

FAKULTÄT FÜR  
BAUINGENIEURWESEN, BAUPHYSIK UND  
WIRTSCHAFT

BACHELORSTUDIENGANG INFRASTRUKTURMANAGEMENT

# BACHELORARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades  
BACHELOR OF ENGINEERING (B.ENG.)

Erarbeitung von Handlungsempfehlungen  
für die kommunale Straßenerhaltung auf  
Basis des zuvor erfassten  
Straßenzustandes mit dem vialytics  
System

Vorgelegt von Maximilian Burk  
Matrikelnummer 1000580

Betreuer/in Prof. Dr.-Ing- Leyla Chakar  
Zweitbetreuer/in M. Sc. Daniel Moz  
Abgabedatum 15.06.2023

## **Vorwort**

### Hinweis zur Sprachform

Der Autor dieser Arbeit verzichtet für eine bessere Lesbarkeit auf die sprachliche Unterscheidung in männlich, weiblich und divers. In der Arbeit wird geschlechtsneutral oder in der männlichen Form (maskulin) gesprochen. Dabei handelt es sich um eine schreibtechnische Maßnahme, die auf jeden Fall geschlechtsneutral aufzufassen ist.

### Zugang zum vialytics System

Zur Überprüfung der Aussagen, die in dieser Arbeit über das vialytics System getroffen werden, kann mit folgenden Zugangsdaten jederzeit auf einen Account des Systems zugegriffen werden. Das vialytics System kann unter der Webadresse <https://app.vialytics.de> erreicht werden.

Account Name:       demo\_haiterbach\_maximilian\_burk

Passwort:           VialyticsJetzt2022!

## **Abstract**

In der vorliegenden Bachelorarbeit wird sich mit der Erarbeitung von Handlungsempfehlungen für kommunale Straßen, auf Basis des zuvor erfassten Straßenzustands mit dem vialytics System, befasst. Ein effektives und wirtschaftliches Erhaltungsmanagement der Verkehrsflächen ist für Kommunen ein wichtiger Teil zur Erfüllung ihrer Nachhaltigkeitspflicht. Handlungsempfehlungen sind dabei maßgebend, weil die Auswahl der Erhaltungsmaßnahmen die Grundlage zur langfristigen Entwicklung des Anlageguts Straße bildet.

Ziel der Arbeit ist es, die Vorgaben der zugehörigen Regelwerke zu untersuchen und auf diesen Vorgaben aufbauend die Grundlage zur Implementierung von Handlungsempfehlungen im vialytics System zu schaffen. Voraussetzung hierfür ist der Vergleich des vialytics Systems mit den in den Regelwerken der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) beschriebenen Verfahren, messtechnische und visuelle Zustandserfassung. Zunächst werden die Grundlagen und Ziele für die erfolgreiche Umsetzung eines kommunalen Erhaltungsmanagements zusammengetragen. Darauf folgt die Untersuchung der Einflussfaktoren auf die Nutzungsdauer von Straßen. Experteninterviews zeigen die Umsetzung in der kommunalen Praxis. Abschließend erfolgt die Vorstellung des entwickelten Prozesses zur Bestimmung von Handlungsempfehlungen auf Basis des mit dem vialytics System zuvor erfassten und bewerteten Straßenzustandes.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> .....	<b>2</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>3</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>6</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>7</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>8</b>
<b>1. Einleitung</b> .....	<b>9</b>
1.1    Veranlassung .....	9
1.2    Problemstellung .....	9
1.3    Aufgabenstellung .....	11
1.4    Vorgehensweise.....	11
<b>2. Verantwortlichkeiten und Besonderheiten kommunaler Straßen</b> .....	<b>13</b>
2.1    Rechtliche Verpflichtung .....	13
2.2    Nachhaltigkeit.....	13
2.3    Kommunale Besonderheiten.....	14
<b>3. Einführung in das kommunale Erhaltungsmanagement</b> .....	<b>16</b>
3.1    Ordnungssystem für innerörtliche Verkehrsflächen .....	16
3.2    Begriffssystematik der Straßenerhaltung .....	16
3.3    Ziele der Straßenerhaltung .....	18
3.4    Grundlagen des Erhaltungsmanagements.....	20
3.5    Einflussfaktoren auf die Dauerhaftigkeit von Verkehrsflächen.....	22
3.6    Abschätzung der Nutzungsdauer kommunaler Straßen .....	29
3.7    Lebenszykluskosten - Life Cycle Costs (LCC) .....	30
<b>4. Stand der Technik: Zustandserfassung und -bewertung</b> .....	<b>32</b>
4.1    Bedeutung der E EMI und des AP9/K für die kommunale Straßenerhaltung	32
4.2    Ansätze zur Durchführung einer Zustandserfassung.....	33
4.3    Schadenskatalog und Definition der Zustandsmerkmale.....	41
4.4    Verfahren der Zustandsbewertung nach Ansatz der Zustandserfassung.....	45
4.5    Vergleich visuelle und messtechnische Zustandserfassung mit dem vialytics System .....	52
<b>5. Stand der Technik: Kommunales Erhaltungsmanagement</b> .....	<b>56</b>
5.1    Einführung in das kommunale Erhaltungsmanagementsystem .....	56
5.2    Unterscheidung strategische und operative Erhaltungsplanung .....	61
5.3    Angewandte Erhaltungsstrategien und ihre Maßnahmen .....	63
5.4    Finanzierungsplanung und Bilanzierung von Erhaltungsmaßnahmen.....	67
5.5    Durchführung in der kommunalen Praxis.....	68

