Einrichtungen zur Behandlung und hydraulischen Rückhaltung (Bundesstraßen)

straßen und Bundesautobahnen zeigt, dass diese an Bundesstraßen tendenziell höher liegen.

5.1.2 Auswertung der Befragung für die Anlagenteile der Straßenausstattung

5.1.2.1 Elektronische Anlagenteile

Unter elektronische Anlagenteile werden in diesem Forschungsprojekt Lichtsignalanlagen, Taumittelsprühanlagen, Straßenzustands- und Wetterinformationssysteme, elektronische Wechselverkehrszeichen und Wechselwegweiser sowie Verkehrs-, Knoten- und Netzbeeinflussungsanlagen verstanden.

Nicht für alle diese Anlagenteile konnten vollständige Datensätze ermittelt werden, allerdings zeigte sich, dass sowohl Taumittelsprühanlagen als auch Straßenzustands- und Informationssysteme aufgrund geringer Ausstattungsquoten und der Bündelung in wenigen Bundesländern nur eine untergeordnete bundesweite Relevanz für ein Asset-Management aufweisen.

Im folgenden Kapitel wird bei der Darstellung der Ergebnisse teilweise vom bisherigen Schema abgewichen. So werden für einige elektronische Anlagen nur die Kosten an Bundesautobahnen oder Bundesstraßen aufgeführt. Dies ist z. B. für Lichtsignalanlagen der Fall, da diese im Regelfall auf Bundesautobahnen nicht zum Einsatz kommen. Für Verkehrsbeeinflussungsanlagen (VBA) wurde ebenfalls eine abweichende Präsentation der ermittelten Daten gewählt. Die jeweiligen eruierten Nennungen der Erneuerungskosten und Nutzungsdauern werden in Form einer Differenzierung der einzelnen Arten einer VBA in ihre Einzelkomponenten dargestellt. Für VBA an Bundesstraßen wird auf eine Aufführung der Nutzungsdauern und Erneuerungskosten verzichtet, da für diese keine Angaben erhoben werden konnten.

Erneuerungskosten und Nutzungsdauern

Bezüglich der Erneuerungskosten für Lichtsignalanlagen (LSA) konnten sehr detaillierte und fein aufgliederte Kosten für die Herstellung erhoben werden. Aufbauend auf diesen Angaben ließen sich Erneuerungskosten für Lichtsignalanlagen mit Ausleger- und Normalmast sowie Fußgängerlichtsignalanlagen berechnen (vgl. Tabellen 69 bis 71).

Durch die getrennte Angabe von Kosten für die einzelnen Komponenten einer Lichtsignalanlage können auch von den dargestellten Vorgaben abwei-

LSA mit Auslegermast	
Komponente/Leistung	Kosten
Auslegermast	587 €
Auslegersignal	449 €
Hauptsignal	312 €
Fundamente	751 €
Masteinbau	255 €
Mastfuß	98 €
Schacht	468 €
Summe	2.920 €
Detektionsfeld	606 €
Verkabelung	2.528 €
Verkabelung	2,20 €/m
Steuergerät*	12.000 €
* pro Kreuzung	

Tab. 69: Kosten für Komponenten und Leistungen an einer Lichtsignalanlage (LSA) mit Auslegermast

LSA mit Normalmast	
Komponente/Leistung	Kosten
Signalmast	126 €
Hauptsignal	312 €
Fundamente	309 €
Masteinbau	208 €
Mastfuß	98 €
Schacht	468 €
Summe	1.521 €
Detektionsfeld	606 €
Verkabelung*	2.528 €
Verkabelung	2,20 €/m
Steuergerät*	12.000 €
* pro Kreuzung	

Tab. 70: Kosten für Komponenten und Leistungen an einer Lichtsignalanlage (LSA) mit Normalmast

chende Ausstattungen (beispielsweise mehr Signalgeber oder eine gemeinsame Lichtsignalanlagen für Fußgänger und motorisierten Verkehr) einfach hinsichtlich der Erneuerungskosten kalkuliert werden.

Den Gesamtkosten für die einzelnen Komponenten der Lichtsignalanlage selbst müssen noch die Aufwendungen für das Steuergerät hinzugerechnet werden. Da dieses im Regelfall nicht nur für den Betrieb einer einzelnen Lichtsignalanlage zuständig

ist, beziehen sich die angegebenen Werte auf die mittleren Kosten einer Steuereinheit für den gesamten Knotenpunkt.

Die Ergebnisse sind erwartungskonform. Eine Lichtsignalanlage mit Normalmast unterscheidet sich als Gesamttaggregat nur unwesentlich von einer „einfachen“ Fußgängerampel derselben Ausführungsform (Tabelle 71). Lichtsignalanlagen mit einem Auslegermast sind aufgrund der höheren Anzahl an Signalgebern und des größeren Masts einschließlich der größeren Fundamente generell teurer.

Ein Vergleich der Kostendaten mit denen, die in den Hinweisen zur Erstellung von Vorentwürfen für Verkehrsbeeinflussungsanlagen (Entwurfassung aus 2011) dokumentiert wurden, erbringt vergleichbare Größenordnungen für Masten und Signalgeber. Geringfügige Unterschiede hinsichtlich der Ausstattung lassen sich leicht herleiten, da die hier dargestellten Kostendaten aus kommunalen Quellen stammen und somit nicht konsistent zu den Anforderungen der in den Hinweisen ermittelten Daten sind.

Die in den Tabellen enthaltenen Angaben für Steuergeräte stellen Durchschnittswerte über verschiedene Ausstattungsgrößen dar und beziehen sich auf eine Signalgruppe. Geht man davon aus, dass an einer Kreuzung durchschnittlich 6 Lichtsignalanlagen – jeweils 3 für den Kfz- und den Fußgängerverkehr – stehen, fallen pro Lichtsignalanlage also etwa 2.000 € für die Steuerung an. Bei einer einfachen Querungsstelle für den Fußgängerverkehr fällt das Steuergerät kleiner und somit kosten-

Fußgänger-LSA	
Komponente/Leistung	Kosten
Signalmast	126 €
Fußgängersignal	280€
Symbole (2)	34 €
Fundamente	309 €
Masteinbau	208 €
Mastfuß	98 €
Schacht	468 €
Summe	1.523€
Taster	135 €
Verkabelung	2,20 €/m
Steuergerät*	3.500 €
* pro Querungsstelle	

Tab. 71: Kosten für Komponenten und Leistungen an einer Fußgänger-Lichtsignalanlage (LSA)

günstiger aus und schlägt dann nur mit 1.750 € Lichtsignalanlage zu Buche.

Die Nutzungsdauern von Lichtsignalanlagen werden zunächst auf das Gesamttaggregat bezogen, d. h. es wird der Zeitpunkt für die Erneuerung des gesamten Anlagenteils einschließlich aller Teilkomponenten betrachtet (Tabelle 72). Für Normal- oder Auslegermasten und die Steuereinheit konnten separat Nutzungsdauern erfragt werden.

Es fällt auf, dass die optimale und die technische Nutzungsdauer – sowohl für das gesamte Anlagenteil als auch die angegebenen Unteraggregate – im Mittel übereinstimmen. Demnach diktiert das technische Versagen auch den Zeitpunkt, an dem im Optimalfall eine Maßnahme zu erfolgen hat. Die Spreizungen der Angaben zu den technischen Nutzungsdauern lassen sich nach Rücksprache mit Verantwortlichen durch die unterschiedlichen verbauten Komponenten sowie die durch Wartungsverträge nicht einheitliche Unterhaltung erklären.

Die tatsächliche Nutzungsdauer deckt sich im Mittel ebenfalls gut mit der technischen und optimalen Nutzungsdauer. Eine Erneuerung erfolgt demnach im Regelfall unmittelbar bei technischem Versagen. Unter Berücksichtigung der herausragenden Be-

Anlagenteil	Nutzungsdauer von Lichtsignalanlagen in [a]		
	min.	max.	mittlere
optimale Nutzungsdauer einer LSA	20	30	23
optimale Nutzungsdauer eines Normal- oder Auslegermastes	20	35	23
optimale Nutzungsdauer einer Steuerungseinheit	15	25	18
technische Nutzungsdauer einer LSA	20	25	23
technische Nutzungsdauer eines Normal- oder Auslegermastes	25	40	30
technische Nutzungsdauer einer Steuerungseinheit	15	20	18
tatsächliche Nutzungsdauer einer LSA	20	25	23
tatsächliche Nutzungsdauer eines Normal- oder Auslegermastes	20	40	28
tatsächliche Nutzungsdauer einer Steuerungseinheit	15	20	16

Tab. 72: Nutzungsdauern von Lichtsignalanlagen (LSA) an Bundesstraßen

deutung einer Lichtsignalanlage für die Verkehrssicherheit scheint dies eine plausible Vorgehensweise zu sein.

Die Ergebnisse zeigen weiterhin, dass es anders als beispielsweise bei Glättemeldeanlagen keine gravierenden Probleme mit der Kompatibilität neuer Komponenten zu geben scheint. Wäre dies der Fall, müsste die tatsächliche Nutzungsdauer der gesamten Lichtsignalanlage niedriger – beispielsweise in der Größenordnung der technischen Nutzungsdauer der Steuerplatine – ausfallen.

Für Verkehrsbeeinflussungsanlagen (VBA) konnten durch die Befragung detaillierte Daten zu den Erneuerungskosten sowie den Nutzungsdauern ermittelt werden, jedoch beziehen sich diese in den meisten Fällen auf einzelne Nennungen verschiedener Institutionen. Verkehrsbeeinflussungsanlagen gliedern sich, wie in Bild 1 dargestellt, in Streckenbeeinflussungsanlagen (SBA), Netzbeeinflussungsanlagen (NBA) und Knotenbeeinflussungsanlagen (KBA).

Strecken-, Netz- und Knotenpunktbeeinflussungsanlagen setzen sich aus Verkehrszeichenbrücken, den angebrachten Wechselverkehrszeichen bzw. Wechselwegweisern, ggf. Aggregaten zur Verkehrsdetektion und einer Unterzentrale zur Steuerung zusammen. Für diese Teilaggregate liegen einzeln Kosten und Nutzungsdauern vor, die im Anschluss zu einem gesamten Anlagenteil zusammen gerechnet werden können.

Aufgrund der verfügbaren Datengrundlage beziehen sich alle Angaben zu den Erneuerungskosten und den Nutzungsdauern von Verkehrsbeeinflussungsanlagen auf den Bereich der Bundesautobahnen. Eine Übertragung auf entsprechende Anlagen an Bundesstraßen scheint jedoch bei entsprechender Zusammenstellung mit Einzelaggregaten zielführend.

Die Erneuerungskosten für Wechselwegweiser (WWW) mit mechanischer Anzeige schwanken mit 60.000 €/Stk. bis 150.000 €/Stk. nicht unerheblich (Tabelle 73). Die Kostenunterschiede lassen sich mit den unterschiedlichen Abmessungen der Tafeln sowie der Anzahl Wechselprismen – also der Komplexität der Anzeige – plausibel erklären. Je größer das Aggregat mit seinen geometrischen Abmessungen und den angezeigten Informationen ist, umso höher sind die Kosten für eine notwendige Erneuerung. Entsprechend differenzierte Kosten konnten von den Befragten jedoch nicht zur Verfügung ge-

stellt werden, sodass eine feingliedrigere Aufteilung des Aggregats in unterschiedliche Größen mit einer entsprechenden Kostenstruktur nicht möglich ist. Nähere Angaben mit einer Unterteilung der Tafelgröße in 4 Stufen bis zu einer Fläche > 25 m² finden sich zwar in den Hinweisen zur Erstellung von Vorentwürfen für Verkehrsbeeinflussungsanlagen, da heute jedoch fast durchgehend Wechselverkehrswegweiser mit lichtemittierender Anzeige verwendet werden, erscheint eine vertiefte Behandlung an dieser Stelle nicht erforderlich.

Wechselverkehrswegweiser mit lichtemittierender Anzeige fallen mit im Mittel 125.000 €/Stk. rund 19 % teurer aus als entsprechende Anlagenteile mit mechanischer Anzeige. Zudem ist die Spannweite der ermittelten Kosten mit 50.000 € deutlich geringer als bei Wechselverkehrswegweisern mit mechanischer Anzeige. Das einheitlichere Kosteniveau bei Wechselwegweisern mit LED-Technik gegenüber dem bei Aggregaten mit mechanischen

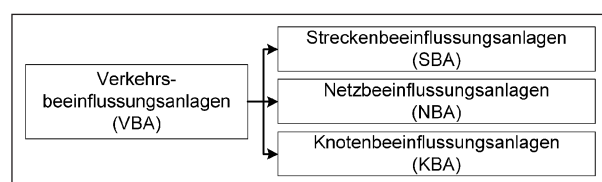


Bild 1: Untergliederung von Verkehrsbeeinflussungsanlagen (VBA)

Anlagenmerkmale	Wechselwegweiser		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten von WWW mit mechanischer Anzeige [€/Stk.]	60.000	150.000	105.000
Erneuerungskosten von WWW mit lichtemittierender Anzeige [€/Stk.] global	100.000	150.000	125.000
Fläche < 25 m ² [€/Stk.]	–	–	100.000
Fläche ≥ 25 m ² [€/Stk.]	–	–	150.000
optimale Nutzungsdauer von WWW mit mechanischer Anzeige [a]	15	20	15 (16)
optimale Nutzungsdauer von WWW mit lichtemittierender Anzeige [a]	15	15	15
technische Nutzungsdauer [a]	10	15	20 (13)
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	15	25	20

Tab. 73: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von Wechselwegweisern (WWW, dWiSta) an Bundesautobahnen

Anzeigen erscheint vor dem Hintergrund nachvollziehbar, dass mit LED-Technik ohne weitreichende technische Anpassungen oder Individualisierungen eine Vielzahl an verschiedenen Informationen angezeigt werden können.

Diese Dynamischen Wegweiser mit integrierten Stauinformationen (dWiSta-Tafeln) werden üblicherweise als Seitenaufsteller oder in größeren Formaten an Verkehrszeichenbrücken installiert und können Teil einer Verkehrsbeeinflussungsanlage sein. Eine sinnvolle Klassifizierung dieser Tafeln erscheint anhand der Fläche größer bzw. kleiner als 25 m² möglich zu sein. In diesem Fall kann der angegebene Mindestwert für die Tafeln unter 25 m² und der Maximalwert für die Tafeln > 25 m² genutzt werden.

Die angegebenen optimalen Nutzungsdauern unterscheiden sich mit im Mittel mit 16 bzw. 15 Jahren nur unwesentlich, sodass eine weitere Unterscheidung nach der Anzeigeart nicht sinnvoll erscheint. Die optimale Nutzungsdauer wird deshalb einheitlich mit 15 Jahren vorgeschlagen.

Ein vermeintlicher Widerspruch ergibt sich beim Vergleich der tatsächlichen mit der technischen Nutzungsdauer. Demnach werden Wechselwegweiser im Mittel erst 7 Jahre nach dem technischen Versagen tatsächlich erneuert. Dies lässt sich nicht plausibel erklären, sodass von einem Fehler bzw. falschem Verständnis der technischen Nutzungsdauer ausgegangen werden muss. Diese wird vor diesem Hintergrund mit 20 Jahren identisch zur tatsächlichen Nutzungsdauer vorgeschlagen.

Wechselverkehrszeichen (WVZ) sind aufgrund ihrer kleineren Abmessungen deutlich günstiger als Wechselwegweiser, schwanken mit 4.900 bis 15.000 €/Stk (Tabelle 74), jedoch besonders bezüglich der Erneuerungskosten für WVZ mit mechanischer Anzeige deutlich. Auch hier sind vermutlich die Schildgröße sowie die Komplexität der notwendigen Anzeige von maßgebender Bedeutung für die resultierenden Erneuerungskosten.

Wie auch bei den Wechselwegweisern schwanken die Erneuerungskosten für Wechselverkehrszeichen mit lichtemittierender Anzeige weniger stark, sind hier jedoch mit im Mittel 5.900 €/Stk. günstiger als entsprechende WVZ mit mechanischer Anzeige. Die Wechselverkehrszeichen mit lichtemittierender Anzeige werden üblicherweise als Typ A, B und C an Verkehrszeichenbrücken angebracht, wobei für jeden Fahrstreifen ein Wechselverkehrs-

zeichen Typ A und zwischen den Fahrstreifen ein Wechselverkehrszeichen Typ B über einem vom Typ C angeordnet wird. Aufgrund der unterschiedlichen Größen und der vielfältigen Programmierbarkeit unterscheiden sich die Kosten der einzelnen Typen. Tabelle 74 weist deshalb zusätzlich zu der aus der Befragung erhaltenen globalen Kostenangabe eine auf Typ A und die Summe jeweils eines Wechselverkehrszeichens vom Typ B und C aus.

Bezüglich der optimalen Nutzungsdauer von Wechselverkehrszeichen ließen sich schon aus den ursprünglichen Daten der Befragung (Werte in Klammern) ähnliche Größenordnungen wie für mechanische bzw. lichtemittierende Wechselverkehrswegweiser erkennen. Da keine allgemeingültigen Tendenzen dahingehend gesehen werden, dass Wechselverkehrszeichen generell zu einem früheren Zeitpunkt erneuert werden sollten als Wechselwegweiser, wird die optimale Nutzungsdauer unabhängig von der Anzeigeart ebenfalls mit 15 Jahren vorgeschlagen.

Auffällig ist, dass die angegebene tatsächliche Nutzungsdauer von Wechselverkehrszeichen mit im Mittel 9 Jahren deutlich unter den getätigten Angaben für Wechselwegweiser liegt. Wie schon bei den Angaben für die Wechselwegweiser können die Angaben zu den Nutzungsdauern nicht nach den üblichen Zusammenhängen interpretiert werden. In

Anlagenmerkmale	Wechselverkehrszeichen		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten von WVZ mit mechanischer Anzeige [€/Stk.]	4.900	15.000	9.200
Erneuerungskosten von WVZ mit lichtemittierender Anzeige [€/Stk.]	4.800	7.000	5.900
WVZ Typ A [€/Stk.]	–	–	4.500
WVZ Typ B + C [€/Stk.]	–	–	6.300
optimale Nutzungsdauer von WVZ mit mechanischer Anzeige [a]	15	20	15 (17)
optimale Nutzungsdauer von WVZ mit lichtemittierender Anzeige [a]	5	15	15 (12)
technische Nutzungsdauer [a]	10	15	20
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	5	15	9

Tab. 74: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von Wechselverkehrszeichen (WVZ) an Bundesautobahnen

verschiedenen Gesprächen mit den Verantwortlichen wurde einhellig beklagt, dass die technischen Nutzungsdauern der Wechselwegweiser und Wechselverkehrszeichen mit lichtemittierenden Anzeigen deutlich höher liegen als die in der Praxis zu verwirklichenden. Durch ständige Veränderungen an den Aggregaten sind Inkompatibilitäten maßgebliche Ursache für ihre Erneuerung. Oft ist diese bereits nach rund 10 Jahren erforderlich (tatsächliche Nutzungsdauer), als realistisches Ziel wird eine Verlängerung dieser Zeit auf zumindest 15 Jahre angesehen (optimale Nutzungsdauer).

Eine automatische Datenerfassung des Straßenverkehrs (VDE) ist für alle Verkehrsbeeinflussungsanlagen, welche verkehrabhängig gesteuert werden sollen, eine notwendige Teilkomponente. Eine automatische Datenerfassung ist jedoch auch auf Strecken notwendig und sinnvoll, die nicht durch eine Verkehrsbeeinflussungsanlage erfasst werden. Aus diesem Grunde werden im Rahmen dieser Auswertung die Kosten, Nutzungsdauern, Ausstattungsquote und Häufigkeiten von Leistungen an Anlagen zur automatischen Verkehrsdatenerfassung separat aufgeführt.

Pauschale Erneuerungskosten sind für Verkehrsdatenerfassungen nicht anzugeben bzw. schwanken sehr stark, da die Ausstattung der Datenerfassungsanlagen sehr unterschiedlich sein kann.

Eine einfache Verkehrsdatenerfassung ist mit ein- oder zweifachen Induktionsschleifendetektoren zu Kostensätzen von lediglich rund 750 € pro Fahrstreifen zu verwirklichen. Die Erfassungsmethode ist jedoch vergleichsweise anfällig, sodass die Nutzungsdauer auf rund 5 Jahre begrenzt ist.

Demgegenüber ist eine Verkehrsdatenerfassung mit Radarsensoren kostenintensiver, weist jedoch auch etwa doppelt so hohe Nutzungsdauern auf. Die Kosten hierfür sind mit rund 1.500 € pro Fahrstreifen zu veranschlagen.

Da die Verkehrsdatenerfassung für jede Verkehrsbeeinflussungsanlage elementar ist, werden entsprechende Erfassungen nicht nur an jedem Anzeigequerschnitt sondern – zumindest bei größeren Abständen als etwa 1,5 km – auch zwischen den Querschnitten vollzogen. Dabei wird an den Schilderbrücken die Verkehrsdatenerfassung mit Radarsensoren und auf der freien Strecke mit Schleifendetektoren verwirklicht. Somit sind jedem Anzeigequerschnitt zwei Verkehrsdatenerfassungen zugeordnet, die auch entsprechend hinsichtlich der Kosten berücksichtigt werden müssen.

Anlagenmerkmale	Erneuerungskosten der Verkehrsdatenerfassung [€/Fahrstreifen]
Erfassung durch Induktionsschleifen	750
Erfassung durch Radarsensoren	1.500

Tab. 75: Kosten für die Verkehrsdatenerfassung (VDE) an Bundesautobahnen

Anlagenmerkmale	Verkehrsdatenerfassung an Bundesautobahnen		
	min.	max.	mittlere
optimale Nutzungsdauer von Induktionsschleifen [a]	3	5	4
optimale Nutzungsdauer von Radarsensoren [a]	10	15	12,5
technische Nutzungsdauer von Induktionsschleifen [a]	3	5	4
technische Nutzungsdauer von Radarsensoren [a]	10	15	12,5
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	4	6	5

Tab. 76: Nutzungsdauern von Anlagen zur Verkehrsdatenerfassung an Bundesautobahnen

Schwenk- und zoombaren Kameras werden nur eingesetzt, wenn eine optionale Spurfreigabe integriert werden soll. Diese Verkehrsdatenerfassung ist dann zusätzlich vorzusehen und entsprechend kostspieliger (etwa 12.000 € pro Messpunkt).

Die Nutzungsdauern der Induktionsschleifen ist aufgrund des Einbaus in die Fahrbahn im großen Maß von der Verkehrsbelastung, dem Wetter und dem daraus resultierenden Zustand der Fahrbahnoberfläche (Verformungen, Risse) abhängig. Eine wesentlich größere Nutzungsdauer weisen jedoch auch die Radarsensoren nicht auf. Hier wirken neben der Sonneneinstrahlung vor allem die aufgrund der Verschmutzung und zeitweise der Taumittel aggressiven Sprühnebel schädigend auf die Kunststoffgehäuse der Erfassungsanlagen.

Zu den Einrichtungen der Umfelddatenerfassung (UDE) zählen Sichtweitenmesser sowie Niederschlags- und Helligkeitssensoren. Kostendaten hierfür zeigt Tabelle 77. Für die Nutzungsdauern der Umfeldsensoren gilt das bereits für die Verkehrsdatenerfassung Beschriebene. Allein die sehr kleinen Helligkeitssensoren erreichen hohe Nutzungsdauern.

Während Sichtweitensensoren nur dort zum Einsatz kommen, wo tatsächlich entsprechende Ge-

Anlagenmerkmale	Erneuerungskosten der Umweltdatenerfassung [€/Stk.]		
	min.	max.	mittlere
Sichtweitenmesser	7.200	10.000	8.700
Niederschlagssensoren	3.500	7.400	5.500
Helligkeitssensoren	180	340	280

Tab. 77: Erneuerungskosten der Umfelddatenerfassung

Anlagenmerkmale	Verkehrsdatenerfassung an Bundesautobahnen		
	min.	max.	mittlere
Sichtweitenmesser	–	–	–
Niederschlagssensoren	5	6	5
Helligkeitssensoren	15	15	15

Tab. 78: Technische bzw. tatsächliche Nutzungsdauern von Umfelddatensensoren

fahren durch häufige Nebelereignisse auftreten, gehören Helligkeitssensoren zur Grundausstattung jedes Anzeigequerschnitts. Niederschlagssensoren wiederum werden etwa an jedem zweiten oder dritten Anzeigequerschnitt vorgesehen.

Streckenstationen bündeln und verarbeiten die an einem Messpunkt erfassten Daten und leiten diese an die Unterzentralen weiter. Streckenstationen sind somit an jedem Anzeigequerschnitt und zusätzlich an den zwischen den Querschnitten befindlichen Verkehrserfassungspunkten erforderlich.

Die Kostenermittlung für Streckenstationen ist deutlich von der Ausstattung des Anzeigequerschnitts und der verwendeten Technik beispielsweise für die Datenübertragung abhängig. Als maßgebliche Einflussfaktoren erscheinen sich der Umfang der Verkehrsdatenerfassung und die Anzahl der Fahrspuren auf die Kosten auszuwirken.

Die Angaben in Tabelle 79 verstehen sich als sehr grobe Klassifizierung mit einem entsprechend überschlägigen Kostenansatz. Werden durchweg höchste Anforderungen an Ausstattung und Technik gestellt, ist mit erheblich höheren Kostensätzen zu kalkulieren.

Die Nutzungsdauer der Streckenstationen wird im Bezug auf die Technik mit 25 Jahren recht hoch eingeschätzt. Aufgrund während der Nutzungsdauer zunehmender Inkompatibilitäten zwischen den Teilkomponenten der gesamten Verkehrsbeeinflussungsanlage müsste aber die Streckenstation früher erneuert werden, als dies bautechnisch

Anlagenmerkmale	Erneuerungskosten der Streckenstationen [€/Stk.]	
	2-spüriger Querschnitt	3-spüriger Querschnitt
2+0 Verkehrserfassung	10.000	15.000
8+1 Verkehrserfassung	15.000	20.000
optimale Nutzungsdauer [a]	15	
technische Nutzungsdauer [a]	25	
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	25	

Tab. 79: Erneuerungskosten von Streckenstationen an Bundesautobahnen

erforderlich wäre. Selbst einzelne Hersteller der Anlagen bekennen, dass die technische Nutzungsdauer der Streckenstationen für diesen Zweck zu hoch ausgelegt ist.

Bei den Angaben zu den Nutzungsdauern ist zu berücksichtigen, dass es sich hier um einzelne mündliche Befragungen im Nachgang an die Fragebogenaktion handelt. Aus diesem Grund stellen diese Angaben keine exakten Mittelwerte vorliegender Zahlenwerte dar, weshalb auch keine Minimal- und Maximalwerte angegeben werden konnten.

Bezüglich der Erneuerungskosten von Verkehrszeichenbrücken an Bundesautobahnen und Bundesstraßen war es den Befragten möglich, mittlere Kosten in Abhängigkeit von der Querschnittsbreite anzugeben. Eine weitere Untergliederung beispielsweise in den Riegel und die Stützen kann aufgrund der Datenverfügbarkeit nicht vorgenommen werden.

Es ist anzumerken, dass sich alle Angaben zu den Verkehrszeichenbrücken (Tabelle 80) auf solche aus Stahl beziehen, da sich dieser Baustoff durchgesetzt zu haben scheint. Weiterhin sei darauf hingewiesen, dass nach Aussage der Verantwortlichen die ermittelten Werte insbesondere für die Errichtung bzw. Erneuerung der Fundamente den minimalen Mittelwert darstellen. Insbesondere in einem Umfeld mit bewegter Topografie bzw. baulichen nicht optimalem Untergrund können diese Kosten extrem ansteigen. Kritisch muss dabei jedoch angemerkt werden, dass die hier dokumentierten Werte bereits deutlich über den Angaben der Hinweise zur Erstellung von Vorentwürfen für Verkehrsbeeinflussungsanlagen [74] liegen. Dies gilt in ähnlicher Weise für die Verkehrszeichenbrücken selbst.

Anlagenteil	Erneuerungskosten von Verkehrszeichenbrücken [€/Stk.]		
	min.	max.	mittlere
2-spurige Verkehrszeichenbrücke an Bundesautobahnen	–	–	45.000
3-spurige Verkehrszeichenbrücke an Bundesautobahnen	–	–	60.000
4-spurige Verkehrszeichenbrücke	–	–	65.000
5-spurige Verkehrszeichenbrücke	–	–	75.000
4+4-spurige Verkehrszeichenbrücke	–	–	140.000
Fundamente einer 2-spurigen Verkehrszeichenbrücke	–	–	24.000
Fundamente einer 4-spurigen Verkehrszeichenbrücke	–	–	24.000

Tab. 80: Erneuerungskosten von Verkehrszeichenbrücken an Bundesautobahnen

Da die Verkehrszeichenbrücken auf Bundesautobahnen in gleicher Art montiert werden wie auf Bundesstraßen, wurde auf eine entsprechende Unterteilung der Kostendaten verzichtet.

Die erhobenen Angaben zu den Nutzungsdauern (Tabelle 81) lassen erkennen, dass die durch die Institutionen genannte optimale Nutzungsdauer sowohl die berechnete mittlere technische (17) als auch tatsächliche Nutzungsdauer (22) überschreitet. Dieser Widerspruch klärte sich auf Nachfragen in der Weise, dass von den Befragten die Nutzungsdauer von Verkehrszeichenbrücken im Allgemeinen mit rund 25 Jahren eingeschätzt wird. Geringere Werte wurden von denjenigen angegeben, die die Verkehrszeichenbrücken im Zusammenhang mit Verkehrsbeeinflussungsanlagen bewerteten. Hier wird die Nutzungsdauer durch technische Inkompatibilität und damit nicht mehr wirtschaftlicher Verwendbarkeit bestimmt und sie fällt somit geringer aus. Die Nutzungsdauer von Verkehrszeichenbrücken wird hier auf 25 Jahre festgesetzt, die frühere Erneuerung der Verkehrszeichenbrücken innerhalb einer Verkehrsbeeinflussungsanlage wird später bei den Nutzungsdauern der Verkehrsbeeinflussungsanlagen selbst berücksichtigt.

Im Rahmen der bundesweiten Befragung konnten keine Werte für die optimale Nutzungsdauer von Verkehrszeichenbrücken an Bundesautobahnen ermittelt werden. Für die sonstigen Nutzungsdauern liegen jeweils mehrere Nennungen vor.

Anlagenteil	Nutzungsdauer von Verkehrszeichenbrücken [a]		
	min.	max.	mittlere
optimale Nutzungsdauer einer Verkehrszeichenbrücke	25	25	25
technische Nutzungsdauer	10	25	25 (17)
tatsächliche Nutzungsdauer	10	30	25 (22)

Tab. 81: Optimale, technische und tatsächliche Nutzungsdauern von Verkehrszeichenbrücken

Eine Unterzentrale dient der Steuerung von Wechselverkehrszeichenanlagen und der Abwicklung der Datenübertragung in geschlossenen Netzteilen. Als Standorte kommen beispielsweise Autobahnmeistereien oder aber Verkehrsrechnerzentralen, die als zentraler Punkt im Straßennetz eines Bundeslands später separat behandelt werden, in Frage.

Bezüglich der Erneuerungskosten für die Unterzentrale zur Steuerung einer Verkehrsbeeinflussungsanlage fielen zunächst extrem hohe Schwankungsbreiten von 3.000 bis 400.000 € auf, die sich in dieser Größenordnung auch nicht mit unterschiedlichen technischen Ausstattungen alleine begründen ließen. Maßgeblicher Grund für die Schwankungsbreite ist die unterschiedliche Vorgehensweise in den einzelnen Bundesländern. So befinden sich die Unterzentralen in einigen Bundesländern schlicht als Server in einer Straßenmeisterei, während andere Bundesländer wie beispielsweise Nordrhein Westfalen jeweils eigene Leitzentralen für einen oder mehrere Streckenabschnitte bauen und somit mehrere große „Unterzentralen“ haben. Da im Zuge dieses Forschungsprojekts ausschließlich die Erneuerung einer bestehenden Anlage betrachtet wird, werden Kosten für eine wetterfeste Unterbringung der Anlage, die Stromversorgung und die Anbindung an das Steuerungsnetz der Verkehrsbeeinflussungsanlage nicht berücksichtigt. Durch erneute Befragung von Verantwortlichen wurde eine Eingrenzung der Kosten auf einen Bereich von ca. 3.000 bis 12.000 € erreicht (Tabelle 82). Diese Angaben beziehen sich auf eine zu erneuernde Unterzentrale, welche ausschließlich zur Steuerung einer lokalen Verkehrsbeeinflussungsanlage verwendet wird.

Die angegebenen optimalen Nutzungsdauern schwanken mit 5 bis 15 Jahren ebenfalls nicht unerheblich, stimmen in ihrer Größenordnung jedoch gut mit den angegebenen technischen und tatsäch-

Anlagenmerkmale	Unterzentrale zur Steuerung einer VBA an Bundesautobahnen		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten [€/Stk.]	3.000	12.000	7.500
optimale Nutzungsdauer [a]	5	15	9
technische Nutzungsdauer [a]	7	15	12
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	7	15	12

Tab. 82: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern einer Unterzentrale zur Steuerung einer Verkehrsbeeinflussungsanlage (VBA) an Bundesautobahnen

lichen Nutzungsdauern überein. Demnach werden die entsprechenden Aggregate einer Unterzentrale im Optimalfall dann erneuert, wenn sie technisch versagen und dies geschieht in der Erhaltungspraxis auch tatsächlich. Die Streuungen in den Angaben können verschiedene Ursachen haben. Beispielsweise weisen die einzelnen nicht näher definierten Komponenten zur Steuerung (Steuerplatinen, Prozessoren, usw.) voraussichtlich unterschiedliche Lebensdauern auf und werden deshalb jeweils bei Bedarf zu unterschiedlichen Zeitpunkten erneuert.

Die Daten der Unterzentralen der einzelnen Verkehrsbeeinflussungsanlagen werden öfters in übergeordnete Verkehrsleitzentralen zusammengeführt. Es wurde in Gesprächen mit Vertretern verschiedener Institutionen deutlich, dass die Hauptkostenfaktoren bezüglich der Erneuerung der technischen Ausstattung von Verkehrsleitzentralen die Visualisierungstechnik und die notwendigen Komponenten der Fernmelde- und Netzwerktechnik sind. Die derzeit bevorzugte und meist angewandte Technik zur gleichzeitigen Visualisierung einer Vielzahl komplexer Systeme wie Verkehrsbeeinflussungsanlagen ist die Videowand mit Rückwandprojektion. Für diese konnte eine Angabe zu den Erneuerungskosten in Höhe von 350.000 €/Stk. erhoben werden. Entsprechende Größen werden in Abhängigkeit von der Anzeigengröße, der Gestaltung und dem technologischem Fortschritt voraussichtlich erhebliche Abweichungen aufweisen, die sich auf Grundlage der gewonnenen Daten nicht genauer spezifizieren bzw. beziffern lassen.

Für die Einrichtungen der Telekommunikations- und Netzwerkeinrichtungen konnten keine separaten Angaben zu den durchschnittlichen Erneuerungs-

Anlagenmerkmale	Verkehrsleitzentrale		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten der technischen Ausstattung einer Verkehrsleitzentrale (inkl. Videowand und Netzwerktechnik) [€/Stk.]	500.000	750.000	625.000
optimale Nutzungsdauer [a]	–	–	–
technische Nutzungsdauer [a]	–	–	–
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	–	–	–

Tab. 83: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern der technischen Ausstattung von Verkehrsleitzentralen an Bundesautobahnen

kosten erhoben werden. Die durchschnittlichen Gesamtkosten für die Erneuerung der technischen Ausstattung einer regionalen Verkehrsleitzentrale liegen inklusive Visualisierungs- und Netzwerktechnik bei 500.000 bis 750.000 €/Stk (Tabelle 83). Es ist anhand dieser Zahl zu erkennen, dass die Visualisierungstechnik offensichtlich der Hauptfaktor der Erneuerungskosten ist.

Zur Abschätzung der Kosten einer gesamten Verkehrsbeeinflussungsanlage werden im Weiteren alle Erneuerungskosten der Teilkomponenten in unterschiedlichen Anzahlen jeweils auf einen Anzeigequerschnitt bezogen. Der Versuch eines Bezugs auf die von der jeweiligen Anlage zu steuernde Streckenlänge erwies sich nicht als praktikabel, da hierbei die Anzahl der dabei zu berücksichtigenden Knotenpunkte zu großen Verzerrungen führte.

Die Erneuerungskosten einer gesamten Strecken-, Netz- und Knotenpunktbeeinflussungsanlage können nach dem Bezug auf den Anzeigequerschnitt durch Multiplikation mit deren Anzahl innerhalb der Verkehrsbeeinflussungsanlage und Hinzufügung einer Unterzentrale ermittelt werden. Bild 2 zeigt hierfür Beispiele von bestückten Anzeigequerschnitten mit Verkehrswechselzeichen mit lichtemittierender Anzeige inklusive der erforderlichen Streckenstationen. Hierbei wurde auch die zusätzliche Verkehrserfassungseinheit mit Schleifendetektoren zwischen den Anzeigequerschnitten samt deren Streckenstation mit berücksichtigt.

Die sich ergebenden Kostensummen in Höhe von rund 98.000 € für den zweistreifigen bis zu rund 144.000 € für den vierstreifigen Anzeigequerschnitt wurden mit verwirklichten Projekten zur Installation

Elemente	Anzahl	2-streifig		Anzahl	3-streifig		Anzahl	4-streifig	
		EK [€/Stk.]	gesamt [€]		EK [€/Stk.]	gesamt [€]		EK [€/Stk.]	gesamt [€]
Verkehrszeichenbrücken	1	45.000,00	45.000,00	1	60.000,00	60.000,00	1	65.000,00	65.000,00
Wechselverkehrszeichen A	2	4.500,00	9.000,00	3	4.500,00	13.500,00	4	4.500,00	18.000,00
Wechselverkehrszeichen B+C	1	6.300,00	6.300,00	2	6.300,00	12.600,00	3	6.300,00	18.900,00
Prismenwender	0	9.200,00	0,00	0	9.200,00	0,00	0	9.200,00	0,00
Radarsensoren	2	1.500,00	3.000,00	3	1.500,00	4.500,00	4	1.500,00	6.000,00
Messschleifen	2	750,00	1.500,00	3	750,00	2.250,00	4	750,00	3.000,00
Videokameras	0	2.000,00	0,00	0	2.000,00	0,00	0	2.000,00	0,00
Helligkeitssensoren	1	280,00	280,00	1	280,00	280,00	1	280,00	280,00
Nässesensoren	0,5	5.500,00	2.750,00	0,5	5.500,00	2.750,00	0,5	5.500,00	2.750,00
Sichtweitensensor	0	8.700,00	0,00	0	8.700,00	0,00	0	8.700,00	0,00
Streckenstation	2	15.000,00	30.000,00	2	15.000,00	30.000,00	2	15.000,00	30.000,00
	pro Stk.		97.830,00	pro Stk.		125.880,00	pro Stk.		143.930,00

Bild 2: Zusammenstellung der Kostenanteile von Anzeigequerschnitten einer Verkehrsbeeinflussungsanlage

von Verkehrsbeeinflussungsanlagen verglichen. Bei diesen Projekten handelte es sich um Streckenbeeinflussungsanlagen auf zwei- oder dreistreifigen Bundesautobahnen, die keine außergewöhnlichen Ausstattungsmerkmale auswiesen. Die Projektkostensummen wurden durch die Anzahl der installierten Anzeigequerschnitte dividiert, um eine Vergleichsgröße zu den ermittelten Kostensummen in Bild 2 zu erhalten. Hierbei ergaben sich Werte von 95.000 € bis zu 174.000 € mit einem Mittelwert bei 141.000 €. Hierbei muss jedoch berücksichtigt werden, dass in allen Projekten zusätzliche Infrastrukturmaßnahmen zur Erstellung der Verkehrsbeeinflussungsanlagen in nicht bekanntem Umfang enthalten waren.

Die mittleren Nutzungsdauern wurden für Verkehrsbeeinflussungsanlagen allgemein abgefragt, da es keine Anhaltspunkte für eine erforderliche Unterscheidung in Strecken-, Netz- und Knotenpunktbeeinflussungsanlagen gab. Die ermittelten Werte der Verkehrsbeeinflussungsanlagen – sowohl für die optimale, technische als auch tatsächliche Nutzungsdauer – fallen in Anbetracht der erheblichen Kosten und der robusten Ausstattung der tragenden Konstruktion überraschend gering aus. Der Zeitpunkt für eine optimale Gesamterneuerung liegt deutlich vor dem Ende der technischen Nutzungsdauer einer Verkehrszeichenbrücke von 25 Jahre.

Nach Rücksprache mit verantwortlichen Bauverwaltungen wurde konstatiert, dass solche Nutzungsdauern durchaus plausibel erscheinen. Die tatsächliche und optimale Nutzungsdauer von Verkehrsbeeinflussungsanlagen und ihren Teilaggregaten werden massiv durch äußere Einflüsse bestimmt. Im Besonderen ist der technische Fortschritt als maßgebender Faktor zu berücksichtigen. So ist z. T. eine Ersatzteilversorgung für ältere Verkehrsbeeinflussungsanlagen und ihren Teilanlagen

Anlagenmerkmale	Verkehrsbeeinflussungsanlagen		
	min.	max.	mittlere
optimale Nutzungsdauer [a]	–	–	15
technische Nutzungsdauer [a]	–	–	20
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	–	–	15

Tab. 84: Nutzungsdauern von Verkehrsbeeinflussungsanlagen an Bundesautobahnen

bereits nach kurzer Zeit nur bedingt möglich, da die notwendigen Komponenten nicht mehr verfügbar sind. Somit ist die Unterhaltung und Instandsetzung eines solchen Anlagenteils nicht mit einem angemessenen Kostenaufwand bei einer vertretbaren Ausfallzeit möglich. Dieser z. T. unvermittelte Ausfall der Verfügbarkeit von Ersatzteilen wird als „Produktzyklus“ bezeichnet. Die optimale und tatsächliche Nutzungsdauer sind somit im hohen Maße von diesem abhängig. Die zeitliche Abfolge, in welcher diese Produktzyklen verlaufen und wie lange darüber hinaus durch den Hersteller Ersatzteile vorgehalten werden, variieren teilweise erheblich.

Des Weiteren ist zu beachten, dass die optimale bzw. tatsächliche Nutzungsdauer aufgrund einer Inkompatibilität von Teilkomponenten unterschiedlicher Hersteller sinken kann. Die Problematik einer entsprechend verkürzten Nutzungsdauer ergibt sich in der Praxis zumeist nach dem Ablauf eines Wartungsvertrags für eine VBA. Wenn nach der Neuausschreibung eine andere als die herstellende Firma den Zuschlag erhält, können diese herstellerspezifische Anlagenteile nur bedingt instand gehalten bzw. instand setzen. Es kann somit notwendig werden, dass diese Teilkomponenten ausgetauscht bzw. erneuert werden müssen, obwohl sie ihre

optimale bzw. technische Nutzungsdauer noch nicht erreicht haben. Dieser Sachverhalt wird indirekt in den erhobenen und aufgeführten Nutzungsdauern berücksichtigt.

Auch für Netzbeeinflussungsanlagen wurden verwirklichte Projekte betrachtet, wobei jedoch deutlich weniger Maßnahmen verfügbar waren. Mehr noch als bei den Streckenbeeinflussungsanlagen variiert hier die Größe und Ausstattung der Anlagen: die Projektsummen schwanken von 1,0 bis über 10 Mio. € und gelten für Anlagen, die allein aus dWiSta-Anzeigen an Verkehrszeichenbrücken und entsprechende Streckenstationen und Unterzentralen beschränken, bis hin zu großräumig angelegten Anlagen mit Verkehrsdatenerfassung und Seitenstreifenfreigaben. Da bei vielen Projekten eine genaue Aufschlüsselung der Teilkomponenten nicht vorlag, konnten nur einfache Netzbeeinflussungsanlagen kalkulatorisch nachempfunden werden, für diese konnten jedoch hinreichend genaue Übereinstimmungen erzielt werden. Leider war es nicht möglich, Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von Knotenbeeinflussungsanlagen aus verwirklichten Projekten zu ermitteln. Da die Teilkomponenten jedoch die gleichen sind wie bei den Strecken- und Netzbeeinflussungsanlagen, kann davon ausgegangen werden, dass hier ähnliche Übereinstimmungen vorhanden sein werden.