<b>6.</b>	<b>Treffen von Handlungsempfehlungen nach Regelwerken .....</b>	<b>71</b>
6.1	Operatives Erhaltungsmanagement.....	72
6.2	Strategisches Erhaltungsmanagement .....	76
6.3	Ohne Substanz keine Zuweisung von Maßnahmen .....	79
<b>7.</b>	<b>Treffen von Handlungsempfehlungen mit dem vialytics System .....</b>	<b>81</b>
7.1	Status Quo: Das vialytics System als EMS-K .....	81
7.2	Konzept einer Prozessstruktur zum Generieren von Handlungsempfehlungen mit dem vialytics System.....	82
<b>8.</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>95</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>100</b>
	<b>Anhang.....</b>	<b>104</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anteile des deutschen Straßennetzes (verändert) .....	10
Abbildung 2: Übersicht zu den verschiedenen Bereichen des Straßenbaus (unterlegt: Geltungsbereich der E EMI 2012) (verändert) ..	17
Abbildung 3 Grundgedanke des Erhaltungsmanagements (eigene Darstellung).....	20
Abbildung 4: Überblick typische unterirdische Leitungsarten (verändert) .....	24
Abbildung 5: Wahrscheinlichkeiten für das Erreichen oder Überschreiten der Nutzungsdauer von nicht aufgegrabenen bituminösen Fahrbahnbefestigungen nach Aufgrabungen (verändert) .....	27
Abbildung 6: Aufzeichnung der Wegstrecke in der vialytics App (eigene Aufnahme)..	54
Abbildung 7: Kommunales Managementsystem der Erhaltung (verändert) .....	59
Abbildung 8: Unterscheidung des operativen und strategischen Ansatzes (verändert) ..	63
Abbildung 9: Grafische Darstellung des entwickelten Prozesses (eigene Darstellung)	82
Abbildung 10: Zustandsabschnitt gebildet auf Punkteebene (eigene Aufnahme).....	84
Abbildung 11: Exemplarische Planungsliste (eigene Aufnahme).....	85
Abbildung 12: Maßnahmen-Mängel-Matrix mit Legende (Verändert) ..	88
Abbildung 13: Exemplarisch ausgefüllte Checkliste mit Legende (eigene Darstellung)	92
Abbildung 14: Faktoren die in der Priorisierung berücksichtigt werden sollten (eigene Darstellung) .....	94

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zielkriterien der Straßenerhaltung .....	19
Tabelle 2: Aufzählung Endogene und Exogene Einflussfaktoren.....	22
Tabelle 3 Verlauf mit jeweiligen Beteiligten einer Aufgrabung .....	28
Tabelle 4: Empfohlene Straßennutzungsdauer in Kommunen.....	30
Tabelle 5: Definition Ebenheit und Unebenheit .....	37
Tabelle 6: Schadenskatalog von Asphaltbefestigungen für die messtechnische und visuelle Zustandserfassung .....	43
Tabelle 7: Zustandsmerkmale für Asphaltbefestigungen .....	44
Tabelle 8: Zuordnung der Zustandswerte (ZW) zu Zustandsklassen mit Farbschema zur Darstellung der Zustandswertebereiche.....	46
Tabelle 9: Bewertungshintergrund in Abhängigkeit von Bauweise, Funktionsklasse und Erfassungsmethode.....	47
Tabelle 10: Ziele der Straßenerhaltung bei messtechnischer Zustandserfassung und -bewertung.....	48
Tabelle 11: Ziele der Straßenerhaltung bei visueller Zustandserfassung und -bewertung .....	51
Tabelle 12: Zuordnung von Merkmalsgruppen zu geeigneten Instandhaltungsverfahren .....	66
Tabelle 13: Zuordnung von Merkmalsgruppen zu geeigneten Instandsetzungsverfahren .....	67
Tabelle 14: Maßnahmenarten nach Maßnahmenkategorien.....	72
Tabelle 15: Einteilung der Mängelklassen.....	77
Tabelle 16: Zuordnung von Maßnahmenkategorie, Maßnahmenart und Mängelklasse .....	78
Tabelle 17: Maßnahmenarten nach Maßnahmenkategorie.....	87

## Abkürzungsverzeichnis

AP	Arbeitspapiere der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
AP9	Arbeitspapieren Nr. 9 zur Systematik der Straßenerhaltung
E	Erneuerung
E MI 2012	Empfehlungen für das Erhaltungsmanagement von Innerortsstraßen
EMS-K	Erhaltungsmanagementsystem für Kommunen
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
FK	Funktionsklassen
GPR	1. Zerstörungsfreie Substanzerfassung mit dem Georadar
IMS-K	Infrastrukturmanagementsystem
KI	Künstlicher Intelligenz
I	Instandsetzung
LCC	Lebenszykluskosten - Life Cycle Costs
M FinStraKom	Merkblatt über den Finanzbedarf der Straßenerhaltung in den Kommunen
PMS	Pavementmanagementsystems
RStO 2012	Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen
U	Bauliche Unterhaltung
ZEB	Zustandserfassung und -bewertung
ZTV A-StB	Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und die Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen
ZTV BEA-StB	Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die bauliche Erhaltung von Verkehrsflächenbefestigungen - Asphaltbauweisen
ZTV ZEB-StB	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Zustandserfassung und -bewertung von Straßen
ZW	Zustandswert

# 1. Einleitung

## 1.1 Veranlassung

Das Straßennetz in kommunaler Baulast macht einen erheblichen Anteil des jeweiligen Anlagevermögens einer Kommune aus. Beispielsweise betont das Tiefbauamt Münster auf seiner Website für 36 % des Anlagevermögens der Stadt verantwortlich zu sein.<sup>1</sup> Zur Sicherstellung der Mobilität im Land ist eine gut ausgebaute und intakte Straßeninfrastruktur erforderlich. Hierfür sind die Straßenbaulastträger dazu verpflichtet, diese Straßeninfrastruktur für zukünftige Generationen erwartungsgerecht zu erhalten.<sup>2</sup> In einem Gutachten hat der Rechnungshof Rheinland-Pfalz festgestellt, dass es die Aufgabe einer systematischen Straßenerhaltung ist „dem stetigen Wertverlust durch Maßnahmen der baulichen Unterhaltung, Instandsetzung und Erneuerung entgegenzuwirken und die vorgesehene Nutzungsdauer der Straßen durch eine kosteneffiziente und nachhaltige Erhaltungsstrategie möglichst weitgehend auszuschöpfen.“<sup>3</sup>

„Einsparungen in vielen öffentlichen Haushalten haben in der Vergangenheit dazu geführt, dass sich das kommunale Straßennetz in einem schlechten Zustand befindet.“<sup>4</sup> Zu dieser schlechten Ausgangslage ergänzt sich, dass sich im öffentlichen Sektor zukünftig ein erheblicher Mangel an Fachkräften ergeben wird.<sup>5</sup>

In den Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die bauliche Erhaltung von Verkehrsflächenbefestigungen - Asphaltbauweisen (ZTV BEA-StB) ist definiert, dass die Grundvoraussetzung für die Auswahl von Erhaltungsverfahren die Erfassung des Zustandes der Verkehrsfläche und die Ermittlung der Schadensursache ist.<sup>6</sup> Seit Anfang der 1990er Jahre gibt es mit der Zustandserfassung und -bewertung (ZEB) für Bundesfernstraßen eine einheitliche Regelung für die Zustandserfassung der Fahrbahnoberfläche von Bundesfernstraßen.<sup>7</sup> Ein solches verbindliches Regelwerk gibt es aufgrund der Vielfalt kommunaler Straßen für den kommunalen Bereich nicht. Die vialytics GmbH hat ein System geschaffen, mit dem eine solche Zustandserfassung der kommunalen Verkehrsflächen mit möglichst geringem Aufwand und damit kostengünstig erfasst werden kann. Die vialytics GmbH möchte seine Kunden bei der Erstellung einer digitalisierten systematischen Erhaltungsplanung zukünftig unterstützen und hierfür ihr System mit Handlungsempfehlungen erweitern.

## 1.2 Problemstellung

„Mobilität zählt zu den menschlichen Grundbedürfnissen und ist auch heute noch eine Grundvoraussetzung für das Funktionieren unserer arbeitsteiligen Gesellschaft.“<sup>8</sup> Das kommunale Straßennetz ist mit mehr als 60 % der gesamten Länge des deutschen

---

<sup>1</sup> (Stadt Münster o.J.)

<sup>2</sup> (Ministerium für Verkehr BW o.J.)

<sup>3</sup> (Rechnungshof Rheinland-Pfalz 2020, S.20)

<sup>4</sup> (Institut für Verwaltungswissenschaften gGmbH 2017, S.2)

<sup>5</sup> (Bernat, R. et al. 2022, S.8)

<sup>6</sup> (FGSV 2014, S.11)

<sup>7</sup> (BMDV 2016)

<sup>8</sup> (FGSV 2019b, S.4)

Straßennetzes (siehe Abbildung 1) das größte Straßennetz in Deutschland und leistet damit einen maßgeblichen Anteil zur Sicherstellung der Daseinsvorsorge.<sup>9</sup> Um dies dauerhaft zu gewährleisten, ist es unerlässlich, das kommunale Straßennetz während seines gesamten Lebenszyklus angemessen instand zu halten. Darüber hinaus stellt das kommunale Straßennetz, durch seinen großen Anteil, einen gewaltigen Teil des Volksvermögens dar.<sup>10</sup> Dies gilt es dauerhaft zu erhalten.<sup>11</sup>

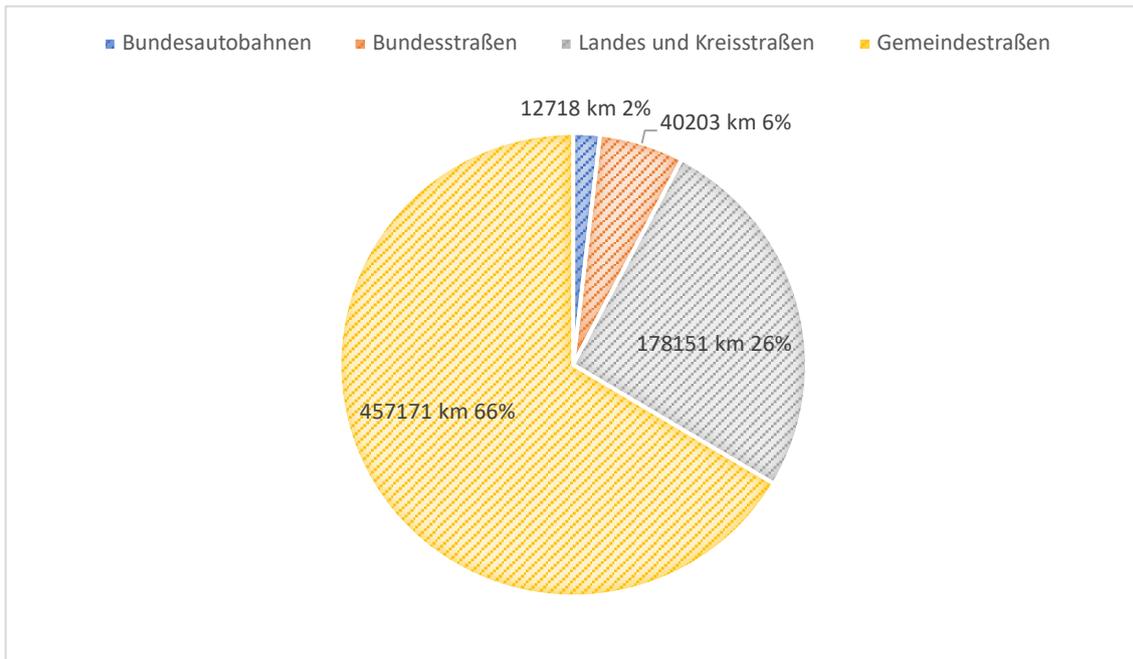


Abbildung 1: Anteile des deutschen Straßennetzes (verändert)<sup>12</sup>

Die Gemeindestraßen erfüllen nicht nur ihre Verkehrsfunktion, sondern dienen auch als Trassen für Ver- und Entsorgungsleitungen und überdies als öffentlicher Raum zur sozialen Kommunikation.<sup>13</sup> Bedingt durch den Wiederaufbau nach dem 2. Weltkrieg, sowie die darauffolgende wirtschaftliche Entwicklung wurden in Deutschland bis Mitte der 1970er Jahre viele Straßen neu-, um- oder ausgebaut. Zeitgleich stieg die Verkehrsbelastung stark an. Für diese Belastung wurden die erbauten Straßen nicht ausgelegt.<sup>14</sup> Deshalb ist in absehbarer Zukunft damit zu rechnen, dass viele Straßen ihre Lebensdauer erreichen und Erneuerungsmaßnahmen erforderlich werden.<sup>15</sup> Diese Erneuerungen stellen eine erhebliche finanzielle Belastung für die Haushalte der Kommunen dar. Die Ausgangssituation bei der unterirdisch verbauten Ver- und Versorgungsstruktur ist ähnlich. Diese Funktion als Träger von Ver- und Versorgungsleitungen erhöht die Komplexität der Verkehrsflächen innerorts um ein Vielfaches.<sup>16</sup> Baumaßnahmen von Ver- und Versorgungsunternehmen oder privaten