Die kleinste Anlagenform einer Verkehrsbeeinflussungsanlage ist die Zuflussregelung. Eine solche Anlage besteht aus einer Lichtsignalanlage auf der Autobahnauffahrt, einer Verkehrsdatenerfassung auf dem Autobahnquerschnitt sowie einer Streckenstation. Die Lichtsignalanlage wird durch die Verkehrsdatenerfassung bei Erreichen eines Schwellenwerts aktiviert und regelt so lange den Zufluss, wie die Verkehrsbelastung auf der Autobahn nicht wieder unter den Schwellenwert fällt.

Die Kosten einer Zuflussregelung sind entsprechend der Teilaggregate näherungsweise zu summieren. Bei einem dreistreifigen Autobahnquerschnitt mit entsprechender Verkehrserfassung, zwei Lichtsignalanlagen, Sensoren in der Auffahrrampe, der Streckenstation und der erforderlichen Beschilderung ergeben sich Werte in einer Größenordnung von rund 60.000 bis 70.000 €.

Glättemeldeanlagen (GMA) sind Einrichtungen zur Steuerung des Winterdienstes und können mit einer Taumittelsprühanlage kombiniert werden, für die jedoch – wie erwähnt – keine Befragungsergeb-

nisse geliefert wurden. Die Anlagen erfassen hierfür Wetterdaten über Straßenwetterstationen (Umweltsensoren) und prognostizieren hieraus den Glättefall.

Für die Glättemeldeanlagen konnten von verschiedenen Institutionen und Firmen Angaben zu den Erneuerungskosten an Bundesautobahnen als Pauschalaggregat erhoben werden. Auch wenn es nicht möglich war, entsprechende Daten für Bundesstraßen zu ermitteln, kann davon ausgegangen werden, dass sich keine ausgeprägten konstruktiven Unterschiede ergeben und die Kosten tendenziell mit denen auf Bundesautobahnen übereinstimmen.

In persönlichen Gesprächen mit Vertretern der Industrie und verschiedenen Institutionen konnten wesentliche Kostenfaktoren ausgemacht werden. So werden die Aufstell- bzw. Erneuerungskosten einer Glättemeldeanlage im großen Maße von dem Vorhandensein einer Stromversorgung bestimmt. Die angegebenen Erneuerungskosten gehen von der Annahme aus, dass eine Stromversorgung vorhanden ist und somit keine neue Stromleitung gelegt werden muss und auch keine autarke Lösung zur Versorgung (Solar- oder Batteriebetrieb) angewendet wird.

Die festzustellende Differenz in den Angaben ist auf marktübliche Schwankungen, der anlagenspezifischen Konstruktion sowie der Anzahl der Fahrstreifen zurückzuführen.

Im Rahmen der bundesweiten Befragung konnte für Glättemeldeanlagen lediglich eine Aussage zur tatsächlichen Nutzungsdauer an Bundesauto-

Anlagenmerkmale	Glättemeldeanlage		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten an Bundesautobahnen [€/Stk.]	30.000	35.000	32.500
Erneuerungskosten an Bundesstraßen [€/Stk.]	–	–	–
optimale Nutzungsdauer an Bundesautobahnen [a]	–	–	–
optimale Nutzungsdauer an Bundesstraßen [a]	–	–	–
technische Nutzungsdauer [a]	–	–	–
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	12	17	14,5

Tab. 85: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von Glättemeldeanlagen

bahnen erhoben werden. Diese bezog sich auf die Glättemeldeanlagen als Gesamtobjekt. Es fällt auf, dass diese mit 12 bis 17 Jahren extrem niedrig ausfällt. Nach Rücksprache mit Betreibern wurde diese Einschätzung als folgerichtig eingeschätzt. Zwar ist eine Glättemeldeanlage technisch in der Lage, wesentlich länger in Betrieb zu bleiben, dies ist jedoch unter den gegebenen Randbedingungen meist nicht wirtschaftlich. Beim Austausch einzelner Komponenten ergeben sich so große Kompatibilitätsprobleme, dass ab einem gewissen Zeitpunkt umfangreiche Instandsetzungsmaßnahmen gegenüber einer Gesamterneuerung wirtschaftlich nicht mehr rentabel sind.

Dies deckt sich auch mit der Aussage der Verantwortlichen, dass ein direkter Zusammenhang zwischen der Nutzungsdauer der Deckschicht und den darin eingebauten Sensoren oder auch Sprühdüsen von Taumittelsprühanlagen besteht, da entsprechende Komponenten gemeinsam erneuert werden müssen. Die Lebensdauer einer Asphaltdeckschicht mit 12 bis 17 Jahren anzunehmen ist dabei eher optimistisch. Kommt es bei der Erneuerung zu Kompatibilitätsproblemen, verkürzt sich die Nutzungsdauer der Glättemeldeanlage aus den oben genannten Gründen entsprechend.

Ausstattungsquoten

Ausstattungsquoten für Lichtsignalanlagen bezogen auf einen Kilometer Strecke anzugeben, war den Befragten zwar möglich, allerdings ist zu berücksichtigen, dass die vorhandenen Lichtsignalanlagen linear auf die Gesamtnetzlänge umgelegt wurden. Betrachtet man nicht die Netzebene sondern lediglich separate Streckenabschnitte, kann es zu deutlichen Abweichungen von den angegebenen Ausstattungsquoten kommen.

Nach der Befragung lagen entsprechende Informationen untergliedert nach Fußgängerlichtsignalanlagen sowie Lichtsignalanlagen mit Normal- und Auslegermast vor. Wie bereits bei den Erneuerungskosten angesprochen, besitzen Lichtsignalanlagen auf Bundesautobahnen als unabhängige Anlagenteile keine Bedeutung. Lediglich in Verbindung mit Verkehrsbeeinflussungsanlagen (bspw. verkehrsabhängige Zuflussregelung an Auffahrten) kommen sie auf Autobahnen zur Anwendung.

Für die Verkehrsbeeinflussungsanlagen werden die Angaben zur Ausstattungsquote von Strecken- und Netzbeeinflussungsanlagen in Form von Anlagen-

Anlagenteil	Ausstattungsquote [Stk./km]
	B
FG-LSA	0,093 – 0,127
LSA (Normalmast)	0,10 – 0,33
LSA (Auslegermast)	0,088
LSA (Steuerungseinheit)	0,19 – 0,33

Tab. 86: Ausstattungsquote für Lichtsignalanlagen im Bundesstraßennetz (Gesamtquerschnitt)

Anlagenteil	Ausstattungsquote Einheit pro km	
	BAB	B
Streckenbeeinflussungsanlagen	0,46 – 0,51 AQ	–
Netzbeeinflussungsanlagen	0,05 – 0,16 AQ	–
Knotenpunktbeeinflussungsanlagen	0,003 – 0,044 Stk.	–

Tab. 87: Ausstattungsquote für Verkehrsbeeinflussungsanlagen

querschnitten (AQ) und für Knotenpunktbeeinflussungsanlagen als Anlagenanzahl pro Netzlänge angegeben. Ein Anlagenquerschnitt bezeichnet eine vollständige Verkehrszeichenbrücke mit angebrachten Wechselverkehrszeichen bzw. Wechselwegweisern. Welche Bauart diese Verkehrszeichenbrücken aufwies, ist nicht bekannt, eben so wenig wie viele Verkehrszeichen angebracht und welcher Bauart (mechanisch oder lichtemittierend) diese waren.

Aus der Befragung lagen vergleichsweise viele Ausstattungsquoten für die Verkehrsbeeinflussungsanlagen vor (Tabelle 88), diese weisen jedoch z. T. erhebliche Spannweiten auf.

Es ist davon auszugehen, dass die durch die Befragung erhobenen Werte für die Ausstattungsquote der Bundesautobahnen mit Verkehrsbeeinflussungsanlagen nicht für alle Bundesländer repräsentativ sind, da sich diese regional stark unterscheiden. Aus diesem Grund wurde zusätzlich eine Auswertung von Satellitenbildern (Google maps) durchgeführt und die erkennbaren Anlagenquerschnitte dokumentiert. Bedingt durch das Alter der Satellitenbilder stehen zwar nicht immer aktuelle Werte zur Verfügung, sie ergänzten jedoch die eingeschränkte Datenlage für Bundesautobahnen.

Die Angabe der Ausstattungsquote für Bundesautobahnen mit Verkehrsbeeinflussungsanlagen erfolgt

Bundesland	Ausstattungsquote in Anlagenquerschnitt pro km Bundesautobahn aus Satellitenbildauswertung
Baden-Württemberg	0,080
Bayern Nord	0,172* (0,103)
Bayern Süd	0,370* (0,316)
Berlin	0,883
Brandenburg	0,079
Bremen	0,533
Hamburg	0,728
Hessen	0,228
Niedersachsen	0,328
Nordrhein-Westfalen	0,237* (0,160)
Rheinland-Pfalz	0,280
Saarland	0,192
Sachsen	0,064
Sachsen-Anhalt	0,226
Thüringen	0,120
* erhobener Wert aus der Befragung	

Tab. 88: Ausstattungsquote für Verkehrsbeeinflussungsanlagen nach Bundesländern sortiert

für jedes Bundesland separat in Tabelle 88. Werte, welche in Klammern stehen, wurden im Rahmen der Satellitenbildauswertung erhoben, aber durch Angaben aus der Befragung der Institutionen ersetzt.

Es ist zu beachten, dass die erhobenen Ausstattungsquoten jeweils auf das Gesamtnetz des Bundeslandes bezogen wurden. Eine Strecke, welche mit einer Streckenbeeinflussungsanlage ausgestattet ist, weist etwa alle 1,3 bis 2,0 km einen Anlagenquerschnitt mit Verkehrszeichenbrücke und entsprechender Beschilderung auf. Dies entspricht einer Ausstattungsquote von 0,5 bis 0,77 AQ/km. Die Zahlenwerte der einzelnen Bundesländer belegen, dass die Ausstattungsquote hinsichtlich der Verkehrsbeeinflussungsanlagen entsprechend der jeweils vorhandenen Randbedingungen deutlich schwankt.

Nach der Befragung liegen lediglich zwei Angaben zur Ausstattungsquote von Bundesautobahnen und keine für Bundesstraßen mit Glättemeldeanlagen vor. Die erhaltenen Antworten erbrachten Ausstattungsquoten an Bundesautobahnen von etwa 0,1 Anlagen pro km Autobahn. Demgegenüber

Anlagenteil	Ausstattungsquote Einheit pro km	
	BAB	B
Glättemeldeanlagen	0,07 Stk.	–

Tab. 89: Ausstattungsquote für Glättemeldeanlagen (Gesamtquerschnitt)

steht die Aussage des Deutschen Wetterdienstes, dass sich im Bundesautobahnnetz rund 900 Glättemeldeanlagen befinden, was einer Ausstattungsquote von 0,07 Anlagen/km entspricht. Dieser Wert wurde aufgrund der verlässlichen Quelle als Durchschnitt für das gesamte Netz herangezogen. Für die einzelnen Bundesländer können sich aber durchaus unterschiedliche Ausstattungsquoten für Glättemeldeanlagen ergeben, so besitzt Nordrhein Westfalen beispielsweise 276 Glättemeldeanlagen auf 2.189 km Bundesautobahn und somit eine Ausstattungsquote von 0,12 Anlagen/km. Demgegenüber verfügt Schleswig-Holstein über 27 Anlagen, was einer Ausstattungsquote von 0,05 entspricht.

Häufigkeiten der Betriebsdienstleistungen und dessen Kosten

Die Wartung und Instandhaltung von Glättemeldeanlagen erfolgt – ebenso wie die Leistungen an Lichtsignalanlagen – zumeist durch Wartungsverträge mit Fachfirmen. Die erhobenen Kosten für diese Wartung und Instandhaltung von Glättemeldeanlagen an Bundesautobahnen weisen mit einer maximalen Differenz von 35 € bzw. 5 % ein hohes Maß an Homogenität auf. Ein Vergleich der Kosten der Leistung an Bundesautobahnen und Bundesstraßen zeigt jedoch mit einer Differenz von ca. 400 € bzw. 240 % eine erhebliche Inhomogenität. Die Gründe für diese Inhomogenität liegen möglicherweise in dem Umstand begründet, dass diese Glättemeldeanlagen als einzelnes Anlagenteil einer gesamten Taumittelsprühanlage betrieben werden. Es ist zu beachten, dass es sich bei dieser festzustellenden Differenz um eine Einzelangabe handelt. Eine allgemeine Tendenz kann aus dieser Angabe nicht abgeleitet werden.

Die Wartung und Instandsetzung von Verkehrsbeeinflussungsanlagen wird im Regelfall wie auch bei Glättemeldeanlagen und Lichtsignalanlagen durch Wartungsverträge an Dritte vergeben. Im Allgemeinen wird die Wartung einer Verkehrsbeeinflussungsanlage als Gesamtanlage ausgeschrieben. Es konnten jedoch auch Angaben zu den Kosten und Häufigkeiten von Leistungen an Teilanlagen er-

Anlagenteile/ Aggregate	Nummer nach Leistungs- heft	Bezeichnung der Leistungen	Einheit	Häufigkeit der Leistung an Bundesautobahnen pro Jahr und Einheit			Einheit	Kosten der Leistungen einer Maßnahme an Bundesautobahnen in € pro Einheit		
				min.	max.	Mittel- wert		min.	max.	Mittel- wert
GMA		Glättemeldeanlage (GMA) warten und instand halten	Stk.	1,00	4,00	2,50	Stk.	715,00	750,00	738,00
VBA	3.08	Wechselverkehrszeichenanlagen (WVA) warten und instand halten	Stk.	-	-	2,00	Stk.	-	-	270,00
		Netzbeeinflussungsanlagen (NBA) warten und instand halten	Stk.	2,00	3,00	2,70	Stk.	5.000,00	26.000,00	6.500,00
		Streckenbeeinflussungsanlagen (SBA) warten und instand halten	Stk.	2,00	3,00	2,70	Stk.	14.000,00	49.000,00	29.333,00
		Knotenbeeinflussungsanlagen (KBA) warten und instand halten	Stk.	3,00	3,00	3,00	Stk.	1.050,00	1.200,00	1.125,00
		Wechselverkehrszeichen (WVZ) mit mechanischer Anzeige warten und instand halten	Stk.	-	-	4,00	Stk.	-	-	1.200,00
		Wechselverkehrszeichen (WVZ) mit lichtemittierender Anzeige warten und instand halten	Stk.	1,00	3,00	2,25	Stk.	200,00	500,00	325,00
		Wechselverkehrswegweiser (WWW) mit mechanischer Anzeige warten und instand halten	Stk.	2,00	4,00	3,00	Stk.	2.600,00	9.000,00	5.800,00
		Wechselwegweiser (WWW) mit licht- emittierender Anzeige warten und instand halten	Stk.	3,00	4,00	3,50	Stk.	1.400,00	1.750,00	1.575,00
		Unterzentrale zur Steuerung einer VBA warten und instand halten	Stk.	2,00	4,00	3,00	Stk.	1.000,00	1.800,00	1.467,00
	automatische Datenerfassung warten und instand halten	Stk.	2,00	3,00	2,70	Stk.	300,00	600,00	417,00	

Tab. 90: Häufigkeiten und Kosten des Betriebsdienstes für die elektrischen Anlagenteile (Bundesautobahnen)

Anlagenteile/ Aggregate	Nummer nach Leistungs- heft	Bezeichnung der Leistungen	Einheit	Häufigkeit der Leistung an Bundesstraßen pro Jahr und Einheit			Einheit	Kosten der Leistungen einer Maßnahme an Bundesstraßen in € pro Einheit		
				min.	max.	Mittel- wert		min.	max.	Mittel- wert
LSA	3.09	Lichtsignalanlagen (LSA) warten und instand halten	Stk.	3,00	4,00	3,50	Stk.	320,00	1.780,00	1.046,00
GMA		Glättemeldeanlage (GMA) warten und instand halten	Stk.	-	-	1,00	Stk.	-	-	300,00
Verkehrs- datener- fassung		automatische Datenerfassungsanlage warten und instand halten	Stk.	1,00	2,00	1,50	Stk.	-	-	600,00

Tab. 91: Häufigkeiten und Kosten des Betriebsdienstes für die elektrischen Anlagenteile (Bundesstraßen)

hoben werden. Es ist jedoch zu beachten, dass diese nicht direkt mit den Kosten eines Wartungsvertrages für eine Komplettanlage vergleichbar sind.

Im Rahmen der Auswertung wurden die Häufigkeiten einer Leistung nicht weiter bewertet. Die abgeschlossenen Wartungsverträge sind zumeist leistungsbezogen. Das bedeutet, dass in der Regel eine Mindestanzahl an Kontrollterminen durch den Auftraggeber vorgegeben wird. Die erhobenen Kosten stellen somit Gesamtkosten pro Jahr und

Anlagenteil dar und müssen nicht mit den Häufigkeiten einer Leistung multipliziert werden.

Angaben zu den Kosten für die Wartung und Instandhaltung von Streckenbeeinflussungsanlagen (SBA) konnten von verschiedenen Institutionen erhoben werden. Im Rahmen der Befragung wurde immer wieder geäußert, dass eine Angabe von durchschnittlichen Kosten für die Leistungen der Unterhaltung und Instandsetzung an Streckenbeeinflussungsanlagen nur sehr schwer möglich ist. Diese Aussage kann auf alle Arten der Ver-

kehrsbbeeinflussungsanlagen verallgemeinert werden. Grund für diese Schwierigkeit ist der Umstand, dass mit der Neuinstallation einer Verkehrsbeeinflussungsanlage gleichzeitig ein Service-Vertrag mit einer Laufzeit von etwa 10 Jahren vergeben wird. Die Leistungen innerhalb dieses Service-Vertrags werden allgemein sehr günstig angeboten, ein später anschließender und damit neu zu vergebender Vertrag über die gleichen Leistungen fällt in seiner Angebotssumme jedoch regelmäßig um einen viellachen Betrag höher aus. Zusätzlich haben selbstverständlich das Alter, die Größe der Anlage und der Stand bzw. die Art der verwendeten Technik der Anlagenentscheidende Einfluss auf die Kosten. Ein realistisches Maß für die Wartung und Instandhaltung der Verkehrsbeeinflussungsanlagen lässt sich somit nur sehr schwer ermitteln.

Die große Schwankungsbreite bei den angegebenen Kosten für die Wartung und Instandsetzung sind dementsprechend nachvollziehbar. Die von einer Institution angegebenen Kosten in Höhe von 26.000 €/Stk. für die Wartung und Instandsetzung einer Netzbeeinflussungsanlagen stellt einen erhobenen Durchschnittswert dar, der durch von der befragten Institutionen berechnet und genannt wurde. Genauere Informationen zur Datengrundlage dieses Durchschnittswerts lagen jedoch nicht vor.

Gleiches gilt für den für Streckenbeeinflussungsanlagen angegebene Wert von 49.000 €/Stk. Hier konnten jedoch im Zuge persönlicher Gespräche minimale und maximal Werte, welchen dem erhobenen Durchschnittswert zugrunde liegen, ermittelt werden: die Minimal- und Maximalwerte für die Leistungen der Unterhaltung und Instandsetzung lagen bei 4.000 € und 100.000 € pro Anlage. Auf einen Bezug auf eine Größenordnung pro Anlagenquerschnitt zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Anlagengröße wurde verzichtet, da selbst dann die Schwankungsbreite der Angaben für eine Kalkulation zu groß ausfiel.

Allgemein ist zu sagen, dass die minimalen Kosten nach einer Anlagenerneuerung erzielt werden, bei welchen die Wartungsverträge direkt mit dem Erbauer abgeschlossen werden. Sie müssen teilweise als „Kampfpreise“ angesehen werden, welche nicht die realen Kosten decken (können). Die Maximalkosten treten insbesondere bei alten Anlagen auf, welche besonders wartungsintensiv sind.

Die erhobenen Kosten für die Wartung und Instandsetzung von Knotenbeeinflussungsanla-

gen weisen mit einer absoluten 150 € bzw. relativen 14 % Abweichung die geringste Varianz auf. Es ist jedoch zu beachten, dass Knotenbeeinflussungsanlagen in ihrer Größe, Komplexität und Ausstattungsvariationen im Vergleich zu Netz- und Streckenbeeinflussungsanlagen eingeschränkt sind.

5.1.2.2 Schutzeinrichtungen

Die Ergebnisse bezüglich der Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von Schutzeinrichtungen aus Stahl oder Beton werden separat für jedes System bzw. jede Bauart ausgewertet und angegeben. Erneuerungskosten von Schutzeinrichtungen an Bundesstraßen wurden nicht getrennt von denen an Bundesautobahnen ermittelt.

Erneuerungskosten und Nutzungsdauern

In Tabelle 92 sind die Erneuerungskosten getrennt nach Rückhaltesystem bzw. Bauweise aufgeführt. Eine weitere Untergliederung in verschiedene Aufenthaltstufen (insgesamt 10 bei Stahlschutzplanken) erscheint nicht praktikabel, zumal sich diese indirekt aus dem verwendeten System ableiten lassen. Eine einfache Schutzplanke (ESP) weist zumeist die Aufenthaltstufe N2 (normales Aufhaltevermögen), eine einfache Distanzschutzplanke (EDSP) die Aufenthaltstufe H1 (hohes Aufhaltevermögen) und eine doppelte Distanzschutzplanke (DDSP) die Aufenthaltstufe H2 auf, während eine Super-Rail-Konstruktion eine maximalen Aufenthaltstufe bis H4b haben kann.

System	Erneuerungskosten in €/m von Schutzeinrichtungen		
	min.	max.	mittlere
ESP	–	–	22
DSP	–	–	–
EDSP	34	38	37
DDSP	44	60	52
Super-Rail Eco	50	80	68
Super-Rail	91	120	110
Schutzeinrichtungen aus Ortbeton (H2)	60	135	96
Schutzeinrichtungen aus Ortbeton (H4b)	–	–	230
Schutzeinrichtungen aus Fertigteilen aus Beton	90	150	120

Tab. 92: Erneuerungskosten von Schutzeinrichtungen an Bundesautobahnen

Betonrückhaltesysteme werden nach der Herstellungsweise in Ortbeton oder Fertigteilbauweise unterschieden.

Für Distanzschutzplanken (DSP) konnten keine Erneuerungskosten ermittelt werden, wie die Ausstattungsquote zeigt (Tabelle 96) ist ein solches System für ein Managementsystem allerdings nicht von Bedeutung, da es kaum verbaut wird.

Für die anderen Stahlschutzplanken lässt sich erwartungsgemäß eine starke Abhängigkeit der Kosten von den verwendeten Systemen erkennen. Die durchschnittlichen Erneuerungskosten steigen mit der maximalen Aufhaltstufe eines Systems. Diese Kostensteigerungen werden dabei vordringlich durch den höheren Material- bzw. Bauteilbedarf bedingt, der mit einer besseren Rückhaltefähigkeit einhergeht.

Für Betonrückhaltesysteme aus Ortbeton konnten Erneuerungskosten für die beiden relevanten Aufhaltstufen H2 und H4b ermittelt werden, die sich deutlich voneinander unterscheiden. Dabei muss jedoch angemerkt werden, dass die Verwendung von Betonsystemen weitere Leistungen – beispielsweise die Sicherstellung der Entwässerung mittels Schlitzrinne o. Ä. – notwendig machen kann. Dies verursacht ggf. noch einmal Mehrkosten.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden die jeweiligen Nutzungsdauern in eigenen Tabellen (Tabelle 93 bis Tabelle 95) aufgeführt. Da keine unterschiedlichen Nutzungsdauern für Autobahnen und Bundesstraßen festgestellt wurden, werden die Ergebnisse in gemeinsamen Tabellen aufgeführt.

Die optimalen Nutzungsdauern der Stahlschutzplanken weisen ausgeprägte Spannweiten auf, bewegen sich jedoch unabhängig vom System in derselben Größenordnung. Im Mittel wird der optimale Zeitpunkt für eine Erneuerung der Stahlschutzplanken an Bundesautobahnen systemübergreifend

nach rund 30 Jahren gesehen. Damit werden sie im Optimalfall etwa am Ende der Gesamtnutzungsdauer der eigentlichen Straßenbefestigung im Zuge einer grundhaften Erneuerung des Oberbaus erneuert.

Die ausgeprägten Schwankungen konnten nach Rücksprache mit Verantwortlichen auf den Umstand zurückgeführt werden, dass auch rein visuelle Zustandsmerkmale einer Schutzeinrichtung – beispielsweise Rostfahnen – zum Austausch der noch funktionsfähigen Schutzeinrichtung führen können, aber nicht müssen. In diesem Fall wird die optimale Nutzungsdauer aufgrund politisch-/gesellschaftlicher Gesichtspunkte verkürzt.

Die optimale Nutzungsdauer von Betonrückhaltesystemen liegt mit im Mittel 38 Jahren über der von Stahlschutzplanken. Wird über die gewählte Expositionsklasse des Betons den Umweltbedingungen Rechnung getragen, sind solche Ergebnisse durchaus plausibel.

Die technischen Nutzungsdauern (Tabelle 94) der Stahlschutzplanken liegen leicht über den optimalen Nutzungsdauern. Demnach würden diese technisch zwar weitere 2 bis 4 Jahre funktionsfähig bleiben, werden im Optimalfall jedoch vorher, vermutlich im Zuge einer Erhaltungsmaßnahme erneuert. Dass die Eco-Rail-Systeme im Mittel eine niedrigere technische Nutzungsdauer aufweisen, ist nicht plausibel begründbar und vermutlich auf die Herkunft der Daten zurückzuführen.

Gemäß den Anforderungen der DIN 1045 Teil 2 [1] müssen Betonkonstruktionen unter üblichen Instandhaltungsbedingungen mindestens eine Nutzungsdauer von 50 Jahren aufweisen. Im Hinblick auf die Betonrückhaltesystemen fällt auf, dass diese nach Meinung der Befragten technisch nicht in der Lage sind, diesen Wert sowie die mittlere optimale Nutzungsdauer gemäß Tabelle 93 zu erreichen. Zwar stimmen die angegebenen Maximal-

System	optimale Nutzungsdauer von Schutzeinrichtungen in [a]		
	min.	max.	mittlere
ESP, DSP, EDSP, DDSP	15	40	30
Super-Rail Eco	15	40	30
Super-Rail	15	40	30
Schutzeinrichtungen aus Beton	30	50	38

Tab. 93: Optimale Nutzungsdauern von Schutzeinrichtungen an Bundesautobahnen und Bundesstraßen

System	technische Nutzungsdauer von Schutzeinrichtungen in [a]		
	min.	max.	mittlere
DSP, ESP, EDSP, DDSP	25	35	34
Super-Rail Eco	25	40	32
Super-Rail	25	40	32
Schutzeinrichtungen aus Beton	30	50	35

Tab. 94 Technische Nutzungsdauern von Schutzeinrichtungen an Bundesautobahnen und Bundesstraßen

System	tatsächliche Nutzungsdauer von Schutzeinrichtungen in [a]		
	min.	max.	mittlere
ESP, DSP, EDSP, DDSP	30	35	32,5
Super-Rail Eco	–	–	30
Super-Rail	–	–	30
Schutzeinrichtungen aus Beton	30	35	32,5

Tab. 95: Tatsächliche Nutzungsdauern von Schutzeinrichtungen an Bundesautobahnen und Bundesstraßen

werte mit den Forderungen der DIN 1045-2 überein, die Einschätzung der mittleren technischen Nutzungsdauer liegt jedoch mit 35 Jahren deutlich darunter.

Die tatsächliche Nutzungsdauer von Stahlschutzplanken stimmt mit der optimalen Nutzungsdauer überein (Super-Rail-Systeme) bzw. übersteigt diese um 2,5 Jahre (ESP, DSP, EDSP, DDSP). Strategische Überlegungen bezüglich des Zeitpunkts der Erneuerung (z. B. Rost) können Differenzen zwischen der optimalen und der tatsächlichen Erneuerung hervorrufen.

Die angegebenen tatsächlichen Nutzungsdauern liegen mit maximal 35 Jahren deutlich unter den technische zu realisierenden Größenordnungen. Ursachen hierfür sind ohne weitere Informationen nur schwer zu ergründen, jedoch können Schäden durch Fremdeinwirkung oder nicht ausreichende Unterhaltung als wahrscheinliche Ursachen für eine frühzeitige Erneuerung vermutet werden.

Ausstattungsquote

Angaben zur Ausstattungsquote von Schutzeinrichtungen an Bundesautobahnen und -straßen konnten für fast alle Arten der Schutzeinrichtungen ermittelt werden. Es ließ sich jedoch keine Ausstattungsquote für Schutzeinrichtungen des Systems „Super-Rail Eco“ an Bundesautobahnen erheben. Es wird vermutet, dass dieses System nicht oder nur punktuell im Zuständigkeitsbereich der befragten Institutionen Verwendung findet. Diese Aussage gilt sinngemäß ebenfalls für das System „DSP“ an Bundesautobahnen und Bundesstraßen.

Wenn man die Ausstattungsquoten der verschiedenen Schutzeinrichtungen an Autobahnen addiert, ergibt sich eine Ausstattungsquote von 2,87 bis 4,12 Kilometern Schutzeinrichtungen pro Kilometer Gesamtquerschnitt. Dieser sehr hohe Wert ist

System	Ausstattungsquote von Schutzeinrichtungen [km SE pro km Strecke]	
	BAB	B
ESP	1,02 – 1,3	0,32 – 0,41
DSP*	0,002 – 0,02	0,006 – 0,012
EDSP	1,35 – 1,84	0,12 – 0,146
DDSP	0,19 – 0,47	0,05 – 0,26
Super-Rail Eco	–	0,003
Super-Rail	0,01 – 0,18	0,007
Beton	0,3 – 0,31	0,01 – 0,02

* nach RPS nicht mehr zu verwenden
SE = Schutzeinrichtungen

Tab. 96: Ausstattungsquote für Schutzeinrichtungen (Gesamtquerschnitt)

damit zu begründen, dass sowohl im Mittelstreifen als auch auf dem Bankett i. d. R. Schutzeinrichtungen über weite Strecken angebracht sind. Des Weiteren ist es z. T. notwendig, an Knotenpunkten, Trennstreifen sowie an räumlich getrennten Fahrstreifen zusätzliche Schutzeinrichtungen zu installieren. Die örtlichen Verhältnisse haben somit einen großen Einfluss auf die Ausstattungsquote.

Für Schutzeinrichtungen an Bundesstraßen wurde eine kombinierte Ausstattungsquote von 636 Metern pro Kilometer erhoben. Diese ist ebenso wie die der Schutzeinrichtungen an Bundesautobahnen von den gegebenen Randbedingungen der jeweiligen Örtlichkeiten abhängig. Auf Bundesstraßen werden im geringeren Maß als an Autobahnen Schutzeinrichtungen über die gesamte Länge der Strecke angebracht, zudem entfällt bei den meisten Querschnitten der Mittelstreifen. Demnach ist es erwartungskonform, dass die Ausstattungsquote bei Bundesstraßen deutlich niedriger ausfällt.

Weiterhin ist aufgrund der erhobenen Ausstattungsquoten festzustellen, dass Schutzeinrichtungen mit systembedingten zumeist höheren Aufhaltestufen nur vergleichsweise selten zum Einsatz kommen. Diese Systeme sind z. B. „Super-Rail Eco“, „Super-Rail“ und Schutzeinrichtungen aus Beton. Zumeist werden einfache Schutzplanken (ESP) oder einfache Distanzschutzplanken (EDSP) verbaut.

Die Relevanz der verschiedenen Ausführungsvarianten der Schutzeinrichtungen korrespondiert mit den erhobenen Werten für die erhobenen Ausstattungsquoten auf Bundesautobahnen und Bundesstraßen. Im persönlichen Gespräch mit der Güte-

gemeinschaft Stahlschutzplanken e. V. wurden diese Ergebnisse tendenziell bestätigt.

Häufigkeiten der Betriebsdienstleistungen und dessen Kosten

Zur Häufigkeit und zu den Kosten von Leistungen gemäß dem Leistungsheft für den Betriebsdienst an Bundesfernstraßen konnten für Schutzeinrichtungen verhältnismäßig viele Daten erhoben werden. Für weitere abgefragten Leistungen der Unterhaltung und Instandsetzung, die nicht durch das Leistungsheft definiert waren, wie z. B. „Schutzeinrichtung instand halten (ESP)“ war dies nicht möglich.

Das Leistungsheft für den Betriebsdienst fasst die Leistungen an Schutzeinrichtungen aus Beton und Stahl in einer Leistung zusammen (3.04 passive Schutzeinrichtungen instand halten). Da die Unterhaltung und Instandsetzung der Schutzeinrichtungen im Regelfall an Dritte vergeben wird, war es den befragten Institutionen möglich, die Kosten weiter in Schutzeinrichtungen aus Stahl und Beton zu untergliedern. Es ist jedoch zu beachten, dass die Leistungen der Unterhaltung und Instandsetzung abweichend vom sonstigen Schema teilweise

die notwendigen Sicherungskosten enthalten. Dieser Sachverhalt kann die großen Streuungen bei den zugeordneten Kosten begründen.

Die angegebenen Häufigkeiten für Maßnahmen des Betriebsdienstes sind sowohl bei Stahlschutzplanken als auch Betonschutzeinrichtungen so gering, dass entsprechende Leistungen während der Nutzungsdauer einer Schutzeinrichtung praktisch nie durchgeführt werden. Hieraus lässt sich der Schluss ziehen, dass Stahlschutzplanken und Betonschutzeinrichtungen generell nicht unterhalten, sondern bei einem Schadensfall direkt erneuert werden. Demnach sind auch die z. T. erheblich voneinander abweichenden Kosten für die Leistungen gemäß dem Leistungsheft in einem Management-System vernachlässigbar.

Schwer erklärbar sind die sehr hohen Angaben für die Instandhaltungskosten an Schutzeinrichtungen aus Beton. Mit 950 €/m liegen sie um ein Vielfaches oberhalb des Wertes für die Stahlschutzplanken und auch für die Erneuerungskosten der Schutzeinrichtungen aus Beton. Vermutlich wurden hier auch die vermutlich nicht unerheblichen Arbeiten für den Rückbau sowie Erdarbeiten mit angesetzt.

Anlagenteile/ Aggregate	Nummer nach Leistungs- heft	Bezeichnung der Leistungen	Einheit	Häufigkeit der Leistung an Bundesautobahnen pro Jahr und Einheit			Einheit	Kosten der Leistungen einer Maßnahme an Bundesautobahnen in € pro Einheit		
				min.	max.	Mittel- wert		min.	max.	Mittel- wert
Schutzeinrichtungen aus Stahl	3.04	passive Schutzeinrichtungen instand halten	m	0,0001	0,005	0,0018	m	1,00	25,50	13,50
		sonstige Arbeiten an Schutzeinrichtungen	m	-	-	-	m	-	-	-
		Schutzeinrichtungen (ESP) instand halten (inkl. Verkehrssicherung)	m	-	-	-	m	30,00	35,00	32,50
		Schutzeinrichtungen (DSP) instand halten (inkl. Verkehrssicherung)	m	-	-	-	m	-	-	-
		Schutzeinrichtungen (EDSP) instand halten (inkl. Verkehrssicherung)	m	-	-	-	m	-	-	80,00
		Schutzeinrichtungen (DDSP) instand halten (inkl. Verkehrssicherung)	m	-	-	-	m	-	-	-
		Schutzeinrichtungen (Super Rail Eco) instand halten (inkl. Verkehrssicherung)	m	-	-	-	m	-	-	130,00
		Schutzeinrichtungen (Super Rail) instand halten (inkl. Verkehrssicherung)	m	-	-	-	m	-	-	80,00
Schutzeinrichtungen aus Beton	3.04	passive Schutzeinrichtungen instand halten	m	0,0001	0,0003	0,0002	m	-	-	950,00
		sonstige Arbeiten an Schutzeinrichtungen	m	-	-	-	m	-	-	-

Tab. 97: Häufigkeiten und Kosten des Betriebsdienstes für die Schutzeinrichtungen (Bundesautobahnen)

Anlagenteile/ Aggregate	Nummer nach Leistungs- heft	Bezeichnung der Leistungen	Einheit	Häufigkeit der Leistung an Bundesstraßen pro Jahr und Einheit			Einheit	Kosten der Leistungen einer Maßnahme an Bundesstraßen in € pro Einheit		
				min.	max.	Mittel- wert		min.	max.	Mittel- wert
Schutzeinrichtungen aus Stahl	3.04	passive Schutzeinrichtungen instand halten	m	0,0001	0,010	0,0035	m	-	-	17,60
		sonstige Arbeiten an Schutzeinrichtungen	m	-	-	-	m	-	-	-
		Schutzeinrichtungen (ESP) instand halten (inkl. Verkehrssicherung)	m	-	-	-	m	40,00	50,00	45,00
		Schutzeinrichtungen (DSP) instand halten (inkl. Verkehrssicherung)	m	-	-	-	m	-	-	-
		Schutzeinrichtungen (EDSP) instand halten (inkl. Verkehrssicherung)	m	-	-	-	m	-	-	50,00
		Schutzeinrichtungen (DDSP) instand halten (inkl. Verkehrssicherung)	m	-	-	-	m	-	-	-
		Schutzeinrichtungen (Super Rail Eco) instand halten (inkl. Verkehrssicherung)	m	-	-	-	m	-	-	12,00
		Schutzeinrichtungen (Super Rail) instand halten (inkl. Verkehrssicherung)	m	-	-	-	m	-	-	150,00
Schutzeinrichtungen aus Beton	3.04	passive Schutzeinrichtungen instand halten	m	0,0001	0,0003	0,0002	m	-	-	-
		sonstige Arbeiten an Schutzeinrichtungen	m	-	-	-	m	-	-	-

Tab. 98: Häufigkeiten und Kosten des Betriebsdienstes für die Schutzeinrichtungen (Bundesstraßen)

5.1.2.3 Leiteinrichtungen

Im Zuge der Auswertung werden den Leiteinrichtungen Leitpfosten, Wildschutzzäune und Amphibienleiteinrichtungen zugeordnet. Für Leitpfosten konnten im Rahmen der durchgeführten bundesweiten Befragung Angaben zu Kosten, Nutzungsdauern und Ausstattungsquoten ermittelt werden, dies war für Wildschutzzäune und Amphibienleiteinrichtungen jedoch nicht möglich.

Erneuerungskosten und Nutzungsdauern

Die Erneuerungskosten für Leitpfosten sind auf Bundesautobahnen mit im Mittel 14,50 €/Stk. rund dreimal so teuer wie auf Bundesstraßen. Geht man davon aus, dass in den angegebenen Kosten keine umgelegten Anteile für die Verkehrssicherungskosten hinterlegt sind, kann dieser Unterschied nur mit einer anderen Bauform der Leitpfosten oder aber sehr günstigen Preisen, beispielsweise im Rahmen eines umfangreichen Wartungsvertrages erklärt werden. Als grundsätzlich verschiedene Bauformen, die sich auch auf den Preis der Leitpfosten auswirken, sind die der Eingrab- und Abscher-Leitpfosten zu nennen. Letztgenannte Form ist im Durchschnitt doppelt so teuer wie die einfachere Ausführung und wird häufiger an Stra-

Anlagenmerkmale	Leitpfosten		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten an Bundesautobahnen [€/Stk.]	11	18	14,5
Erneuerungskosten an Bundesstraßen [€/Stk.]	4,7	6	5,4
optimale Nutzungsdauer an Bundesautobahnen [a]	8	15	11,5
optimale Nutzungsdauer an Bundesstraßen [a]	8	15	11
technische Nutzungsdauer [a]	5	10	8
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	5	10	8

Tab. 99: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von Leitpfosten

ßen mit höheren Geschwindigkeiten angeordnet. Kostensteigernd wirken sich jedoch auch Zusatzeinrichtungen wie Unkrautteller oder Applikationen auf den Leitpfosten beispielsweise zur Stationierung oder zur Ausweisung der nächsten Notrufsäule aus. Grundsätzlich sind somit deutlich höhere Kosten für Leitpfosten an Bundesautobahnen gegenüber denen an Bundesstraßen nachvollziehbar, die in Tabelle 99 ausgewiesene Größenordnung scheint jedoch sehr hoch.

Die absoluten Beträge zu den Erneuerungskosten der Leitpfosten liegen deutlich unterhalb der in Preislisten verfügbaren Stückpreise. So werden bei einer Abnahme von 10 Eingrab-Leitpfosten üblicherweise mehr als 20 € pro Stück angegeben. Ob diese erhaltenen Nennungen realitätsnah sind und ob diese sich allein auf den Leitpfosten (ohne Fuß) beziehen, ließ sich leider aufgrund fehlender Rückläufe nicht ermitteln.

Die optimalen Nutzungsdauern für Leitpfosten werden für Bundesautobahnen und Bundesstraßen nahezu identisch mit im Mittel 11,5 bzw. 11 Jahren angegeben. Aufgrund der Größenordnung kann vermutet werden, dass der optimale Zeitpunkt zur Erneuerung von den Verantwortlichen im Zusammenhang mit einer notwendigen Erhaltungsmaßnahme am Straßenoberbau (vermutlich Decke oder Deckschicht) gesehen wird.

Technisch wird den Leitpfosten nur eine kürzere Nutzungsdauer von im Mittel lediglich 8 Jahren zugesprochen, und diese Nutzungsdauer entspricht offensichtlich auch dem tatsächlichen Handeln der Verantwortlichen. Es muss vor dem Hintergrund der dokumentierten Zahlenwerte davon ausgegangen werden, dass es sich bei den Angaben zu den optimalen Nutzungsdauern um diejenige handelt, die von den Befragten als die unter dem Aspekt eines möglichst wirtschaftlichen Handelns wünschenswerte angesehen wird.

Zu den separaten Stationierungszeichen wurden lediglich Angaben zu den Nutzungsdauern und nicht zu den Erneuerungskosten gemacht. Auch hier wurden die technischen und tatsächlichen Nutzungsdauern in gleicher Größenordnung und nied-

Anlagenmerkmale	Stationierungszeichen		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten an Bundesautobahnen [€/Stk.]	–	–	–
Erneuerungskosten an Bundesstraßen [€/Stk.]	–	–	–
optimale Nutzungsdauer an Bundesautobahnen [a]	15	25	20
optimale Nutzungsdauer an Bundesstraßen [a]	10	40	20
technische Nutzungsdauer [a]	5	15	10
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	5	15	10

Tab. 100: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von Stationierungszeichen

riger als die optimalen eingeschätzt. Eine Interpretation dieser Angaben lässt nur den Schluss zu, dass die Stationierungszeichen derzeit nach rund 10 Jahren erneuert werden, dass es aber als anzustreben erachtet wird, dass die Nutzungsdauern auf den doppelten Wert angehoben werden können.

Für Wildschutzzäune konnten keine Erneuerungskosten an Bundesstraßen ermittelt werden. Auch wenn keine konkreten Ausstattungsquoten erhoben werden konnten, ist doch davon auszugehen, dass Wildschutzzäune an Bundesstraßen eine untergeordnete Rolle spielen, während sie auf Bundesautobahnen in weiten Teilen über die gesamte Streckenlänge vorgehalten werden. Eine Aufgliederung in verschiedene Bauweisen gemäß den Richtlinien für Wildschutzzäune an Bundesfernstraßen [45] konnte durch die Befragten nicht vorgenommen werden.

Anlagenmerkmale	Wildschutzzäun		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten an Bundesautobahnen [€/m]	10	12	11
Erneuerungskosten an Bundesstraßen [€/m]	–	–	–
optimale Nutzungsdauer an Bundesautobahnen [a]	–	–	30
optimale Nutzungsdauer an Bundesstraßen [a]	15	25	20
technische Nutzungsdauer [a]	20	25	22,5
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	20	25	22

Tab. 101: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von Wildschutzzäunen

Anlagenmerkmale	Amphibienleiteinrichtung		
	min.	max.	mittlere
Erneuerungskosten an Bundesautobahnen [€/m]	–	–	–
Erneuerungskosten an Bundesstraßen [€/m]	–	–	–
optimale Nutzungsdauer an Bundesautobahnen [a]	–	–	–
optimale Nutzungsdauer an Bundesstraßen [a]	–	–	20
technische Nutzungsdauer [a]	–	–	20
tatsächliche Nutzungsdauer [a]	–	–	20

Tab. 102: Erneuerungskosten und Nutzungsdauern von Amphibienleiteinrichtungen

Der optimale Zeitpunkt für eine Erneuerung der Wildschutzzäune wird von den Befragten an Autobahnen im Mittel nach 30 Jahren und auf Bundesstraßen nach 20 Jahren gesehen.