<sup>9</sup> (Ebd., S.8)

<sup>10</sup> (Buttgereit, A. 2018, S.23)

<sup>11</sup> (Ebd., S.2)

<sup>12</sup> (Karcher, C. 2011, S. 3)

<sup>13</sup> (Rechnungshof Rheinland-Pfalz 2020, S.5)

<sup>14</sup> (Buttgereit, A. 2018, S.37)

<sup>15</sup> (Ebd., S. 23)

<sup>16</sup> (Ebd., S. 23ff)

Bauherren beeinflussen durch Aufgrabungen die Zustands- bzw. Substanzentwicklung kommunaler Straßen maßgeblich.<sup>17</sup>

Diese Komplexität trifft auf kommunale Verwaltungen, die unter knappen Finanzmitteln zur Erfüllung ihrer Pflicht- und Freiwilligenaufgaben leiden<sup>18</sup> und mit einem zunehmenden Mangel an Fachkräften konfrontiert werden. Aufgrund der Tarif- und Besoldungsstruktur im öffentlichen Dienst sowie der demografischen Entwicklung ist in den kommenden Jahren ein wachsender Fachkräftemangel im Bereich der Ingenieure zu erwarten.<sup>19</sup>

Mit den vorhandenen Ressourcen sollte der Fokus darauf gelegt werden eine gutes Erhaltungsmanagement durchzuführen, denn „[j]e rechtzeitiger Unterhaltungs- und Instandsetzungsarbeiten durchgeführt werden, umso kostengünstiger sind diese Maßnahmen.“<sup>20</sup> Gleichzeitig können die Straßen so ihre vorgesehene Lebensdauer erreichen, ohne vorher erneuert werden zu müssen.

### 1.3 Aufgabenstellung

Im Rahmen dieser Bachelorthesis sollen die durch das vialytics System erfassten Straßenschäden nach ihrer Aussagekraft für die Erhaltungsplanung untersucht werden. Ist eine Erhaltungsplanung auf Grundlage der vialytics Daten möglich, soll die Ausgabe von Handlungsempfehlungen untersucht werden.

### 1.4 Vorgehensweise

Um Handlungsempfehlungen für die Erhaltung kommunaler Straßen auf Grundlage des vialytics Systems zu ermöglichen ist es zunächst erforderlich die Grundlagen (Kapitel 3.4) und Ziele (Kapitel 3.3) der Straßenerhaltung zu betrachten. Um dies zu erreichen, wird zu Beginn dieser Arbeit eine umfassende Literaturrecherche über das kommunale Erhaltungsmanagement durchgeführt. Hierzu zählt auch ein Experteninterview mit einem leitenden Vertreter des Tiefbauamts Aalen am 14.03.2023. Das Ziel dieser Recherche ist es einen tiefen Einblick in die Herausforderungen und Probleme der Durchführung eines wirtschaftlichen Erhaltungsmanagement zu erlangen, um diese im Anschluss in der Entwicklung eines geeigneten Prozesses zu lösen (Kapitel 5).

Ein weiterer Bestandteil der umfangreichen Literaturrecherche ist die Gegenüberstellung der etablierten Methoden zur Zustandserfassung und -bewertung mit dem vialytics System (Kapitel 4.5). Dies ist von Bedeutung, da die Zustandserfassung und -bewertung die Ausgangslage für die Bestimmung von Handlungsempfehlungen bildet<sup>21</sup>. Ziel ist es zu überprüfen, inwieweit die bestehenden Ansätze in Verbindung mit dem vialytics System zu Handlungsempfehlungen führen.

---

<sup>17</sup> (Ebd., S. 26)

<sup>18</sup> (Vesper, D. 2015, S.46)

<sup>19</sup> (Rechnungshof Rheinland-Pfalz 2020, S.4)

<sup>20</sup> (Buttgereit, A. 2018, S.30)

<sup>21</sup> (FGSV 2005, S.4)

Mit ausreichend Grundlagen erfolgt dann die Entwicklung eines Prozesses (Kapitel 7.2), der den Mitarbeitern der öffentlichen Verwaltung eine anwendbare Hilfe im Arbeitsalltag darstellt. Hierfür soll auf leicht beschaffbare Informationen zurückgegriffen werden. Reichen diese nicht aus, muss der für die Beschaffung weiterer Informationen zusätzliche entstandene Zeitaufwand durch einen erhöhten Mehrwert ausgeglichen werden. Die Entwicklung des Prozesses endet in einem Experteninterview mit einem Mitarbeiter des Tiefbauamtes Nagold am 22.05.2023 zur Überprüfung der Anwendbarkeit des erstellten Prozesses.

Diese Arbeit fokussiert sich auf das Erhaltungsmanagement von Verkehrsflächen mit Asphaltbefestigung. Verkehrsflächen mit anderen Befestigungen werden im vialytics System bislang nicht bei der Zustandsbewertung berücksichtigt, weshalb keine Handlungsempfehlungen hierfür erstellt werden können.

## 2. Verantwortlichkeiten und Besonderheiten kommunaler Straßen

Die Zuständigkeit für öffentliche Straßen liegt beim jeweiligen Träger der Straßenbaulast, dem sie durch das Straßengesetz des jeweiligen Bundeslandes übertragen wird. In der Regel ist die Kommune für Gemeindestraßen zuständig, der (Land-)kreis für Kreisstraßen und das Land für Landes(/Staats)straßen (z. B. § 43 Abs. 1 u. 2 StrG BW, § 41 Abs. 1 u. 2 HstrG, §§ 43, 47 StrWG NRW). Die Verwaltung des Straßenbaus wird auf der entsprechenden Hoheitsebene der Straßenbaubehörde übertragen.<sup>22</sup>

### 2.1 Rechtliche Verpflichtung

Die rechtlichen Vorgaben zur Straßenerhaltung sind in den Empfehlungen für das Erhaltungsmanagement von Innerortsstraßen (E EMI 2012) folgendermaßen bestimmt. „Die Träger der Straßenbaulast haben nach ihrer Leistungsfähigkeit die Straßen in einem dem gewöhnlichen Verkehrsbedürfnis und den Erfordernissen der öffentlichen Sicherheit und Ordnung genügenden Zustand zu bauen und zu erhalten.“<sup>23</sup> „Die aus dem Bau und der Erhaltung der öffentlichen Straßen und die aus der Überwachung der Verkehrssicherheit dieser Straßen sich ergebenden Aufgaben werden von den Bediensteten der damit befassten Körperschaften in Ausübung eines öffentlichen Amtes wahrgenommen.“<sup>24</sup> Sind sie unter Berücksichtigung ihrer Leistungsfähigkeit dazu nicht in Stande, „haben sie auf den nicht verkehrssicheren Zustand vorbehaltlich anderweitiger Maßnahmen der Straßenverkehrsbehörden durch Verkehrszeichen hinzuweisen.“<sup>25</sup> Es gilt beim Bau und bei der Erhaltung von Straßen auf die Belange von Behinderten, älteren Menschen und Kinder zu achten sowie den Naturhaushalt und das Stadt- bzw. Landschaftsbild zu schonen.<sup>26</sup>

### 2.2 Nachhaltigkeit

Für Infrastrukturmaßnahmen gilt prinzipiell der Grundsatz der Nachhaltigkeit. Nachhaltigkeit bedeutet eine Entwicklung, die den gegenwärtigen Bedürfnissen entspricht, ohne die Fähigkeit kommender Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu erfüllen.<sup>27</sup> Dieser Grundsatz setzt die Träger der Straßenbaulast in einen Zwiespalt. Sie müssen mit den vorhandenen Ressourcen (zur Verfügung stehendes Budget + Personal) einen Investitionsstau verhindern, ohne eine Überschuldung, die die zukünftigen Generationen in ihrem Handeln einschränken würde, zu erzeugen.

---

<sup>22</sup> (Fuss e.V. o.J.a)

<sup>23</sup> (FGSV 2012, S.9)

<sup>24</sup> (Ebd., S.9)

<sup>25</sup> (Ebd., S.9)

<sup>26</sup> (Ebd., S.9)

<sup>27</sup> (FGSV 2019b, S.5)

## 2.3 Kommunale Besonderheiten

- Der Straßenkörper als Träger von Ver- und Entsorgungsleitungen

Dem Straßenkörper kommt im dicht bebauten kommunalen Bereich eine besondere Bedeutung zu. Er erfüllt nicht nur seine Verkehrsfunktion, sondern dient auch als Träger von Ver- und Entsorgungsleitungen.<sup>28</sup> Die Baulastträger dieser Ver- und Entsorgungsleitungen haben das Anrecht für Reparatur-, Erweiterungs- und Erneuerungsarbeiten den Straßenkörper zu öffnen, sind dann aber dazu verpflichtet den Straßenkörper in einem dem Ursprung technisch gleichwertigen Zustand zu verschließen.<sup>29;30</sup> Das die Maßnahmenträger hierauf weniger Priorität legen zeigt sich an vielen Stellen des aktuellen Breitbandausbaus.<sup>31;32;33</sup> Dies hat fatale Folgen für die Substanzentwicklung des Straßenkörpers und damit für den Straßenbaulastträger.<sup>34</sup>

- Zusammentreffen verschiedenster Baulastträger (Ortsdurchfahrt)

Die Verantwortung für die Straßenbaulast von Ortsdurchfahrten liegt beim Bund, es sei denn, diese Verantwortung obliegt den Gemeinden oder es bestehen spezielle öffentlich-rechtliche Verpflichtungen. Die Gemeinde ist für die Erteilung und den Widerruf von Sondernutzungserlaubnissen in den Ortsdurchfahrten zuständig.<sup>35</sup>

- Entscheidungsorgan Gemeinderat

Als Hauptorgan der kommunalen Selbstverwaltung ist der Gemeinderat (in Städten auch als "Stadtrat" bezeichnet) für die Entscheidung über die Angelegenheiten der Kommune zuständig. Der Gemeinderat hat das letzte Wort und wird alle vier bis sechs Jahre (abhängig vom jeweiligen Bundesland) direkt von den Einwohnerinnen und Einwohnern gewählt. Zudem überwacht der Gemeinderat die Verwaltungstätigkeiten, beispielsweise durch Anfragen. Der Höhepunkt des Jahres ist die Verabschiedung des Haushaltsplans, der festlegt, welche finanziellen Mittel im kommenden Jahr für bestimmte Aufgaben zur Verfügung stehen.<sup>36</sup>

- Kommunaler Haushalt

Der kommunale Haushalt besteht aus zwei Teilen, dem Verwaltungshaushalt und dem Vermögenshaushalt. Im Verwaltungshaushalt werden alle regelmäßig wiederkehrenden Kosten erfasst. Im Vermögenshaushalt werden die einmaligen Ausgaben berücksichtigt. Die Kommunen sind dazu angehalten, ihre Haushaltsführung auf die in der Wirtschaft übliche Buchführungsmethode umzustellen, die es ihnen ermöglicht, Unternehmen zu gründen. Insbesondere im Bereich der Stromversorgung, der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung sowie im öffentlichen Nahverkehr sind solche Unternehmen gängig.<sup>37</sup>

---

<sup>28</sup> (Rechnungshof Rheinland-Pfalz 2020, S. 46)

<sup>29</sup> (Brandt-Schwabedissen, A. et al. o.J., S. 1)

<sup>30</sup> (Rechnungshof Rheinland-Pfalz 2020, S. 49)

<sup>31</sup> (Löhnig, F. 2023)