Die technische Nutzungsdauer wird mit im Mittel 22,5 Jahren angegeben, sodass auf Bundesautobahnen eine Erneuerung bereits vor dem optimalen Zeitpunkt durchgeführt werden muss, was auch die tatsächliche Nutzungsdauer belegt.

Zu den Amphibienleiteinrichtungen konnte kein nennenswerter Rücklauf auf die Befragung festgestellt werden. Auf dieses Anlagenteil wird deshalb nicht näher eingegangen.

Ausstattungsquoten

Angaben zur Ausstattungsquote konnten im Rahmen der Befragung von zwei Institutionen ausschließlich für Leitpfosten und Stationierungszeichen erfragt werden (Tabelle 103).

Anlagenteil	Ausstattungsquote Einheit pro km	
	BAB	B
Leitpfosten	≥ 40 Stk.* (17,8-78 Stk.)	≥ 40 Stk.* (36-70 Stk.)
Stationierungszeichen	1,98-78 Stk.	7-36 Stk.
Wildschutzzäune	-	-
Amphibienleiteinrichtung	-	-

* Literaturwert, entnommen den HAV [69]

Tab. 103: Ausstattungsquote für Leiteinrichtungen (Gesamtquerschnitt)

Häufigkeiten der Betriebsdienstleistungen und dessen Kosten

Für die Kosten und Häufigkeiten der Leistungen des Betriebsdienstes an den Anlagenteilen der Leiteinrichtung konnten zumeist nicht mehr als ein oder zwei Werte eruiert werden. So ist z. B. eine Nennung von Maximal- und Minimalwerten für die Aufwendungen der Leistung 2.09 „Mähen entlang von Wildschutz- und Amphibienleiteinrichtungen“ nicht möglich, da nur eine Angabe ermittelt werden konnte.

Die Auswertung der erfragten Kostendaten und Häufigkeiten für UI-Leistungen des Betriebsdienstes an den Leiteinrichtungen ergab ein sehr inhomogenes Bild mit teilweise großen, teilweise geringen Differenzen. So wurde für Leistung 3.02 „Leitpfosten instand halten“ an Bundesstraßen und Bundesautobahnen eine minimale Kostenangabe von 1,00 €/Stk. und ein maximaler Kostenansatz von 8 €/Stk. erhoben. Die angegebenen minimalen Kosten ergeben sich, da die Leistung im Einzugsbereich der befragten Institution prophylaktisch im Rahmen des Winterdienstes (Schneezeichen aufstellen/abbauen) durchgeführt wird. Es kann somit vermutet werden, dass der berechnete Mittelwert dieser Leistung als nicht repräsentativ für die Einzelleistung angesehen werden kann und tendenziell zu niedrig ist.

Eine Gegenüberstellung der eruierten Häufigkeiten zeigt, dass diese eine ähnliche Varianzen aufweisen wie die ermittelten zugehörigen Kosten der jeweiligen Leistungen. So wurde wiederum für die Leistung 3.02 eine maximale Häufigkeit der Leistung von zwei Mal pro Jahr erhoben. Eine solche Häufigkeit ergibt sich durch die Prophylaxe im Rah-

Anlagenteile/ Aggregate	Nummer nach Leistungs- heft	Bezeichnung der Leistungen	Einheit	Häufigkeit der Leistung an Bundesautobahnen pro Jahr und Einheit			Einheit	Kosten der Leistungen einer Maßnahme an Bundesautobahnen in € pro Einheit		
				min.	max.	Mittel- wert		min.	max.	Mittel- wert
Leitpfosten	3.02	Leitpfosten instand halten	Stk.	0,08	2,00	0,61	Stk.	1,00	8,00	4,50
	4.18	Leitpfosten reinigen	Stk.	1,00	2,00	1,63	Stk.	1,00	1,80	1,25
		Leiteinrichtungen/Stationszeichen	Stk.	-	-	2,00	Stk.	1,00	1,00	1,00
Stationierungszeichen	3.03	Stationierungszeichen instand halten	Stk.	0,06	2,00	0,58	Stk.	1,00	10,40	5,70
Wild- und Amphibien-schutzzäune	2.09	Mähen entlang von Wildschutz- und Amphibienleiteinrichtungen	m	0,05	1,00	0,68	m	-	-	2,05
	3.05	Wild- und Amphibienschutzzäune warten und instand halten	m	0,01	0,05	0,02	m	3,00	5,40	4,10

Tab. 104: Häufigkeiten und Kosten des Betriebsdienstes für Leiteinrichtungen (Bundesautobahnen)

Anlagenteile/ Aggregate	Nummer nach Leistungs- heft	Bezeichnung der Leistungen	Einheit	Häufigkeit der Leistung an Bundesstraßen pro Jahr und Einheit			Einheit	Kosten der Leistungen einer Maßnahme an Bundesstraßen in € pro Einheit		
				min.	max.	Mittel- wert		min.	max.	Mittel- wert
Leitpfosten	3.02	Leitpfosten instand halten	Stk.	0,20	2,00	0,70	Stk.	1,00	5,40	3,90
	4.18	Leitpfosten reinigen	Stk.	1,00	3,00	2,00	Stk.	0,80	1,80	1,30
		Leiteinrichtungen/Stationszeichen	Stk.	-	-	2,00	Stk.	-	-	1,00
Stationie- rungszeichen	3.03	Stationierungszeichen instand halten	Stk.	0,06	2,00	0,58	Stk.	1,00	14,00	8,40
Wild- und Amphibien- schutzzäune	2.09	Mähen entlang von Wildschutz- und Amphibienleiteinrichtungen	m	1,00	1,00	1,00	m	-	-	0,50
	3.05	Wild- und Amphibienschutzzäune warten und instand halten	m	0,01	0,10	0,05	m	3,90	5,00	4,40

Tab. 105: Häufigkeiten und Kosten des Betriebsdienstes für Leiteinrichtungen (Bundesstraßen)

men des Auf- und Abbauens der Schneezeichen. Es ist somit zu vermuten, dass die berechneten Mittelwerte der Häufigkeit in diesem Fall auf die Einzelleistung beziehen.

Der Vergleich der Kosten für die Leistungen an Leiteinrichtungen an Bundesautobahnen und -straßen zeigt, dass diese relativ gleich sind. Sowohl die angegebenen Kosten und Häufigkeiten als auch deren Schwankungsbreite sind z. T. sogar identisch. Es kann zudem keine Tendenz festgestellt werden, dass die Kosten oder Häufigkeiten an Bundesstraßen höher oder niedriger sind.

5.1.2.4 Vertikale und horizontale Verkehrszeichen

Zu den Verkehrszeichen werden in diesem Forschungsprojekten sowohl die nach Fläche unterteilte Beschilderung neben und über der Fahrbahn als auch die Markierungen, unterteilt in Schmal- und Breitstrich verstanden. Besonders für die vertikalen Verkehrszeichen und Aufstellvorrichtungen konnten im Rahmen der Befragung nur in geringem Umfang Werte zu den Erneuerungskosten an Bundesstraßen erhoben werden. Es ist weiterhin zu beachten, dass im Rahmen dieses Forschungsprojektes abweichend von der Definition in der ZTV VZ [72] bzw. DIN EN 12899-1 [72] in den Aufstellvorrichtungen Fundamente mit erfasst werden.

Erneuerungskosten und Nutzungsdauern

Die vertikalen Verkehrszeichen wurden zur Ermittlung von Erneuerungskosten in fünf Größenkategorien in Abhängigkeit von ihrer Fläche unterteilt.

- $A \leq 1 \text{ m}^2$,
- $1 \text{ m}^2 < A \leq 15 \text{ m}^2$,
- $15 \text{ m}^2 < A \leq 30 \text{ m}^2$,
- $30 \text{ m}^2 < A \leq 45 \text{ m}^2$,
- $A > 45 \text{ m}^2$.

Dies stellt eine Vereinfachung dar, um die zahlreichen Geometrien und Abmessungen von Verkehrszeichen für ein Asset-Management einerseits ausreichend genau zu beschreiben, diese jedoch im gleichen Maße auf möglichst einfache Beurteilungsgrößen zu reduzieren. Auch die Herstellungsart (Sieb- oder Digitaldruck) sowie die Ausgestaltung (Art der Reflexfolie, Flachschild oder randverstärktes bzw. verformtes Schild etc.) wurden vernachlässigt, haben neben weiteren Randbedingungen wie der Topografie oder dem anstehenden Boden aber ebenfalls einen Einfluss auf die Erneuerungskosten, der noch nicht näher beziffert werden kann. Darüber hinaus handelt es sich bei den Erneuerungskosten durchweg um Nennungen in Bezug auf Bundesautobahnen. Es wird von der Übertragbarkeit der Daten auf Verkehrszeichen an Bundesstraßen ausgegangen.

Die Erneuerungskosten für die vertikalen Verkehrszeichen wurden nicht getrennt nach über und neben der Fahrbahn ermittelt, da ihre Kosten vom Aufstellort unabhängig sind. Alle Aufstellvorrichtungen für Verkehrszeichen $< 15 \text{ m}^2$ beziehen sich jedoch auf eine Aufstellung neben der Fahrbahn.

Verkehrszeichen über der Fahrbahn haben zumeist größere Flächen als 15 m^2 . Für sie konnten durch

Anlagenteil	Erneuerungskosten von vertikalen Verkehrszeichen neben der Fahrbahn in €/Stk.		
	min.	max.	mittlere
Verkehrszeichen $A \leq 1 \text{ m}^2$	50	240	157
Aufstellvorrichtungen von Verkehrszeichen $A \leq 1 \text{ m}^2$	150	340	230
Verkehrszeichen $1 \text{ m}^2 < A < 15 \text{ m}^2$	–	–	2.200
Aufstellvorrichtungen von Verkehrszeichen $1 \text{ m}^2 < A < 15 \text{ m}^2$	1.040	1.110	1.070
Verkehrszeichen $15 \text{ m}^2 < A < 30 \text{ m}^2$	–	–	5.900
Verkehrszeichen $30 \text{ m}^2 < A < 45 \text{ m}^2$	–	–	7.400
Verkehrszeichen $A \geq 45 \text{ m}^2$	–	–	12.000

Tab. 106: Erneuerungskosten von vertikalen Verkehrszeichen an Bundesautobahnen

die Befragung leider keine Kosten ermittelt werden. Da es sich bei ihnen jedoch fast ausschließlich um eine wegweisende Beschilderung handelt, die überwiegend an Verkehrszeichenbrücken befestigt wird, konnten Werte hierzu der Kostendatensammlung in [74] entnommen werden. Auf die Erneuerungskosten der Verkehrszeichenbrücken wurden bereits in Tabelle 80 eingegangen.

In [74] sind auch Kostensätzen für Erneuerungen von vertikalen Verkehrszeichen geringerer Größe angegeben. Für die verkehrsregelnde Beschilderung, also für die Verkehrszeichen $\leq 1 \text{ m}^2$ stimmen die dort angegebenen Werte recht gut mit denen aus der Befragung überein, und auch für das größere abgefragte Formate, bei denen die Angaben aus [74] keine Aufstellvorrichtung beinhalten, liegt der erhaltene Wert innerhalb der dort ausgewiesenen Kostenspanne.

Die Nutzungsdauern der vertikalen Verkehrszeichen einschließlich ihrer Aufstellvorrichtungen wurden ursprünglich getrennt dem Aufstellort (neben und über der Fahrbahn), der Straßenkategorie (Bundesautobahnen bzw. Bundesstraße) sowie der Größe abgefragt. Aus der Beantwortung der Fragen ergab sich jedoch, dass eine solche Unterscheidung nicht erforderlich ist. Allein bei der technischen Nutzungsdauer ergab sich für die vertikalen Verkehrszeichen $\leq 1 \text{ m}^2$ mit 13,6 Jahren ein signifikant kleinerer Wert als für die größeren Verkehrszeichen (22,5 Jahre). Da dies jedoch im Wider-

Anlagenmerkmale	optimale, technische und tatsächliche Nutzungsdauer von Verkehrszeichen in [a]		
	min.	max.	mittlere
optimale Nutzungsdauer vertikaler Verkehrszeichen	8	20	16
optimale Nutzungsdauer von Aufstellvorrichtungen von Verkehrszeichen	20	30	23
technische Nutzungsdauer vertikaler Verkehrszeichen	8	40	18
technische Nutzungsdauer von Aufstellvorrichtungen von Verkehrszeichen	10	40	23
tatsächliche Nutzungsdauer vertikaler Verkehrszeichen	10	20	17,5
tatsächliche Nutzungsdauer von Aufstellvorrichtungen von Verkehrszeichen	20	25	22,5

Tab. 107: Optimale, technische und tatsächliche Nutzungsdauern von vertikalen Verkehrszeichen

spruch zur größenunabhängigen Einschätzung zur tatsächlichen Nutzungsdauer von durchschnittlich 17,5 Jahren stand, wurden auch die technischen Nutzungsdauern zu ihrem Gesamtmittelwert von 18 Jahren zusammengefasst (Tabelle 107).

Für die Aufstellvorrichtungen wurden erwartungskonform für alle Nutzungsdauern höhere Werte als für die vertikalen Verkehrszeichen ermittelt. Da die technische und die tatsächliche Nutzungsdauer sehr ähnliche Werte aufweisen, kann davon ausgegangen werden, dass die Aufstellvorrichtungen erst bei ihrem technischen Versagen tatsächlich erneuert werden.

Die horizontalen Verkehrszeichen, also die Straßenmarkierungen wurden neben Schmal- und Breitstrich weiterhin in vier verschiedene Materialien bzw. Arten – Dispersionsfarbe, Heiß- oder Kaltplastik, Folie und Agglomerat-Markierungen – untergliedert. Aufgrund der Vielzahl der Informationen werden die erhobenen Erneuerungskosten und Nutzungsdauern in separaten Tabellen angegeben.

Die genannten Kosten für Markierungen unterschieden sich nicht hinsichtlich der Straßenkategorie, weshalb die Werte für Bundesautobahnen und Bundesstraßen zusammengefasst wurden. Sowohl Schmal- als auch Breitstrich sind auf Bundesautobahnen zwar jeweils deutlich breiter als auf Bundesstraßen, dies wirkte sich jedoch nicht erkennbar auf die Kosten aus.

Markierungsart	Erneuerungskosten von Markierungen in €/m		
	min.	max.	mittlere
Dispersionsfarbe Schmalstrich	–	–	0,14
Breitstrich	–	–	0,25 (1,80)
Heiß- oder Kaltplastik Schmalstrich	–	–	2,15
Breitstrich	1,1	2,97	3,7 (2,34)
Agglomerat-Markierungen Schmalstrich	1,3	1,85	1,65
Breitstrich	1,7	2,97	2,65
Markierungen aus Folien Schmalstrich	2	10,6	7,65
Breitstrich	8,75	17,50	13,08

Tab. 108: Erneuerungskosten von Markierungen

Erwartungskonform weisen die Markierungen aus einfacher Dispersionsfarbe die geringsten Erneuerungskosten auf. Markierungen aus Heiß- oder Kaltplastik haben gegenüber denen aus Dispersionsfarbe Erneuerungskosten, die um den Faktor 15 höher ausfallen. Auffällig dabei ist, dass bei den ursprünglichen Angaben die Kosten für die Erstellung von Breitstrich-Markierungen aus Heiß- oder Kaltplastik im Mittel auf Bundesautobahnen günstiger ausfallen als auf Bundesstraßen. Das erscheint nicht plausibel, weshalb die Erneuerungskosten für entsprechende Markierungen auf Bundesautobahnen äquivalent zu Bundesstraßen mit 3,7 €/m vorgeschlagen werden.

Agglomerat-Markierungen liegen bezüglich ihrer Erneuerungskosten deutlich über den Systemen aus Dispersionsfarbe, sind jedoch günstiger als Heiß- oder Kaltplastiken. Auch hier wurden die angegebenen Erneuerungskosten auf Bundesautobahnen und Bundesstraßen harmonisiert und mit 1,60 €/m (Schmalstrich) bzw. 2,65 €/m (Breitstrich) vorgeschlagen.

Die angegebenen optimalen Nutzungsdauern unterscheiden sich nach je nach gewähltem Material z. T. nicht unerheblich. Auffällig ist zudem, dass bei einigen Materialien die optimale Nutzungsdauer von Breitstrich-Markierungen niedriger angegeben wurde als für entsprechende Schmalstrich-Markierungen (z. B. Dispersionsfarbe an Bundesautobahnen). Vor dem Hintergrund, dass die in der Regel an der Fahrbahnseite angeordneten Breitstriche weniger oft überfahren werden, erscheint dies nicht

Markierungsart	optimale Nutzungsdauer von Schmalstrich-Markierungen in [a]		
	min.	max.	mittlere
Markierungen aus Dispersionsfarbe an Bundesautobahnen	1	2	1,5
Markierungen aus Dispersionsfarbe an Bundesstraßen	3	4	3,5
Markierungen aus Heiß- oder Kaltplastik an Bundesautobahnen	2	6	4
Markierungen aus Heiß- oder Kaltplastik an Bundesstraßen	6	10	8
Agglomerat-Markierungen an Bundesautobahnen	2	4	3
Agglomerat-Markierungen an Bundesstraßen	–	–	6
Markierungen aus Folien an Bundesautobahnen	5	9	7
Markierungen aus Folien an Bundesstraßen	–	–	8

Tab. 109: Optimale Nutzungsdauern von Markierungen (Schmalstrich)

Markierungsart	optimale Nutzungsdauer von Breitstrich-Markierungen in [a]		
	min.	max.	mittlere
Markierungen aus Dispersionsfarbe an Bundesautobahnen	–	–	1,5 (1)
Markierungen aus Dispersionsfarbe an Bundesstraßen	3	4	3,5
Markierungen aus Heiß- oder Kaltplastik an Bundesautobahnen	4	4	4
Markierungen aus Heiß- oder Kaltplastik an Bundesstraßen	–	–	8 (6)
Agglomerat-Markierungen an Bundesautobahnen	2	4	3
Agglomerat-Markierungen an Bundesstraßen	–	–	6
Markierungen aus Folien an Bundesautobahnen	5	9	7
Markierungen aus Folien an Bundesstraßen	–	–	8

Tab. 110: Optimale Nutzungsdauern von Markierungen (Breitstrich)

nachvollziehbar und ist vermutlich auf die Datengrundlage zurückzuführen. Die Nutzungsdauern

Markierungsart	technische Nutzungsdauer von Schmalstrich-Markierungen in [a]		
	min.	max.	mittlere
Markierungen aus Dispersionsfarbe	1	4	2,5
Markierungen aus Heiß- oder Kaltplastik	2	8	4,5
Agglomerat-Markierungen	2	4	3
Markierungen aus Folien	4	8	6,0 (5,75)

Tab. 111: Technische Nutzungsdauern von Markierungen (Schmalstrich)

Markierungsart	tatsächliche Nutzungsdauer von Schmalstrich-Markierungen in [a]		
	min.	max.	mittlere
Markierungen aus Dispersionsfarbe	1	4	2,2
Markierungen aus Heiß- oder Kaltplastik	2	6	4
Agglomerat-Markierungen	2	4	3,5 (3)
Markierungen aus Folien	4	8	6 (5,5)

Tab. 113: Tatsächliche Nutzungsdauern von Markierungen (Schmalstrich)

Markierungsart	technische Nutzungsdauer von Breitstrich-Markierungen in [a]		
	min.	max.	mittlere
Markierungen aus Dispersionsfarbe	1	4	2,5 (2,2)
Markierungen aus Heiß- oder Kaltplastik	2	6	4,5 (4)
Agglomerat-Markierungen	2	4	3
Markierungen aus Folien	4	8	6 (5,5)

Tab. 112: Technische Nutzungsdauern von Markierungen (Breitstrich)

Markierungsart	tatsächliche Nutzungsdauer von Breitstrich-Markierungen in [a]		
	min.	max.	mittlere
Markierungen aus Dispersionsfarbe	1	4	2,4
Markierungen aus Heiß- oder Kaltplastik	2	6	4 (4,4)
Agglomerat-Markierungen	2	6	3,5 (4)
Markierungen aus Folien	4	8	6 (6,25)

Tab. 114: Tatsächliche Nutzungsdauern von Markierungen (Breitstrich)

wurden für diese Fälle deshalb auf das Niveau der Schmalstrich-Markierungen angehoben.

Bezüglich der technischen Nutzungsdauern war es den Befragten nicht möglich, eine Unterteilung in Bundesautobahnen und Bundesstraßen vorzunehmen. Jedoch lässt sich eine grundsätzliche Tendenz erkennen, die mit der optimalen Nutzungsdauern übereinstimmt. So weisen Straßenmarkierungen aus Dispersionsfarbe mit im Mittel 2,5 Jahren auch aus technischer Sicht die geringste Nutzungsdauer auf.

In der Gegenüberstellung der berechneten mittleren technischen, optimalen und tatsächlichen Nutzungsdauern von Markierungen ließ sich erkennen, dass diese fast identisch waren. Eine Ausnahme bildeten die mittleren optimalen Nutzungsdauern von Markierungen an Bundesstraßen. Diese wiesen für alle Markierungsmaterialien – außer Folien – eine fast doppelt so hohe Nutzungsdauer auf. Dies lässt sich vermutlich auf die geringere Verkehrsbelastung und damit den geringeren Verschleiß der Markierungen im Vergleich zu Bundesautobahnen zurückführen.

Ausstattungsquoten

Angaben zu den Ausstattungsquoten für horizontale Verkehrszeichen, vertikale Verkehrszeichen und Verkehrszeichenbrücken lagen für fast alle Anlagenteile vor. Diese besitzen jedoch nur eine eingeschränkte Aussagekraft, da es nur zwei der befragten Institutionen möglich war, Ausstattungsquoten anzugeben. Die Ausstattungsquoten von vertikalen Verkehrszeichen an Bundesautobahnen und Bundesstraßen wurden in Standorten angegeben. Somit ist eine tendenziell zu niedrige Ausstattungsquote ermittelt worden, da Aufstellvorrichtungen welche mit mehr als einem Verkehrszeichen ausgestattet sind als ein Standort erfasst wurden. Zusätzliche wurden Zusatzzeichen dem jeweiligen Standort zugerechnet und nicht separat angegeben.

Im Vergleich der Ausstattungsquoten von vertikalen Verkehrszeichen mit einer Fläche von unter einem Quadratmeter an Bundesstraßen und Bundesautobahnen war eine erhebliche Differenz zu konstatieren. Die scheinbar hohe Ausstattungsquote für

Anlagenteil	Ausstattungsquote Stk. pro km	
	BAB	B
Verkehrszeichen A < 1 m ²	17,5	30,6
Verkehrszeichen A ≥ 1 m ²	5,8	3,16* – 3,6
Verkehrszeichenbrücken	– **	0,13*

* innerhalb eines urbanen Gebietes
** siehe Ausstattungsquote mit Anlagenquerschnitten – VBA

Tab. 115: Ausstattungsquote für vertikale Verkehrszeichen und Verkehrszeichenbrücken (Gesamtquerschnitt)

Bundesstraßen ergibt sich insbesondere durch die notwendige umfangreiche Beschilderung von Knotenpunkten.

Eine Differenzierung der vertikalen Verkehrszeichen mit einer Fläche von über einem Quadratmeter in Verkehrszeichen neben der Fahrbahn und solche über der Fahrbahn war nicht möglich. Somit konnten für vertikale Verkehrszeichen mit einer Größe von über einem Quadratmeter ausschließlich kombinierte Ausstattungsquoten erhoben werden. Es wurde deshalb in der tabellarischen Darstellung darauf verzichtet, die vertikalen Verkehrszeichen mit einer Fläche von über einem Quadratmeter nach ihrem Aufstellort zu differenzieren.

Der Vergleich der Ausstattungsquoten an Bundesstraßen und Bundesautobahnen von Verkehrszeichen zeigte erhebliche Differenzen in den getätigten Angaben. So war die Ausstattungsquote von vertikalen Verkehrszeichen mit einer Fläche von unter einem Quadratmeter auf Bundesautobahnen deutlich geringer als an Bundesstraßen. Für vertikale Verkehrszeichen mit einer Fläche von über einem Quadratmeter war die Ausstattungsquote an Bundesautobahnen jedoch deutlich höher. Diese unterschiedlichen Ausstattungsquoten von vertikalen Verkehrszeichen an Bundesstraßen und Bundesautobahnen entsprechen den Erwartungen. Da bedingt durch die plangleichen Knotenpunkte und wechselnde Linienführung eine umfangreiche Ausstattung mit vertikalen Verkehrszeichen notwendig ist.

Nennungen zur Ausstattungsquote von Bundesautobahnen mit Verkehrszeichenbrücken konnten nicht ermittelt werden. Es wird aus diesem Grund auf die in Tabelle 102 aufgeführten Ausstattungsquoten der Bundesautobahnen mit Anlagenquerschnitten von Verkehrsbeeinflussungsanlagen verwiesen. Diese Angaben stellen somit die minimale Ausstattungsquote für Verkehrszeichenbrücken dar.

Markierungsmaterial	Ausstattungsquote von horizontalen Verkehrszeichen km pro km	
	BAB	B
Schmalstrich aus Dispersionsfarbe	–	1,56
Schmalstrich aus Heiß- oder Kaltplastik (ohne Agglomerat-M.)	2,33	0,79
Schmalstrich aus Agglomerat-Markierungen	2,2	0,26
Schmalstrich aus Folie	0,14	–
Breitstrich aus Dispersionsfarbe	–	0,08
Breitstrich aus Heiß- oder Kaltplastik (ohne Agglomerat-M.)	0,98	0,35
Breitstrich aus Agglomerat-Markierungen	0,96	0,15
Breitstrich aus Folie	0,07	–

Tab. 116: Ausstattungsquote für horizontalen Verkehrszeichen (Gesamtquerschnitt)

Im Rahmen der Befragung war es nicht möglich, Daten zur Ausstattungsquote von Bundesstraßen außerhalb von urbanen Gebieten mit Verkehrszeichenbrücken zu erheben. Somit ist zu vermuten, dass die erhobene Ausstattungsquote für Bundesstraßen mit Verkehrszeichenbrücken nicht repräsentativ für das gesamte Bundesgebiet und tendenziell zu hoch ist.

Die Ausstattungsquoten von Bundesstraßen und Bundesautobahnen mit horizontalen Verkehrszeichen basieren auf der Schätzung einer der befragten Institutionen. Aus der genannten Angabe lässt sich somit maximal eine Tendenz ermitteln. Eine genauere Taxierung der Ausstattungsquote war seitens dieser Behörde nicht möglich, da die zur Anwendung kommenden Arten der Markierungen nicht zentral erfasst werden.

Anhand der erhobenen Ausstattungsquoten war zu erkennen, dass Markierungssysteme aus Folien an Bundesstraßen keine bzw. nur eine sehr untergeordnete Bedeutung haben. Dieselbe Aussage konnte auf Markierungssysteme aus Dispersionsfarbe an Bundesautobahnen übertragen werden.

Häufigkeiten der Betriebsdienstleistungen und dessen Kosten

Eine Ermittlung von Kosten und Häufigkeiten der Leistungen des Betriebsdienstes an den vertikalen

und horizontalen Verkehrszeichen war nicht für alle im Fragebogen aufgeführten Leistungen möglich. Es war zu konstatieren, dass die eruierten Werte z. T. hohe prozentuale Abweichungen aufwiesen. Z. B. ergab sich für die Häufigkeit von Leistung 3.01 „Verkehrszeichen instand halten“ an vertikalen Verkehrszeichen eine prozentuale Abweichung von 2.000 %. Diese Divergenzen sind, wie in der Bewertung der erhobenen Häufigkeiten für Leistungen des Betriebsdienstes an Anlagenteilen der Leiteinrichtungen bereits darlegt, durch die unterschiedliche Gestaltung des Betriebsdienstes zu erklären.

So ist es in einigen Regionen bzw. (Autobahn-) Meistereien üblich, Verkehrszeichen im Zuge anderer ortsnah anfallender Arbeiten mit zu kontrollieren. Somit sind z. T. in den detektierten Angaben zur Häufigkeit von Leistungen an vertikalen Verkehrszeichen prophylaktischen Leistungen mit erfasst worden. Deshalb ist die berechnete durchschnittliche Häufigkeit dieser Leistungen als tendenziell zu hoch einzuschätzen.

Die recherchierten Kosten der Leistungen des Betriebsdienstes wiesen eine geringere Varianz auf

Anlagenteile/ Aggregate	Nummer nach Leistungs- heft	Bezeichnung der Leistungen	Einheit	Häufigkeit der Leistung an Bundesautobahnen pro Jahr und Einheit			Einheit	Kosten der Leistungen einer Maßnahme an Bundesautobahnen in € pro Einheit		
				min.	max.	Mittel- wert		min.	max.	Mittel- wert
Beschilderung neben Fahrbahn	3.01	Verkehrszeichen instand halten	Stk.	0,10	2,00	0,60	Stk.	14,00	40,00	26,00
	4.17	Verkehrszeichen reinigen	Stk.	0,02	1,00	0,36	Stk.	12,00	16,00	14,00
		Arbeiten an Beschilderung	Stk.	-	-	-	Stk.	-	-	-
Beschilderung über Fahrbahn	3.01	Verkehrszeichen instand halten	Stk.	0,10	0,20	0,15	Stk.	-	-	33,00
	4.17	Verkehrszeichen reinigen	Stk.	0,20	0,20	0,20	Stk.	-	-	16,00
		Arbeiten an Beschilderung	Stk.	-	-	-	Stk.	-	-	-
Verkehrszeichenbrücken			Stk.	-	-	-	Stk.	-	-	-
Markierungen		Markierungen erneuern (kurze Abschnitte, Sofortmaßnahmen)	m	-	-	-	m	-	-	2,80
		Markierungen erneuern (mit eigener Maschine)	m	-	-	-	m	-	-	-

Tab. 117: Häufigkeiten und Kosten des Betriebsdienstes für vertikale und horizontale Verkehrszeichen (Bundesautobahnen)

Anlagenteile/ Aggregate	Nummer nach Leistungs- heft	Bezeichnung der Leistungen	Einheit	Häufigkeit der Leistung an Bundesstraßen pro Jahr und Einheit			Einheit	Kosten der Leistungen einer Maßnahme an Bundesstraßen in € pro Einheit		
				min.	max.	Mittel- wert		min.	max.	Mittel- wert
Beschilderung neben Fahrbahn	3.01	Verkehrszeichen instand halten	Stk.	0,10	2,00	0,50	Stk.	14,00	38,00	25,00
	4.17	Verkehrszeichen reinigen	Stk.	0,02	1,00	0,60	Stk.	3,00	5,00	4,00
		Arbeiten an Beschilderung	Stk.	-	-	-	Stk.	-	-	-
Beschilderung über Fahrbahn	3.01	Verkehrszeichen instand halten	Stk.	0,10	0,20	0,15	Stk.	-	-	30,00
	4.17	Verkehrszeichen reinigen	Stk.	0,20	1,00	0,50	Stk.	-	-	5,00
		Arbeiten an Beschilderung	Stk.	-	-	-	Stk.	-	-	-
Verkehrszeichenbrücken			Stk.	-	-	-	Stk.	-	-	-
Markierungen		Markierungen erneuern (kurze Abschnitte, Sofortmaßnahmen)	m	-	-	0,15-	m	-	-	1,30
		Markierungen erneuern (mit eigener Maschine)	m	-	-	-	m	-	-	-

Tab. 118: Häufigkeiten und Kosten des Betriebsdienstes für vertikale und horizontale Verkehrszeichen (Bundesstraßen)

als die ermittelten Häufigkeiten der entsprechenden Leistungen. Die maximale Differenz beträgt 26 € bzw. 280 % für Leistung 3.01 „Verkehrszeichen in-stand halten“ an Bundesautobahnen. Diese Widersprüche in den Kosten der Leistungen sind durch die variierenden Randbedingungen und die Leistungsbeschreibung erfassten Arbeiten erklärbar. So kann z. B. die oben aufgeführte Unterhaltungsleistung an einem Verkehrszeichen die Behebung eines Schadens am Fundament der Aufstellvorrichtung oder lediglich das Ausrichten eines Verkehrszeichens umfassen. Da beide Arbeiten in ihrem notwendigen Zeitbedarf und Materialaufwendung erheblich divergieren, unterschieden sich ebenfalls die der Leistung zugeordneten Kosten.

Beim Vergleich der erhobenen Kosten für Leistungen an Verkehrszeichen an Bundesstraßen und Bundesautobahnen ließ sich erkennen, dass kein eindeutiger Trend festzustellen war. So variieren z. B. die Kosten für Leistung 3.10 an Bundesstraßen und Bundesautobahnen im gleichen Umfang und der berechnete Mittelwert der beiden Leistungen korrespondiert. Die Aufwendungen für Leistung 4.17 an Bundesstraßen waren jedoch deutlich niedriger als an Bundesautobahnen. Diese Kostendifferenz ist vermutlich auf den unterschiedlichen Leistungsumfang zurückzuführen. Es ist zu vermuten, dass die Fläche der vertikalen Verkehrszeichen neben und über der Fahrbahn an Bundesstraßen im Durchschnitt kleiner ist als an Bundesautobahnen und somit einen geringeren Arbeitsaufwand benötigen.

5.1.2.5 Lärmschutzbauwerke

Für Lärmschutzbauwerke konnten nur in sehr geringem Umfang Angaben bezüglich Kosten, Nutzungsdauern und Ausstattungsquoten erhoben werden. Die meisten Angaben beziehen sich auf Einzelnennungen, die eine Angabe von minimalen und maximalen Werten nicht möglich macht.

Erneuerungskosten und Nutzungsdauern

Eine Differenzierung der Erneuerungskosten für Lärmschutzbauwerke nach Höhe und Materialart war den Befragten nicht möglich, es wurde lediglich ein pauschaler Mittelwert von 435 €/m² bzw. 6,60 €/m³ für Lärmschutzwälle genannt. In Tabelle 119 sind infolgedessen zusätzlich die aus der Literatur entnommenen Werte dargestellt. Der Vergleich lässt erkennen, dass sich der aus der Befragung re-

sultierende Wert offensichtlich auf Lärmschutzbauwerke aus Kunststoff bezieht, da hier eine erkennbare Übereinstimmung vorliegt. Betonschutzwände und Wände aus sonstigen Baustoffen liegen bezüglich ihrer Erneuerungskosten deutlich niedriger.

Die Kubikmeterpreise für die Erneuerung eines Lärmschutzwalles zeigen hingegen eine gute Übereinstimmung mit dem aus der Literatur [66] entnommenen Wert.

Optimale Nutzungsdauern für Lärmschutzbauwerke konnten lediglich in Bezug auf Bundesstraßen ermittelt werden, weshalb auf eine tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Bundesautobahnen verzichtet wird. Es kann jedoch vermutet werden, dass sich die entsprechenden Werte auch auf diese Straßenkategorie übertragen lassen.

Die optimale Nutzungsdauer für Lärmschutzbauwerke aus Beton bzw. Kunststoff wird von den Befragten mit 40 bzw. 50 Jahren beziffert. Weniger eng ließ sich mit 15 bis 50 Jahren die optimale Nutzungsdauer von Lärmschutzwänden aus sonstigen Baustoffen bestimmen. Dies ist erwartungs-

System und Materialart	Erneuerungskosten von Lärmschutzbauwerken		
	min.	max.	mittlere
Wand aus Beton [€/m ²]	–	–	227 (435)
Wand aus Kunststoff [€/m ²]	–	–	488 (435)
Wand aus sonstigen Baustoffen [€/m ²]	232	243	238 (435)
Lärmschutzwall [€/m ³]	–	–	7,00 (6,60)

Tab. 119: Erneuerungskosten von Lärmschutzbauwerken

Anlagenteil	optimale Nutzungsdauer von Lärmschutzbauwerken an Bundesstraßen in [a]		
	min.	max.	mittlere
Lärmschutzwände aus Beton	30	50	40
Lärmschutzwände aus Kunststoff	–	–	50
Lärmschutzwände aus sonstigen Baustoffen	15	50	33
Lärmschutzwälle	–	–	60 - ∞

Tab. 120: Optimale Nutzungsdauer von Lärmschutzbauwerken an Bundesstraßen

Anlagenteil	technische Nutzungsdauer von Lärmschutzbauwerken in [a]		
	min.	max.	mittlere
Lärmschutzwände aus Beton	–	–	30
Lärmschutzwände aus Kunststoff	–	–	–
Lärmschutzwände aus sonstigen Baustoffen	–	–	15
Lärmschutzwälle	–	–	–

Tab. 121: Technische Nutzungsdauer von Lärmschutzbauwerken

Anlagenteil	tatsächliche Nutzungsdauer von Lärmschutzbauwerken in [a]		
	min.	max.	mittlere
Lärmschutzwände aus Beton	–	–	30
Lärmschutzwände aus Kunststoff	–	–	–
Lärmschutzwände aus sonstigen Baustoffen	–	–	15
Lärmschutzwälle	–	–	–

Tab. 122: Tatsächliche Nutzungsdauer von Lärmschutzbauwerken

konform, da die sonstigen Baustoffe nicht näher definiert wurden.

Lärmschutzwälle weisen als Erdbauwerke die höchste optimale Nutzungsdauer auf, die nach Meinung der Befragten so lange sein kann, dass während dem gesamten Lebenszyklus einer Straße keine Erhaltungsmaßnahme notwendig wird.

Technische Nutzungsdauern konnten nur für Lärmschutzwände aus Beton sowie sonstige Baustoffe in Form von Mittelwerten angegeben werden. Auffällig dabei ist, dass laut Einschätzung der Befragte die entsprechenden Anlagenteile technische nicht in der Lage sind den optimalen Erneuerungszeitpunkt tatsächlich zu erreichen, sondern bereits 10 bis 18 Jahre früher versagen.

Die tatsächlichen Nutzungsdauern wurden pauschal in derselben Größenordnung wie die technische Nutzungsdauer angegeben, d. h. eine Erneuerung erfolgt tatsächlich beim technischen Versagen.

Ausstattungsquoten

Die Ausstattungsquoten von Lärmschutzwänden und -wällen – aufgrund der Datengrundlage nicht

Anlagenteil	Ausstattungsquote km pro km	
	BAB	B
Lärmschutzwände allg.	–	0,166*
Lärmschutzwälle allg.	–	0,09*

* innerhalb eines urbanen Gebietes

Tab. 123: Ausstattungsquote für Lärmschutzbauwerke

differenzierbar in Materialien – resultieren ausschließlich aus einer einzelnen Nennung und sind deshalb vermutlich nur beding repräsentativ. Sie beziehen sich laut Aussage der Befragten auf Bundesstraßen im urbanen Umfeld. Es ist zu vermuten, dass die Ausstattungsquote auf Bundesautobahnen im Mittel höher liegt.

Bezogen auf Bundesstraßen erscheint die Ausstattungsquote dagegen tatsächlich nur im urbanen Umfeld realistisch. Mit in der Summe rund 175 m Lärmschutzbauwerke pro km Strecke ist dieser Wert für unbebautes Gebiet, in dem kein gesonderter Lärmschutz notwendig ist, als zu hoch.

Häufigkeiten der Betriebsdienstleistungen und dessen Kosten

Die Angaben zu den Häufigkeiten von Betriebsdienstleistungen und dessen Kosten für Lärmschutzbauwerke sind sehr eingeschränkt und lückenhaft. Die wenigen getätigten Nennungen stützen sich auf die Einschätzungen einer einzelnen Institution, sodass sie vermutlich nur eine beschränkte Aussagekraft aufweisen.

Weiterhin ist der geringe Datenrücklauf darauf zurückzuführen, dass entsprechende Leistungen nicht im Leistungsheft für den Straßenbetriebsdienst enthalten sind und deshalb nicht differenziert vorgehalten werden. Deshalb ist es auch nur unter Vorbehalt möglich, die Ergebnisse zu bewerten. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass keine konkreten Leistungen vorgegeben wurden, erscheint es bei den Häufigkeiten fraglich, ob tatsächlich dieselben Turnusse für Betriebsdienstleistungen an Lärmschutzwänden und -wällen realistisch sind, da es sich um völlig andere Bauweisen handelt.

Kosten für Leistungen des Betriebsdienstes konnten nicht ermittelt werden.

Anlagenteile/ Aggregate	Nummer nach Leistungs- heft	Bezeichnung der Leistungen	Einheit	Häufigkeit der Leistung an Bundesautobahnen pro Jahr und Einheit			Einheit	Kosten der Leistungen einer Maßnahme an Bundesautobahnen in € pro Einheit		
				min.	max.	Mittel- wert		min.	max.	Mittel- wert
Lärm- schutz- wände	-	Schäden an Lärmschutzwänden beseitigen	Stk.	-	-	0,10	Stk.	-	-	-
Lärm- schutz- wälle	-	Schäden an Lärmschutzwällen beseitigen	Stk.	-	-	0,10	Stk.	-	-	-

Tab. 124: Häufigkeiten und Kosten des Betriebsdienstes für Lärmschutzbauwerke (Bundesautobahnen)

Anlagenteile/ Aggregate	Nummer nach Leistungs- heft	Bezeichnung der Leistungen	Einheit	Häufigkeit der Leistung an Bundesstraßen pro Jahr und Einheit			Einheit	Kosten der Leistungen einer Maßnahme an Bundesstraßen in € pro Einheit		
				min.	max.	Mittel- wert		min.	max.	Mittel- wert
Lärm- schutz- wände	-	Schäden an Lärmschutzwänden beseitigen	Stk.	-	-	0,10	Stk.	-	-	-
Lärm- schutz- wälle	-	Schäden an Lärmschutzwällen beseitigen	Stk.	-	-	0,10	Stk.	-	-	-

Tab. 125: Häufigkeiten und Kosten des Betriebsdienstes für Lärmschutzbauwerke (Bundesstraßen)

6 Ableitung geeigneter Anlagenteile der Straßenausstattung

Die elektronischen Anlagenteile weisen großenteils gegenüber den übrigen sonstigen Anlagenteilen den Unterschied auf, dass sie selbst wiederum aus sonstigen Anlagenteilen bestehen. So umfasst beispielsweise eine Zuflussregelung sowohl vertikale Verkehrszeichen als auch Lichtsignalanlagen. Solche zusammengesetzten sonstigen Anlagen werden in Abweichung von der bisherigen Struktur hier für die Definitionen in Hinblick auf eine Implementierung innerhalb eines Asset-Management von vornherein als festgelegte sonstige Anlagen behandelt. Die jeder sonstigen Anlage zuzuordnenden eigenständigen Anlagenteile werden dann hinsichtlich ihrer Kosten und Erhaltungsintervalle weitgehend gleichartig unter verschiedenen Anlagen behandelt.

Ein weiteres besonderes Merkmal dieser sonstigen Anlagenteile ist die vergleichsweise schwierige Instandhaltung und -setzung für den Betriebsdienst. Aufgrund der Anlage und entsprechender Ausstattung der Meistereien sind diese auf Arbeiten an der Straßenbefestigung und die fahrbahnnahen Grünstreifen konzentriert, können jedoch nicht in der

Lage sein, komplexe und anspruchsvolle elektronische Anlagen zu reparieren. Somit werden viele dieser Leistungen in sogenannten Serviceverträgen gebündelt an geeignete Firmen, zumeist die Hersteller vergeben.

Eine Abgrenzung der Leistungen der Instandhaltung von denen der Instandsetzung ist somit anhand der vom Betriebsdienst leistbaren Arbeiten nicht möglich. Zwar bleibt der Grundsatz gewahrt, dass Instandsetzungsmaßnahmen grundsätzlich nicht mehr durch den Betriebsdienst erbracht werden können, es ist jedoch möglich, dass Fremdleistungen im Bereich der Instandhaltung unabhängig von der personellen Ausstattung eingeholt werden müssen. Eine für die elektronischen Anlagenteile nutzbare Definition der Maßnahmenteilen wird anhand der Lichtsignalanlagen vorgestellt.

6.1 Aufarbeitung der sonstigen Anlagenteile für ein Asset-Management

In den vorangegangenen Kapiteln wurden Daten zu den sonstigen Anlagenteilen aus der Literatur vorgestellt und die Vorbereitung, Durchführung und

Auswertung einer bundesweiten Befragung von Fachleuten zu den einzelnen Anlagenteilen dargelegt. Ziel dieser Recherchen war es, für die sonstigen Anlagenteile Kostendaten und Nutzungsdauern zu ermitteln, um damit eine Eingliederung dieser Anlagen in ein Asset-Management vorzubereiten.

Aufbauend auf den gewonnenen Erkenntnissen werden in diesem Kapitel abschließende Vorschläge zu den sonstigen Anlagenteilen formuliert,

- wie diese in Aggregate unterteilt werden können,
- welche geschätzten Kostenansätze zur Verfügung stehen,
- wie die Arten von Erhaltungsmaßnahmen jeweils definiert werden und
- welche Erhaltungsintervalle vorzusehen sind.

Da die Ergebnisse der durchgeführten Befragung in vielen Bereichen nicht befriedigend sind, wurden für die Formulierung der Empfehlungen weitere Quellen hinzugezogen, auf die im Einzelnen bei jedem Anlagenteil eingegangen wird.

6.1.1 Bankette, Böschungen und Mittel- bzw. Trennstreifen

Bankette, Böschungen und Mittel- bzw. Trennstreifen werden nicht weiter in Aggregate untergliedert, sondern als Gesamt-Anlagenteil betrachtet (Bild 3). Maßnahmen der Instandhaltung, Instandsetzung und Erneuerung betreffen also immer das Anlagen-

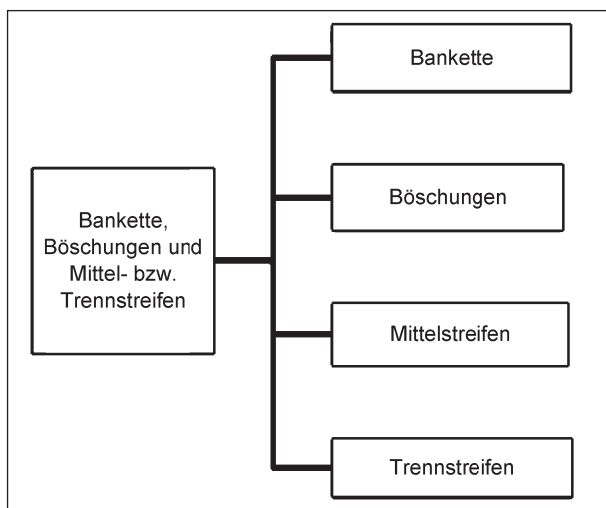


Bild 3: Darstellung von Banketten, Böschungen und Mittel- bzw. Trennstreifen

teil als Ganzes, was es erforderlich macht, eine Abgrenzung von Maßnahmearten anhand von konkreten Leistungen vorzunehmen.

Bankette

Die Bankette unterliegen während ihrer Nutzungsdauer einer regelmäßigen Unterhaltung. Entsprechende Maßnahmen beschränken sich auf die Oberfläche, die die Standfestigkeit bzw. die Substanz des Erdkörpers nicht verbessern oder die Bankette werden lediglich in Teilabschnitten repariert. Da Bankette über keine Schichtenfolge verfügen und nicht weiter in Aggregate untergliedert werden können, treten keine Instandsetzungsmaßnahmen auf, das Anlagenteil wird am Ende der Nutzungsdauern komplett erneuert.

Der Zeitraum von der Herstellung/Erneuerung bis zur folgenden Erneuerung sowie die turnusmäßige Unterhaltung über die so definierte Nutzungsdauer stellen die einzigen Erhaltungsintervalle von Banketten dar. Die Nutzungsdauer für Bankette an

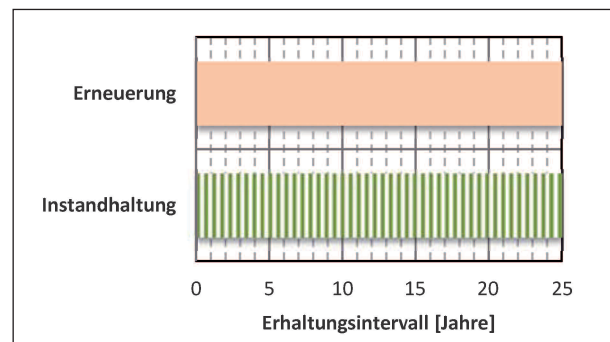


Bild 4: Erhaltungsintervalle für verschiedene Maßnahmen an Banketten an Bundesautobahnen

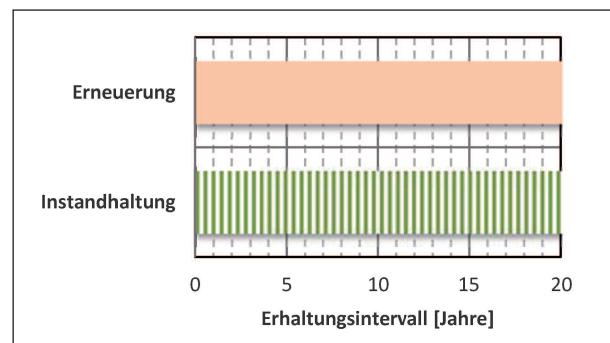


Bild 5: Erhaltungsintervalle für verschiedene Maßnahmen an Banketten an Bundesstraßen

Anlagenteil	BAB	B
Bankette	10 €/m	10 €/m

Tab. 126: Richtwerte für Erneuerungskosten von Banketten

Bundesautobahnen wird mit 25 Jahren, die Nutzungsdauer für Bankette an Bundesstraßen mit 20 Jahren vorgeschlagen (s. Bild 3 und Bild 4).

Richtwerte für die Erneuerungskosten von Banketten an Bundesautobahnen und Bundesstraßen können Tabelle 126 entnommen werden.

Böschungen

Wie an Banketten werden auch an den angrenzenden Böschungen regelmäßig Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt. Diese beschränken sich ebenfalls weitestgehend auf die Oberfläche oder die Reparatur lokaler Schadstellen (Rutschungen und Erosionen), wenn diese keine anderen Funktionen des Straßenkörpers beeinflussen.

Bei der Abgrenzung der Leistungen der Instandhaltung und Instandsetzung können die Schadensbilder in [92] als Anhaltswerte genutzt werden. Rutschungen auf großen Flächen, flächige Abspülungen über 5 cm Tiefe sowie Erosionsrinnen über

10 cm Tiefe, die andere Anlagenteile bzw. die Funktionen der Straße beeinträchtigen, können nicht mehr durch Instandhaltungs-, sondern müssen durch Instandsetzungsmaßnahmen (oder eine Erneuerung) beseitigt werden. Angaben zu den Häufigkeiten entsprechender Leistungen werden derzeit nicht vorgehalten und machen eine weitere Datenerhebung notwendig.

Am Ende der Nutzungsdauer, die im Mittel mit 65 Jahren auf Bundesautobahnen und 45 Jahren auf Bundesstraßen vorgeschlagen wird, wird das gesamte Anlagenteil erneuert (s. Bild 6 und Bild 7).

Für die am Ende der Nutzungsdauer anfallenden Erneuerungskosten können die Richtwerte aus Tabelle 127 angesetzt werden.

Mittel- und Trennstreifen

Für die Mittel- und Trennstreifen gelten sinngemäß dieselben Annahmen wie für Bankette. Neben der über die Nutzungsdauer kontinuierlich anfallenden Instandhaltung treten im Weiteren nur Erneuerungsmaßnahmen auf, bei denen das gesamte Anlagenteil grundhaft erneuert wird.

Die Nutzungsdauer von Mittel- und Trennstreifen wird für Bundesautobahnen und Bundesstraßen einheitlich mit 25 Jahren vorgeschlagen (s. Bild 8).

Werte für die Erneuerungskosten von Mittel- und Trennstreifen an Bundesautobahnen und Bundesstraßen können Tabelle 128 entnommen werden.

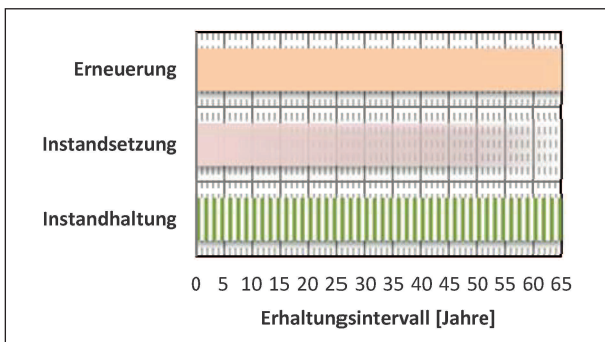


Bild 6: Erhaltungsintervalle für verschiedene Maßnahmen an Böschungen an Bundesautobahnen

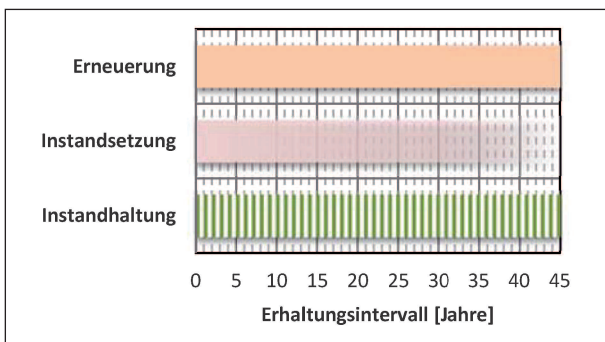


Bild 7: Erhaltungsintervalle für verschiedene Maßnahmen an Böschungen an Bundesstraßen

Anlagenteil	BAB	B
Böschungen	30 €/m ²	30 €/m ²

Tab. 127: Richtwerte für Erneuerungskosten von Böschungen

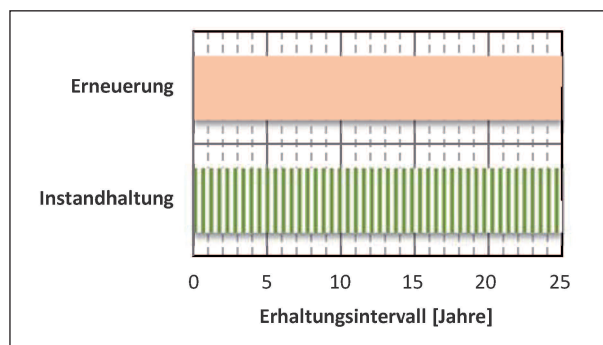


Bild 8: Erhaltungsintervalle für verschiedene Maßnahmen an Mittel- und Trennstreifen an Bundesautobahnen und Bundesstraßen

Anlagenteil	BAB	B
Mittel- und Trennstreifen	20 €/m	15 €/m

Tab. 128: Geschätzte Kostenansätze für die Erneuerung von Mittel- und Trennstreifen

6.1.2 Offene Entwässerung

Die Anlagenteile der offenen Entwässerung lassen sich nicht zweckmäßig in einzelne Aggregate untergliedern. Vielmehr sind die verschiedenen Bauweisen bzw. Ausführungsformen für eine Differenzierung geeignet (Bild 9), da diese die Art und den Umfang der notwendigen Erhaltungsmaßnahmen bestimmen. Eine Abgrenzung zwischen Arten von Erhaltungsmaßnahmen erfolgt deshalb anhand von konkreten Arbeiten bzw. Leistungen.

Unbefestigte Mulden und Gräben

Maßnahmen der Instandhaltung an unbefestigten Mulden und Gräben umfassen gemäß den in Tabelle 37 und Tabelle 38 aufgeführten Leistungen die Reparatur von Schadstellen an der Sohle – beispielsweise die Wiederherstellung der Sohlbefestigung, die Beseitigung von lokalen Erosionsschäden oder Versackungen/Hebungen – sowie die übliche betriebliche Unterhaltung.

Instandsetzungsmaßnahmen ließen sich einerseits von der Instandhaltung, andererseits von der Erneuerung nur durch die Definition von Längen oder Flächen der Maßnahmen an der Mulde bzw. dem Graben festlegen, da dies sich nicht in Aggregate unterscheiden lassen. Diesem Gedanken folgend und in Anlehnung an die in [93] beschriebenen Schadensfälle wird angenommen, dass an unbefestigten Mulden und Gräben keine Instandsetzungsmaßnahmen notwendig werden, sondern sich am Ende der Nutzungsdauer lediglich eine Erneuerung des gesamten Anlagenteils auf zusammenhängender Länge anschließt.

Auf der Grundlage der Befragungsergebnisse wird für unbefestigte Mulden und Gräben unabhängig von der Straßenkategorie eine mittlere Nutzungsdauer von 20 Jahren vorgeschlagen (Bild 10).

Richtwerte für die Erneuerungskosten sind in Tabelle 129 angegeben.

Befestigte Mulden und Gräben

Bei befestigten Mulden und Gräben kann eine Abgrenzung von Maßnahmen der Instandhaltung und Instandsetzung anhand der Schadensbilder gemäß [9] vorgenommen werden. Neben den in Tabelle 37 und Tabelle 38 angegebenen Leistungen sind solche Arbeiten der Instandhaltung zuzuordnen, die eine örtliche Sanierung/Reparatur der befestigten Komponenten vornehmen, diese jedoch nicht ersetzen.

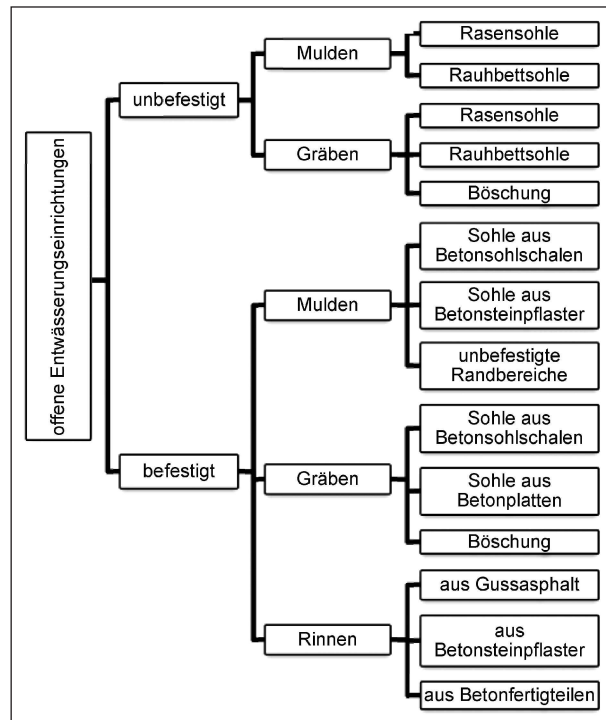


Bild 9: Darstellung der Aggregate/Bauweisen von offenen Entwässerungseinrichtungen

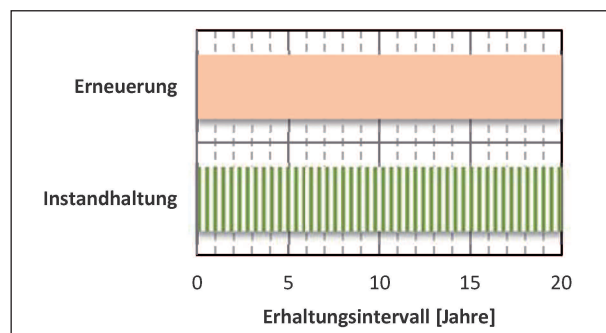


Bild 10: Erhaltungsintervalle für verschiedene Maßnahmen an unbefestigten Mulden und Gräben an Bundesautobahnen und Bundesstraßen

Anlagenteil	BAB	B
unbefestigte Mulden und Gräben	10 €/m ²	10 €/m ²

Tab. 129: Geschätzte Kostenansätze für die Erneuerung von offenen unbefestigten Mulden und Gräben

Auch lokale Reparaturarbeiten an den unbefestigten Randbereichen von Mulden sowie den Böschungen der Gräben werden der Instandhaltung zugeordnet (vgl. Tabelle 130). Der Ersatz oder der Ausbau von Teilen der Entwässerungsbauwerke ist hingegen eine Instandsetzungsmaßnahme.

Da Instandsetzungsmaßnahmen in dieser Form nicht vorgehalten werden, können derzeit keine Aussagen zu den Kosten und Häufigkeiten getroffen werden.

Am Ende der Nutzungsdauer erfolgt eine Erneuerung des gesamten Anlagenteils inklusive aller befestigten und unbefestigten Bereiche über eine zusammenhängende Länge. Als maßgebende mittlere Nutzungsdauer für befestigte Mulden und Gräben werden auf Grundlage der technischen und tatsächlichen Nutzungsdauer für Bundesautobahnen und Bundesstraßen 20 Jahre vorgeschlagen (Bild 11). Richtwerte für die mittleren Erneuerungskosten können entnommen werden.

Instandhaltungsmaßnahmen an offenen Entwässerungseinrichtungen		
befestigte Mulden und Gräben	Sohle aus Betonschalen, Betonplatten oder Betonpflaster	beschädigte Betonteile der Sohle sanieren
		Fugen sanieren
		lokale Rutschungen, Abspülungen und Erosionen an den unbefestigten Randbereichen oder Böschungen sanieren

Tab. 130: Abgrenzung von Instandhaltungsmaßnahmen an befestigten Mulden und Gräben

Instandsetzungsmaßnahmen an offenen Entwässerungseinrichtungen		
befestigte Mulden und Gräben	Sohle aus Betonschale oder Betonpflaster	zerstörte Betonteile der Sohle ersetzen
		zerstörte Fugen ersetzen
		Heben und Festlegen von Betonfertigteilen der Sohle

Tab. 131: Abgrenzung von Instandsetzungsmaßnahmen an befestigten Mulden und Gräben

Anlagenteil	BAB	B
befestigte Mulden und Gräben	200 €/m ²	50 €/m ²

Tab. 132: Geschätzte Kostenansätze für die Erneuerung von offenen befestigten Mulden und Gräben

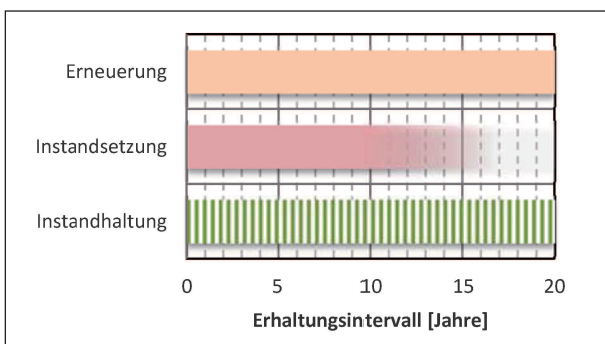


Bild 11: Erhaltungintervalle für verschiedene Maßnahmen an befestigten Mulden und Gräben an Bundesautobahnen und Bundesstraßen

Offene Rinnen

Zur Abgrenzung von Maßnahmen der Instandhaltung und Instandsetzung können auch für offene Rinnen die Schadensbilder in [93] herangezogen werden. Neben den in Tabelle 37 und Tabelle 38 aufgeführten Leistungen der betrieblichen Unterhaltung werden ebenfalls solche Maßnahmen der Instandhaltung zugeordnet, die eine Reparatur bzw. Sanierung am Anlagenteil vornehmen, ohne dabei Komponenten auszutauschen (Tabelle 133).

Instandhaltungsmaßnahmen an offenen Entwässerungseinrichtungen		
offene Rinnen	aus Gussasphalt	Einzelschäden sanieren (Verformungen, Ausbrüche)
	aus Betonfertigteilen oder Betonsteinpflaster	beschädigte Betonteile (Risse) sanieren Fugen sanieren

Tab. 133: Abgrenzung von Instandhaltungsmaßnahmen an offenen Rinnen

Instandsetzungsmaßnahmen an offenen Entwässerungseinrichtungen		
offene Rinnen	aus Betonfertigteilen oder Betonsteinpflaster	einzelne zerstörte Betonfertigteile erneuern oder flächenhafter Austausch
		zerstörte Fugen ersetzen
		Heben und Festlegen von einzelnen Betonfertigteilen oder flächenhafter Ersatz

Tab. 134: Abgrenzung von Instandsetzungsmaßnahmen an offenen Rinnen

Anlagenteil	BAB	B
offene Rinnen	20 €/m	8 €/m

Tab. 135: Geschätzte Kostenansätze für die Erneuerung von offenen Rinnen

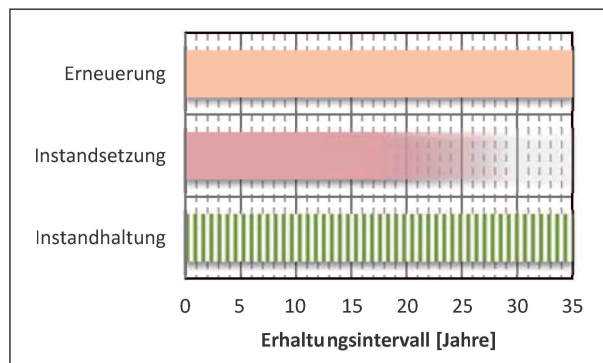


Bild 12: Erhaltungintervalle für verschiedene Maßnahmen an offenen Rinnen an Bundesautobahnen und Bundesstraßen

Maßnahmen, die einen teilweisen Ersatz bzw. eine Erneuerung von Teilen der Rinne erforderlich machen, werden als Instandsetzungen behandelt. Wie Tabelle 134 verdeutlicht, gilt dies aber nur, wenn der Schaden entweder ein einzelnes Betonfertigteilsegment oder – besonders bei Betonsteinpflaster – einen flächenhaften Austausch umfasst. Im größeren Umfang handelt es sich um eine Erneuerungsmaßnahme, die sich also nur im Umfang, aber nicht bezüglich der grundsätzlichen Maßnahme von der Instandsetzung unterscheidet.

Als maßgebende mittlere Nutzungsdauer von der Herstellung/Erneuerung bis zur nächsten Erneuerung wird für offene Rinnen an Bundesautobahnen und Bundesstraßen ein Wert von 35 Jahren vorgeschlagen. Richtwerte für die mittleren Erneuerungskosten von offenen Rinnen können Tabelle 135 entnommen werden.

6.1.3 Geschlossene Entwässerungseinrichtungen

Die Anlagenteile der geschlossenen Entwässerung lassen sich, wie in Bild 13 dargestellt, in den meisten Fällen weiter in verschiedene Aggregate aufgliedern.

Schlitzrinnen, Kastenrinne und Hohlbordrinnen

Zusätzlich zu den in Tabelle 50 und Tabelle 51 aufgeführten Leistungen der Instandhaltung werden unter dieser Art der Erhaltungsmaßnahme auch solche Maßnahmen verstanden, die der Behebung einzelner Schäden an den jeweiligen Aggregaten dienen (Tabelle 136).

Instandsetzungsmaßnahmen betreffen hingegen entweder Teile des gesamten Anlagenteils – beispielsweise der Austausch eines einzelnen Rinnensegments – oder der Austausch maßgebender Aggregate (z. B. die Roste). Die Erneuerung umfasst schlussendlich den Ersatz des gesamten Anlagenteils auf voller Länge am Ende der Nutzungsdauer.

Die mittlere Nutzungsdauer wird unabhängig von der Art der geschlossenen Rinne mit 30 Jahren auf Bundesautobahnen und Bundesstraßen vorgeschlagen (Bild 14). Richtwerte für mittlere Erneuerungskosten sind ebenfalls unabhängig von der Rinnenart in Tabelle 138 dargestellt.

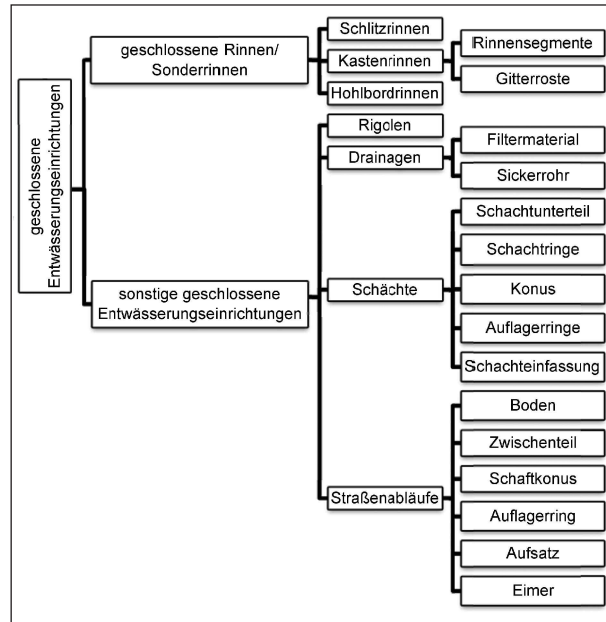


Bild 13: Darstellung der Aggregate der geschlossenen Entwässerungseinrichtungen

Instandhaltungsmaßnahmen an geschlossenen Entwässerungseinrichtungen		
geschlossene Rinnen/Sonderrinnen	Schlitzrinne Hohlbordrinne	beschädigte Rinnensegmente sanieren
		beschädigte Fugen sanieren
	Kastenrinne	beschädigte Rinnensegmente sanieren
		beschädigte Fugen sanieren

Tab. 136: Abgrenzung von Instandhaltungsmaßnahmen an geschlossenen Rinnen/Sonderrinnen

Instandsetzungsmaßnahmen an geschlossenen Entwässerungseinrichtungen		
geschlossene Rinnen/Sonderrinnen	Schlitzrinne Hohlbordrinne	zerstörte Rinnensegmente ersetzen
		zerstörte Fugen ersetzen
		Heben und Festlegen von Rinnensegmenten
	Kastenrinne	zerstörte Rinnensegmente ersetzen
		zerstörte Fugen ersetzen
		Heben und Festlegen von Rinnensegmenten
	Roste ersetzen	

Tab. 137: Abgrenzung von Instandsetzungsmaßnahmen an geschlossenen Rinnen

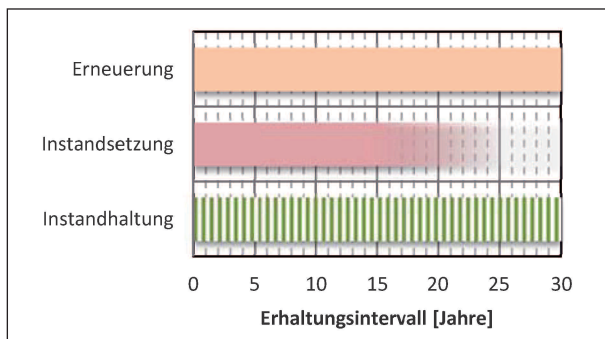


Bild 14: Erhaltungsintervalle für verschiedene Maßnahmen an geschlossenen Rinnen auf Bundesautobahnen und Bundesstraßen

Anlagenteil	BAB	B
geschlossene Rinnen	200 €/m	200 €/m

Tab. 138: Kostenansätze für Erneuerungskosten von geschlossenen Rinnen

Drainagen

Rohrdrainagen werden im übergeordneten Straßennetz fast ausschließlich zur Flächenentwässerung des Planums oder zur gesammelten Ableitung von Sickerwasser unter unbefestigten Mulden und Gräben hergestellt und unterliegen aufgrund ihrer unterirdischen Lage bis auf evtl. dem Spülen des Dränrohres keiner regelmäßigen Unterhaltung.

Ebenso treten während der Nutzungsdauer der Drainagen keine Instandsetzungsmaßnahmen auf, da beispielsweise das Dränrohr nicht ausgetauscht werden kann, ohne auch das umgebende Filtermaterial in einer Tiefbaumaßnahme zu entfernen. Maßnahmen an einzelnen Aggregaten sind deshalb entweder nicht möglich oder unüblich, sodass Drainagen i. d. R. als komplette Anlagenteile am Ende der Nutzungsdauer erneuert werden. In [86] werden für Drainagen als Orientierungswerte Nutzungsdauern von 30 bis 40 Jahren angegeben, sodass im Mittel ein Wert von 35 Jahren vorgeschlagen wird. Angaben zu unterschiedlichen Nutzungsdauern auf Bundesautobahnen und Bundesstraßen gehen hieraus nicht hervor.

Erneuerungskosten für Drainagen konnten aus der Umfrage nicht gewonnen werden. Kostensätze für einzelne Leistungen lassen sich jedoch anhand von [88] bestimmen. Die dort angegebenen Werte beziehen sich auf das Jahr 2008 und wurden auf Grundlage des Baupreisindex auf den aktuellen Stand (Ende 2012) hochgerechnet. Richtwerte für Kostensätze für Leistungen bei der Erneuerung von Drainagen können Tabelle 139 entnommen werden.

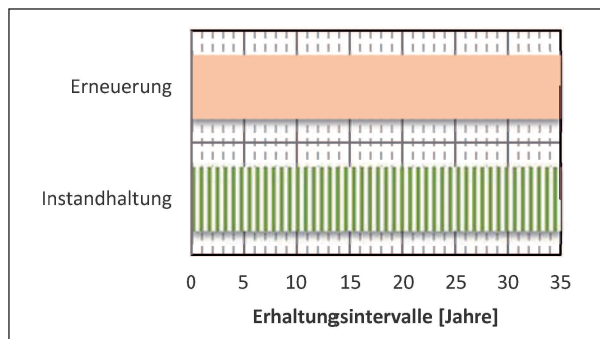


Bild 15: Erhaltungsintervalle für verschiedene Maßnahmen an Drainagen

Leistung		Kosten
Oberboden abtragen und lagern		11,70 €/m ³
Boden lösen und laden (Bkl. 3+4)		6,40 €/m ³
Dränrohrleitung liefern und einbauen (ohne Aushub und Filter)	DN 50	3,10 €/m
	DN 65	3,90 €/m
	DN 80	5,90 €/m
	DN 100	7,20 €/m
	DN 125	10,40 €/m
	DN 160	14,30 €/m
Filterflies aus PP		3,12 €/m ²
Filtermaterial liefern und einbauen (Kiesbett und Überdeckung)		43,10 €/m ³
Boden einbauen		9,80 €/m ³

Tab. 139: Kostenansätze für verschiedene Leistungen bei der Erneuerung von Drainagen

Schächte

Ein Kontrollschacht besteht, wie in Bild 16 skizzenhaft dargestellt, aus der Schachtsohle, dem Schachtunterteil, einem oder mehreren Schachtringen, dem Schachthals (Konus), Auflagerringen zur Anpassung der Höhe an die Fahrbahnoberfläche und einer Schachtabdeckung.

Leistungen der Instandhaltung an den einzelnen Komponenten umfassen nur lokale Reparaturen beispielsweise an der Schachteinfassung bzw. der Fugen. Werden wesentliche Komponenten (beispielsweise Schachtringe oder die Schachtabdeckung) ausgetauscht, sind entsprechende Maßnahmen definitionsgemäß der Instandsetzung zuzuordnen (siehe Tabelle 140 und Tabelle 141). Die Erneuerung am Ende der Nutzungsdauer umfasst schließlich den Austausch bzw. die Neuherstellung des gesamten Schachtes inklusiver aller Komponenten.

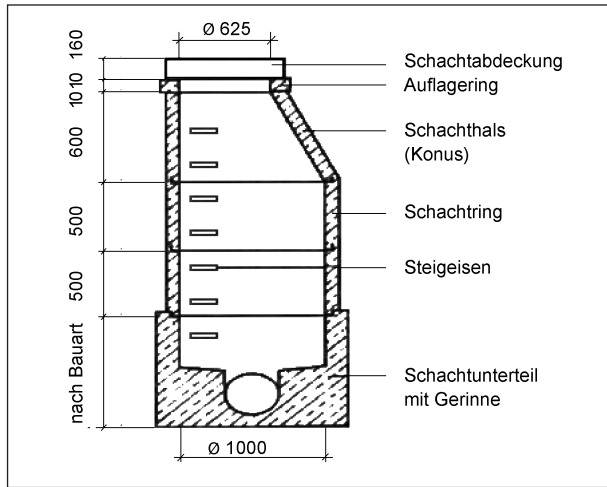


Bild 16: Regelform für Schächte [89]

Instandhaltungsmaßnahmen an Schächten
Reparaturen/Sanierungen an der Schachteinfassung
Sanierung der Schachtfugen
lokale Kleinreparaturen

Tab. 140: Abgrenzung von Instandhaltungsmaßnahmen an Schächten

Instandsetzungsmaßnahmen an Schächten
Schachtunterteil ersetzen Schachtringe ersetzen
Konus ersetzen
Auflagering(e) ersetzen
Schachtabdeckung ersetzen

Tab. 141: Abgrenzung von Instandsetzungsmaßnahmen an Schächten

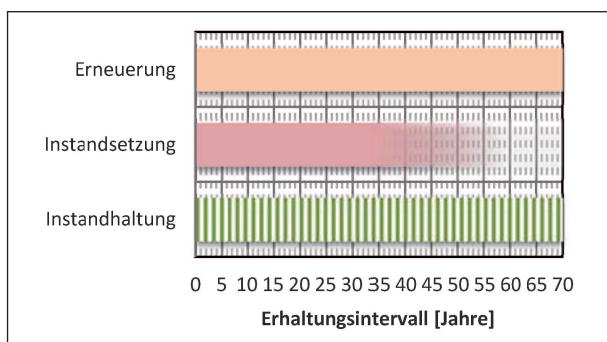


Bild 17: Erhaltungsintervalle für verschiedene Maßnahmen an Schächten

Aus der Umfrage gingen für Schächte optimale Nutzungsdauern von 40 bis 80 Jahren hervor, [86] gibt 50 bis 80 Jahre als Richtwert vor. Es wird deshalb eine mittlere Nutzungsdauer von 70 Jahren vorgeschlagen.

Leistungen		Kosten
Schachtsohle aus Fertigbeton B 34 mit Randschalung		253,40 €/m ³
Schachtunterteil aus Fertigbeton B 35	NW 100 < DN 250 H = 70 cm	258,60 €/Stk.
	NW 100 < DN 300 H = 85 cm	282,70 €/Stk.
	NW 100 < DN 600 H = 110 cm	324,60 €/Stk.
Schachtring NW 100 Fertigbeton B 35	H = 25 cm	64,50 €/Stk.
	H = 50 cm	98,20 €/Stk.
	H = 100 cm	324,60 €/Stk.
Schachthals (Konus)	H = 60 cm	133,00 €/Stk.
	H = 30 cm	135,70 €/Stk.
Auflagering Fertigbeton B 35	h = 6,0 cm d = 62,5 cm	26,30 €/Stk.
	h = 8,0 cm d = 62,5 cm	30,70 €/Stk.
	h = 10,0 cm d = 62,5 cm	34,60 €/Stk.
Schachtdeckel begehbar aus Stahlbeton oder Gusseisen Klasse B 125 DN 625		100 €/Stk.
Schachtdeckel begehbar aus Stahlbeton oder Gusseisen Klasse D 400 DN 625		300 €/Stk.

Tab. 142: Geschätzte Kostenansätze für verschiedene Komponenten von Schächten

Bei der Befragung wurden für Bundesautobahnen und Bundesstraßen pauschale Erneuerungskosten von 200 € pro Meter Schachttiefe angegeben, was nur eine geringe Aussagekraft aufweist. Eine detailliertere Aufschlüsselung kann mit [88] vollzogen werden, sodass auch Kostenrichtwerte für die einzelnen Komponenten des Schachts angegeben werden können (Tabelle 142). Diese wurden ebenfalls mit dem Baupreisindex auf den Stand Ende 2012 überführt.

Straßenabläufe

Straßenabläufe kommen in vielen verschiedenen Ausführungsformen zum Einsatz und bestehen i. d. R. aus Stahlbeton oder seltener aus Kunststoff. Ihr genereller Aufbau lässt sich jedoch auf die wesentlichen Komponenten Boden, Zwischenteil, Schaftkonus, Auflagering, Aufsatz sowie den Auffangeimer verallgemeinern (Bild 18).

Instandhaltungsmaßnahmen an Straßenabläufen sind entweder Tätigkeiten der betrieblichen Unter-

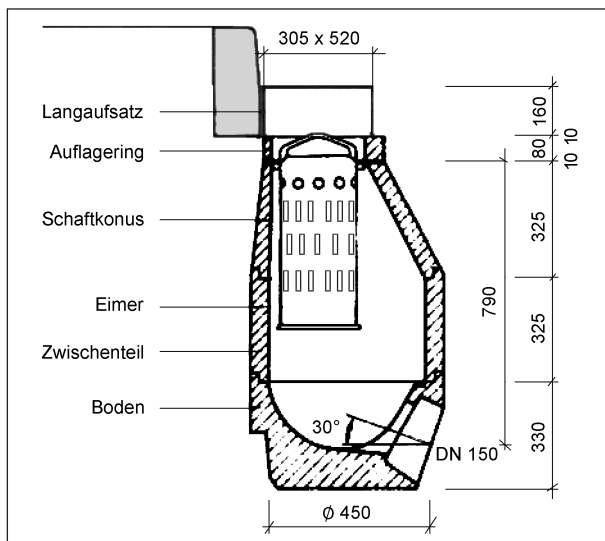


Bild 18: Regelform des rechteckigen Straßenablaufs [89]

Instandhaltungsmaßnahmen an Straßenabläufen
Leeren oder Ersetzen des Eimers
Reparatur/Sanierung der Einfassung
Reparatur/Sanierung der Fugen
lokale Kleinreparaturen

Tab. 143: Abgrenzung von Instandhaltungsmaßnahmen an Straßenabläufen

Instandsetzungsmaßnahmen an Straßenabläufen
Ersetzen des Bodens
Ersetzen des Zwischenstücks/der Zwischenstücke
Ersetzen des Konus
Ersetzen des Aufsatzes
Heben und Festsetzen von Straßenabläufen

Tab. 144: Abgrenzung von Instandsetzungsmaßnahmen an Straßenabläufen

haltung (z. B. Leeren oder Erneuern des Eimers) oder Kleinreparaturen beispielsweise an der Einfassung oder den Fugen. Wie auch bei Schächten sind Instandsetzungen solche Maßnahmen, bei denen wesentliche Komponenten des Straßenablaufs ausgetauscht werden, also der Boden, das Zwischenteil, der Konus, der Auflagering und der Aufsatz. Auch das Heben und Festsetzen von Abflüssen ist eine Instandsetzungsmaßnahme. Diese Maßnahmen lassen sich leider nicht allgemein terminieren.

Erneuerungsmaßnahmen an Straßenabläufen umfassen den Austausch bzw. die Erneuerung des ge-

Anlagenteil	BAB	B
Straßenabläufe	350 €/Stk.	350 €/Stk.

Tab. 145: Geschätzte Kostenansätze für die Erneuerung von Straßenabläufen

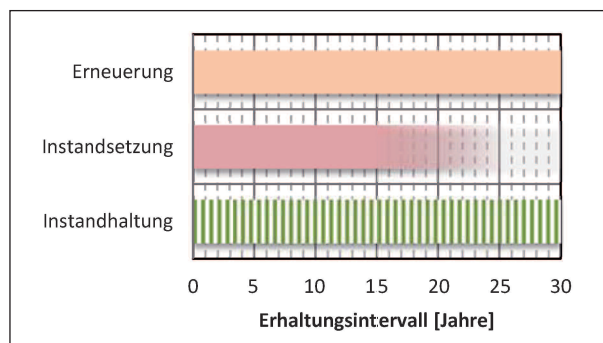


Bild 19: Erhaltungsintervalle für verschiedene Maßnahmen an Straßenabläufen an Bundesautobahnen und Bundesstraßen

samten Anlagenteils inklusive aller wesentlichen Komponenten.

Aus der Umfrage geht eine optimale Gesamtnutzungsdauer von 30 Jahren auf Bundesautobahnen und 23 Jahren auf Bundesstraßen hervor. Die aus [86] entnommenen Werte liegen mit 40 bis 80 Jahren deutlich darüber. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die aus der Literatur entnommenen Angaben eher für eine Kostenvergleichs- oder Abschreibungsrechnungen geeignet sind. Tatsächlich ist es wahrscheinlicher, dass die Abflüsse auf Bundesstraße und Bundesautobahnen gleichermaßen spätestens beim Neubau der gesamten Straße – also nach ca. 30 Jahren – erneuert werden.

Erneuerungskosten für die einzelnen Komponenten konnten nicht ermittelt werden, aus der Umfrage liegen lediglich mittlere Kostensätze für die Erneuerung des gesamten Anlagenteils vor.

6.1.4 Sonstige Entwässerungseinrichtungen

Unter den sonstigen Entwässerungseinrichtungen werden in diesem Forschungsprojekt Durchlässe, Düker sowie Rohrleitungen zur Entwässerung verstanden. Diese lassen sich wie dargestellt weiter in ihre Komponenten aufteilen.

Durchlässe

Durchlässe unterliegen einer regelmäßigen Instandhaltung, die beispielsweise das Reinigen des

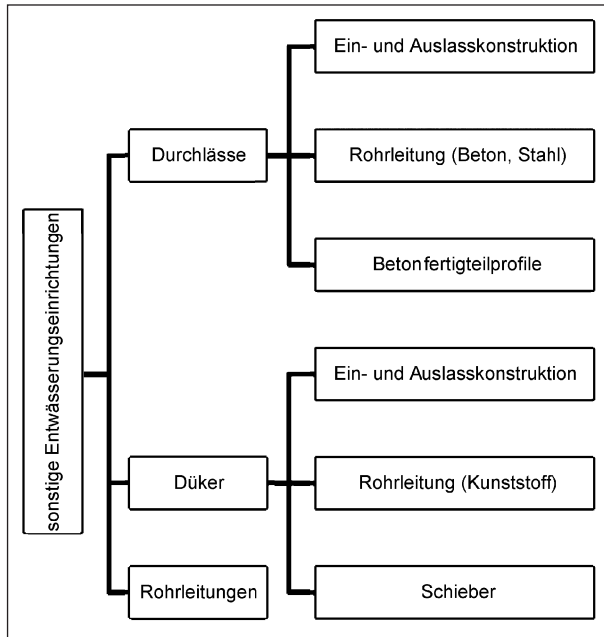


Bild 20: Darstellung der Aggregate der sonstigen Entwässerungseinrichtungen

Bauwerks, Kleinreparaturen oder das Wiederherstellen von Steinschüttungen im Ein- und Auslaufbereich beinhalten. Da Durchlässe in der Regel einen großen Rohrdurchmesser haben (Mindestabmessung DN 800 nach den RAS-Ew) oder aus rechteckigen Fertigteilen bestehen, sind grabenlose Instandsetzungsverfahren in den meisten Fällen unwirtschaftlich. In der Regel wird ein Durchlass deshalb am Ende seiner Nutzungsdauer in Form einer Tiefbaumaßnahme über die volle Länge erneuert.

Die technisch möglichen Nutzungsdauern für Durchlässe wurden in der Befragung mit 25 bis 80 Jahren angegeben. Laut Meinung der Befragten sind also in einigen Fällen Durchlässe technisch nicht in der Lage, den anzustrebenden Minimalwert der optimalen Nutzungsdauer von 40 Jahren auf Bundesstraßen zu erreichen. Deshalb ist es sinnvoll, die technische Nutzungsdauer zur Festlegung der Lebensdauer eines Durchlasses heranzuziehen, was auch durch die tatsächliche Nutzungsdauer untermauert wird. Die mittlere Nutzungsdauer wird auf dieser Grundlage mit 60 Jahren vorgeschlagen.

Als Erneuerungskosten können ohne Berücksichtigung des verwendeten Materials und dem Durchmesser bzw. der Bauweise die in Tabelle 146 angegebenen Kostensätze angesetzt werden, müssen in weiteren Erhebungen aber dringend an die oben genannten Einflussgrößen angepasst werden.

Anlagenteil	BAB	B
Durchlässe	240 €/m	240 €/m

Tab. 146: Geschätzte Kostenansätze für die Erneuerung von Durchlässen

Düker

Düker bestehen wie Durchlässe im Wesentlichen aus Ein- und Auslaufkonstruktionen, einer Rohrleitung – aufgrund der Druckverhältnisse i. d. R. aus Kunststoff – sowie oftmals einem Schiebersystem zum Absperren des Bauwerks.

Aufgrund der ähnlichen Bauweise unterscheiden sich die Instandhaltungsmaßnahmen nicht von denen an Durchlässen, umfassen also Reparaturarbeiten an den Ein- und Auslaufkonstruktionen und lokale Reparaturmaßnahmen. Aufgrund der generellen Verrohrung und geringeren Durchmessern sind bei Dükern jedoch auch Instandsetzungsmaßnahmen mittels grabenlosen Reparatur- und Sanierungsverfahren möglich. Die Erneuerung umfasst definitionsgemäß den Ersatz des gesamten Anlagenteils auf voller Länge inklusive aller wesentlichen Komponenten.