<sup>32</sup> (Schneider, A. 2023)

<sup>33</sup> (Altherr, T. 2022)

<sup>34</sup> (Brandt-Schwabedissen, A. et al. o.J., S. 1f)

<sup>35</sup> (BMDV 2017, S. 5f)

<sup>36</sup> (Saaro, D. et al. 2014, S. 10)

<sup>37</sup> (Ebd., S. 14f)

- Keine flächendeckenden RStO-Oberbauten

Da die Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 2012) erstmals 1975 veröffentlicht wurden, gibt es in vielen Städten immer noch Straßen, deren Aufbau von den RStO 2012 abweicht. In den Kommunen wurden oft eigene Straßenaufbauten basierend auf Erfahrungen verwendet, die nicht den aktuellen RStO-Anforderungen entsprechen. Die genaue Vorhersage der Zustandsentwicklung und die Ermittlung des Finanzbedarfs für diese Straßen ist unwahrscheinlich. Es ist auch fraglich, ob und inwieweit diese Straßen durch eine standardisierte Prognosefunktion genau beschrieben werden können.<sup>38</sup>

- Prognose der Verkehrsbelastung bzw. des Schwerverkehrs

Eine zuverlässige Prognose der Verkehrsbelastung gestaltet sich aufgrund der Feinmaschigkeit kommunaler Straßennetze, die ständigen Veränderungen unterliegen, verbunden mit den individuellen Entscheidungen der Verkehrsteilnehmer, nahezu unmöglich. Darüber hinaus werden in den Modellen kommunaler Erhaltungsmanagementsysteme bisher planerische Standards wie die Neuordnung von Buslinien im Nahverkehrsplan nicht berücksichtigt. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass Busse gemäß den RStO 2012 eine entscheidende Rolle bei der Dimensionierung des Oberbaus in Nebenstraßen spielen und insbesondere bei Straßen, die nach aktuellen Standards als unterdimensioniert gelten, maßgeblich zur Zustandsentwicklung der Fahrbahnen beitragen.<sup>39</sup>

---

<sup>38</sup> (Buttgereit, A. 2018, S.28f)

<sup>39</sup> (Ebd., S.24f)

### 3. Einführung in das kommunale Erhaltungsmanagement

Im folgenden Abschnitt werden die Grundlagen des Erhaltungsmanagements erläutert. Hierzu zählen die Begriffssystematik und Ziele der Straßenerhaltung, der Grundgedanke des Erhaltungsmanagements und die Einflussfaktoren auf die Nutzungsdauer der kommunalen Straßen.

#### 3.1 Ordnungssystem für innerörtliche Verkehrsflächen

Ein Ordnungssystem ist erforderlich, um alle Daten der systematischen Straßenerhaltung, die sich auf spezifische Punkte oder Bereiche im Straßenraum beziehen, einheitlich zu speichern und weiterzuverarbeiten. Dieses System ermöglicht eine klare und eindeutige Zuordnung aller Straßenobjekte und Sachdaten, gegebenenfalls unter Berücksichtigung des örtlichen Geltungsbereichs, und gewährleistet somit eine umkehrbare Zuordnung.<sup>40</sup> Es ist zu empfehlen die Daten nicht lediglich geo-/grafisch (mit Koordinaten) zu referenzieren, sondern diese mit Bezug auf die dazu gehörende Straßenachse zu verorten.<sup>41</sup> Dies lässt sich durch die Anwendung eines primäres Ordnungssystem (I. Ordnungssystem) und sekundäres Ordnungssystem (II. Ordnungssystem) erreichen. Das primäre Ordnungssystem stellt Verkehrsflächen linienhafte in Form eines historisierbaren Knoten/Kanten-Systems dar. Das sekundäres Ordnungssystem ist notwendig, da aufgrund der häufig variierenden Breiten und Komplexität der Verkehrsteilflächen (Fahrbahn, Gehwege, etc.) eine digitalisierte Darstellung der räumlichen Ausdehnung erforderlich ist.<sup>42</sup>

#### 3.2 Begriffssystematik der Straßenerhaltung

Der Begriff "Erhaltung" umfasst eine Vielzahl betrieblicher und baulicher Maßnahmen, die darauf abzielen, Schäden oder Mängel an Fahrbahnbefestigungen zu beheben. Die Art, Reihenfolge, Zeitpunkt und Effektivität dieser Maßnahmen haben einen erheblichen Einfluss auf den Gebrauchswert, den Substanzwert und die Nutzungsdauer von Fahrbahnbefestigungen.<sup>43</sup> Die Abbildung 2 veranschaulicht Maßnahmenkategorien der Straßenerhaltung. Auf die betriebliche Einschränkung ist gesondert hinzuweisen, da sie keine Verbesserung des Zustands der Straße bewirkt, sondern lediglich ein Instrument darstellt, um bauliche Erhaltungsmaßnahmen kurzfristig zu verschieben.<sup>44</sup>

---

<sup>40</sup> (FGSV 2012, S.10)

<sup>41</sup> (Ebd., S.10)

<sup>42</sup> (FGSV 2015a, S.10)

<sup>43</sup> (Schmuck, A. und Maerschalk, G. 1987, S.14)

<sup>44</sup> (Ebd., S.14)

Betriebliche Einschränkung		z.B. Aufstellen von Verkehrszeichen
Betriebliche Unterhaltung (Kontrolle und Wartung)		z.B. Straßenentwässerung, Markierung, Verkehrsbeschilderung
Bauliche Erhaltung	Bauliche Unterhaltung	z.B. akute Kleinstreparaturen
	Instandsetzung	z.B. Fräsen/Neueinbau der Deckschicht
	Erneuerung	z.B. Aufbruch/Neueinbau der Decke bzw. des Oberbaus
Um- und Ausbau (Veränderung der Qualität)		z.B. Querschnittsänderungen
Erweiterung (Erhöhung der Kapazität)		z.B. Anbau von Fahrstreifen
Neubau (Neuanlage von Verkehrsflächen)		

Abbildung 2: Übersicht zu den verschiedenen Bereichen des Straßenbaus (unterlegt: Geltungsbereich der E MI 2012) (verändert) <sup>45;46;47</sup>