In [86] werden für Dükerleitungen Nutzungsdauer von 30 bis 50 Jahren als Richtwerte vorgegeben. Dies deckt sich gut mit den Ergebnissen der Befragung, bei der im Mittel eine technische Nutzungsdauer von 50 Jahren und eine tatsächliche Nutzungsdauer von 40 Jahren genannt wurden. Unter der Annahme, dass das technische Potenzial eines Dükers ausgeschöpft wird, wird deshalb eine mittlere Nutzungsdauer von 50 Jahren vorgeschlagen.

Ein Vergleich der Erneuerungskosten aus der Umfrage und [87] zeigt, dass sich letztere vermutlich auf Düker mit kleinem Durchmesser beziehen. In [87] wird sogar eine Funktion bereitgestellt, die die Erneuerungskosten in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser beschreibt. Da sich die Kosten aus [87] auf das Jahr 2007 beziehen, wurden sie unter Verwendung des Baupreisindex auf den Stand Ende 2012 hochgerechnet.

Der funktionale Ansatz lautet:

$$EK_{\text{Düker}} = (0,65 \cdot DN + 105) \cdot 0,7 \quad \text{Gl. 1}$$

mit

$$EK_{\text{Düker}} = \text{Erneuerungskosten des Dükers in Abhängigkeit von dem Rohrdurchmesser [€/m]}$$

$$DN = \text{Rohrdurchmesser [mm]}$$

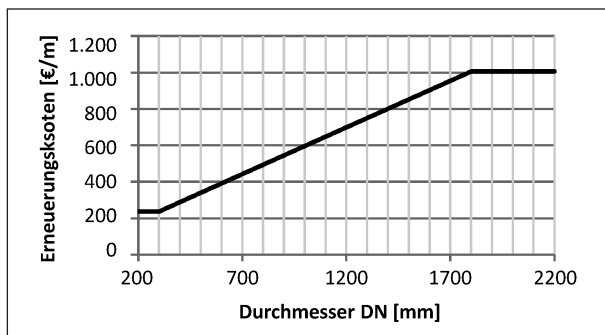


Bild 21: Entwicklung der Erneuerungskosten von Dükern in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser nach [87]

Durchmesser	Kosten aus [Y]	Kosten aus Umfrage
DN 300	237 €/m	181 €/m
DN 400	288 €/m	
DN 600	391 €/m	
DN 800	493 €/m	
DN 1000	596 €/m	
Durchmesser > DN 1800	1.006 €/m	

Tab. 147: Geschätzte Kostenansätze für die Erneuerung von Dükern für ausgewählte Rohrdurchmesser nach [87]

Der Verlauf dieser Funktion ist in Bild 21 dargestellt. Es wird zugrunde gelegt, dass die Erneuerungskosten für einen Düker nicht unter 237 €/m fallen, sodass dieser Wert als unterer Grenzwert für alle Durchmesser < DN 300 festgelegt wird. Gleichzeitig wird eine Kostenobergrenze bei DN 1800 mit 1.006 €/m festgelegt, was vermutlich auch darin begründet liegt, dass Düker nur in Ausnahmefällen größer ausgebildet werden.

Rohrleitungen

Rohrleitungen dienen unter und an Bundesautobahnen und Bundesstraßen der Entwässerung. Sie unterliegen bis auf das gelegentliche Spülen bzw. Reinigen keiner umfassenden Instandhaltung, was vor allem auf die unterirdische Lage und die schlechte Zugänglichkeit zurückzuführen ist. Zur Reparatur bzw. Sanierung von lokalen Schäden wie Rissen oder undichten Verbindungen, stehen mittlerweile grabenlose Verfahren zur Verfügung, die eine Tiefbaumaßnahme unnötig machen.

Da bei diesem Vorgehen die Rohrleitung nicht erneuert wird, sondern nur Teilbereiche des Kanals in ihren Quasi-Ausgangszustand zurückgeführt werden, werden entsprechende Maßnahmen der In-

Instandhaltungsmaßnahmen an Rohrleitungen

Leeren oder Ersetzen des Eimers

Tab. 148: Abgrenzung von Instandhaltungsmaßnahmen an Rohrleitungen

Instandsetzungsmaßnahmen an Rohrleitungen

Reparatur/Sanierung von Schäden mittels grabenloser Verfahren

Reparatur/Sanierung lokaler Schadstellen (z. B. Rohrbruch) in offener Bauweise

Tab. 149: Abgrenzung von Instandsetzungsmaßnahmen an Rohrleitungen

Leistung		Kosten
PVC-Kanalrohr liefern und einbauen	DN 100	12,00 €/m
	DN 125	13,70 €/m
	DN 150	16,30 €/m
	DN 200	27,20 €/m
Betonrohr liefern und einbauen	DN 100	29,70 €/m
	DN 150	34,20 €/m
	DN 200	42,00 €/m
	DN 300	49,80 €/m
	DN 400	68,50 €/m
	DN 500	85,80 €/m
	DN 600	112,17 €/m
DN 800	191,40 €/m	

Tab. 150: Geschätzte Kostenansätze für die Erneuerung von Rohrleitungen für ausgewählte Rohrdurchmesser nach [88]

standsetzung zugeordnet. Eine Erneuerung der Kanalhaltung umfasst den Austausch des Altröhres auf großer Haltungslänge, egal ob mit grabenlosen Verfahren oder im konventionellen Tiefeinbau.

Die in der Umfrage ermittelte optimale Nutzungsdauer von Rohrleitungen auf Bundesautobahnen korrespondiert gut mit der technischen und tatsächlichen Nutzungsdauer. Die angegebene optimale Nutzungsdauer für Bundesstraßen liegt jedoch deutlich über diesen Werten. Da also ein früheres technisches Versagen zu erwarten ist, wird diese Nutzungsdauer als maßgebend zugrunde gelegt und mit 50 Jahren angesetzt. Die Erneuerungskosten für Rohrleitungen wurden für Bundesautobahnen und Bundesstraßen pauschal mit 200 €/m angegeben, was gegenüber den Werten aus [88] sehr teuer ist. Hiernach liegen Betonrohre mit einem Durchmesser < DN 800 deutlich unter den erhobenen Kostensatz (vgl. Tabelle 150).

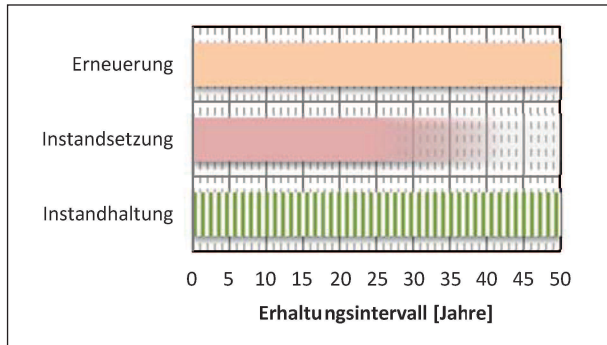


Bild 22: Erhaltungsintervalle für verschiedene Maßnahmen an Rohrleitungen an Bundesautobahnen und Bundesstraßen

6.1.5 Einrichtungen zur Behandlung und hydraulischen Rückhaltung

Grundsätzlich zählen zu den Einrichtungen zur Behandlung und hydraulischen Rückhaltung die Regenüberlauf-, Regenrückhalte- und Regenklärbecken sowie Stauraumkanäle. Regenüberlaufbecken sowie Stauraumkanäle kommen jedoch nahezu ausschließlich im Bereich der Abwasserbehandlung in Mischsystemen zum Einsatz und haben keine Relevanz für das Bauwerk Straße, dessen Oberflächenwasser in einem Regenrückhaltebecken, in Ausnahmefällen auch in einem Regenklärbecken gesammelt werden.

Dies ermöglicht eine vereinfachte Darstellung gemäß Bild 23, in der zunächst zwischen der offenen und geschlossenen Bauweise und dann zwischen dem baulichen und dem maschinellen Teil des Beckens unterschieden wird.

Regenrückhaltebecken in offener Bauweise

Regenrückhaltebecken in offener Bauweise unterliegen einer regelmäßigen Instandhaltung, die je nach Art (Betonbauweise oder Versickerbecken) die betriebliche Unterhaltung oder Beseitigung kleinerer Schäden (Risse, Ausbrüche) umfasst.

Instandsetzungen sind solche Maßnahmen, die eine großflächige Erneuerung/Reparatur von Teilen des Bauwerks umfassen oder den Austausch einzelner Aggregate der maschinellen Ausstattung. Wird das gesamte Anlagenteil inklusive aller wesentlichen Aggregate ausgetauscht, liegt eine Erneuerungsmaßnahme vor.

Als Nutzungsdauern werden in [86] für den baulichen Teil von Regenrückhaltebecken Werte von 50 bis 70 Jahren angegeben. Der maschinelle Teil hat je nach Ausrüstungsart eine wesentlich geringere

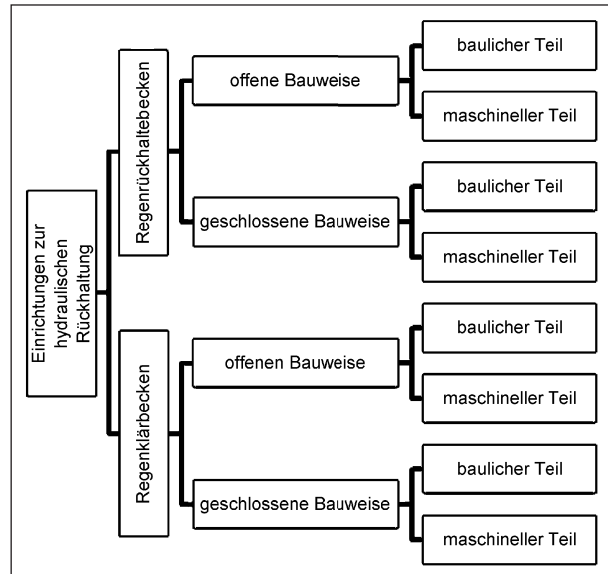


Bild 23: Darstellung der Bauweisen/Aggregate der Einrichtungen zur hydraulischen Rückhaltung

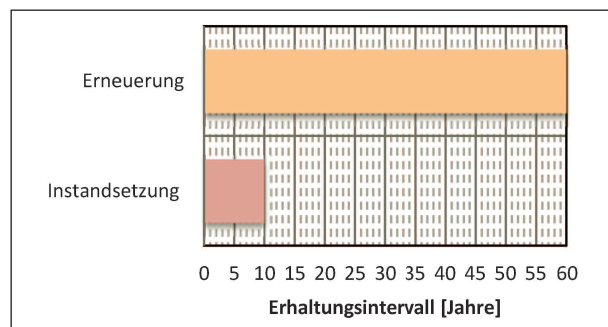


Bild 24: Erhaltungsintervalle für verschiedene Aggregate von Regenrückhaltebecken

gere Nutzungsdauer von 5 bis 20 Jahren. Es wird auf Grundlage dieser Angaben eine Nutzungsdauer von 60 Jahren für den baulichen Teil und 10 Jahre für den maschinellen Teil von Regenrückhaltebecken vorgeschlagen (Bild 24).

Verwertbare Daten bezüglich der Erneuerungskosten von Regenüberlauf- und Regenrückhaltebecken gingen aus der Umfrage nicht hervor, jedoch werden von verschiedenen Bundesländern detaillierte Informationen bezüglich dieser Anlagenteile vorgehalten.

Die in [87] angegebenen Erneuerungskosten aus dem Bundesland Hessen enthalten die Aufwendungen für die Drosseleinrichtungen, die Steuerung sowie den Beckenüberlauf und das Einmündungsbauwerk. Die verbindenden Kanäle bis zu einer Länge von 20 m sind ebenfalls in den Kostenrichtwerten eingeschlossen. Die in [87] angegebenen Aufwendungen wurde wiederum mittels Baupreisindex auf den Stand Ende 2012 aktualisiert.

Werden Regenüberlaufbecken als eigene Bauwerke ausgebildet, kann gemäß [87] für das gesamte Innenvolumen des Bauwerks ein Kostenrichtwert von 1.352 €/m³ angesetzt werden. Ein hydrodynamischer Abscheider erhöht diesen Wert pauschal um 40 %. Gesonderte Schachtbauwerke (z. B. Drosselschächte) werden mit einem Kostenrichtwert von 564 €/m³ angegeben.

Becken in Erdbauweise können mit 35 % der Erneuerungskosten der offenen Bauweise abgeschätzt werden. Zudem wird in [87] ein formaler Ansatz vorgegeben, der die Kostenrichtwerte von Regenüberlauf- und Regenrückhaltebecken in offener Bauweise in Abhängigkeit von dem Beckenvolumen beschreibt. Für Beckenvolumen < 500 m³ wird dabei eine Untergrenze von 834 €/m³, für Beckenvolumen > 2.000 m³ eine Kostenobergrenze von 417 €/m³ festgelegt. Zwischen diesen beiden Grenzen lässt sich der Verlauf der Erneuerungskosten gemäß Gl. 2 beschreiben.

$$KRW_{RB,offen} = 18.647 \cdot V^{-0,5} \quad \text{Gl. 1}$$

mit

$KRW_{RB,offen}$ = Kostenrichtwerte von Regenüberlauf- und Regenrückhaltebecken in Abhängigkeit vom Beckenvolumen [€/m³]

V = Beckenvolumen [m³]

Auch aus dem Bundesland Bayern liegen formalisierte Ansätze zur Ermittlung von Kostenrichtwerten für Regenbecken vor [90]. Die Werte stammen aus dem Jahr 2005 und wurden mittels Baupreisindex auf den Stand Ende 2012 gebracht. Die Funktion liefert generell höhere Kostenrichtwerte als nach Gl. 1, es wird jedoch ein Maximalwert von knapp 1.570 €/m³ vorgegeben.

$$KRW_{RB} = 3.580 \cdot V^{-0,22} \quad \text{Gl.2}$$

mit

KRW_{RB} = Kostenrichtwerte von Regenbecken in Abhängigkeit vom Beckenvolumen [€/m³]

V = Beckenvolumen [m³]

Für Regenbecken in Erdbauweise wird in [90] ein pauschaler Richtwert von 76 €/m³ vorgegeben.

Der Verlauf der Kostenrichtwerte gemäß Gl. 1 und Gl. 2 sind gemeinsam in Bild 25 dargestellt. Die hieraus resultierenden Kosten sind für ausgewählte Beckenvolumen in Tabelle XY aufgeführt.

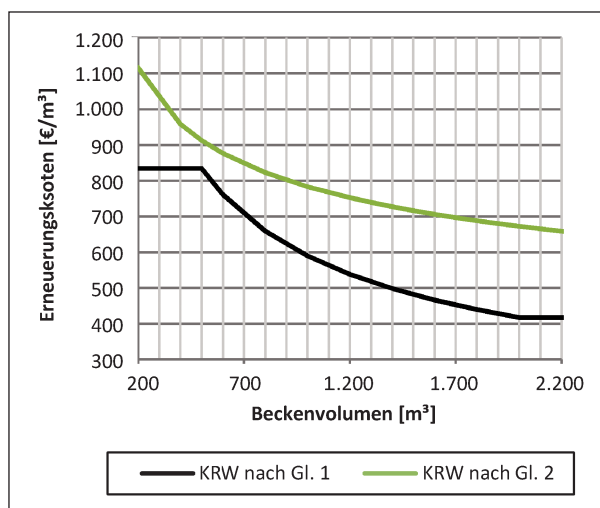


Bild 25: Vergleich der Verläufe der Kostenrichtwerte für Regenrückhaltebecken in offener Bauweise

Beckenvolumen [m ³]	Hessen (Gl. 1)	Bayern (Gl. 2)
200	834	1.116
400	834	958
500	834	912
600	761	876
800	659	823
1.000	590	783
1.200	538	752
1.400	498	727
1.600	466	706
1.800	440	688
2.000	417	672

Tab. 151: Kostenansätze für die Erneuerung von Regenrückhaltebecken in offener Bauweise in Abhängigkeit des Beckenvolumens [87, 90]

Regenrückhaltebecken in geschlossener Bauweise

Bei Regenrückhaltebecken in geschlossener Bauweise entfallen einige Leistungen der betrieblichen Unterhaltung, wie beispielsweise die Grünpflege, da es sich ausschließlich um befestigte Bauwerke aus Beton handelt. Damit beschränkt sich diese im Wesentlichen auf Kleinreparaturen an der Betonkonstruktion oder der maschinelle Ausstattung. Die Instandsetzung umfasst dann – wie auch bei der offenen Bauweise – großflächige Reparaturen bzw. Sanierungsmaßnahmen oder den Austausch von wesentlichen Aggregaten.

In [87] werden Kostenrichtwerte in Abhängigkeit vom Beckenvolumen für Regenrückhaltebecken in

geschlossener Bauweise angegeben. Für ein Beckenvolumen von weniger als 100 m³ wird ein Maximalwert von 1.860 €/m³ und bei einem Volumen von mehr als 2.000 m³ ein Minimalwert von 512 €/m³ festgelegt.

$$KRW_{RB,geschl.} = 13.551 \cdot V^{-0,43} \quad \text{Gl. 3}$$

mit

$KRW_{RB,geschl.}$ = Kostenrichtwerte von Regenbecken in Abhängigkeit vom Beckenvolumen [€/m³]

V = Beckenvolumen [m³]

In Bild 26 ist der aus Gl. 3 resultierende Kostenverlauf für Regenrückhaltebecken in geschlossener Bauweise aufgetragen. Zum Vergleich ist auch die Kurve für Regenrückhaltebecken in offener Bauweise aus derselben Quelle aufgetragen. Demnach sind bei kleinen Beckengrößen die Bauwerke in geschlossener Bauweise deutlich teurer in der Erneuerung als die offenen Regenrückhaltebecken. Die Werte gleichen sich erst bei sehr großen Volumina näherungsweise an.

Diese Ergebnisse sowie weitere Gespräche mit Verantwortlichen zeigen, dass Regenrückhaltebecken in geschlossener Bauweise in der Regel aufgrund von eingeschränkten Platzverhältnissen, nicht jedoch aus wirtschaftlichen oder technischen Gesichtspunkten Anwendung finden. Vor allem im Bereich überregionaler Straßen dürften diese Anlagenteile deshalb gegenüber der offenen Bauweise eine untergeordnete Rolle spielen.

Eine abschließende Aussage zu dem Verhältnis der Nutzungsdauer der offenen und geschlosse-

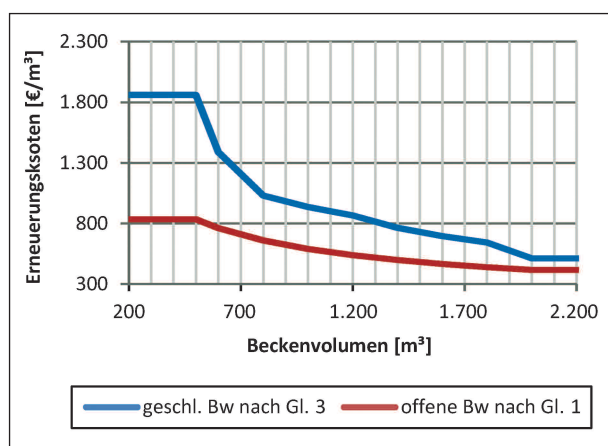


Bild 26: Verlauf der Kostenrichtwerte für Regenrückhaltebecken in geschlossener Bauweise im Vergleich zur offenen Bauweise

nen Bauweise kann aufgrund der verfügbaren Daten nicht getroffen werden, sodass in erste Näherung dieselbe Nutzungsdauer wie für Regenrückhaltebecken in offener Bauweise vorgeschlagen wird.

Regenklärbecken

Regenklärbecken sollen nach dem Prinzip der Sedimentation Schadstoffe aus dem Regenwasser abscheiden. Sie unterscheiden sich bezüglich ihrer Konstruktion nur unwesentlich von Regenrückhaltebecken, besitzen aber teilweise zusätzliche maschinelle Ausstattung (beispielsweise einen Schlammabzug).

Maßnahmen der betrieblichen und baulichen Unterhaltung unterscheiden sich nicht von denen der offenen und geschlossenen Regenrückhaltebecken.

Bezüglich der Erneuerungskosten von Regenklärbecken liegen aus der Umfrage keine und aus der Literatur nur wenige Informationen vor. GRÜNING und HOPPE [91] geben Richtwerte für die Erneuerung von Regenklärbecken von 625 €/m³ bis 3.644 €/m³ (bezogen auf Ende 2012) an. Die Werte zeigen, dass die Kosten offensichtlich enormen Schwankungen unterliegen. Diese Tendenz kann als durchaus realistisch eingeschätzt werden. Beengte Platzverhältnisse beispielsweise in dicht besiedelten Bereichen können den Kubikmeterpreis für Regenklärbecken um mehrere 1.000 Euro ansteigen lassen (vgl. auch [91], Seite 13).

Allerdings gilt dies im gleichen Maß auch für Regenrückhaltebecken, sodass ein direkter Vergleich redundant ist – Gl. 1 bis Gl. 3 berücksichtigen den Lagefaktor nicht. Aufgrund der kommunalen Herkunft der Daten sowie den aus den Formeln resultierenden Kosten kann jedoch von einem weitestgehend freien Baugrundstück mit geringer Besiedlungsdichte ausgegangen werden.

In erster Näherung ist es nach Rücksprache realistisch, für offene und geschlossene Regenklärbecken etwa dieselben Kostenrichtwerte wie für die offenen und geschlossenen Regenrückhaltebecken anzunehmen. Dasselbe gilt aufgrund der ähnlichen Bauweise in erster Näherung für die Nutzungsdauern.

6.1.6 Elektronische Anlagenteile

Lichtsignalanlagen

Für die elektronischen Anlagenteile der Straßenausstattung wurden die Lichtsignalanlagen aufgrund ihrer hohen Relevanz für die Verkehrssicherheit auf Bundesstraßen und ihrer insbesondere innerorts hohen Ausstattungsquote als für ein Asset-Management bedeutend detektiert.

Lichtsignalanlagen bestehen aus einer Reihe von Teilaggregaten, wie beispielsweise unterschiedliche Mastarten oder auch elektronische Bauteile (Bild 27). Für eine Implementierung der Lichtsignalanlagen in ein Asset-Management ist es anzustreben, die Anzahl der Aggregate auf ein Maß zu reduzieren, das die Handhabung des Anlagenteils nicht unnötig

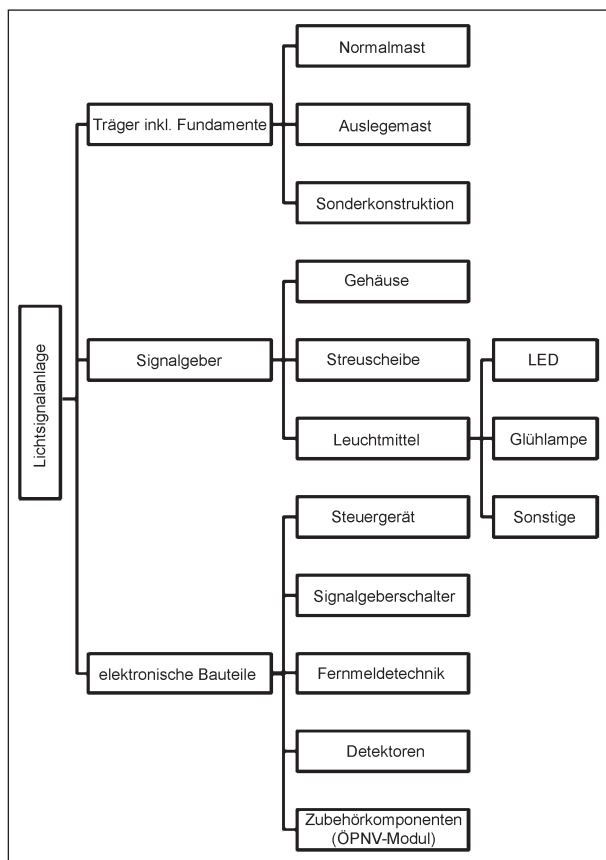


Bild 27: Darstellung der Teilelemente einer Lichtsignalanlage

kompliziert gestaltet, andererseits aber eine adäquate Abbildung der relevanten Einflussfaktoren gewährleistet. Gleichzeitig soll bei dieser Definition berücksichtigt werden, dass es grundsätzlich unterschiedliche Ausstattungsformen von Lichtsignalanlagen gibt, die sich auch auf die Erhaltung auswirken.

Da die Verfügbarkeit von Daten zu den elektronischen Bauteilen von Lichtsignalanlagen sowohl hinsichtlich der Kosten als auch zu den Nutzungsdauern aufgrund der üblicherweise abgeschlossenen Serviceverträge nur unzureichend einzuschätzen ist, wird vorgeschlagen, diese in einem Asset-Management zusammenzufassen und entsprechend zuzuordnende Leistungen wie Wartungsmaßnahmen zu behandeln. Allerdings erscheint eine Unterscheidung in Lichtsignalanlagen mit Detektoren für Bedarfschaltungen und solche ohne eine solche Einrichtung als angebracht.

In ähnlicher Weise werden die Teilaggregate des Signalgebers gemeinsam betrachtet, wobei jedoch Signalgeber mit herkömmlicher Leuchttechnik (70/100 W Leuchtmittel oder Halogen) und solchen mit LED aufgrund ihrer unterschiedlichen Qualitäten differenziert werden sollen. Es ist davon auszugehen, dass diese Unterteilung schon in vergleichsweise kurzer Zeit überflüssig wird, da die neue Leuchttechnik wirtschaftlich als überaus vorteilhaft eingeschätzt wird und sich die Umrüstkosten in Höhe von 9.000 € pro Anlage (Kreuzung unbekannter Ausstattung) durch jährliche Einsparungen von rund 800 € sowie längere Verwendbarkeit der Leuchtmittel schnell amortisieren.

Für die unterschiedlichen Masten der Lichtsignalanlagen konnten ähnliche Nutzungsdauern jedoch etwas unterschiedliche Kostendaten ermittelt werden. Da Lichtsignalanlagen mit einem Auslegemast üblicherweise mehr als einen Signalgeber aufweisen, können die Lichtsignale grundsätzlich hinsichtlich der Anzahl von Signalköpfen dargestellt werden. Dabei ist dann für alle Lichtsignalanlagen mit mehr als einem Signalgeber ein Kostenaufschlag für den Auslegemast zu berücksichtigen.

	Anzahl der Signalköpfe		
	1	2	3
konventionelle Lichttechnik	1.600 €	3.000 €	3.500 €
LED-Lichttechnik	1.700 €	3.200 €	3.800 €
Zuschlag Verkehrsdetektion	600 €	700 €	800 €
Zuschlag Steuergerät		2.000 €	

Tab. 152: Struktur des sonstigen Anlagenteils Lichtsignalanlage inklusive geschätzter Kostenansätze für die Erneuerung

Fußgängerlichtsignalanlagen sind zwar aufgrund ihres kleineren Signalkopfes geringfügig günstiger bei der Installation, nimmt man jedoch mit in Ansatz, dass viele dieser Anlagenteile einen zusätzlichen manuellen Signalgeber als Anforderung zur Schaltung besitzen, ergibt sich praktisch kein relevanter Kostenunterschied, weshalb eine getrennte Betrachtung von Fußgängerlichtsignalen nicht vorgesehen wird.

Entsprechend der in Kapitel 4.6.1 getroffenen Definitionen zur Erhaltung ergeben sich für Lichtsignalanlagen einige Schwierigkeiten in der Zuordnung der Maßnahmen. So handelt es sich bei einem Austausch der Leuchtmittel beispielsweise eindeutig um den Austausch eines wesentlichen Bestandteils einer Lichtsignalanlage und somit um eine Instandsetzungsmaßnahme. Gleichzeitig führt das Leistungsheft unter der Position 3.09 als einzige betriebliche Maßnahme deren Wartung und Instandhaltung. Zugleich werden die Leistungen oft als Serviceverträge komplett vergeben, sodass eine Untergliederung der Maßnahmen für ein Asset-Management häufig gar nicht erforderlich ist.

Grundsätzlich soll an der in diesem Bericht formulierten Definition der Erhaltungsmaßnahmen festgehalten werden. Somit ist jeder Ersatz eines Aggregats zunächst eine Instandsetzungsmaßnahme. Schwierig hierbei ist die Abgrenzung des Ersatzes (Instandsetzung) von einer Reparatur (Instandhaltung). Eine Reparatur einer elektronischen Komponente wird schließlich oft durch den Ersatz eines sehr kleinen Bauteils vollzogen und befindet sich somit in einem Übergangsbereich der Definition für die Erhaltungsmaßnahmen. Als maßgeblich für eine Instandsetzungsmaßnahme wird deshalb der Ersatz eines definierten Aggregats eines Anlagenteils festgelegt. Da das Leuchtmittel nach Bild 28 nicht als ein solches Aggregat definiert, sondern Teil des Signalgebers ist, stellt sein Ersatz somit keine Instandsetzungs-, sondern eine Instandhaltungsmaßnahme dar.

Andererseits führt beispielsweise ein Ausfall des Masts zu einem so erheblichen Schaden, dass damit üblicherweise die gesamte Lichtsignalanlage ersetzt werden muss. Folglich handelt es sich in diesem Fall um den Ausfall der Gesamtanlage und somit um eine Erneuerungsmaßnahme.

Zur klareren Gliederung der sonstigen Anlagen wird deshalb die in Tabelle 153 genannten Definitionen getroffen.

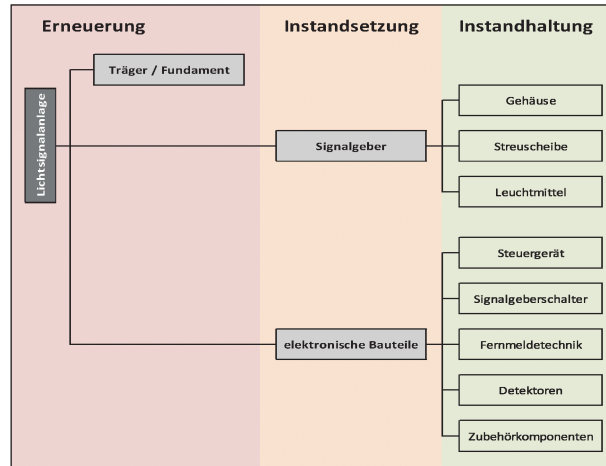


Bild 28: Zuordnung der (Teil-)Aggregate einer Lichtsignalanlage zu den Maßnahmearten der Erhaltung (□ – Aggregate)

	Definition	Erhaltung bei Ausfall
sonstiges Anlagenteil	–	Erneuerung
Aggregat	Teil des sonstigen Anlagenteils	Erneuerung oder Instandsetzung
Teilaggregat	Teil des Aggregats	Instandhaltung

Tab. 153: Definitionen zur Gliederung von sonstigen Anlagenteilen

Die Wartung und Reparatur der Lichtsignalanlagen werden selbstverständlich der Instandhaltung zugeordnet.

Die im Rahmen der Befragung ermittelten Nutzungsdauern mussten sich aufgrund des Umfangs derselben in den meisten Fällen auf diejenigen des gesamten sonstigen Anlagenteils beschränken (Tabelle 59). Das Ergebnis der Befragung liegt mit einem Mittelwert für die optimale Nutzungsdauer von 23 Jahren oberhalb des Bereichs der in der Literatur angegebenen Nutzungsdauer von 15 bis 20 Jahren. Es kann jedoch vermutet werden, dass aufgrund der geringeren technischen Nutzungsdauer der Steuergeräte von etwa 18 Jahren ein früherer Ersatz der Lichtsignalanlage wünschenswert wäre, da damit voraussichtlich Kompatibilitätsprobleme verbunden sein werden. Bild 29 zeigt die aus den vorliegenden Erkenntnissen abgeleiteten Erhaltungsintervalle des sonstigen Anlagenteils Lichtsignalanlage mit seinen Teilaggregaten. Dabei wurden die Nutzungsdauern der Signalgeber aus den Angaben zu den Wechselverkehrszeichen abgeleitet (Tabelle 61).

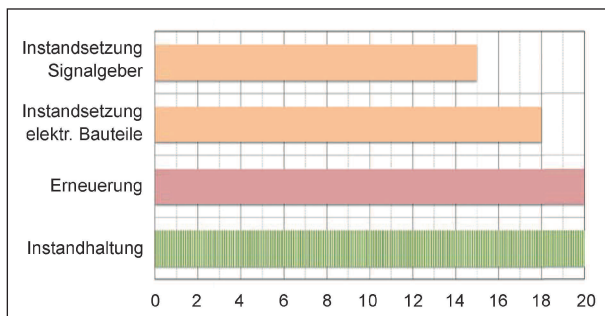


Bild 29: Erhaltungsintervalle unterschiedlicher Maßnahmen an Lichtsignalanlagen

Streckenbeeinflussungsanlagen (SBA)

Alle Arten der Verkehrsbeeinflussungsanlagen sind für ein Asset-Management von eindeutiger Relevanz, da mit ihrer Einrichtung und Erhaltung erhebliche Aufwendungen und Kosten verbunden sind. Die Verfügbarkeit dieser Daten können darüber hinaus Entscheidungsprozesse objektivieren, wenn beispielsweise ein Variantenvergleich zwischen Ausbau eines Querschnitts gegenüber einer Einrichtung einer solchen Anlage vollzogen werden muss.

Wie Bild 31 zeigt, kann eine Streckenbeeinflussungsanlage sehr umfassend ausgestattet sein und zudem sowohl hinsichtlich der Querschnittsbreite als auch hinsichtlich der von ihr eingenommenen Streckenlänge unterschiedliche Größen einnehmen. Wie in Kapitel 6.1.2.1 ausgeführt wurde, hat es sich nicht bewährt, diese Dimension einer Streckenbeeinflussungsanlage anhand ihrer Streckenlänge zu definieren. Hier bietet es sich stattdessen an, auf die Anzahl der installierten Verkehrszeichenbrücken zurückzugreifen.

Wie schon die Lichtsignalanlagen und auch die noch folgenden elektronischen Anlagenteile benötigen auch die Verkehrsbeeinflussungsanlagen eine Energieversorgung. Darüber hinaus werden Verkehrsbeeinflussungsanlagen stets von einer dezentral untergebrachten Unterzentrale und von einer Verkehrsrechnerzentrale aus gesteuert, wobei in einigen Ländern verschiedene Verkehrsbeeinflussungsanlagen einer einzelnen Leitzentrale zugeordnet werden.

Es wird deshalb vorgeschlagen, Streckenbeeinflussungsanlagen als sonstiges Anlagenteil in der Weise zu definieren, wie sie grundsätzlich autark gehandhabt werden kann, d. h. die Verkehrsrechnerzentralen werden als eigenes sonstiges Anla-

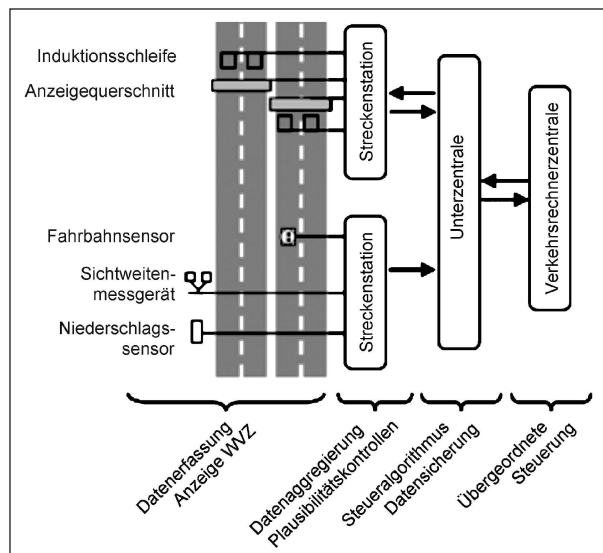


Bild 30: Prinzipielle Gliederung einer Streckenbeeinflussungsanlage [76]

genteil behandelt. Zudem werden Aggregate wie die Energieversorgung ebenfalls als eigenständiges sonstiges Anlagenteil definiert, da die hier zuzuordnenden Verlegearbeiten oft zwischen verschiedenen Anlagenteilen, die zudem nicht dem Verkehrsbereich zuzuordnen sein müssen, aufgeteilt werden müssten.

Die Struktur und Kosten der Aggregate einer Streckenbeeinflussungsanlage wird in Tabelle 154 dargestellt. Gegenüber den Ausführungen in Kapitel 6 wurden hier die Kosten für Kragarmkonstruktionen von Verkehrszeichenbrücken mit Ansätzen entsprechend der Angaben in [74] ergänzt.

Darüber hinaus wurden die Kosten für Fundamente etwas reduziert. Wie bereits ausgeführt schwanken diese erheblich in Abhängigkeit von den örtlichen Begebenheiten. In Abgleich mit den Angaben in [74], wo diese Kosten von rund 5.000 € bis 7.000 € schwanken, erschien das Ergebnis der Befragung sehr hoch, wenn auch dem grundsätzlichen Niveau als Durchschnittswert vertraut wird.

Die Datenübertragung innerhalb einer Verkehrsbeeinflussungsanlage (Bild 30) wird über verschiedene Bussysteme abgewickelt. Innerhalb einer Streckenstation handelt es sich um einen sogenannten Lokalbus, die Kommunikation zwischen einer Streckenstation und einer Unterzentrale wird über einen Inselbus und die zwischen einer Unterzentrale und einer Verkehrsrechnerzentrale über einen Fernbus abgewickelt. Der Lokal- und der Inselbus werden aufgrund der örtlichen Bindung der Streckenbeeinflussungsanlage zugeordnet und

als Teil der Streckenstation gehandhabt. Laut den technischen Lieferbedingungen für Streckenstationen (TLS 2012 [75]) stellen die Kommunikationsrechner Inselbus (KRI) den straßenseitigen Abschluss einer Streckenbeeinflussungsanlage dar, auch wenn sie in örtlicher Nähe der Unterzentralen platziert werden sollen. In [74] werden die Kosten hingegen auf der Seite der Unterzentralen betrachtet. Letzteres erscheint durchaus sinnvoll, weshalb die Kosten der Unterzentrale gegenüber Tabelle 68 etwas erhöht angesetzt werden.

In Kapitel 6.1.2.1 wurde bereits darauf hingewiesen, dass die Kosten einer Unterzentrale nur sehr schwer abzuschätzen sind und deshalb innerhalb dieses Forschungsprojekts nicht aufgeschlüsselt werden können. Die hier angesetzten Kosten beziehen sich allein auf den Kommunikationsrechner Inselbus sowie einen Bedienrechner. Für die Ausstattung einer Unterzentrale können erhebliche Zusatzkosten beispielsweise durch Herrichten und Ausstattung der Räumlichkeiten gegebenenfalls sogar mit einer sehr kostenintensiven Videoüberwachung entstehen.

Bild 31 zeigt die vorgeschlagene Unterteilung des sonstigen Anlagenteils Streckenbeeinflussungsanlage in seine Aggregate und Teilaggregate sowie die Zuordnung zu den Maßnahmenteilen der Erhaltung. Für die Sensoren des Verkehrs und des Umfelds wurden keine Teilaggregate angegeben, da diese im Einzelnen unterschiedlich ausfallen können. Die entsprechenden Maßnahmen der Instandhaltung werden voraussichtlich jedoch auch kaum ausgeführt werden, da ein Ausfall des Sensors aufgrund der vergleichsweise geringen Kosten zumeist durch einen schlichten Ersatz des Aggregats und somit durch eine Instandsetzungsmaßnahme behoben wird.

Wie bei den Lichtsignalanlagen werden auch Verkehrsbeeinflussungsanlagen und somit auch Streckenbeeinflussungsanlagen überwiegend über Serviceverträge gewartet. Nach der hier vorgenommenen Definition der Erhaltungsmaßnahmen umfassen diese Verträge auch Instandsetzungsmaßnahmen. Eine Auswertung dieser Serviceverträge zur Ermittlung der detaillierten Kosten ist grundsätzlich möglich, jedoch überaus aufwendig. Darüber hinaus muss davon ausgegangen werden, dass die darin enthaltenen Kostensätze nur für diese Art der Verträge, nicht jedoch für die von der Bauverwaltung durchzuführende Erhaltung repräsentativ sein kann. Durch die Verbindung der Herstellung und des Servicevertrages innerhalb der Ausschreibung

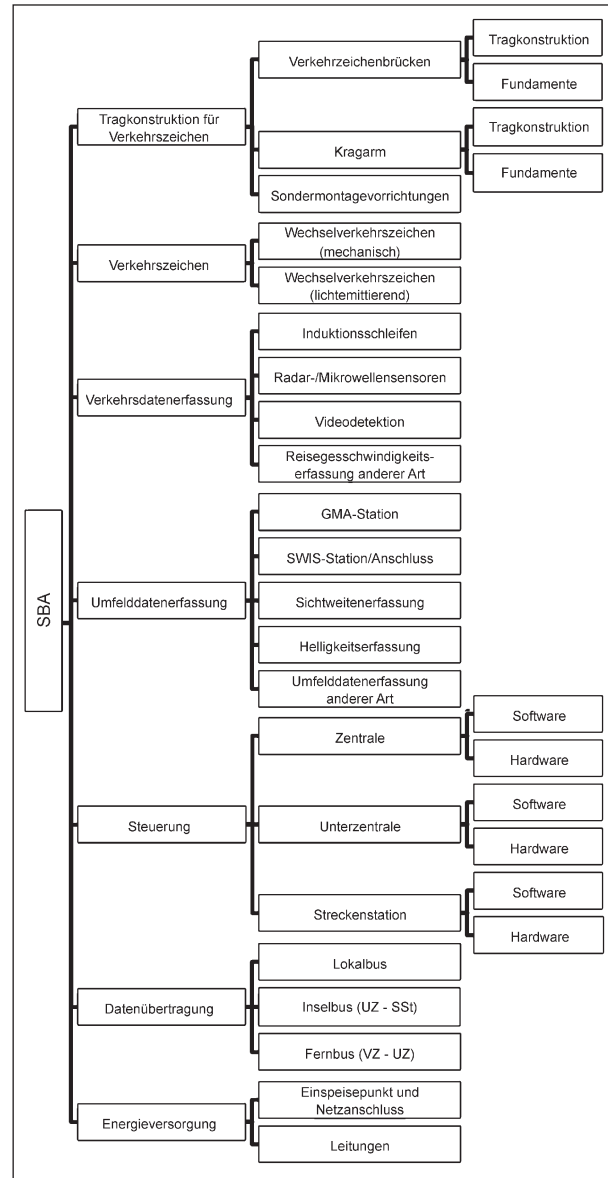


Bild 31: Darstellung der Teilelemente einer Streckenbeeinflussungsanlage

handelt es sich um eine Mischkalkulation, die bei einem Anschluss eines weiteren Servicevertrages nicht mehr gegeben ist. Solche Anschlussverträge sind deshalb regelmäßig mit einer Vervielfachung der Kosten verbunden (Tabelle 154).

Die Anzahl der üblicherweise verbauten Aggregate innerhalb einer Streckenbeeinflussungsanlage ist in Tabelle 155 zusammengestellt. Die Zahlenwerte beziehen sich dabei auf die Installation an einer Verkehrszeichenbrücke, wobei die Unterzentrale, die für eine gesamte Streckenbeeinflussungsanlage nur einmal benötigt wird, nicht mit aufgeführt wurde.

Die in Bild 32 dargestellten Erhaltungsintervalle wurden auf der Grundlage der in der Befragung er-

Anlagenteil	Erneuerungskosten	
Verkehrszeichenbrücken		
2-spurig	45.000 €	
3-spurig	60.000 €	
4-spurig	65.000 €	
5-spurige	75.000 €	
4+4-spurig	140.000 €	
Kragarm		
2-spurig	15.000 €	
3-spurig	17.000 €	
Fundamente (1 oder 2)	20.000 €	
Wechselverkehrszeichen WVZ		
mit mechanischer Anzeige	9.200 €	
mit lichtemittierender Anzeige		
Typ A	4.500 €	
Typ B + C	6.300 €	
Verkehrsdaterfassung		
durch Induktionsschleifen	750 €	
durch Radarsensoren	1.500 €	
Umfelddaterfassung		
Sichtweitenmesser	8.700 €	
Niederschlagssensoren	5.500 €	
Helligkeitssensoren	280 €	
Streckenstation	2-spuriger Querschnitt	3-spuriger Querschnitt
2+0 Verkehrserfassung	10.000 €	15.000 €
8+1 Verkehrserfassung	15.000 €	20.000 €
Unterkentrale	12.000 €	

Tab. 154: Struktur des sonstigen Anlagenteils Streckenbeeinflussungsanlage inklusive geschätzter Kostenschätzungen für die Erneuerung

mittelten Nutzungsdauern festgelegt. Aus ihnen erschließt sich leicht, dass die Serviceverträge günstigstenfalls über 15 Jahre geschlossen werden sollten, was eine deutliche Verlängerung der derzeit üblichen Vertragsdauern bedeuten würde.

Wie bereits erwähnt liegt die technische Nutzungsdauer einiger Aggregate – insbesondere die der Verkehrszeichenbrücken – deutlich oberhalb der ausgewiesenen 15 Jahre für die Erneuerung von Streckenbeeinflussungsanlagen. Da jedoch zu diesem Zeitpunkt viele der übrigen Aggregate instandgesetzt werden müssen und die Kompatibilität aufgrund des technischen Fortschritts nicht mehr als

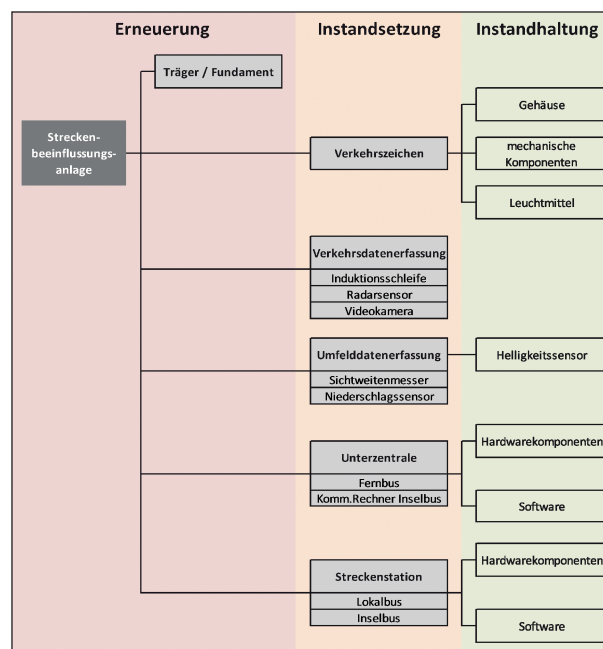


Bild 32: Zuordnung der (Teil-)Aggregate einer Streckenbeeinflussungsanlage zu den Maßnahmentypen der Erhaltung (□ – Aggregate)

Anlagenteil	Aggregatanzahl
Verkehrszeichenbrücken	1
Fundamente (1 oder 2)	1
Wechselverkehrszeichen WVZ	
Typ A	Anzahl FS
Typ B + C	Anzahl FS - 1
Verkehrsdaterfassung	Anzahl FS
Umfelddaterfassung	
Sichtweitenmesser	bei Bedarf
Niederschlagssensoren	0,5
Helligkeitssensoren	1
Streckenstation	1

Tab. 155: Anzahl der üblicherweise verwendeten Aggregate innerhalb einer Streckenbeeinflussungsanlage an einem Fahrbahnquerschnitt

gegeben angesehen werden muss, ist nach Aussagen der Befragten eine weitere Verwendung nicht mehr wirtschaftlich.

In Streckenbeeinflussungsanlagen können über den hier beschriebenen Umfang weitere Anlagenteile integriert werden. Die hier entworfene Anlagenstruktur stellt eine übliche Konstellation dar. Auf integrierbare Zusatzanlagen wie eine temporäre Seitenstreifenfreigabe, Zuflussregelung oder Glättemeldeanlage wird im Weiteren noch eingegangen.

Netzbeeinflussungsanlagen (NBA)

Die innerhalb einer Netzbeeinflussungsanlage verwendeten Aggregate gleichen in Teilen denen der Streckenbeeinflussungsanlage, im Detail jedoch werden aufgrund der anderen Zielsetzung der Netzbeeinflussungsanlage verschiedene Aggregate nicht benötigt oder durch andere ersetzt. Da Netzbeeinflussungsanlagen den Verkehr regeln indem sie nicht die örtlichen Verhältnisse, sondern die innerhalb eines Teilnetzes betrachten, sind die Ausführungsformen dieses sonstigen Anlagenteils kaum Standards zu fassen.

Kleine Netzbeeinflussungsanlagen können sich beispielsweise auf den stadtnahen Verkehr auf einer Bundesautobahn beschränken, während große

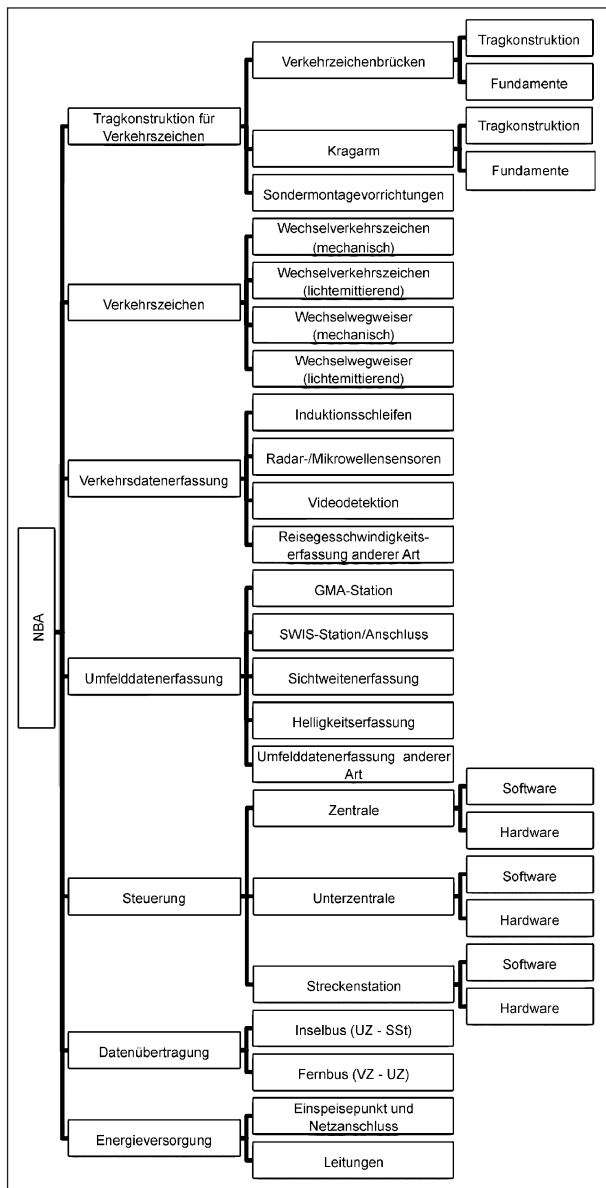


Bild 33: Darstellung der Teilelemente einer Netzbeeinflussungsanlage

Netzbeeinflussungsanlagen auch internationale Verkehre regeln und dabei eine größere Anzahl von Autobahnen berücksichtigen. Die grundsätzliche Gliederung dieses sonstigen Anlagenteils zeigt Bild 33.

Kleine Netzbeeinflussungsanlagen arbeiten oft mit additiven Wechselwegweisern, also mechanischen oder lichtemittierenden Anzeigetafeln, die neben der Fahrbahn aufgestellt werden und bei entsprechenden Verkehrsbehinderungen zusätzliche Wegweisungen zu statisch angezeigten anbieten. Größere Netzbeeinflussungsanlagen zeichnen sich durch Verkehrszeichenbrücken mit substituiven Wechselwegweisern aus. Diese Wechselwegweiser ersetzen im Umleitungsfall die ursprünglichen Ziele durch alternative. Große Netzbeeinflussungsanlagen können aber auch mit dynamischen Wegweisern mit integrierten Stauinformationen (dWiSta) ausgestattet sein, die ein frei mit unterschiedlichen Informationen bestückbares Anzeigefeld zur Verfügung stellen.

Um die unterschiedlichen Ausführungsformen von Netzbeeinflussungsanlagen zu berücksichtigen, werden im Folgenden kleine und große Netzbeeinflussungsanlagen entsprechend der beschriebenen Ausstattung unterschieden. Grundsätzlich ist damit aber keine klare Zuordnung zu regionalen oder überregionalen Einsatzzwecken verbunden, vielmehr ist die Komplexität der Anlage (Anzahl der Wegweisungsziele, Netzgröße) im Einzelfall zu prüfen und entsprechend zuzuordnen. Tabelle 156 und Tabelle 157 zeigen die zu berücksichtigenden Aggregate der beiden Arten von Netzbeeinflussungsanlagen.

Die Abgrenzung des sonstigen Anlagenteils Netzbeeinflussungsanlage vollzieht sich wieder anhand des ursächlichen Ziels der Anlage, also dem der Wegweisung. Grundsätzlich mögliche Ausstattungsmerkmale wie eine Glättemeldeanlage oder eine zusätzliche Beschilderung im Rahmen der üblicherweise in der Umgebung von Netzbeeinflussungsanlagen vorhandenen Knotenpunkte werden bewusst nicht berücksichtigt, sondern als einzelne sonstige Anlagenteile behandelt.

Hinsichtlich der Kosten für die Streckenstationen und die Unterzentrale wird erneut darauf hingewiesen, dass es sich hier um grobe Annahmen handelt, die einer näheren Untersuchung bedürfen.

Die Zuordnung der Leistungen der Erhaltung an den Aggregaten und Teilaggregaten ähnelt aufgrund der vergleichbaren Zusammensetzung des Anlagenteils der der Streckenbeeinflussungsanlage (s. Bild 32). Entsprechendes gilt für die in Bild 35 dargestellten Erhaltungsintervalle.

Anlagenteil	Erneuerungskosten	
Tragkonstruktion		
Gabel-/Rohrständer	3.500 €	
Fundament	4.000 €	
Wechselwegweiser WWW		
mit mechanischer Anzeige		
Fläche ≤ 7,5 m ²	15.000 €	
Fläche 7,5 m ² < A ≤ 15 m ²	25.000 €	
Fläche 15 m ² < A ≤ 25 m ²	70.000 €	
Fläche 25 m ² > A	90.000 €	
mit lichtemittierender Anzeige		
Fläche < 15 m ²	70.000 €	
Fläche 15 m ² < A ≤ 25 m ²	100.000 €	
Verkehrsdatenerfassung		
durch Induktionsschleifen	750 €	
durch Radarsensoren	1.500 €	
Umfelddatenerfassung		
Helligkeitssensoren	280 €	
Streckenstation		
	2-spuriger Querschnitt	3-spuriger Querschnitt
2+0 Verkehrserfassung	10.000 €	15.000 €
8+1 Verkehrserfassung	15.000 €	20.000 €
Unterzentrale	12.000 €	

Tab. 156: Struktur des sonstigen Anlagenteils kleine Netzbeeinflussungsanlage inklusive geschätzter Kostenansätze für die Erneuerung

Anlagenteil	Erneuerungskosten	
Verkehrszeichenbrücken		
2-spurig	45.000 €	
3-spurig	60.000 €	
4-spurig	65.000 €	
5-spurige	75.000 €	
4+4-spurig	140.000 €	
Kragarm		
2-spurig	15.000 €	
3-spurig	17.000 €	
Fundamente (1 oder 2)	20.000 €	
Wechselwegweiser WWW		
mit mechanischer Anzeige		
Fläche 7,5 m ² < A ≤ 15 m ²	25.000 €	
Fläche 15 m ² < A ≤ 25 m ²	70.000 €	
Fläche 25 m ² > A	90.000 €	
mit lichtemittierender Anzeige (dWiSta)		
Fläche 15 m ² < A ≤ 25 m ²	100.000 €	
Fläche > 25 m ²	150.000 €	
Verkehrsdatenerfassung		
durch Induktionsschleifen	750 €	
durch Radarsensoren	1.500 €	
Umfelddatenerfassung		
Helligkeitssensoren	280 €	
Streckenstation		
	2-spuriger Querschnitt	3-spuriger Querschnitt
2+0 Verkehrserfassung	10.000 €	15.000 €
8+1 Verkehrserfassung	15.000 €	20.000 €
Unterzentrale	12.000 €	

Tab. 157: Struktur des sonstigen Anlagenteils große Netzbeeinflussungsanlage inklusive geschätzter Kostenansätze für die Erneuerung

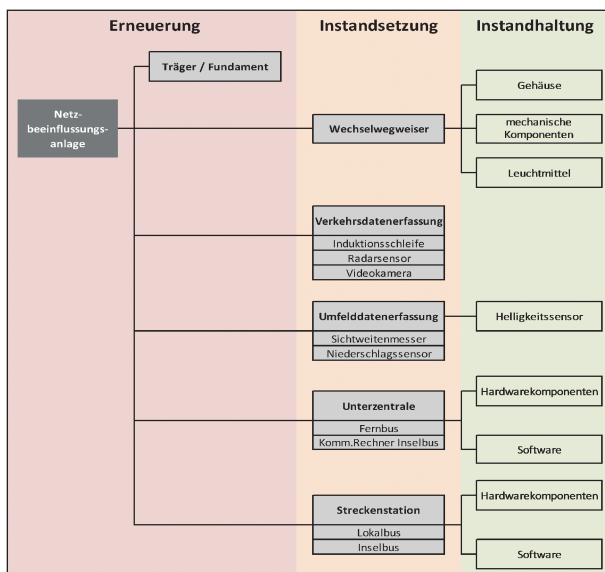


Bild 34: Zuordnung der (Teil-)Aggregate einer Netzbeeinflussungsanlage zu den Maßnahmenarten der Erhaltung (— Aggregate)

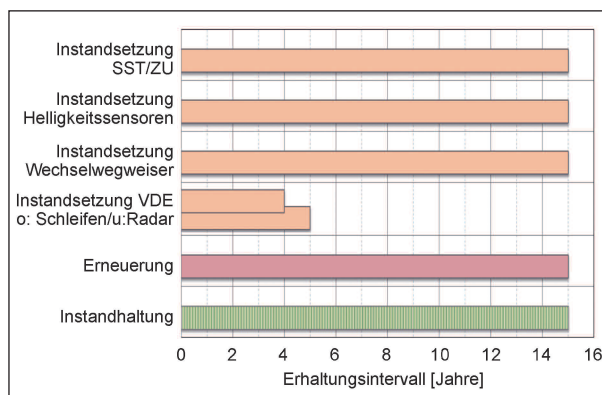


Bild 35: Erhaltungintervalle unterschiedlicher Maßnahmen an Netzbeeinflussungsanlagen (SST: Streckenstation; UZ: Unterzentrale)

Knotenpunktbeeinflussungsanlagen (KBA), Dynamisches Fahrstreifenmanagement (DFM)

Eine Knotenpunktbeeinflussungsanlage teilt dem Verkehr Fahrstreifen in variabler Weise zu, um veränderten Verkehrsströmen entsprechende Querschnitte zur Verfügung zu stellen. Dieses dynamische Fahrstreifenmanagement wird im Bereich von Knotenpunkten oder beispielsweise auch vor Tunnelbauwerken eingesetzt. Zusätzliche Anwendungsfälle können dann auch Räumungen von Fahrstreifen für Wanderbaustellen oder infolge von Unfällen sein.

Ein dynamisches Fahrstreifenmanagement kann aber auch im Zuge einer Zuflussregelung an Anschlussstellen installiert werden, wenn beispielsweise auf einer Bundesautobahn ein Fahrstreifen eines dreistreifigen Fahrbahnquerschnitts zugunsten eines zweiten Fahrstreifens einer Auffahrrampe gesperrt werden kann.

Wie bei Netzbeeinflussungsanlagen werden beim Dynamischen Fahrstreifenmanagement Wechselwegweiser bzw. im Bereich von Knotenpunkten in jüngster Zeit verstärkt dynamische Wegweiser mit integrierten Stauinformationen (dWiSta) verwendet. Ein entscheidender Unterschied zu den übrigen Verkehrsbeeinflussungsanlagen liegt in der Überwachungsintensität des Verkehrsflusses. Durch den Wechsel der Fahrstreifenzuordnung, insbesondere aber, wenn für einzelne Fahrstreifen eine Freigabe nach Sperrung gegeben wird, entstehen Verkehrssituationen, die eine erhöhte Aufmerksamkeit der Überwachung und der Verkehrsteilnehmer erfordern. Die Verkehrsrechenzentrale wird bei allen automatisierten Anlagen sowohl durch entsprechende Sensoren in der Fahrbahn bzw. Radarsensoren als auch über Videokameras mit den notwendigen Informationen über den Verkehr versorgt ([78]). Allerdings existieren auch nicht vollautomatisierte Anlagen, die durch den Verkehrsleiter oder die Polizei rein über Kameraanlagen gesteuert werden.

Die Zuweisung der Fahrstreifen erfolgt in allen Fällen nach entsprechender Absicherung und ggf. Straßenräumung manuell über Matrixanzeigen und Wechselwegweiser (Prismenwender oder LED) an Verkehrszeichenbrücken. Dabei kommen in einigen Fällen zur Sperrung von Fahrstreifen zusätzlich zu den Wechselverkehrszeichen ferngesteuerte Schranken zum Einsatz.

Während des Passierens durch die Verkehrsbeeinflussungsanlage mit einem dynamischen Fahrstreifen-

Anlagenteil	Erneuerungskosten	
Verkehrszeichenbrücken		
2-spurig	45.000 €	
3-spurig	60.000 €	
4-spurig	65.000 €	
5-spurige	75.000 €	
4+4-spurig	140.000 €	
Kragarm		
2-spurig	15.000 €	
3-spurig	17.000 €	
Fundamente (1 oder 2)	20.000 €	
Schranke incl. Fundament	25.000 €	
Wechselwegweiser WWW		
mit mechanischer Anzeige		
Fläche 7,5 m ² < A ≤ 15 m ²	25.000 €	
Fläche 15 m ² < A ≤ 25 m ²	70.000 €	
Fläche 25 m ² > A	90.000 €	
mit lichtemittierender Anzeige (dWiSta)		
Fläche 15 m ² < A ≤ 25 m ²	100.000 €	
Fläche > 25 m ²	150.000 €	
Wechselverkehrszeichen WVZ		
mit mechanischer Anzeige		
9.200 €		
mit lichtemittierender Anzeige		
Typ A	4.500 €	
Typ B + C	6.300 €	
Verkehrsdatenerfassung		
durch Induktionsschleifen	750 €	
durch Radarsensoren	1.500 €	
Umfelddatenerfassung		
Helligkeitssensoren	280 €	
Streckenstation	2-spuriger Querschnitt	3-spuriger Querschnitt
2+0 Verkehrserfassung	10.000 €	15.000 €
8+1 Verkehrserfassung	15.000 €	20.000 €
Unterzentrale	12.000 €	

Tab. 158: Struktur des sonstigen Anlagenteils Knotenpunktbeeinflussungsanlage inklusive geschätzter Kostensätze für die Erneuerung

fenmanagement muss jeder Fahrer ständig die Information über die Fahrstreifenzuordnung sowie über die aktuell geltende Geschwindigkeitsbegrenzung erhalten können, was einen permanenten Sichtkontakt zu den Wechselverkehrszeichen voraussetzt. Hierzu sind Abstände der Verkehrszeichenbrücken von 200 bis 400 m einzuhalten.

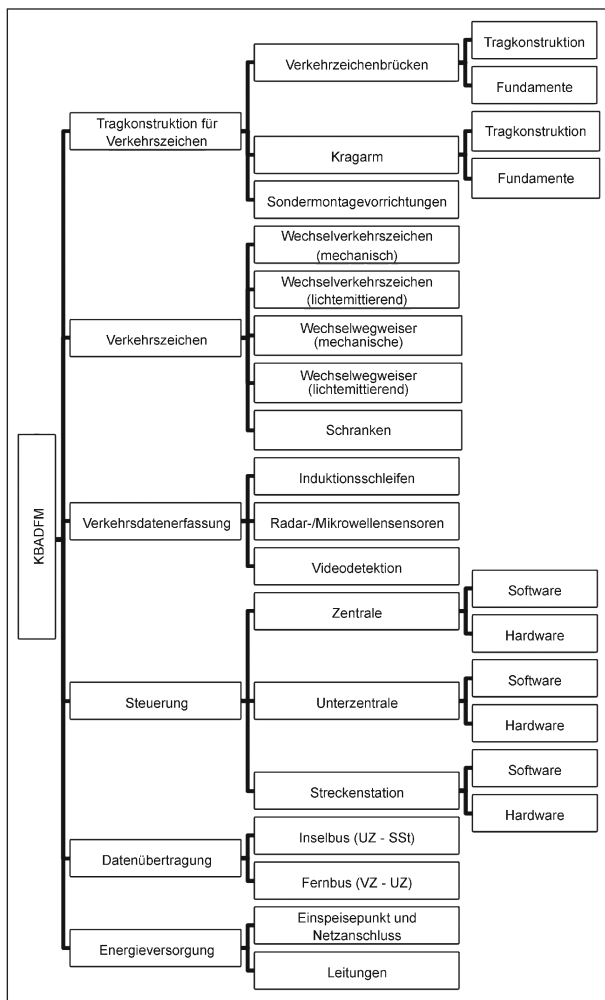


Bild 36: Darstellung der Teilelemente einer Knotenpunktbeeinflussungsanlage bzw. eines Dynamischen Fahrstreifenmanagements

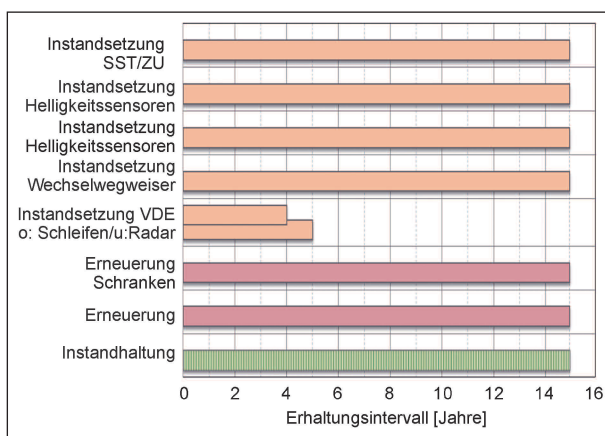


Bild 37: Erhaltungsintervalle unterschiedlicher Maßnahmen an Knotenpunktbeeinflussungsanlagen (SST: Streckenstation; UZ: Unterzentrale)

Wie bei Netzbeeinflussungsanlagen existieren auch Knotenpunktbeeinflussungsanlagen ohne eine Geschwindigkeitsregelung. Für ein dynamisches Fahrstreifenmanagement ist zukünftig je-

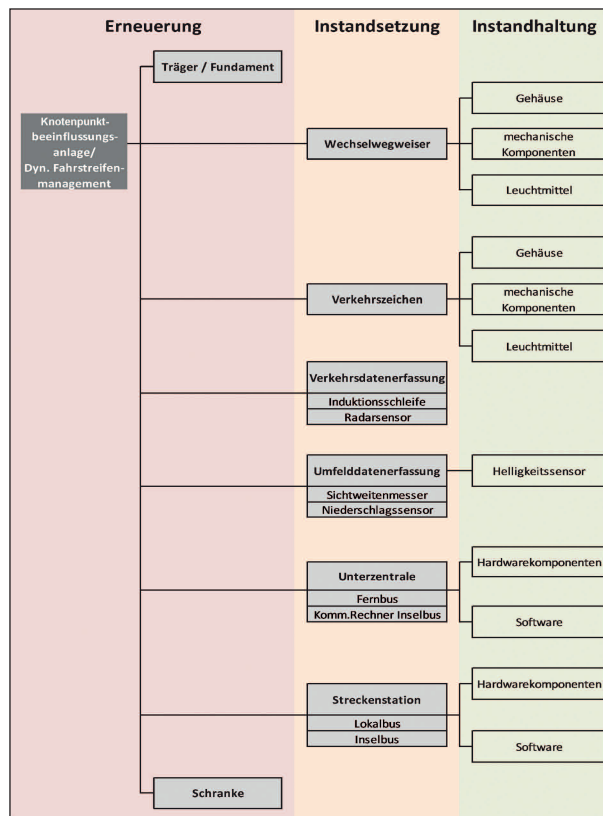


Bild 38: Zuordnung der (Teil-)Aggregate einer Knotenpunktbeeinflussungsanlage zu den Maßnahmenteilen der Erhaltung (□ – Aggregate)

doch eine Installation entsprechender Wechselverkehrszeichen fest eingeplant. In der in Bild 36 dargestellten Aufschlüsselung der möglichen Teilelemente solcher Verkehrsbeeinflussungsanlagen ist die Geschwindigkeitsanzeige zusammen mit der Anzeige der Fahrstreifenfreigabe, -räumung und -sperrung unter den Wechselverkehrszeichen subsummiert.

Die Zusammenstellung der Erhaltungsintervalle in entspricht weitgehend den bereits bei den anderen Verkehrsbeeinflussungsanlagen angeführten Angaben.

Zuflussregelung an Anschlussstellen (ZFR)

Unter Zuflussregelungsanlagen wird eine Anlage verstanden, die den Verkehr einer Zufahrtsrampe über eine Lichtsignalanlage auf den Verkehr der Bundesautobahn abgestimmt zufließen lässt.

Zur Zuflussregelungsanlage gehört ein Verkehrszeichen (VZ 127), das auf die Lichtsignalanlage hinweist und zusätzlich mit einer blinkenden Warnleuchte ausgestattet ist. Entsprechend dem Verwendungszweck der Zuflussregelung als Einzelan-

lage oder über kleinere und größere Streckenabschnitte hinweg, wird empfohlen, diese Schilder als dauerhafte Verkehrszeichen, Wechselverkehrszeichen mit Prismenwendern oder LED-Technik auszulegen.

In der Fahrbahn der Zufahrtsrampe wie auch der Hauptfahrbahn oberhalb und zusätzlich unterhalb der Anschlussstelle werden Detektoren eingebaut oder Sensoren installiert, die den Verkehr in Menge und Geschwindigkeit erfassen und damit die Grundlage zur Berechnung der Zeitlücken für einen freien Zufluss liefern. Die Lichtsignalanlage selbst ist mindestens einfach je Fahrstreifen vorzusehen und mit einer gelben Kontrastblende und einem Zusatzschild „Ein Fahrzeug bei Grün“ auszustatten.

Bild 39 zeigt die mögliche Ausstattung einer Zuflussregelung an Anschlussstellen. Da sich ein solches Anlagenteil aus eigenständigen sonstigen Anlagenteilen zusammensetzt, wurde auf einige Einzelelemente bereits eingegangen, die übrigen werden im

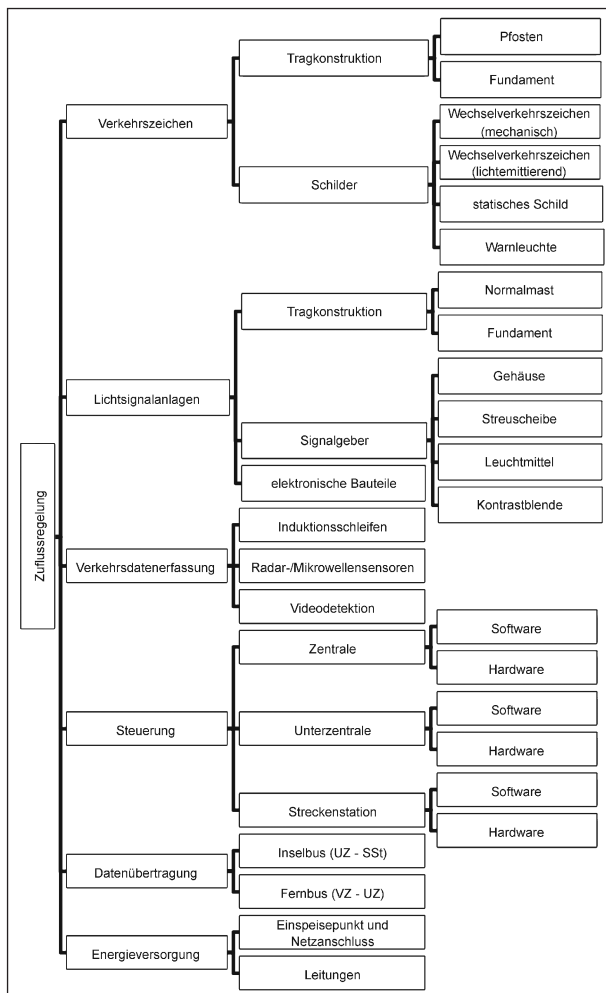


Bild 39: Darstellung der Teilelemente einer Zuflussregelungsanlage

Weiteren noch behandelt. Somit müssen sie an dieser Stelle nicht noch einmal näher erläutert werden. Auf die Zuordnung der Aggregate bzw. Teilaggregate zu den Erhaltungsintervallen wird in Bild 40 eingegangen. Wie daraus ersichtlich wird, zerfällt das sonstige Anlagenteil in zwei Aggregate mit gesonderten Teilaggregaten. Die Erneuerungsmaßnahmen beginnen beim Schaden eines Aggregats, womit die Terminologie der Erhaltungsmaßnahmen der in der Zuflussregelung implementierten eigenständigen sonstigen Anlagenteile gewahrt bleibt. Erneuerungsmaßnahmen müssen hier folglich nicht das gesamte sonstige Anlagenteil der Zuflussregelung betreffen. Dies ist konsistent zur Definition der Erneuerungsmaßnahmen an Straßenbefestigungen, die bereits beim Ausfall von Teilen des Aufbaus, die mehr als nur die Deckschicht umfassen, beginnt.

Auf die Darstellung der Erhaltungsintervalle wird an dieser Stelle verzichtet, da sich das sonstige Anlagenteil aus bekannten und an anderer Stelle des Berichts wiedergegebenen Anlagenteilen zusammensetzt.

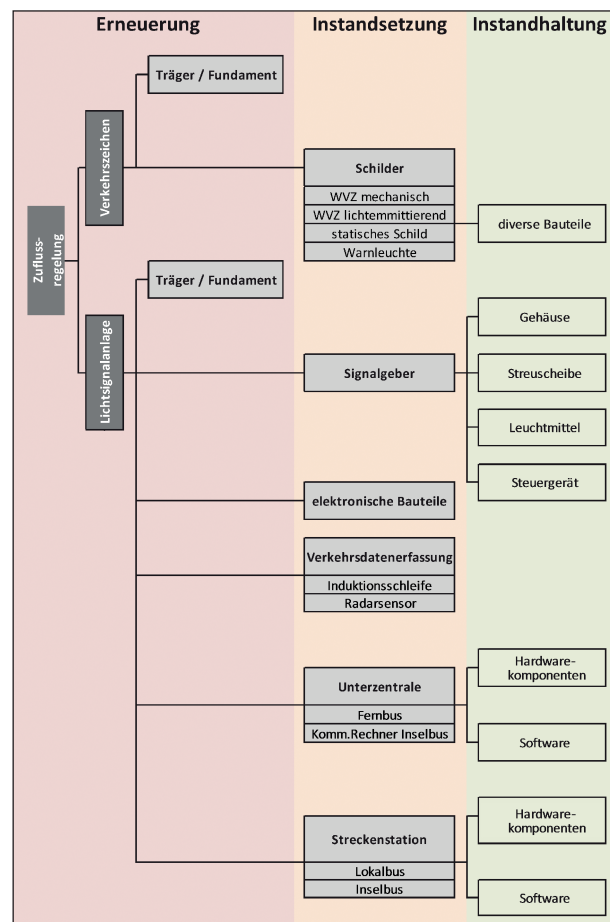


Bild 40: Zuordnung der (Teil-)Aggregate einer Zuflussbeeinflussungsanlage zu den Maßnahmentearten der Erhaltung (■ – Aggregate)

Die Struktur des sonstigen Anlagenteils Zuflussregelung in seinen wesentlichen Elementen und deren Kosten zeigt Tabelle 159. Hinsichtlich der Streckenstationen und der Unterzentralen sind die Kostenansätze als grobe Schätzungen anzusehen.

Aufgrund der vielfältigen Aggregate dieser Anlage stellt Tabelle 160 diese in ihrer üblicherweise eingesetzten Anzahl zusammen.

Anlagenteil	Erneuerungskosten
Verkehrszeichen	
stat. Verkehrszeichen kompl.	500 €
Warnleuchte	300 €
Wechselverkehrszeichen WVZ	
mit mechanischer Anzeige	9.200 €
mit lichtemittierender Anzeige	6.300 €
Lichtsignalanlage	
Signalgeber m. Kontrastblende	600 €
Mast m. Fundament	1.500 €
Verkehrsdatenerfassung	
durch Induktionsschleifen	750 €
durch Radarsensoren	1.500 €
Umfelddatenerfassung	
Helligkeitssensoren	280 €
Streckenstation	
2+0 Verkehrserfassung	10.000 €
8+1 Verkehrserfassung	15.000 €
Unterzentrale	12.000 €

Tab. 159: Struktur des sonstigen Anlagenteils Knotenpunktbeeinflussungsanlage inklusive geschätzter Kostenansätze für die Erneuerung

Anlagenteil	Aggregatanzahl
Verkehrszeichen	Anzahl FS
Lichtsignalanlagen	Anzahl FS
Verkehrsdatenerfassung	
Hauptfahrbahn	2 x Anzahl FS
Zufahrtsrampe	Anzahl FS
Helligkeitssensor	bei Bedarf
Streckenstation	1

Tab. 160: Anzahl der üblicherweise verwendeten Aggregate innerhalb einer Zuflussregelung an einer Anschlussstelle

Zuflussregelungen können Bestandteil einer anderen Verkehrsbeeinflussungsanlage sein. In diesem Fall ergeben sich Synergien, weil einzelne Aggregate oder Teilaggregate wie beispielsweise die Verkehrsdatenerfassung bereits vorhanden sein können.

Temporäre Seitenstreifenfreigaben (TSF)

Eine temporäre Seitenstreifenfreigabe kann Teil einer Streckenbeeinflussungsanlage sein, kann jedoch auch eigenständig vorgesehen werden. Die Art der Ausführung hat unterschiedliche Aggregate des sonstigen Anlagenteils zur Folge, weshalb die temporäre Seitenstreifenfreigabe hier getrennt als autarkes Anlagenteil, das als Zusatzaggregat einer Streckenbeeinflussungsanlage hinzugefügt werden kann, behandelt wird. und zeigen die beiden Ausführungsformen der temporären Seitenstreifenfreigaben in ihren Teilelementen (Bild 41).

Grundsätzlich ist eine temporäre Seitenstreifenfreigabe mit den Verkehrszeichen Z 223.1 mit dem Text „Seitenstreifen befahren“, Z 223.2 „Seitenstreifen nicht mehr befahren“ und Z 223.3 „Seitenstreifen räumen“ sowie zusätzlich mit einer Höchstgeschwindigkeit beidseitig zu beschildern. Hierfür werden Wechselverkehrszeichen mit mechanischer oder mit lichtemittierender Anzeige verwendet, die

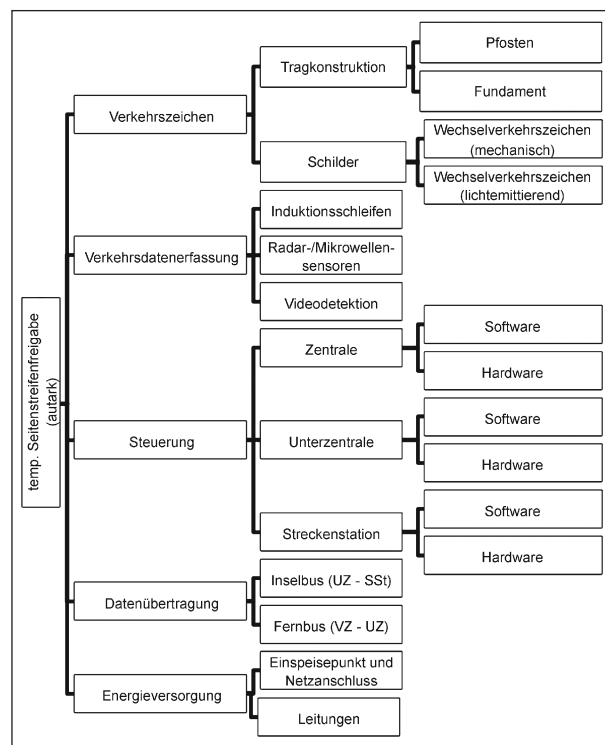


Bild 41: Darstellung der Teilelemente einer autarken temporären Seitenstreifenanlage

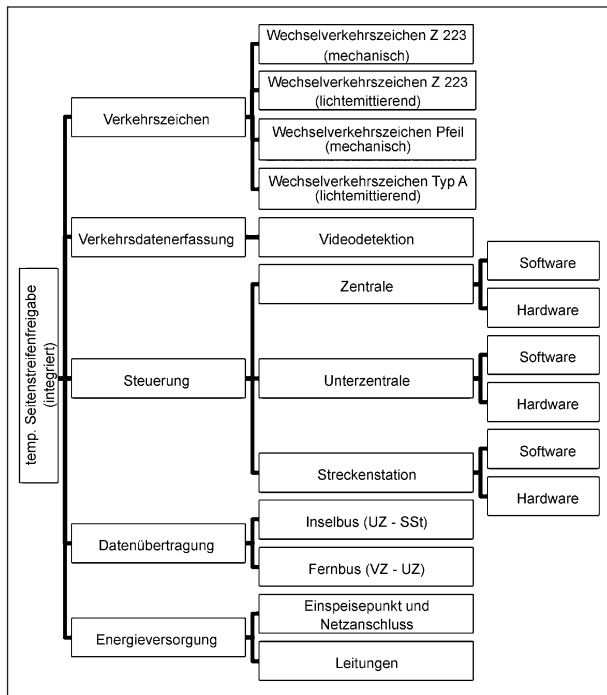


Bild 42: Darstellung der Teilelemente einer integrierten temporären Seitenstreifenanlage

innerhalb einer Streckenbeeinflussungsanlage an die vorhandenen Verkehrszeichenbrücken angebracht und bei autarken Anlagen mit eigenen Trägerkonstruktionen in variablen Abständen, die jedoch jeweils die vorhandene Sichtweite nicht überschreiten sollen, aufgestellt. Die Verkehrszeichenbrücken der Streckenbeeinflussungsanlage werden zusätzlich mit weiteren Wechselverkehrszeichen ausgestattet:

- bei Anlagen mit lichtemittierender Anzeige: vertikaler Grünpfeil und rotes Kreuz (WVZ Typ A) für die Freigabe bzw. Sperrung des zusätzlichen Fahrstreifens und
- bei Anlagen mit mechanischer Anzeige: ein- und ausklappbarer vertikaler Zusatzpfeil und Nummer der Bundesautobahn.

Da die Seitenstreifenfreigabe nur dann erfolgt, wenn eine Verkehrsbelastung oberhalb eines festgelegten Grenzwerts vorliegt, ist einer Erfassung der Verkehrsdaten durch Doppelschleifen oder durch Radarsensoren obligatorisch, ist jedoch bei einer Integration in eine Streckenbeeinflussungsanlage bereits vorhanden (Bild 42).

Die ebenfalls grundsätzlich erforderliche Videoüberwachung wird in Abständen von rund 500 m an eigenen Masten oder an vorhandenen Verkehrszeichenbrücken angebracht. Die Videoüberwachung

Anlagenteil	Erneuerungskosten	
Tragkonstruktion		
Gabel-/Rohrständer	3.500 €	
Fundament	4.000 €	
Wechselwegweiser WWW		
mit mechanischer Anzeige		
Fläche 7,5 m ² < A ≤ 15 m ²	25.000 €	
mit lichtemittierender Anzeige		
Fläche < 15 m ²	70.000 €	
Verkehrsdatenerfassung		
durch Induktionsschleifen	750 €	
durch Radarsensoren	1.500 €	
Videoanlage m. Mast, Fund.	14.000 €	
Umfelddatenerfassung		
Helligkeitssensoren	280 €	
Streckenstation	2-spuriger Querschnitt	3-spuriger Querschnitt
2+0 Verkehrserfassung	10.000 €	15.000 €
8+1 Verkehrserfassung	15.000 €	20.000 €
Unterzentrale	12.000 €	

Tab. 161: Struktur des sonstigen Anlagenteils temporäre Seitenstreifenfreigabe (autark) inklusive geschätzter Kostenansätze für die Erneuerung

liefert ihre Bilder an die Verkehrsrechnenzentrale, wo sie – teilweise durch ein vorgeschaltetes automatisiertes Kontrollsystem erleichtert – durch Mitarbeiter ausgewertet werden. Sobald es zu einer gefährlichen Störung des Verkehrs kommt, wird dann die temporäre Seitenstreifenfreigabe beendet.

Die Aufschlüsselung der erforderlichen Aggregate und ihrer groben Kostensätze geben Tabelle 161 für die autarke und Tabelle 162 für die integrierte Version der temporären Fahrstreifenfreigabe wieder. Dabei ist zu beachten, dass zusätzlich zu den angegebenen Positionen bei der integrierten Anlage eine Verbreiterung der vorhandenen Verkehrszeichentafel an der Verkehrszeichenbrücke inklusive eines Wechselverkehrszeichens für die Spurzuweisung (Pfeil) sowie der Nummer der Bundesautobahn erforderlich ist.

Die Zuordnung der Aggregate einer temporären Seitenstreifenfreigabe erscheint an dieser Stelle überflüssig, da es sich um eine Zusammensetzung eigenständiger Aggregate handelt, die ihrerseits schon aufgeschlüsselt wurden. Dies gilt in gleicher Weise für die Festlegung der Erhaltungsintervalle.

Anlagenteil	Erneuerungskosten	
Wechselwegweiser WWW		
mit mechanischer Anzeige		
Fläche 7,5 m ² < A ≤ 15 m ² *	5.000 €	
mit lichtemittierender Anzeige		
Fläche < 15 m ²	70.000 €	
Typ A	4.500 €	
Verkehrsdatenerfassung		
durch Induktionsschleifen	750 €	
durch Radarsensoren	1.500 €	
Videoanlage an VZB	12.000 €	
Umfelddatenerfassung		
Helligkeitssensoren	280 €	
Streckenstation	2-spuriger Querschnitt	3-spuriger Querschnitt
2+0 Verkehrserfassung	10.000 €	15.000 €
8+1 Verkehrserfassung	15.000 €	20.000 €
Unterzentrale	12.000 €	
* zusätzlich ist eine Vergrößerung der an der VZB angebrachten Tafel um einen Fahrstreifen		

Tab. 162: Struktur des sonstigen Anlagenteils temporäre Seitenstreifenfreigabe (integriert) inklusive geschätzter Kostenansätze für die Erneuerung

Glättemeldeanlagen (GMA)

Für Glättemeldeanlagen gibt es eine Vielzahl von Ausstattungselementen (Bild 43), die entsprechend den örtlichen Bedingungen gewählt werden können. Es existiert jedoch eine Standardausstattung dieses Anlagenteils, das die folgenden Sensoren umfasst:

- Temperaturfühler für die Fahrbahnoberflächen- und die Lufttemperatur,
- Niederschlagssensor,
- relative Feuchtemesser.

Zusätzliche Sensoren können die Temperatur in verschiedenen Tiefen, die Restsalzmenge, Windgeschwindigkeiten, den Luftdruck, die Sichtweite, die Strahlungsintensität u. a. m. erfassen.

Die Datenübertragung von der Glättemeldeanlage zur Datenerfassung kann sowohl über Funk als auch über Internet oder Handy erfolgen.