Die **betriebliche Unterhaltung** definiert sich durch regelmäßig durchzuführende Maßnahmen wie Straßenreinigung, Pflege von Grünflächen, Seitenstreifen und Gräben, Wartung des Straßenzubehörs sowie den Winterdienst.<sup>48</sup>

Die **Bauliche Unterhaltung** umfasst Maßnahmen kleineren Umfangs, die unmittelbar nach dem Auftreten eines örtlich begrenzten Schadens durchgeführt werden, um die Verkehrssicherheit und Substanz der Verkehrsflächen zu erhalten. Beispiele hierfür sind das Ausbessern von Schlaglöchern oder Rissen sowie kleinflächige Reparaturen an Pflasterdecken oder Plattenbelägen. Diese Maßnahmen zielen darauf ab, die reguläre technische Nutzungsdauer zu erhalten.<sup>49</sup>

**Instandsetzungsmaßnahmen** sind bauliche Maßnahmen, die dazu dienen, die Substanz und/oder die Oberflächeneigenschaften der Verkehrsflächen zu erhalten oder zu verbessern. Sie werden in der Regel auf zusammenhängenden Flächen in Fahrstreifenbreite und mit einer Dicke von bis zu 4 cm ausgeführt. Diese Maßnahmen tragen ebenfalls zur Erhaltung der regulären technischen Nutzungsdauer bei, können aber auch zu einer Verlängerung führen.<sup>50</sup>

**Erneuerungsmaßnahmen** sind bauliche Maßnahmen, die zur vollständigen Wiederherstellung oder Teilerneuerung einer Verkehrsflächenbefestigung dienen, wenn

<sup>45</sup> (BMDV 2019)

<sup>46</sup> (FGSV 2012, S.8)

<sup>47</sup> (Schmuck, A. und Maerschalk, G. 1987, S.14)

<sup>48</sup> (Ebd., S.14)

<sup>49</sup> (FGSV 2012, S.8)

<sup>50</sup> (Ebd., S.8)

mehr als die Deckschicht betroffen ist. Diese Maßnahmen markieren den Beginn der technischen Nutzungsdauer.<sup>51</sup>

### 3.3 Ziele der Straßenerhaltung

Wie aus Kapitel 2.1 hervorgeht sind die Straßenbaulastträger gemäß den Straßen- und Wegegesetzen dazu verpflichtet, die Straßen in einem Zustand zu bauen, umzubauen, zu erweitern oder zu verbessern sowie zu er- und unterhalten, der den regelmäßigen Verkehrsbedürfnissen entspricht.<sup>52</sup> Gleichzeitig haben die Kommunen die Verpflichtung zum wirtschaftlichen Umgang mit Ressourcen gemäß der Gemeinde- und Haushaltsordnung. Vor diesem Hintergrund müssen die Handlungs- und Verfahrensweisen der Straßenerhaltung, -instandsetzung und -erneuerung kontinuierlich überprüft werden, um sicherzustellen, dass sie den aktuellen rechtlichen und wirtschaftlichen Anforderungen entsprechen.<sup>53</sup> Im Rahmen dieser Gesamtaufgabe erstellt der Baulastträger konkrete Bauprogramme für die kommenden Jahre und erarbeitet Szenarien, um die Entwicklung des Straßennetzes in seinem Verantwortungsbereich unter verschiedenen Randbedingungen zu berücksichtigen.<sup>54</sup>

Es liegt in der Verantwortung der kommunalen Straßenbaulastträger, ein Erhaltungsmanagement zu etablieren, das den Anforderungen einer nachhaltigen Straßenerhaltung gerecht wird. Anschließend müssen sie dessen Umsetzung bei den politischen Entscheidungsträgern einfordern. Um eine ganzheitliche Nachhaltigkeit zu gewährleisten, müssen bei der Straßenerhaltung ökonomische, ökologische und sozio-kulturelle Aspekte berücksichtigt werden.<sup>55,56</sup>

- Die ökonomische Nachhaltigkeit der Straßenerhaltung sollte sich an der volkswirtschaftlichen Effizienz ausrichten, um sicherzustellen, dass ein angemessener sozialer und wirtschaftlicher Nutzen den eingesetzten Ressourcen (Investitions- und Erhaltungsaufwendungen) gegenübersteht.
- Eine ökologisch nachhaltige Straßenerhaltung erfordert aktive Maßnahmen zur Reduktion umweltschädlicher Faktoren aus dem Bau und Betrieb von Straßennetzen. Dazu gehören Verkehrsvermeidung, multimodale Angebote, Optimierung von Transportketten, schonender Einsatz natürlicher Ressourcen beim Bau und Vermeidung von Staus.
- Soziale Nachhaltigkeit bedeutet die Organisation eines sozialverträglichen Verkehrs. Dieser muss die vorhandene Mobilitätsnachfrage befriedigen können. Die Versorgung der Bevölkerung mit Anforderungen des täglichen Bedarfs, aber auch der Bildung oder Gesundheitsvorsorge ist zu berücksichtigen.

Das Merkblatt über den Finanzbedarf der Straßenerhaltung in den Kommunen (M FinStraKom) definiert das Ziel der Straßenerhaltung als die Erhaltung der

---

<sup>51</sup> (Ebd., S.8)

<sup>52</sup> (FGSV 2016, S.5)

<sup>53</sup> (Ebd., S.5)

<sup>54</sup> (Ebd., S.5)

<sup>55</sup> (FGSV 2019b, S.4)

<sup>56</sup> (Ebd., S.4)