Die in Tabelle 163 zusammengestellten Kostendaten basieren auf Herstellerangaben und in [74]

Anlagenteil	Erneuerungskosten
Standard-GMA	16.000 €
Fundament	6.000 €
Hard-/Software	2.000 €
Energieversorgung Solar	2.000 €
Luftdrucksensor	600 €
Windgeber	1.300 €
Tiefentempersensor	400 €

Tab. 163: Struktur des sonstigen Anlagenteils Glättemeldeanlage inklusive geschätzter Kostenansätze für die Erneuerung

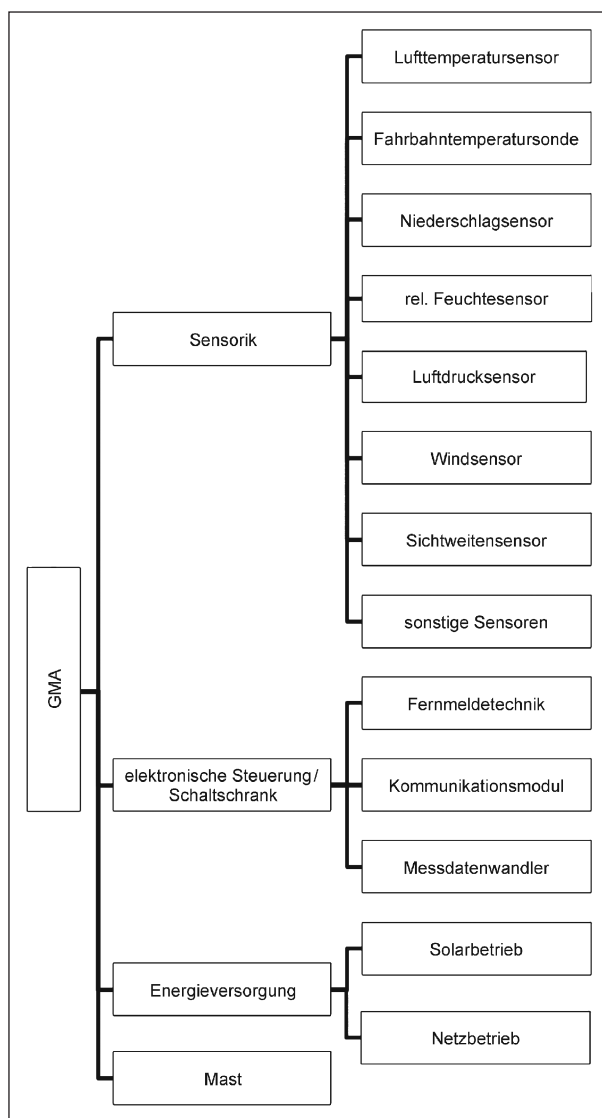


Bild 43: Darstellung der Teilelemente einer Glättemeldeanlage (GMA)

dokumentierten Zahlenwerten. In Übereinstimmung mit der Klassifizierung bei den verschiedenen Verkehrsbeeinflussungsanlagen werden die an den Mast angebauten Elemente wieder selbst als

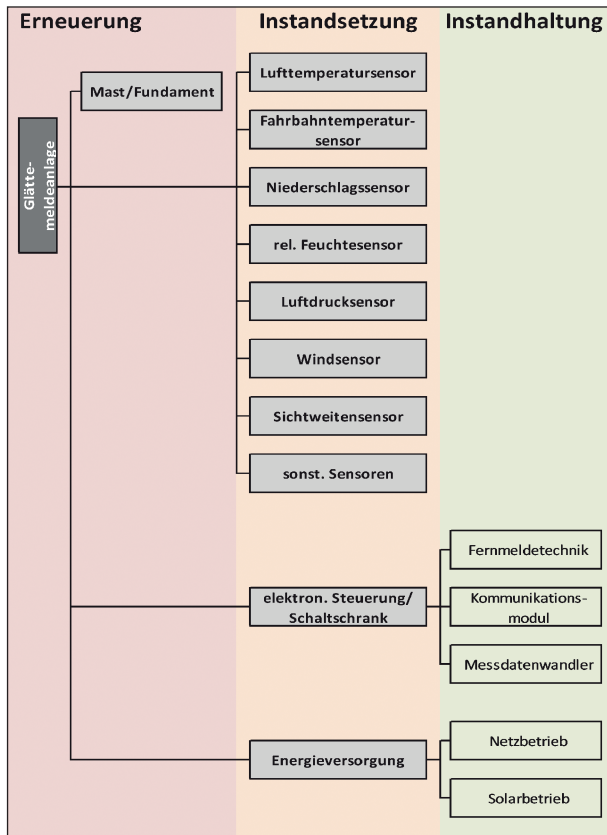


Bild 44: Zuordnung der (Teil-)Aggregate einer Glättemeldeanlage (GMA) zu den Maßnahmentearten der Erhaltung (□ – Aggregate)

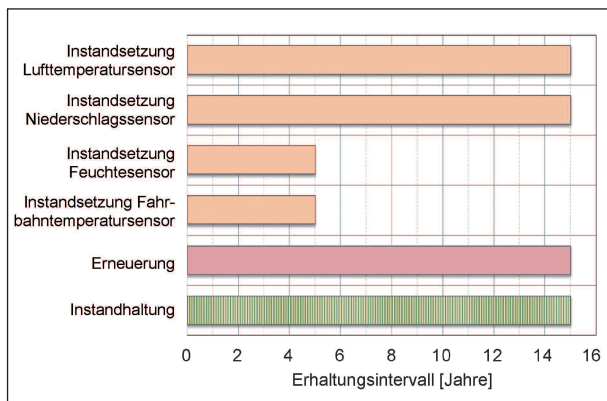


Bild 45: Erhaltungsintervalle unterschiedlicher Maßnahmen an Glättemeldeanlagen

Aggregate definiert, deren Ausfall und Ersatz als Instandsetzungsmaßnahme bzw. für den Mast als Erneuerung der Anlage definiert werden. Dieses Vorgehen begründet sich in der Annahme, dass der Mast die höchste Nutzungsdauer aufweist und dass bei seinem Ausfall häufig auch die angebauten Aggregate in Mitleidenschaft gezogen werden.

Die Erhaltungsintervalle an den Glättemeldeanlagen orientieren sich an den tatsächlichen Nutzungsdauern aus der Befragung von Verantwortlichen.

Taumittelsprühanlagen (TMS)

Taumittelsprühanlagen sind noch vergleichsweise selten eingesetzte Einrichtungen, die ihren Nutzen in der Vermeidung von Unfällen erbringen. Solche Anlagen werden dementsprechend auf glätteempfindlichen Steigungsstrecken und auf Brücken eingesetzt.

Aufgrund von Signalen der Glättemeldeanlagen oder manuell ausgelöst, versprühen Taumittelsprühanlagen über eine Vielzahl von an den Fahrbahnrändern in die Fahrbahn eingelassene Düsen Taumittel. Hierfür befördert eine Pumpe das Taumittel aus Lagertanks, wobei der Füllstand im Tank und der Druck in den Leitungen ständig sensorisch überwacht werden.

Für Taumittelsprühanlagen war der Rücklauf auf die Befragung denkbar gering, sodass für die Aggregate dieses Anlageteils keine detaillierten Kostendaten und Nutzungsdauern vorliegen. In [83] werden jedoch die Investitions- und Betriebskosten von allen im Jahr 2005 existenten Taumittelsprühanlagen näher beziffert.

Dabei wurden die Investitionskosten der 16 Anlagen jeweils aus dem Jahr der Installation durch Askontierung der Beträge auf das Jahr 2004 übertragen und somit relativ bewertbar zur Verfügung gestellt. Die in Tabelle 164 dargestellten Beträge wurden gegenüber den in [83] veröffentlichten Zahlen erneut mit jährlich 3 % auf 2013 aufgezinst. Es fällt auf, dass die Spannweite der Kosten sehr groß ist; sie reicht bei den Investitionen von rund 550.000 € bis 4,3 Mio. €. Dabei besteht augenscheinlich kein Zusammenhang zwischen der damit ausgewiesenen Größe der Anlage und den einzelnen Betriebskostenanteilen und auch nicht zur Örtlichkeit der Anlage an einer Steigungsstrecke oder auf einer Brücke. Es wurden deshalb zusätzlich die Längen der Strecken, auf denen die Taumittelsprühanlagen installiert wurden, ermittelt und die Investitionskosten auf einen Meter bezogen. Die Ergebnisse dieser Berechnung in zeigen zunächst, dass die Schwankungsbreite weiterhin erheblich ist, eine Auftragung über der Örtlichkeit (Bild 46) offenbart aber, dass die Installation auf Brücken deutlich höhere Investitionskosten benötigt: Während für Anlagen auf freier Strecke zwischen rund 500 €/m aufzubringen sind, bewegen sich die Kosten auf Brückenbauwerken in den meisten Fällen zwischen 2.000 und 6.000 €/m, in Einzelfällen auch deutlich über 10.000 €/m.

TMS	BAB/B	Investitions- kosten [1.000 €]	Wartungs- kosten [€/a]	Taumittel- kosten [€/a]	Energie- kosten [€/a]	Σ Betriebs- kosten [€/a]	Länge [m]
Sauerlandanstieg	A 45	3.255,93	13.047,73	13.047,73	1.304,77	27.400,24	6.050
Do-Ems-Kanal, Münster	A 1	894,49	3.261,96	782,86	652,39	4.697,18	82
Do-Ems-Kanal, Ladbergen	A 1	1.442,43	3.914,32	521,91	652,39	5.088,62	100
Do-Ems-Kanal, Rheine	A 30	732,37	3.914,32	521,91	652,39	5.088,62	130
Teutoburger Wald	A 2	4.342,94	23.485,92	6.523,87	1.304,77	31.314,56	3.808
Kalteiche	A 45	2.937,70	7.828,64	5.219,09	652,39	13.700,12	2.520
Wiehltal	A 4	2.015,87	13.047,73	3.914,32	1.304,77	18.266,82	800
Prientalbrücke	A 8	572,40	10.438,19	4.175,27	1.304,77	15.918,23	200
Haseltalbrücke	A 3	1.447,12	10.829,62	9.524,84	652,39	21.006,85	660
Drackensteiner Hang	A 8	1.650,93	11.090,57	13.700,12	1.304,77	26.095,46	1.660
Neckartalbrücke	A 81	1.425,73	13.047,73	12.525,82	652,39	26.225,94	980
Oder-Havel-Kanal-Brücke	A 11	550,86	2.479,07	6.028,05	652,39	6.159,51	100
Hangbrücke Schellenberg	B 2	650,04	9.785,80	5.219,09	652,39	15.657,28	290
Haselholmer Talbrücke	B 76	749,98	9.785,80	1.826,68	652,39	12.264,87	375
Brücke über die Bahn	B 10	1.201,17	1.304,77	3.392,14	652,39	5.349,57	225
Elbebrücke Roßlau	B 184	559,88	10.438,19	652,39	652,39	11.742,96	270

Tab. 164: Taumittelsprühanlagen auf Bundesfernstraßen und ihre Kostenanteile (askontiert auf das Jahr 2013)

TMS	BAB/B	Investitions- kosten [€/m]	Wartungs- kosten [€/m·a]	Taumittel- kosten [€/m·a]	Energie- kosten [€/m·a]	Σ Betriebs- kosten [€/m·a]	Brücke/ Strecke [m]
Sauerlandanstieg	A 45	538	2,16	2,16	0,22	4,53	Strecke
Do-Ems-Kanal, Münster	A 1	10.908	39,78	9,55	7,96	57,28	Brücke
Do-Ems-Kanal, Ladbergen	A 1	14.424	39,14	5,22	6,52	50,89	Brücke
Do-Ems-Kanal, Rheine	A 30	5.634	30,11	4,01	5,02	39,14	Brücke
Teutoburger Wald	A 2	1.140	6,17	1,71	0,34	8,22	Strecke
Kalteiche	A 45	1.166	3,11	2,07	0,26	5,44	Strecke
Wiehltal	A 4	2.520	16,31	4,89	1,63	22,83	Brücke
Prientalbrücke	A 8	2.862	52,19	20,88	6,52	79,59	Brücke
Haseltalbrücke	A 3	2.193	16,41	14,43	0,99	31,83	Brücke
Drackensteiner Hang	A 8	995	6,68	8,25	0,79	15,72	Strecke
Neckartalbrücke	A 81	1.455	13,31	12,78	0,67	26,76	Brücke
Oder-Havel-Kanal-Brücke	A 11	5.509	24,79	60,28	6,52	91,60	Brücke
Hangbrücke Schellenberg	B 2	2.242	33,74	18,00	2,25	53,99	Brücke
Haselholmer Talbrücke	B 76	2.000	26,10	4,87	1,74	32,71	Brücke
Brücke über die Bahn	B 10	5.339	5,80	15,08	2,90	23,78	Brücke
Elbebrücke Roßlau	B 184	2.074	38,66	2,42	2,42	43,49	Brücke

Tab. 165: Kosten der Taumittelsprühanlagen bezogen auf deren Länge und Örtlichkeit (askontiert auf das Jahr 2013)

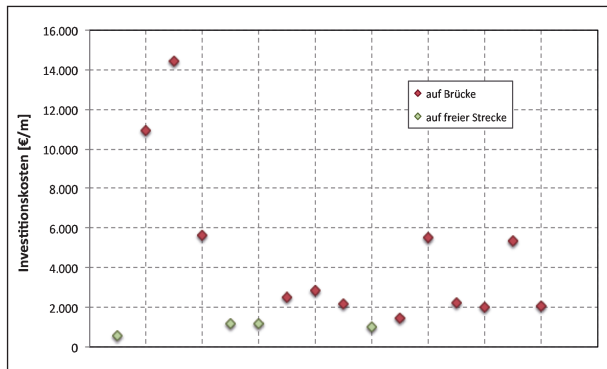


Bild 46: Investitionskosten [€/m] von Taumittelanlagen in Abhängigkeit von der Örtlichkeit

Kostenart	TMS auf	
	Brücken	freier Strecke
Investitionskosten	3,5 Mio. €	1,0 Mio. €
Betriebskosten	45 €/m·a	8,5 €/m·a
Nutzungsdauer	20 Jahre	

Tab. 166: Vorschlag zur Nutzungsdauer und Unterteilung von Taumittelsprühanlagen mit zugeordneten Kostenansätzen

Dieser Zusammenhang ergibt sich zwar nicht genauso für die Taumittelkosten – was durchaus erwartungskonform ist – jedoch wiederum besser auch für die Wartungs- und Energiekosten. Aus diesen Erkenntnissen leitet sich die Empfehlung der Unterteilung von Taumittelsprühanlagen für ein Asset-Management und der zugeordneten Kosten ab (Tabelle 166).

Aus der bisherigen Nutzung der Taumittelsprühanlagen kann eine voraussichtliche Nutzungsdauer dieses sonstigen Anlagenteils abgeschätzt werden. Die Autoren des Berichts schätzen diese mit mindestens 15 Jahren ab, jedoch befanden sich bereits zum Zeitpunkt der Veröffentlichung mehrere dieser Anlagen mehr als 20 Jahre im Einsatz. Die älteste Taumittelsprühanlage stammt sogar aus dem Jahr 1984, sie ist jedoch zur Berichtslegung bereits deutlich veraltet und kann nur mit erheblichen Aufwendungen in Betrieb gehalten werden. Noch während der damaligen Untersuchungen wurde die Anlage schließlich stillgelegt. Es erscheint somit realitätsnah, die Nutzungsdauer des sonstigen Anlagenteils Taumittelsprühanlage auf 20 Jahre festzulegen.

Die Zuordnung der Anlagenaggregate zu den Maßnahmearten der Erhaltung ist in Bild 48 dargestellt. Eine grafische Wiedergabe der Erhaltensintervalle erübrigt sich, da keine aggregatspezifischen Nutzungsdauern vorliegen.

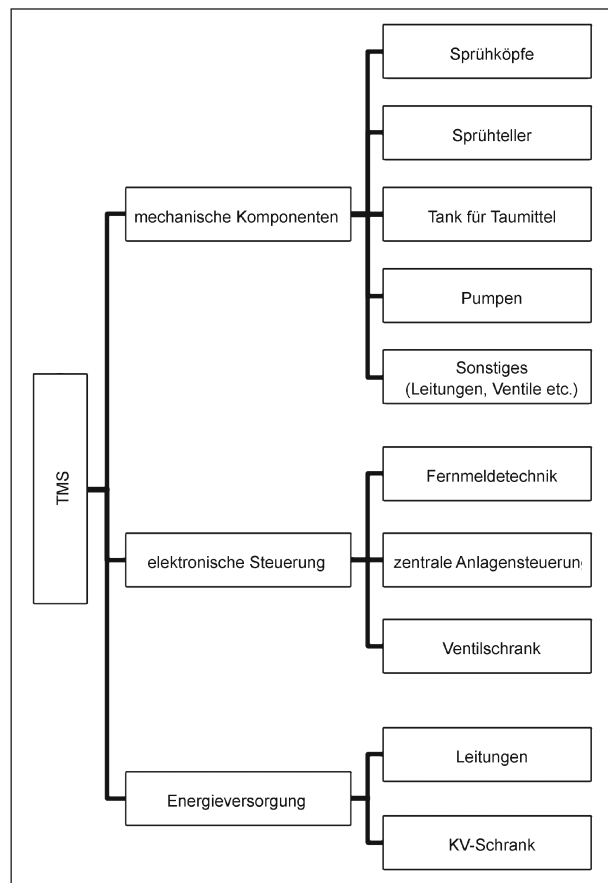


Bild 47: Darstellung der Teilelemente einer Taumittelsprühanlage (TMS)

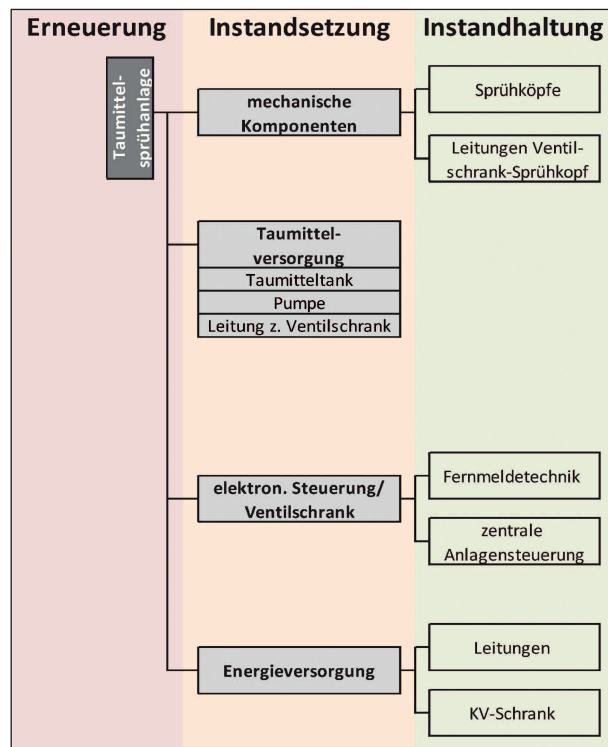


Bild 48: Zuordnung der (Teil-)Aggregate einer Taumittelsprühanlage zu den Maßnahmearten der Erhaltung (□ – Aggregate)

6.1.7 Schutzeinrichtung

Schutzeinrichtungen existieren in sehr unterschiedlichen Ausführungsformen, die jedoch anhand der bereits vorgestellten Systeme gut klassifiziert werden können. Die Verbreitung der einzelnen Systeme hängt dabei neben den örtlichen Bedingungen wesentlich davon ab, ob der Einsatz auf Bundesautobahnen oder Bundesstraßen betrachtet wird. Allein die sehr kostenintensiven Stahlschutzsysteme, die unter dem Begriff Eco Rail zusammengefasst werden, sowie die Doppelte Schutzplanke, die zukünftig nicht mehr eingebaut werden soll, finden aktuell selten Anwendung. Auf letztgenannte Schutzeinrichtung wird deshalb im Weiteren nicht mehr eingegangen.

Bild 49 zeigt die grundsätzliche Untergliederung von Schutzeinrichtungen in ihre Teilelemente. Die Befragung zu den Schutzeinrichtungen hatte einige Kostendaten zu den unterschiedlichen Ausführungsformen ergeben. Bei einem Vergleich mit Daten aus [74] konnten teils deutliche (ESP), teils geringe Unterschiede (EDSP) festgestellt werden. Die in Tabelle 167 angegebenen Werte sind als Schätzwerte aus einer Angleichung der beiden Quellen zu verstehen.

Die Nutzungsdauern der Schutzeinrichtungen sind generell als sehr hoch anzusehen, da sie im Normalfall – und dieser ist für ein Management zu unterstellen – nur den Belastungen aus der

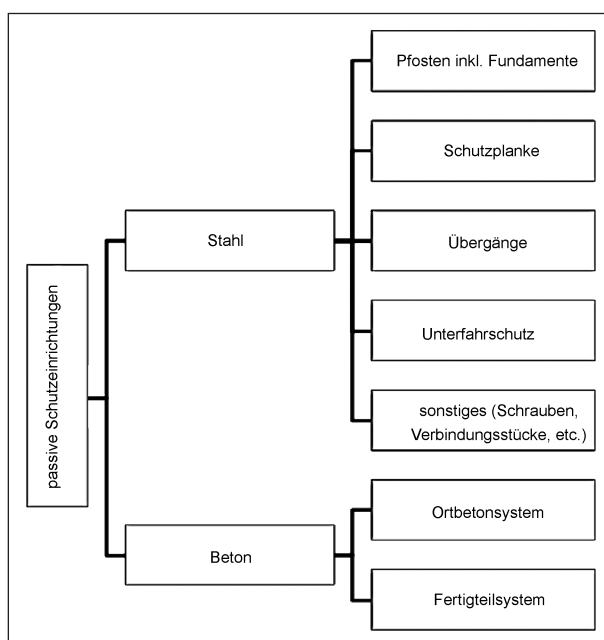


Bild 49: Darstellung der Teilelemente von Schutzeinrichtungen

Umwelt ausgesetzt sind. Darüber hinaus fordern die entsprechenden Normen zum Beton und Stahl eine Haltbarkeit von mindestens 50 Jahren. Tendenziell werden die Nutzungsdauern von Schutzeinrichtungen aus Beton von den Befragten zwar höher als die aus Stahl eingeschätzt, generell ergaben sich aus deren Nennungen jedoch Nutzungsdauern von 30 bis 40 Jahren. Es muss daher geschlossen werden, dass höhere Nutzungsdauern unrealistisch sind und sich beispielsweise aufgrund von Verkehrsunfällen, Baumaßnahmen an der Straßenbefestigung oder einer aus dem Verkehrsgeschehen resultierenden Anhebung der Rückhaltstufe des Schutzsystems nicht verwirklichen lassen. Es wird deshalb vorgeschlagen, die Nutzungsdauer von Schutzeinrichtungen generell auf 30 Jahre festzulegen.

Turnusmäßige Maßnahmen der Erhaltung sind an Schutzeinrichtungen nicht erforderlich. Ein Schaden an einer Schutzeinrichtung ist praktisch ausschließlich auf Verkehrsunfälle zurückzuführen. Somit werden auch die dadurch verursachten Kosten solchen außergewöhnlichen Ereignissen zugeschrieben und können – bei Kenntnis des Verursachers – durch Dritte beglichen werden. Es ist somit zu vermuten, dass Schäden an Schutzeinrichtungen insgesamt selten und praktisch nur im örtlich begrenzten Ausmaß auftreten. Entsprechende Leistungen können damit der Instandhaltung zugeschrieben werden, Leistungen im Bereich der Instandsetzung müssen nicht definiert werden (Tabelle 167).

System	Erneuerungskosten von Schutzeinrichtungen
ESP	12 €/m
EDSP	35 €/m
DDSP	52 €/m
Super-Rail Eco	68 €/m
Super-Rail	120 €/m
Übergang	380 €/m
Aufpreis Unterfahrerschutz	18 €/m
Schutzeinrichtungen aus Ortbeton (H2)	100 €/m
Schutzeinrichtungen aus Ortbeton (H4b)	250 €/m
Schutzeinrichtungen aus Fertigteilen aus Beton	120 €/m

Tab. 167: Geschätzte Kostenansätze für Schutzeinrichtungen

6.1.8 Leiteinrichtungen

Für die Leiteinrichtungen sind aufbauend auf den Erkenntnissen der Umfrage sowie weiteren Gesprächen vordringlich die Leitpfosten – separiert nach Bauform – sowie die Wildschutzzäune von Bedeutung (Bild 50).

Leitpfosten

Maßnahmen der Instandhaltung umfassen das Reinigen der Leitpfosten und Beseitigen von lokalen Schäden, wie zerstörten oder fehlenden Reflektoren. Werden wesentliche Aggregate des Leitpfostens, also der Leitpfosten selbst oder die Sockel erneuert, handelt es sich um Instandsetzungsmaßnahmen. Die Erneuerung am Ende der Nutzungsdauer umfasst schlussendlich den Austausch des gesamten Anlagenteils inklusive aller Aggregate.

Für Leitpfosten wird eine Nutzungsdauer von 8 Jahren vorgeschlagen. Dabei ist zu erwarten, dass Abscher-Leitpfosten vor allem in kritischen Bereichen (Kurven usw.) eine tendenziell höhere Lebensdauer aufweisen als andere Systeme, da sie laut Aussage der Hersteller bis zu 50-mal überfahren werden können, ohne erneuert werden

zu müssen. Für eine fundierte Aussage bezüglich konkreter Größenordnungen fehlen jedoch notwendige Informationen, sodass auch für Abscher-Leitpfosten die oben vorgeschlagene Nutzungsdauer von 8 Jahren angesetzt werden sollte.

Um die aus der Umfrage gewonnen Erneuerungskosten für Leitpfosten zu validieren, wurden noch einmal Informationen von den Herstellern eingeholt. Hierzu wurden diese fermündlich befragt oder bereitgestellte Preislisten ausgewertet.

Dabei zeigt sich, dass die Erneuerungskosten in großem Maße von der gewählten Bauweise sowie dem verwendeten Sockel abhängen. Zudem sind die von den Herstellern angegebenen Werte, die nur die Material- nicht jedoch die Einbaukosten beinhalten, um ein vielfaches teurer als die Erneuerungskosten aus der bundesweiten Umfrage.

Auch nach Rückfrage konnten die Ursachen dieser Differenzen nicht abschließend geklärt werden, allerdings erscheinen Einbaukosten, die um ein Vielfaches unter den in Tabelle 168 aufgeführten Materialpreisen liegen nicht realistisch.

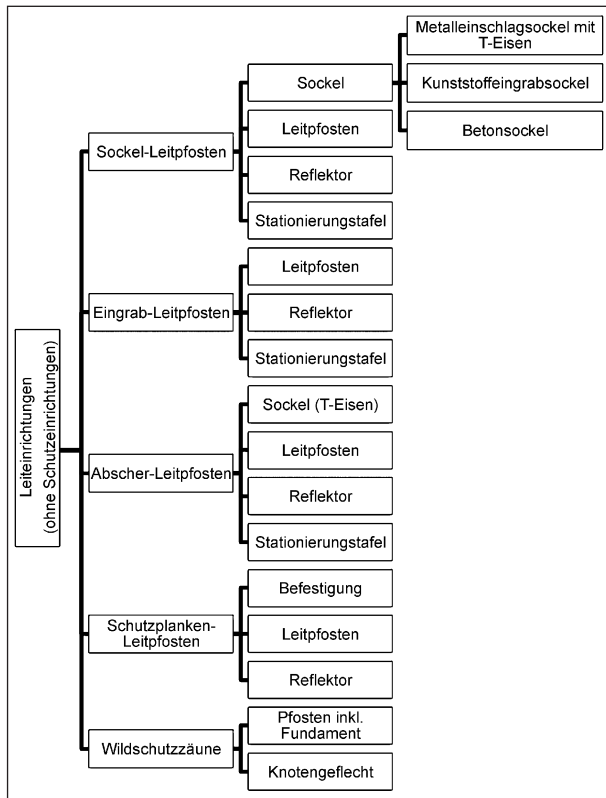


Bild 50: Darstellung der Aggregate der Leiteinrichtungen

Anlagenteil	Aggregat	Kosten
Sockel-Leitpfosten	Leitpfosten mit doppelseitigen Reflektoren	21,50 €/Stk.
	Metalleinschlagsockel mit T-Profil	23,20 €/Stk.
	Kunststoffeingrabsockel	8,20 €/Stk.
	Betonsockel (20 x 24 x 22 cm)	31,40 €/Stk.
Eingrab-Leitpfosten	Leitpfosten mit doppelseitigen Reflektoren	29,90 €/Stk.
Schutzplanken-Leitpfosten	Leitpfosten mit doppelseitigen Reflektoren	30,30 €/Stk.
Abscher-Leitpfosten	Leitpfosten mit doppelseitigen Reflektoren	62,00 €/Stk.
	Sockel (T-Profil)	15,80 €/Stk.
Stationierungstafel		6,00 €/Stk.

Tab. 168: Materialkosten der Hersteller für Leitpfosten

Wildschutzzäune

Für Wildschutzzäune liegen sowohl aus der Umfrage als auch der Literatur wenig aussagekräftige Informationen vor. Da entsprechende Anlagenteile in bewaldeten Gebieten jedoch eine sehr hohe Ausstattungsquote aufweisen, sollten sie in einem Asset-Management nicht vernachlässigt werden, was jedoch weitere Erhebungen notwendig macht.

Instandhaltungsmaßnahmen an Wildschutzzäunen umfassen solche Leistungen, bei denen örtliche Kleinreparaturen vorgenommen werden, beispielsweise das Ausbessern von Löchern sowie die Erneuerung des Drahtgeflechts auf kurzer Länge. Der Austausch wesentlicher Aggregate, also beispielsweise die Pfosten, oder aber die Erneuerung des Drahtgeflechts auf großer Länge sind Gegenstand der Instandsetzung. Erneuerungsmaßnahmen umfassen den Austausch aller wesentlichen Aggregate des Anlagenteils.

Als mittlere Nutzungsdauer für Wildschutzzäune wird ein Wert von 25 Jahren vorgeschlagen. Die Angabe von Kosten ist zum derzeitigen Stand nicht möglich.

6.1.9 Vertikale und horizontale Verkehrszeichen

Vertikale Verkehrszeichen

Unter vertikale Verkehrszeichen fällt jede Art der Beschilderung, gleich ob diese an Masten oder Verkehrszeichenbrücken angebracht sind und unabhängig davon, ob diese reflektierend oder lichtemittierend wirken. Gleichwohl wird an dieser Stelle nicht auf Verkehrszeichenbrücken und lichtemittierende Verkehrszeichen eingegangen, da diese bereits ausgiebig in Kapitel 6.1.6 vorgestellt wurden. Auch auf die an diesen Verkehrszeichenbrücken angebrachten großflächigen Verkehrszeichen (wegweisende Beschilderung) wurde bereits eingegangen. Im Vordergrund stehen deshalb an dieser Stelle die Verkehrszeichen neben der Fahrbahn mit Schildflächen von bis zu 1 m². Darüber hinaus wird auf Verkehrszeichen mit Schildgrößen bis zu 15 m² eingegangen.

Die vertikalen Verkehrszeichen neben der Fahrbahn bestehen aus einem Fundament, einem Pfosten, dem angebrachten Schild sowie Befestigungsteilen unterschiedlichster Art (Bild 51). Diese Verkehrszeichen werden in unterschiedlichen Bauweisen angeboten, die einen Einfluss auf die

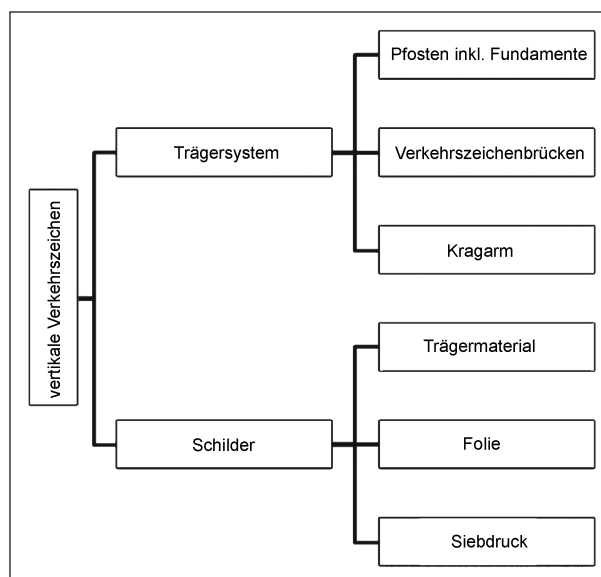


Bild 51: Darstellung der Teilelemente von vertikalen Verkehrszeichen

Anlagenteil	Erneuerungskosten vertikaler Verkehrszeichen
Verkehrszeichen $A \leq 1 \text{ m}^2$	150 €
Aufstellvorrichtungen von Verkehrszeichen $A \leq 1 \text{ m}^2$	230 €
Verkehrszeichen $1 \text{ m}^2 < A < 15 \text{ m}^2$	2.200 €
Aufstellvorrichtungen von Verkehrszeichen $1 \text{ m}^2 < A < 15 \text{ m}^2$	1.100 €
Verkehrszeichen $15 \text{ m}^2 < A < 30 \text{ m}^2$	5.900 €

Tab. 169: Geschätzte Kostenansätze von vertikalen Verkehrszeichen

Kosten und die Nutzungsdauern haben. So können die Schildflächen als Flachschilder oder als Schilder mit Randprofilverstärkung ausgebildet sein und besitzen entweder eine Lackierung oder unterschiedliche Foliensysteme. Insbesondere die Bedruckung bzw. die Foliensysteme sind als Qualitätsstufen von vertikalen Verkehrszeichen anzusehen, wirken sie sich doch auf die Retroreflexion und die Leuchtdichte, aber auch auf die Nutzungsdauer aus.

Für die vertikalen Verkehrszeichen konnten innerhalb der Befragung Kostendaten sowohl für die Schilder als auch für die Aufstellvorrichtungen, leider jedoch nicht für die qualitativen Unterscheidungsmerkmale ermittelt werden (Tabelle 169).

Die Gliederung der Art der Erhaltungsmaßnahmen an vertikalen Verkehrszeichen wird anhand der Aggregate entsprechen Bild 52 vorgeschlagen.

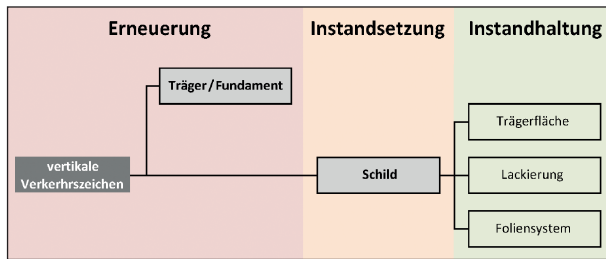


Bild 52: Zuordnung der (Teil-)Aggregate von vertikalen Verkehrszeichen zu den Maßnahmenarten der Erhaltung (□ – Aggregate)

Demnach sind alle Maßnahmen an der Schildfläche sowie an deren Befestigung der Instandhaltung zuzuordnen, während ihr Ersatz eine Maßnahme der Instandsetzung darstellt. Als Erneuerung wiederum wird eine Maßnahme angesehen, bei der der Mast bzw. das Fundament ersetzt wird.

Bei der Befragung der Vertreter der Straßenbauverwaltung war erwartungsgemäß den Aufstellvorrichtungen mit mehr als 20 Jahren eine längere Nutzungsdauer als den Schildflächen, die nach diesen Angaben im Mittel zwischen 15 und 20 Jahre verwendet werden, zugeordnet worden. Dabei fiel auch die große Spanne zwischen den minimalen und maximalen Nutzungsdauern (8 bis 40 Jahre) der Schilder auf. Es kann angenommen werden, dass sich hier die unterschiedlichen Qualitätsstufen der Lackierung bzw. der aufgetragenen Foliensysteme zeigt. Innerhalb der in Kapitel 5.1.3.8 erläuterten Klassifizierung der Foliensysteme kann grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass die Aufbauarten A, B und C überwiegend den Anforderungen der Reflexionsklasse RA 1, RA 2 und RA 3 zugeordnet sind. Entsprechend wird oft auch die Kurzform RA1/A usw. verwendet.

Die Hersteller der Foliensysteme geben üblicherweise eine Garantie für die Einhaltung der Anforderungen (80 % der RA-Werte) in Abhängigkeit von der Zuordnung zur Nomenklatur der Aufbauarten. So wird auf die Aufbauart A allgemein eine Garantie über 10 Jahre und für die Aufbauarten B und C von 13 bis 15 Jahren ausgewiesen. Aufgrund der vergleichsweise guten relativen Übereinstimmung dieser Angaben mit den Antworten der befragten Verantwortlichen werden die in Tabelle 170 ausgewiesenen Nutzungsdauern für die vertikalen Verkehrszeichen vorgeschlagen. Sie liegen etwa 3 bis 5 Jahre oberhalb der von den Herstellern gegebenen Garantie.

Die Nutzungsdauer der vertikalen Verkehrszeichen bis zu Erneuerung werden hier mit 25 Jahren an-

Aggregate	Nutzungsdauern von vertikalen Verkehrszeichen
Träger/Fundament	25 Jahre
Schild mit	
Lackierung	10 Jahre
Aufbauart A: eingebundene Mikrogaskugeln/perlen	15 Jahre
Aufbauart B: eingekapselte Mikrogaskugeln/perlen	20 Jahre
Aufbauart C: Mikroprismen	20 Jahre
Antitaufolie	10 Jahre

Tab. 170: Vorschlag zu den Nutzungsdauern von vertikalen Verkehrszeichen

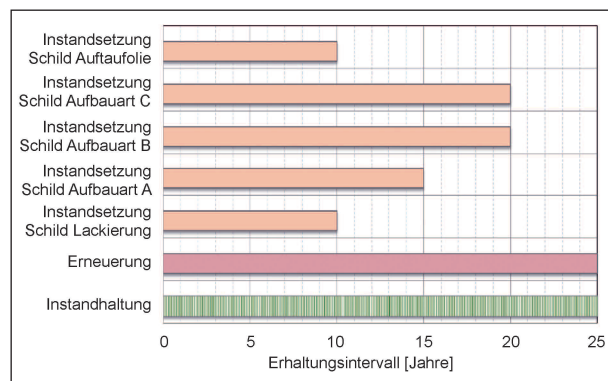


Bild 53: Erhaltungintervalle unterschiedlicher Maßnahmen an vertikalen Verkehrszeichen

gesetzt, ein Zeitraum, der am oberen Ende der Angaben in den NKF- und den AfA-Tabellen (Tabelle 170) liegt. Bei deren Angaben handelt es sich jedoch um wirtschaftliche Nutzungsdauern, die technischen und tatsächlichen Nutzungsdauern liegen nach der Befragung und zusätzlicher Quellen aber offenbar etwas oberhalb dieser Werte.

Aus diesen Nutzungsdauern ergeben sich für die Intervalle der Erhaltungsmaßnahmen an vertikalen Verkehrszeichen die in Bild 53 dargestellten Relationen.

Horizontale Verkehrszeichen (Markierungen)

Im Gegensatz zu den vertikalen Verkehrszeichen unterliegen die horizontalen, also die Markierungen einem ständigen substanziellen Verlust durch fortwährende Radüberrollungen des Verkehrs. Sie büßen dadurch Funktionseigenschaften wie die Griffbarkeit oder ihre Sichtbarkeit, lösen sich jedoch darüber hinaus durch Ablösungen von der Fahrbahn auch in ihrer Substanz auf. Ihre Dauerhaftig-

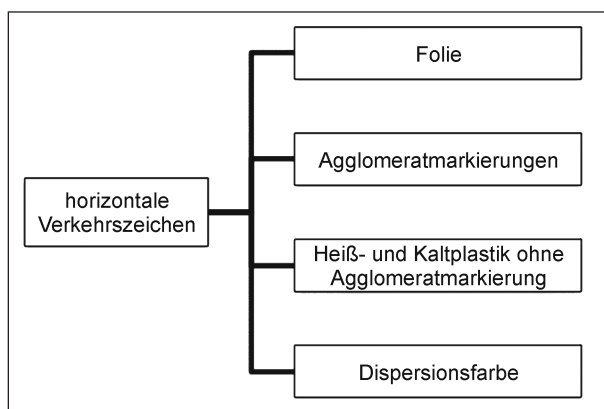


Bild 54: Darstellung der Teilelemente von horizontalen Verkehrszeichen (Markierungen)

keit ist somit nicht nur von der Zeit, sondern auch von der Verkehrsbelastung und darüber hinaus von der Intensität und Art des Winterdienstes abhängig. Letztere kann die Markierungen durch den Schild der Schneepflüge erheblich schädigen.

Für die grundsätzlichen vier Ausführungsformen von Markierungen (Bild 54) waren in der Befragung der Straßenbauverwaltungen Kostensätze für die Erneuerung ermittelt worden (Tabelle 171). Diese Kosten erscheinen in ihrer Relation – nach einigen kleineren Vereinheitlichungen im Detail – plausibel. Ein Vergleich mit den in [74] genannten Kosten liegen sie jedoch deutlich geringer. Dort wird pauschal ein durchschnittlicher Kostensatz von 17 €/m angegeben, wobei diese jedoch offenbar nur auf einer einzelnen Nennung beruht.

Dispersionsfarben werden als Markierungen nur noch selten eingesetzt, da ihre Sichtbarkeit nicht die der anderen Markierungssysteme erreicht und die Dauerhaftigkeit sehr gering ist.

Um eine Zuordnung der Markierungen zu den Straßenkategorien umsetzen zu können, werden im Folgenden entsprechend den Vorgaben der Richtlinien für die Markierung an Straßen (RMS) die Arten der Markierungen mit ihren Breiten verknüpft. Schmalstrichmarkierungen werden für alle Fahrstreifenbegrenzungen sowie für Leitlinien eingesetzt. Darüber hinaus kommen sie an Fahrbahnrandern aller Straßen zum Einsatz, die keinen befestigten Seitenstreifen von mindestens 1 m besitzen. Entsprechend kommt der Breitstrich als Markierung des Fahrbahnrandes allein auf Bundesautobahnen zur Anwendung. Gleichzeitig ist zu beachten, dass der Schmalstrich an Bundesstraßen 12 cm, auf Bundesautobahnen aber 15 cm breit ist. Der Breitstrich auf Bundesautobahnen

Markierungsart	Erneuerungskosten von Markierungen
Dispersionsfarbe	
Schmalstrich	0,15 €/m
Breitstrich	0,25 €/m
Heiß- oder Kaltplastik (Glattstrich)	
Schmalstrich	2,15 €/m
Breitstrich	3,70 €/m
Agglomerat-Markierungen	
Schmalstrich	1,65 €/m
Breitstrich	2,65 €/m
Markierungen aus Folien	
Schmalstrich	7,65 €/m
Breitstrich	13,00 €/m

Tab. 171: Geschätzte Kostenansätze von Markierungen

	Markierung	
	FB-Rand	Leitlinie
Bundesstraßen		
Schmalstrich 12 cm	X	X
Bundesautobahnen		
Schmalstrich 15 cm	–	X
Breitstrich 30 cm	X	–

Tab. 172: Anwendungsfälle von Schmal- und Breitstrichmarkierungen auf Bundesstraßen und Bundesautobahnen

weist eine Breite von 30 cm auf. Somit ergeben sich die in Tabelle 172 dargestellten Anwendungsfälle.

Da Leitlinien nicht durchgezogen, sondern mit gegenüber der Strichlänge doppelt so langen Lücken markiert werden, ist ihr Preis nicht mit dem Kostensatz für den Schmalstrich identisch. Nach einer in Hessen geführten Statistik belaufen sich die Mehrkosten für die Leitlinien von Bundesstraßen auf rund 33 % des Schmalstrichkostensatzes. Zur Ermittlung der Kosten der Leitlinienmarkierung auf Bundesautobahnen sind auf diesen Kostensatz noch einmal 10 % aufzuschlagen. Die Kostendaten dieser Statistik sind in Tabelle 173 dargestellt.

Die BASt führt an Markierungen Prüfungen auf einer Rundlaufprüfanlage durch und erstellt Zeugnisse zu deren Zulassung. Darin werden die Markierungen u. a. anhand der ertragenen Überrollungen Verkehrsklassen zugeordnet. Nach diesen Prüfzeugnissen erhalten Kalt- und Heißplastiken sowie Folien eher die hohe Verkehrsklasse P7,

	Markierung	
	FB-Rand	Leitlinie
Bundesstraßen		
Schmalstrich 12 cm	1,26 €/m	1,69 €/m
Bundesautobahnen		
Schmalstrich 15 cm	–	1,85 €/m
Breitstrich 30 cm	2,57 €/m	–

Tab. 173: Kostendaten der hessischen Statistik zu Fahrbahnmarkierungen (aufgezinst von 2010)

während Kaltspritzplastiken sowie Farbsysteme häufiger in die geringere Verkehrsklasse P6 eingruppiert werden. Zu vergleichbaren Ergebnissen kommt ein Feldversuch auf einem Markierungsprüffeld auf der Bundesstraße B4 im Harz. Die Markierungen unterlagen hier dem ständigen Verkehr und zusätzlich einem ausgeprägten Winterdienst und konnten diesen Belastungen in vielen Fällen nicht länger als 2 oder 3 Jahre standhalten, d. h. sie erfüllten danach nicht mehr die an sie gestellten Anforderungen nach DIN EN 1436 bzw. nach ZTV M-02 [84]. Farbsysteme fielen bereits durchweg nach einem Jahr aus.

Die ZTV-M 02 selbst sieht für die unterschiedlichen Markierungen Gewährleistungsfristen von einem bis 4 Jahren vor (Tabelle 174). Dabei müssen Markierungen vom Typ II, also solche mit einer erhöhten Anforderungen an die Nachtsichtbarkeit, durchweg 4 Jahre 90 % der gestellten Anforderungen erfüllen. In Bezug auf die zu ertragene Verkehrsbelastung bedeutet dies beispielsweise, dass eine Einordnung in die Verkehrsklasse P6 mindestens erforderlich ist. Für die Typ I-Markierungen genügt hier eine Verkehrsklasse P5 bei häufig und P4 bei selten überfahrenen Markierungen.

Die Nutzungsdauern von Markierungen wurden von den innerhalb des Forschungsprojekts befragten Personen differenziert beurteilt. Diese Einschätzungen liegen deutlich oberhalb der Dauerhaftigkeiten der auf der Bundesstraße B4 untersuchten Markierungen, was nicht überraschen kann, da die Markierungen üblicherweise nicht den extremen Belastungen des Markierungsprüffeldes unterliegen. Sie übertreffen aber auch deutlich die Verjährungsfristen für Mängelansprüche aus den ZTV-M 02.

In einer Landesrechnungshofs Schleswig-Holstein aus dem Jahr 2011 [85] wird darauf hingewiesen, dass im zugehörigen Bundesland fast 80 % aller Markierungen einfache Farbmarkierungen sind und

Material	Verjährungsfristen für Mängelansprüche (Jahre)
Folien, Typ II	4
Eingelegte Markierungen	4
Spritzbare Systeme, bestehend aus einer Verkehrsfreigabemarkierung mit einer Nassfilmdicke $\geq 0,6$ mm und endgültiger Markierung, aufgebracht auf neuen bzw. instand gesetzten Deckschichten	2
Sonstige spritzbare Systeme	1
Alle anderen Markierungen	2
Verkehrsfreigabemarkierungen	keine
Markierungen, deren Applikation in der Zeit vom 1.11. bis 31.3. vertragsgemäß erfolgt	keine
Markierungen auf Pflasterdecken	im Einzelfall zu vereinbaren

Tab. 174: Gewährleistungsfristen von Markierungen nach ZTV-M 02

Markierungsart	Nutzungsdauer von Markierungen	
	B	BAB
Markierungen aus Dispersionsfarbe	1 Jahr*	(1 Jahr)*
Spritzplastikmassen	4 Jahre	2 Jahre*
Markierungen aus Heiß- oder Kaltplastik (Glattstrich)	6 Jahre	4 Jahre*
Agglomerat-Markierungen	6 Jahre	4 Jahre*
Markierungen aus Folien an	(12 Jahre)	10 Jahre
(...) unüblicher Anwendungsfall * Gewährleistungsfrist		

Tab. 175: Nutzungsdauern von Markierungen

dass diese zum großen Teil nicht die Gewährleistungsfrist von einem Jahr überdauern. Agglomeratmarkierungen seien zwar teurer als Farbsysteme, jedoch preisgünstiger als Plastikmassen in Glattstrich und würden in der Regel 4 bis 6 Jahre überstehen. Den auf Autobahnen sinnvoll einzusetzenden Folien werden Nutzungsdauern von 8 bis 12 Jahren zugetraut.

Aus all diesen zur Verfügung stehenden Erkenntnissen wurde der in Tabelle 175 dargestellte Vorschlag zum Ansatz von Nutzungsdauern für Markierungen erstellt.

Eine Maßnahmezurordnung zur Erhaltungsart gestaltet sich für die Markierungen schwierig. Grundsätzlich sind beispielsweise Agglomerat-Markierungen

gen durch eine preiswertere Überspritzung zu reaktivieren, die Nutzungsdauern aller Markierungen sind jedoch so gering, dass in der überwiegenden Anzahl von Fällen nur eine Erneuerung als einzige Erhaltungsmaßnahme sinnvoll ist. Darüber hinaus werden viele Markierungen durch Maßnahmen am Fahrbahnaufbau (Deckschichterneuerung o. Ä.) unabhängig von ihrem aktuellen Zustand ersetzt. Insbesondere dieser Umstand lässt es als sinnvoll erscheinen, die Erhaltung der Markierungen nicht unabhängig auszugestalten sondern der des Straßenbaus zuzuordnen. Da es sich hier um Maßnahmen an der Fahrbahnoberfläche handelt, wären sie durchweg der Instandhaltung zuzuordnen.

6.1.10 Lärmschutzbauwerke

Lärmschutzbauwerke lassen sich zweckmäßig in die beiden Anlagenteile Lärmschutzwände und Lärmschutzwälle untergliedern. Während sich ein Lärmschutzwall als Erdbauwerk nicht sinnvoll in weitere Aggregate aufteilen lässt, ist dies für Lärmschutzwände aufgrund der verschiedenen Bauweisen und Baustoffe notwendig und sinnvoll (Bild 55).

Bei allen weiteren Ausführungen ist zu berücksichtigen, dass nur Bauwerke mit einer Höhe < 2 m und nicht auf Brücken installiert im Asset-Management behandelt werden. Höhere Bauten sind im Bauwerk-Management-System erfasst. Bei den in diesem Kapitel dargestellten Anlagenteilen handelt es sich somit um Ausnahmefälle, da Lärmschutzbauwerke an übergeordneten Straßen selten niedriger als 2 m sind.

Lärmschutzwände unterliegen einer regelmäßigen Instandhaltung, die beispielsweise betriebliche Leistungen wie das Reinigen oder Wartungsarbeiten umfasst. Werden wesentliche Aggregate – also einzelne Elemente oder Teile der Stützeinrichtung ausgetauscht, handelt es sich um bauliche Maßnahmen der Instandsetzung. Die Erneuerung umfasst schließlich den Austausch aller wesentlichen Aggregate.

Lärmschutzwälle unterliegen als Erdbauwerke ebenfalls einer turnusmäßigen Instandhaltung, wobei hierunter systembedingt vordringlich Leistungen der Grünpflege oder der Ausbesserung lokaler Erosionsschäden fallen. Als Instandsetzungsmaßnahmen werden wie bei Böschungen Rutschungen auf großen Flächen, flächige Abspülungen über 5 cm Tiefe sowie Erosionsrinnen über 10 cm Tiefe

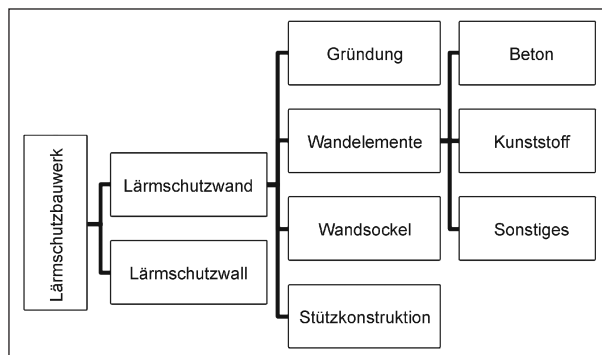


Bild 55: Darstellung der Bauweisen/Aggregate von Lärmschutzeinrichtungen

Instandhaltungsmaßnahmen an Lärmschutzbauwerken		
Lärmschutzbauwerke	Lärmschutzwand	betriebliche Unterhaltung (reinigen, ggf. begrünen) Wartungsarbeiten
	Lärmschutzwall	Grünpflege Beseitigung kleiner Erosionsschäden

Tab. 176: Abgrenzung von Instandhaltungsmaßnahmen an Lärmschutzbauwerken

Instandsetzungsmaßnahmen an Lärmschutzbauwerken		
Lärmschutzbauwerke	Lärmschutzwand	Ersetzen von einzelnen Elementen (bauweisenspezifisch) Ersetzen einzelner Teile der Stützkonstruktion (ggf. inkl. Gründung) Ersetzen einzelner Wandsockel
	Lärmschutzwall	Beseitigen von Rutschungen auf großer Fläche Beseitigen von Abspülungen über 5 cm Tiefe Beseitigen von Erosionsrinnen mit einer Tiefe von mehr als 10 cm

Tab. 177: Abgrenzung von Instandsetzungsmaßnahmen an Lärmschutzbauwerken

verstanden. Die Erneuerung umfasst die Neuherstellung des gesamten Erdbauwerks auf großer (voller) Fläche.

Die in Tabelle 178 angegebenen Nutzungsdauern sowie die in Tabelle 179 aufgeführten Erneuerungskosten für Lärmschutzwände sind sehr kritisch zu betrachten und sollten nur als grobe Richtwerte verwendet werden. Die Ursachen hierfür liegen einer-

Anlagenteil		Nutzungsdauer [a]
Lärmschutzwände	aus Beton	30
	aus Kunststoff	30
	aus sonstigen Baustoffen	15-50
Lärmschutzwälle		80

Tab. 178 Geschätzte Nutzungsdauern von Lärmschutzwänden und -wällen

System und Materialart	Erneuerungskosten von Lärmschutzbauwerken
Wand aus Beton [€/m ²]	230
Wand aus Kunststoff [€/m ²]	490
Wand aus sonstigen Baustoffen [€/m ²]	240
Lärmschutzwall [€/m ³]	7,00

Tab. 179: Geschätzte Erneuerungskosten von Lärmschutzwänden und -wällen

seits in der nur eingeschränkten Datenbasis aus der Umfrage und andererseits in dem Bauwerk begründet. Lärmschutzwände unterliegen neben ihrer Funktion auch stark architektonische-ästhetischen Anforderungen, sodass in vielen Fällen sehr individuelle Bauwerke mit kombinierten Baustoffen vorliegen. Dies lässt sich nur unzureichend über eine einzelne Nutzungsdauer bzw. einen einzelnen Erneuerungskostensatz berücksichtigen.

7 Zusammenfassung

Bereits vor rund zwanzig Jahren wurde die Entwicklung einer bundeslandübergreifenden Erhaltungsstrategie für Verkehrsflächen und Ingenieurbauwerke auf Netzebene angegangen. Mittlerweile existieren hierfür Erfassungs- und Bewertungsverfahren, die unter Berücksichtigung von verkehrspolitischen und finanziellen Randbedingungen in ein Pavement-Management-System (PMS) und Bauwerks-Management-System (BMS) eingebunden sind.

Der Finanzbedarf für die Erhaltung der sonstigen Anlagenaggregate wird in der Regel pauschal auf der Basis von Kostengrößen abgeschätzt, die Anfang der 80er Jahre stichprobenhaft ermittelt wurden. Er liegt, mit deutlich steigender Tendenz in den letzten Jahren, zwischen 10 % und 20 % des Gesamtbedarfs. Bei dieser Größenordnung erscheint

es auf Dauer nicht ausreichend, die sonstigen Anlagenaggregate als pauschalen Restposten zu behandeln.

Ziel des vorliegenden Forschungsprojekts war es deshalb, die Grundlagen für eine Einbeziehung der maßgeblichen sonstigen Anlagenteile in die Quantifizierung des für die Erhaltung erforderlichen Finanzvolumens zu erarbeiten.

Hierzu war zunächst zu definieren, welche sonstigen Anlagenteile als maßgeblich für eine Berücksichtigung in einem entsprechenden Asset-Management erachtet werden können. Als Maßstab hierfür wurden die Ausstattungsquote des Anlagenteils sowie dessen Kosten angesehen. Um die erforderlichen Datengrundlage zu den

- Kosten,
- spezifischen Nutzungsdauern,
- den Ausstattungsquoten sowie
- den sicherheitsrelevanten Aspekten

zu erhalten, wurden eine umfangreiche Literaturanalyse sowie eine bundesweite Befragung bei zuständigen Behörden, Herstellern, Verbänden und fachkundigen Personen durchgeführt.

Trotz vielfacher Nachfragen und Erweiterung des Kreises der Befragten, konnten nicht für alle Anlagenteile ausreichend viele und detaillierte Informationen erhoben werden. Meist wurde ein hoher Zeitaufwand für die Datensammlung angegeben. Die Befragung hat aber auch gezeigt, dass eine Vielzahl für ein Asset-Management relevanter Daten (z. B. Ausstattungsquoten, Kostensätze, Nutzungsdauern der sonstigen Anlagenteile) nicht oder nur unzureichend genau vorliegen (z. B. bei Entwässerungseinrichtungen). Zu anderen Anlagenteilen existieren entsprechende Angaben, die jedoch deutlichen regionalen Schwankungen vor allem in der Ausstattungsquote und den Kosten unterliegen.

Die Fragebögen lieferten trotz eines mäßigen Rücklaufs wichtige Erkenntnisse, insbesondere zu Kosten und Nutzungsdauern von sonstigen Anlagenteilen. Auch zeigte die Auswertung der Befragungsergebnisse die Notwendigkeit weitere Aspekte in die Analysen einzubeziehen. So wies mehrfach eine hohe Streuung der Angaben in den Fragebögen darauf hin, dass wichtige Einflussgrößen bisher nicht ausreichend beachtet wurden. In vielen Fällen konnte dies im Nachhinein durch weiterge-

hende Befragungen oder durch die Hinzunahme weiterer Quellen kompensiert werden.

Da sich in einem Management-System alle Leistungen verbindlich zu einer Art der Erhaltungsmaßnahme (Instandhaltung, Instandsetzung und Erneuerung) zuordnen lassen müssen, ergab sich die Notwendigkeit weitreichender Neuformulierungen bereits bestehender Maßnahmendefinitionen für den Bereich der sonstigen Anlagenteile. Als Grundlage dafür dienten die Definitionen aus dem Bereich des Straßenbaus. Teilweise konnte eine Abgrenzung anhand der Einzelaggregate sonstiger Anlagenteile vollzogen werden. In diesem Fall wurde der Ersatz dieser als Instandsetzungsmaßnahme festgelegt. Nur wenn solche Aggregate nicht sinnvoll zu definieren waren (z. B. bei Banketten), wurden die Arten von Erhaltungsmaßnahmen anhand konkreter Leistungen beschrieben.

Jedes aufgrund der beschriebenen Faktoren als relevant erkannte sonstige Anlagenteil wurde auf der Grundlage der ausgewerteten Befragung und auf der Basis weiterer Quellen umfassend dargestellt und die Informationen für die Verwendung in einem Asset-Management vereinheitlicht. So wurden – soweit möglich – alle Aggregate und Teilaggregate benannt, den unterschiedlichen Arten von Erhaltungsmaßnahmen zugeordnet und mit Richtwerten für die Erneuerungskosten versehen. Überwiegend konnten für alle sonstigen Anlagenteile solche Kostensätze vorgeschlagen werden, in einigen Fällen konnte jedoch keine zufriedenstellende Absicherung erreicht werden. In anderen Bereichen wiederum – beispielsweise bei den Streckenstationen von Verkehrsbeeinflussungsanlagen – wird empfohlen, weitergehende Analysen bei entsprechenden Institutionen durchzuführen. Hier sind spezielle Kenntnisse der Elektrotechnik und der Nachrichtentechnik erforderlich.

Aus den in der Befragung erhaltenen Angaben zu den Nutzungsdauern der sonstigen Anlagenteile und teilweise deren Aggregate sowie anhand von Daten aus Literaturquellen konnten die voraussichtlichen Erhaltungsintervalle dieser Anlagenteile abgeschätzt werden. Das Ergebnis des Forschungsprojektes stellt eine Grundlage für die Abschätzung der über einen definierten Zeitraum anfallenden Kosten auch für die sonstigen Anlagenteile dar. Es wurde damit eine wichtige Voraussetzung für eine umfassende Erhaltungsplanung der Straßeninfrastruktur im Sinne eines ganzheitlichen Ansatzes (Asset-Management) zu schaffen.

8 ASB Bestandsdaten – B 4 Einrichtungen der Straße

8.1 Straßenausstattung

Anlagenteile	
01	Glättemeldeanlage
02	Streugutbehälter
03	Taumittelsprühanlage
04	Geschwindigkeitswarnanlage
05	Verkehrsbeeinflussungsanlage
06	Lichtsignalanlage
07	Nebelwarnanlage
08	Geschwindigkeitsüberwachungsanlage
09	Stauwarnanlage
10	Verkehrsspiegel
11	Notrufsäule
12	SOS Telefon
14	Leitpfosten
15	Kilometerstein, Kilometertafel
16	historischer Kilometerstein
17	Abfallbehälter (nur an der Strecke)
18	Flucht-/Schlupftür in Wänden/Zäunen
19	Beleuchtung
20	Bauwerkstafel
21	Schneezeichen

Tab. 180: Straßenausstattung – punktuell

Anlagenteile	
01	Strecke mit Glättemeldeanlage
02	Strecke mit Taumittelsprühanlage
03	Strecke mit Verkehrsbeeinflussungsanlage
04	Strecke mit Nebelwarnanlage
05	Schneefangzaun
06	Blendschutz
07	Hangsicherung
09	Geröllfangzaun
99	Sonstiges

Tab. 181: Straßenausstattung – streckenbezogen

Anlagenteile	
01	Leitpfostenstrecke
02	Schneezeichenstrecke
03	Beleuchtungsstrecken
99	Sonstiges

Tab. 182: Straßenausstattung – seriell

Anlagenteile	
01	Bauwerkstafeln, Kilometertafeln, Stationszeichen
99	Sonstiges

Tab. 183: Straßenausstattung – Summen

Anlagenteile	
00	unbekannt
01	Wildschutzzaun
02	Schutzeinrichtungen
03	Wildwarnreflektoren
04	Wildwarnanlage
05	Leitzaun
06	Leitpflanzung
07	Irritationsschutzwände
08	Leitwand (Amphibien)
09	Überflughilfe/Kollisionsschutz
10	Gitterroste

Tab. 184: Straßenausstattung – Schutzeinrichtungen für Tiere

Anlagenteile	
00	unbekannt
01	an Leitpfosten
02	an Stahlpfosten
03	an Geländer/Wand/Einfriedung
04	an Mast
05	an Stationspfosten
06	an OD Stein

Tab. 185: Straßenausstattung – Stationszeichen

Anlagenteile	
01	automatische Dauerzählstelle
03	manuelle Zählstelle (SVZ)
04	manuelle Zählstelle (AVZ)
05	Geschwindigkeitsmessstelle
06	Achslastmessstelle
07	Verkehrslageerfassung
08	fiktive Zählstelle (z. B. projektbezogene Schätzung)
09	Mautzählstelle (Toll)
99	Sonderzählstelle (landeseigene Definition)

Tab. 186: Straßenausstattung – Zählstellen

8.2 Leitung

Anlagenteile	
00	unbekannt
01	Elektrizität
02	Gas
03	Wasser
04	Abwasser
05	Telekommunikation
06	Fernwärme
07	Öl
99	Sonstiges

Tab. 187: Einrichtung der Straße – Leitung

8.3 Bauwerk

Anlagenteile	
01	Wall
02	Kombination Wall/LSW
03	Kombination Wall/Steinwall
04	Kombination Wall/sonstige Konstruktion
09	Seitenablagerung

Tab. 188: Einrichtung der Straße – Lärmschutzwall

Anlagenteile	
01	Entwässerungsbauwerk
02	Wand freistehend
03	Stützbauwerke (Höhe < 1,50 m)
04	Steinwall (Höhe < 2,00 m)
05	Lärmschutzbauwerk (Wand oder Mauer, Höhe < 2,00 m)
99	Sonstiges

Tab. 189: Einrichtung der Straße – Sonstige Konstruktion

8.4 Durchlass

Anlagenteile	
Profil	00 unbekannt
	01 Rechteck
	02 Rechteck mit Gewölbe
	03 Kreis
	04 Ei
	05 Fünfeck (Rinne mit Rechteck)
	06 Maul-/Haubenquerschnitt
	07 Mehrfachrechteck
	08 Mehrfachkreis
	99 Sonstiges
Hauptsächliches Material	00 unbekannt
	01 Holz
	02 Beton
	03 Mauerwerk
	04 Stahl/Metall
	05 Kunststoff
	06 Steinzeug
	07 Natursteinmauerwerk
	08 Ton
	99 Sonstiges

Tab. 190: Einrichtung der Straße – Durchlass

9 Literatur

- [1] SCHMUCK, A., BECKER, H., OEFNER, G.: Einflussgrößen, Berechnungsansätze und Sensitivitätstests für die Straßenbaulastträgerkosten im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsrechnung für Straßenbefestigungen. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 324, Bonn 1981
- [2] OEFNER, G.: Ermittlung von repräsentativen Kostensätzen für Erhaltungsmaßnahmen (Fahrbahnen). Schlussbericht zum Forschungsvorhaben BMVBW-V1002/UA1, Bonn 2001
- [3] OEFNER, G., KRMEK, M., NUßRAINER, C.: Kostenermittlung für Erhaltungsmaßnahmen zur Bestimmung der Kosteneingangsgrößen für das PMS (Pavement-Management-System). Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 896, Bonn 2004
- [4] ZANDER, U., BIRBAUM, J.: Aktualisierung der Kostendaten. Schlussbericht zum Forschungsprojekt FE 29.0196/2008/BASSt, Siegen 2011
- [5] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Richtlinien für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen an Straßenbefestigungen RPE-Stra 01. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2001
- [6] Straße und Autobahn: 62. Jahrgang Mai 2011, Seite 301. 2011
- [7] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Abteilung Straßenbau, Straßenverkehr: Leistungsheft für den Straßenbetriebsdienst auf Bundesfernstraßen. Version 1.1. Bonn, Dezember 2004
- [8] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Verordnung zur Berechnung von Ablösungsbeträgen nach dem Eisenbahnkreuzungsgesetz, dem Bundesfernstraßengesetz und dem Bundeswasserstraßengesetz (Ablösungsbeträge – Berechnungsverordnung – ABBV), 2010
- [9] Bundesministerium für Verkehr: Richtlinie für die Berechnung der Ablösungsbeträge der Erhaltungskosten für Straßen und Wege – Ablösungsrichtlinien StraW 85 –, 1985

- [10] DIN 31051:2003-06: Grundlagen der Instandhaltung. 2006
- [11] Bundesministerium der Finanzen, AfA-Tabelle für die allgemein verwendbaren Anlagegüter („AV“), 2000
- [12] Verband der Netzbetreiber (VDN) und Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e. V. (LiTG), Straßenbeleuchtung, 5. Auflage, 2009
- [13] BECKEDAHL, H. J.: Schlagloch/Straßenerhaltung; Hilden 2010
- [14] DIN 1076, Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen, 1999
- [15] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Bauliche Erhaltung von Verkehrsflächenbefestigungen – Asphaltbauweise (ZTV BEA-StB 09). 2009
- [16] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Bauliche Erhaltung von Verkehrsflächenbefestigungen – Betonbauweise (ZTV BEB-StB 02). 2002
- [17] MAERSCHALK, G.: Prognose des Erhaltungsbedarfs aller Anlagenteile der Fernstraßeninfrastruktur. München, 2004
- [18] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RILSA), Lichtzeitanlagen für den Straßenverkehr. Köln, 2010
- [19] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), Abteilung Straßenbau, Straßenverkehr: Richtlinie zur Erhebung des Anlagenbestandes der Bundesfernstraßen, 2009
- [20] BOCK, A.: Studie zur Analyse und Gestaltung von Arbeitsprozessen des Straßenbetriebsdienstes, Diplomarbeit an der Bauhaus-Universität Weimar, 2006
- [21] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Entwässerung (RAS-Ew). Köln, 2005
- [22] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS): Straßenverkehrs-Ordnung (StVO), 2010
- [23] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Hinweise für die Wirksamkeitsschätzung und Wirksamkeitsberechnung von Verkehrsbeeinflussungsanlagen, 2007
- [24] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen, Abteilung Straßenbau, Straßenverkehr: Richtlinie zur Planung von Erhaltungsmaßnahmen an Ingenieurbauwerken (RPE-ING), Entwurf, Stand 30.06.2005
- [25] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Abteilung Straßenbau: Statistik des Lärmschutzes an Bundesfernstraßen 2010
- [26] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Richtlinie für die Erhaltung von Ingenieurbauten (RI-ERH-ING)
- [27] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Abteilung Straßenbau, Straßenverkehr: ASB Anweisung Straßeninformationsdatenbank, Mai 2010
- [28] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Abteilung Straßenbau, Straßenverkehr: Anweisung Straßeninformationsdatenbank Teilsystem Bauwerksdaten ASB-ING, März 2008
- [29] HÖLZGEN, B.: Bilanzierung der Landesstraßen in Rheinland-Pfalz, 11/10 Straße und Autobahn
- [30] SCHMIDT, M.: Tempolimits auf Autobahnen 2008, Schlussbericht zum Arbeitsprogramm-Projekt F1100.6608018, Bergisch Gladbach, Januar 2010
- [31] Autobahndirektion Nordbayern: Übersicht Verkehrsbeeinflussungsanlagen, Nürnberg, Dezember 2011
- [32] Innenministerium des Landes Schleswig-Holstein: Verwaltungsvorschriften über Abschreibungen von abnutzbaren Vermögensgegenständen des Anlagevermögens der Gemeinden (VV-Abschreibungen), August 2007
- [33] Ministerium für Inneres, Familie, Frauen und Sport: Sonderrichtlinie zur Bewertung in der Eröffnungsbilanz, Oktober 2006, Saarland

- [34] Innenministerium des Landes Thüringen: Verwaltungsvorschrift zur Anwendung der Abschreibungstabelle für Gemeinden (VwV-Abschreibungstabelle), Dezember 2008, Erfurt
- [35] Ministerium des Inneren des Landes Brandenburg: Bewertungsleitfaden Brandenburg (BewertL Bbg), September 2009
- [36] Ministerium des Innern und Sport des Landes Rheinland-Pfalz: Richtlinie über die wirtschaftliche Nutzungsdauer von Vermögensgegenständen und die Berechnung der Abschreibungen (Abschreibungsrichtlinie – VV-AfA), November 2006
- [37] Niedersächsisches Ministerium für Inneres und Sport, : Ausführungserlass zur Gemeindehaushalts- und -kassenverordnung (GemHKVO) Anlage 19, Dezember 2004
- [38] Sächsisches Staatsministeriums des Inneren: Sächsische Kommunalhaushaltsverordnung-Doppik – SächsKomHVO-Doppik, Februar 2008
- [39] Modellprojekt NRW: Neues Kommunales Finanzmanagement, Betriebswirtschaftliche Grundlagen für das doppelte Haushaltsrecht, 2. Auflage, Haufe Verlag, Freiburg 2003
- [40] Lenkungsgruppe AG Internet: Leitfaden zu Bilanzierung nach den Grundlagen des Neuen Kommunalen Haushalts- und Rechnungswesens (NKHR) in Baden-Württemberg, Januar 2011
- [41] WIRTZ, H., MORITZ, K., THESENVITZ, U.: Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit von Taumittelsprühanlagen, BAST-Bericht V 139, 2006
- [42] Austroad: Guide to Asset Management Part 7: Road Related Assets Performance, Juli 2009
- [43] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Hinweise für die Wahl der Bauart von Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen hinsichtlich ihrer lichttechnischen Eigenschaften – HWBV, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2001
- [44] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA): Leitlinie zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinie), 2005
- [45] Bundesministerium für Verkehr, Abteilung Straßenbau: Richtlinien für Wildschutzzäune an Bundesfernstraßen (WSchuzZR), Juli 1985
- [46] MARETTEK, DÖRSCHHELL, HELLENBRAND: Kommunales Vermögen richtig Bewerten, 2. Auflage, Haufe Verlag, 2006
- [47] HAMACHER, R.: Bau und Betriebskosten von Anlagen zur Regenwasserversickerung, Korrespondenz Abwasser Abfall 04/2000
- [48] Betonwerk Neu-Ulm: Preisliste 2010
- [49] Stadt Siegen, Eröffnungsbilanz der Stadt Siegen, 2013
- [50] Ministerium für Inneres und Sport Mecklenburg-Vorpommern: Verwaltungsvorschrift des Innenministeriums vom 8. Dezember 2008 – II 32-174.3.2.1 Anlage 5, Landeseinheitliche Abschreibungstabelle zum NKHR-MW, 2008
- [51] Tiefbauamt der Stadt Stuttgart: Konzept zur Bewertung von Infrastrukturvermögen, Version 2.4, Mai 2011
- [52] mickS MSR GmbH: Messtechnik für Straße, Wetter und Sicherheit – Prospekt, 2011
- [53] STEINAUER, B., KATHMANN, T., MAYER, G., BECHER, T.: Einsatzkriterien für Betonschutzwände, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 112, Bergisch Gladbach, März 2004
- [54] Initiative Betonschutzwand: Rückhaltesysteme aus Beton – Eine sichere und wirtschaftliche Alternative, Infobrief 03/2006
- [55] Gütegemeinschaft Stahlschutzplanken e. V.: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Schutzeinrichtungen, Stahlschutzplanken – Info 3/2004
- [56] Austroads: Guide to Asset Management Part 7: Road Related Assets Performance, Sydney, 2009
- [57] Allgemeiner Deutscher Automobil-Club e. V.: Sichere Landstraßen in Deutschland, München, 2012
- [58] Stein Handelsgesellschaft mbH: Angebot vom (18.12.2012)
- [59] http://www.mercateo.com/p/328-lp3112110/Eingrab_Leitpfosten_Doppelseitige_Reflektoren_weiss.html, Abgerufen am 18.12.2012

- [60] Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Regensburg: Das Belassen alter Wildschutzzäune stellt eine Ordnungswidrigkeit dar!, <http://www.aelf-re.bayern.de/forstwirtschaft/28407/>, Abgerufen am 18.12.2012
- [61] KÖTZ, H., SCHÄFER, H.-B.: *Judex oeconomicus: 12 höchstrichterliche Entscheidungen kommentiert aus ökonomischer Sicht*; Tübingen, 2003
- [62] Betonwerk Neu-Ulm GmbH & Co. KG: Preisliste 2010
- [63] HUTT, J.: *Finanzielle Bewertung der Straßeninfrastruktur in Kommunen am Beispiel Stuttgart, 05/2011 Straße und*
- [64] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): *Hinweise für die Wahl der Bauart von Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen hinsichtlich ihrer lichttechnischen Eigenschaften (HWBV)*, 2001
- [65] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Abteilung Straßenbau: *Statistik des Lärmschutzes an Bundesfernstraßen 2003*
- [66] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Abteilung Straßenbau: *Statistik des Lärmschutzes an Bundesfernstraßen 2006*
- [67] KLEFFNER, H.-J.: *Abwägungsprozesse bei Maßnahmen der Lärminderung, 01/2005 Straße und Autobahn*
- [68] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): *Empfehlungen für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (EWS)*, 1997
- [69] BALD, J. S.: *Hinweise für das Anbringen von Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen (HAV)*, 12. Auflage, Bonn, 1999
- [70] FALK, Chr., BERGER, Chr.: *Zustand der Kanalisation, 01/2011 Korrespondenz Abwasser, Abfall*
- [71] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): *Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für vertikale Verkehrszeichen (ZTV VZ)*, 2011
- [72] DIN EN 12899-1: *Ortsfeste, vertikale Straßenverkehrszeichen – Teil 1: Ortsfeste Verkehrszeichen*, Februar 2008
- [73] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): *Hinweise zur Kontrolle und Wartung von Entwässerungseinrichtungen an Außerortsstraßen (H KWES)*, 2011
- [74] Bundesministerium für Bau, Verkehr und Stadtentwicklung: *Hinweise zur Erstellung von Vorwürfen für Verkehrsbeeinflussungsanlagen. Entwurfsfassung*, Bonn 2011
- [75] Bundesministerium für Bau, Verkehr und Stadtentwicklung: *Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen (TLS)*, Bonn, 2012
- [76] SCHICK, P.: *Einfluss von Streckenbeeinflussungsanlagen auf die Kapazität von Autobahnquerschnitten sowie die Stabilität des Verkehrsflusses. Dissertation*, Institut für Straßen- und Verkehrswesen, Stuttgart 2003
- [77] ROHLOFF, M.: *Verkehrsmanagement und Steuerung von Verkehrsströmen bei starken Verkehrsbelastungen und besonderen Ereignissen. Vortrag anlässlich der Deutsch-Russischen Verkehrssicherheitskonferenz. Sochi*, 2011
- [78] DE BIASI, I.: *Dynamisches Fahrstreifenmanagement – Einsatzempfehlung*. 2012
- [79] GÜNTHERT, F. W., REICHERTER, E.: *Investitionskosten der Abwasserentsorgung. Div Deutscher Industrieverlag, München 2001*
- [80] Hessische Staatskanzlei: *Kostenrichtwerte*, 2007
- [81] Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg: *Abwasserentsorgung in Brandenburg – Orientierungswerte Jahr 2003 – Aufwand für die Abwasserableitung und Abwasserbehandlung*, Potsdam 2003
- [82] Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit: *Richtlinien für Zuwendungen zu wasserwirtschaftlichen Vorhaben (RZWas 2005)*, München 2012
- [83] WIRTZ, H., MORITZ, K., THESENVITZ, U.: *Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit von Taumittelsprühanlagen. BAST-Bericht V 139*, Bergisch Gladbach 2006
- [84] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): *Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Markierungen von Straßen (ZTV-M 02)*. Köln 2002

-
- [85] Landesrechnungshof Schleswig-Holstein: Bemerkungen 2011. S. 136-143 <http://www.lan-desrechnungshof-sh.de/file/bm2011-tz20.pdf>, abgerufen am 14.05.2013
- [86] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA): Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen, 2012
- [87] Hessische Staatskanzlei: Verordnung über Zuweisungen zum Bau von Abwasseranlagen, Anlage: Kostenrichtwerte; 2007
- [88] SCHULZ, J., GERRITZMANN, G.: Preisspiegel für Bauleistungen im Bereich Tiefbau, Baupreis- Verlag, Oberhausen 2008
- [89] NATZSCHKA, H.: Straßenbau, Entwurf und Bautechnik 3. Auflage; 2011
- [90] Kostenrichtwerte und Berechnung der Zuwendungen für Vorhaben zum Bau von Abwasseranlagen, Anlage 2b, Bayern, 2005
- [91] GRÜNING, H., GIGA, A., QUARG-VONSCHEIDT: Vergleichende Gegenüberstellung von Regenklärbecken und dezentralen Regenwasserbehandlungssystemen; Beitrag zu den 9. Regenwassertagen; Bremen 2010
- [92] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Zusätzliche technische Vertragsbedingungen für Funktionsbauverträge, Teil: Erdbauwerke, Anhang 1: Erfassung der Schadensmerkmale; 2008
- [93] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Zusätzliche technische Vertragsbedingungen für Funktionsbauverträge, Teil: Entwässerungseinrichtungen, Anhang 1: Erfassung der Schadensmerkmale; 2008

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Verkehrstechnik“

2011

V 202: Einfluss innerörtlicher Grünflächen und Wasserflächen auf die PM10-Belastung

Endlicher, Langner, Dannenmeier, Fiedler, Herrmann, Ohmer, Dalter, Kull, Gebhardt, Hartmann € 16,00

V 203: Bewertung von Ortsumgehungen aus Sicht der Verkehrssicherheit

Dohmen, Vieten, Kesting, Dürhager, Funke-Akbiyik € 16,50

V 204: Einfluss von Straßenrandbegrünung auf die PM10-Belastung

Bracke, Reznik, Mölleken, Berteilt, Schmidt € 22,00
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

V 205: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2009

Fitschen, Nordmann € 27,50
Dieser Bericht ist sowohl als gedrucktes Heft der Schriftenreihe als auch als CD erhältlich oder kann außerdem als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

V 206: Sicherheitspotenzialkarten für Bundesstraßen nach den ESN

Färber, Lerner, Pöppel-Decker € 14,50

V 207: Gestaltung von Notöffnungen in transportablen Schutzeinrichtungen

Becker € 16,00

V 208: Fahrbahnquerschnitte in baulichen Engstellen von Ortsdurchfahrten

Gerlach, Breidenbach, Rudolph, Huber, Brosch, Kesting € 17,50

V 209: Stoffeintrag in Straßenrandböden – Messzeitraum 2008/2009

Beer, Surkus, Kocher € 14,50

2012

V 210: Schmale zweibahnig vierstreifige Landstraßen (RQ 21)

Maier, Berger € 18,50

V 211: Innliegende Linkseinfädungsstreifen an plangleichen Knotenpunkten innerorts und im Vorfeld bebauter Gebiete

Richter, Neumann, Zierke, Seebo € 17,00

V 212: Anlagenkonzeption für Meistereigehöfte – Optimierung von Arbeitsabläufen

Schmauder, Jung, Paritschkow € 19,00

V 213: Quantifizierung von Verkehrsverlagerungen durch Baustellen an BAB

Laffont, Mahmoudi, Dohmen, Funke-Akbiyik, Vieten € 18,00

V 214: Vernetzungseignung von Brücken im Bereich von Lebensraumkorridoren

Schmellekamp, Tegethof
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 215: Stauprävention auf BAB im Winter

Kirschfink, Poschmann, Zobel, Schedler € 17,00

V 216: Verbesserung der Verkehrssicherheit auf einbahnig zweistreifigen Außerortsstraßen (AOSI)

Lippold, Weise, Jährig € 17,50

V 217: Verbesserung der Bedingungen für Fußgänger an Lichtsignalanlagen

Alrutz, Bachmann, Rudert, Angenendt, Blase, Fohlmeister, Häckelmann € 18,50

V 218: Empfehlungen zum richtigen Aufbringen von Tausalzlösungen

Hausmann € 16,00

V 219: Bewältigung großer Verkehrsmengen auf Autobahnen im Winter

Roos, Zimmermann, Schulz, Riffel € 16,50

2013

V 220: Maßnahmen zur Bewältigung der besonderen psychischen Belastung des Straßenbetriebsdienstpersonals – Pilotstudie

Pöpping, Pollack, Müller € 16,00

V 221: Bemessungsverkehrsstärken auf einbahnigen Landstraßen

Arnold, Kluth, Ziegler, Thomas € 18,50

V 222: Aktualisierung des MLuS 02 – Erstellung der RLuS

Düring, Flassak, Nitzsche, Sörgel, Dünnebeil, Rehberger € 19,50

V 223: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2010

Fitschen, Nordmann € 16,50
Dieser Bericht ist sowohl als gedrucktes Heft der Schriftenreihe als auch als CD erhältlich oder kann außerdem als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

V 224: Prüfung und Bewertung von Schutzeinrichtungen der Aufhaltestufe H4b für den Einsatz auf Brücken – Teil 1 und 2

Bergerhausen, Klostermeier, Klöckner, Kübler € 19,00

V 225: Neue Technik für den Straßenbetriebsdienst – Teil 1: Neue Informations- und Kommunikationstechniken

Teil 2: Autonomes Fahren für den Straßenbetriebsdienst
Holldorb, Häusler, Träger € 21,50

V 226: Bewertungsmodell für die Verkehrssicherheit von Landstraßen

Maier, Berger, Schüller, Heine € 18,00

V 227: Radpotenziale im Stadtverkehr

Baier, Schuckließ, Jachtmann, Diegmann, Mahlau, Gässler € 17,00

V 228: Sicherheitskenngößen für den Radverkehr

Baier, Göbbels, Klemps-Kohnen € 15,50

V 229: Straßenverkehrszählungen (SVZ) mit mobilen Messsystemen

Schmidt, Frenken, Hellebrandt, Regniet, Mahmoudi € 20,50

V 230: Verkehrsadaptive Netzsteuerungen

Hohmann, Giuliani, Wietholt € 16,50

V 231: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2011

Fitschen, Nordmann € 28,50
Dieser Bericht ist sowohl als gedrucktes Heft der Schriftenreihe als auch als CD erhältlich oder kann außerdem als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

V 232: Reflexkörper und Griffigkeitsmittel in Nachstreumittelgemischen für Markierungssysteme

Recknagel, Eichler, Koch, Proske, Huth € 23,50

V 233: Straßenverkehrszählung 2010 – Ergebnisse

Lensing € 16,00

V 234: Straßenverkehrszählung 2010 – Methodik

Lensing € 17,50

2014

V 235: **Dynamische Messung der Nachtsichtbarkeit von Fahr-
bahnmarkierungen bei Nässe**
Drewes, Laumer, Sick, Auer, Zehntner € 16,00

V 236: **Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2012**
Fitschen, Nordmann € 28,50
Die Ergebnisdateien sind auch als CD erhältlich oder können au-
ßerdem als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de
heruntergeladen werden.

V 237: **Monitoring von Grünbrücken – Arbeitshilfe für den Nach-
weis der Wirksamkeit von Grünbrücken für die Wiedervernetzung
im Rahmen der KP II – Maßnahmen**
Bund-Länder Arbeitskreis
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http://
bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden. Der Anhang ist
interaktiv. Das heißt er kann ausgefüllt und gespeichert werden.

V 238: **Optimierung der Arbeitsprozesse im Straßenbetriebs-
dienst – Sommerdienst**
Schmauder, Jung, Paritschkow € 19,00

V 239: **Dynamische Messung der Griffigkeit von Fahrbahnmar-
kierungen**
Steinauer, Oeser, Kemper, Schacht, Klein € 16,00

V 240: **Minikreisverkehre – Ableitung ihrer Einsatzbereiche und
Einsatzgrenzen**
Baier, Leu, Klemps-Kohnen, Reinartz, Maier, Schmotz € 23,50

V 241: **Rastanlagen an BAB – Verbesserung der Auslastung und
Erhöhung der Kapazität durch Telematiksysteme**
Kleine, Lehmann, Lohoff, Rittershaus € 16,50

V 242: **Bordsteinkanten mit einheitlicher Bordhöhe und Bodenin-
dikatoren an Überquerungsstellen**
Boenke, Grossmann, Piazzolla, Rebstock,
Herrnsdorf, Pfeil € 20,00

V 243: **Nutzen und Kosten von Verkehrsbeeinflussungsanlagen
über den gesamten Lebenszyklus**
Balmberger, Maibach, Schüller, Dahl, Schäfer € 17,50

V 244: **Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2013**
Fitschen, Nordmann € 28,50

V 245: **Überprüfung der Befahrbarkeit innerörtlicher Knotenpunk-
te mit Fahrzeugen des Schwerlastverkehrs**
Friedrich, Hoffmann, Axer, Niemeier, Tengen, Adams, Santel
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http://
bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 246: **Auswirkungen von Lang-Lkw auf die Verkehrssicherheit in
Einfahrten auf Autobahnen**
Kathmann, Roggendorf, Kemper, Baier
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http://
bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 247: **Befahrbarkeit plangleicher Knotenpunkte mit Lang-Lkw**
Lippold, Schemmel
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http://
bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 248: **Verkehrsnachfragewirkungen von Lang-Lkw – Grundlage-
ermittlung**
Burg, Röhling
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http://
bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

2015

V 249: **Auswirkungen von Querschnittsgestaltung und längsge-
richteten Markierungen auf das Fahrverhalten auf Landstraßen**
Schlag, Voigt, Lippold, Enzfelder

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http://
bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 250: **Befahrbarkeit spezieller Verkehrsanlagen auf Autobahnen
mit Lang-Lkw**
Lippold, Schemmel
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http://
bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 251: **Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen von Straßenumge-
staltungen nach dem „Shared Space“-Gedanken**
Baier, Engelen, Klemps-Kohnen, Reinartz € 18,50

V 252: **Standortkataster für Lärmschutzanlagen mit Ertragsprogno-
se für potenzielle Photovoltaik-Anwendungen**
Gündra, Barron, Henrichs, Jäger, Höfle, Marx,
Peters, Reimer, Zipf € 15,00

V 253: **Auswirkungen von Lang-Lkw auf die Sicherheit und den
Ablauf des Verkehrs in Arbeitsstellen**
Baier, Kemper
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http://
bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 254: **Beanspruchung der Straßeninfrastruktur durch Lang-Lkw**
Wellner, Uhlig
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http://
bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 255: **Überholen und Räumen – Auswirkungen auf Verkehrssi-
cherheit und Verkehrsablauf durch Lang-Lkw**
Zimmermann, Riffel, Roos
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http://
bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 256: **Grundlagen für die Einbeziehung der sonstigen Anlagen-
teile von Straßen in die systematische Straßenerhaltung als Vor-
aussetzung eines umfassenden Asset Managements**
Zander, Birbaum, Schmidt
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http://
bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

Alle Berichte sind zu beziehen im:

Carl Schünemann Verlag GmbH
Zweite Schlachtpforte 7
28195 Bremen
Tel. (0421) 3 69 03-53
Fax (0421) 3 69 03-48
www.schuenemann-verlag.de

Dort ist auch ein Komplettverzeichnis erhältlich.