Gebrauchstauglichkeit und des Werterhalts des kommunalen Straßennetzes über den gesamten Lebenszyklus. Der Lebenszyklus einer Straße beginnt mit ihrer erstmaligen Herstellung und endet mit ihrer Wiederherstellung oder grundhaften Erneuerung.<sup>57</sup> Angesichts begrenzter finanzieller und personeller Ressourcen kann die Erhaltung des Straßennetzes nur durch eine optimierte Nutzung dieser Ressourcen gewährleistet werden.<sup>58</sup> Dies stellt die Baulastträger vor eine große Herausforderung. Sie sind verpflichtet eine sichere Abwicklung des Verkehrs zu gewährleisten. Hierfür ist es notwendig den Zustand der im Zuständigkeitsbereich liegenden Straßen und deren Entwicklung zu kennen, um die daraus erforderlichen Maßnahmen abzuleiten. Die Bewerkstellung dieser Herausforderung bedingt einen effizienten und zielorientierten Ressourceneinsatz der nur durch einen systematischen Aufbau der Informationsorganisation und den dahinterstehenden Datenbanken, sowie deren weiterführenden Auswertungen zu erreichen ist. Dazu ist ein Administrationssystem erforderlich, dass die erarbeiteten Ergebnisse und Bewertungen übersichtlich und verständlich darstellt. Dies kann je nach Bedarf eine oder mehrere Anwendungssoftware beinhalten.<sup>59</sup> Die Zielkriterien der Straßenerhaltung sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Zielkriterien	Erhaltungsziele - Straßenbefestigungen
Sicherheit	Vermeidung jeglicher vom Befestigungszustand ausgehender Unfallgefahr (auch für Fußgänger und Radfahrer)
Leistungsfähigkeit (Befahrbarkeit)	Vermeidung unangemessener physischer Beanspruchungen der Straßennutzer sowie der Fahrzeuge und ihrer Nutzlast
Substanzerhalt	Wirtschaftliche Erhaltung des in Verkehrsflächen investierten Anlagevermögens (des „Substanzwertes“)
Umweltverträglichkeit, Wirkungen auf Dritte	Minimale zustandsbedingte Lärm-/ Spritzwasser-/ Sprühwasseremissionen und minimale optische Beeinträchtigungen des Straßenbildes

Tabelle 1: Zielkriterien der Straßenerhaltung (verändert)<sup>60,61</sup>

Die Anforderungen der Zielkriterien „Sicherheit“ und „Substanzerhalt“, sowie eingeschränkt auch die „Leistungsfähigkeit (Befahrbarkeit)“, ergeben sich zum Teil aus den Rechtsbestimmungen „Unterhaltungspflicht“ und „Verkehrssicherungspflicht“.<sup>62</sup>

Die Qualitätsziele können allgemein über die drei folgenden Ansätze erreicht werden. Diese Ansätze können alternativ oder in Kombination umgesetzt werden. Es gilt für ein zeitgemäßes und erfolgreiches Erhaltungsmanagement dabei zu beachten, die Ansätze so abzustimmen, dass die vorhandenen Ressourcen optimale eingesetzt werden.

<sup>57</sup> (Ebd., S.5)

<sup>58</sup> (FGSV 2005, S.4)

<sup>59</sup> (Ebd., S.4)

<sup>60</sup> (Buttgereit, A. 2018, S.41)

<sup>61</sup> (Schmuck, A. und Maerschalk, G. 1987, S.2)

<sup>62</sup> (Ebd., S.2)

Deshalb sollte als erstes die **Erhaltung der vorhandenen Netzelemente** in Erwägung gezogen werden. Stellt sich dies als unzureichend oder finanziell unwirtschaftlich heraus können **Kapazitätserweiterungen im bestehenden Netz (Neu- und Ausbau)** untersucht werden. Als letzte mögliche Option können **Modernisierungen und damit Anpassungen an neue bau- und sicherheitstechnische Standards** durchaus Sinn ergeben.<sup>63</sup>

### 3.4 Grundlagen des Erhaltungsmanagements

Eine ordnungsgemäße Dimensionierung und Bauausführung in Verbindung mit einer fachgerechten Instandhaltung von Straßen und Wegen führt in der Regel zu einem vorhersehbaren Alterungsverhalten (siehe Abbildung 3). Diese theoretische Nutzungsdauer einer Straßenbefestigung wird nur dann erreicht, wenn erforderliche Unterhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen rechtzeitig durchgeführt werden. Passiert dies aufgrund unzureichender Finanzmittel nicht oder durch den Ersatz mit kostengünstigeren Alternativen, beschleunigt sich der Verlust der Substanz und die Straße erreicht letztendlich einen Zustand, der nur noch durch eine kostenintensive umfassende Erneuerung verbessert werden kann. Die langen Nutzungsdauern von Straßen führen dazu, dass solche Defizite in der Erhaltung oft erst spät erkennbar sind.

64;65;66



Abbildung 3 Grundgedanke des Erhaltungsmanagements (eigene Darstellung)

Für die Auswahl von Erhaltungsverfahren ist es erforderlich, den Zustand der Verkehrsflächenbefestigung zu erfassen und die Schadensursache zu ermitteln.<sup>67</sup> Voraussetzung für die zielorientierte Aufbereitung von Erfassungsdaten ist die standardisierte Erhebung und lagegetreue Zuordnung der Daten zum betrachteten Straßennetz. Durch weitere Auswerteschritte können Erhaltungsmaßnahmen objektscharf zugeordnet werden und die Kosten und Auswirkungen verschiedener Erhaltungsstrategien netzweit abgeschätzt werden.<sup>68</sup>

Die Ermittlung objektiver, nachvollziehbarer und reproduzierbarer Parameter zur Beschreibung des Straßenzustands sowie die geeignete Erfassungsmethode sollte einfach, aber ausreichend genau erfolgen. Dies ermöglicht den Einsatz automatisierter Erfassungs- und Auswertungsalgorithmen und reduziert subjektive Einflüsse durch menschliche Faktoren. Dadurch werden Transparenz und Qualitätssicherung bei der

<sup>63</sup> (Buttgereit, A. 2018, S.41)

<sup>64</sup> (Brandt-Schwabedissen, A. et al. o.J., S.1)

<sup>65</sup> (Buttgereit, A. 2018, S.119f)

<sup>66</sup> (FGSV 2019b, S.15f)

<sup>67</sup> (FGSV 2014, S.11)

<sup>68</sup> (FGSV 2015a, S.7)

Zustandserfassung verbessert, während gleichzeitig der personelle und finanzielle Aufwand begrenzt wird.<sup>69</sup>

Es gilt darauf zu achten, dass ein systematisches Erhaltungsmanagement nicht nur für finanzstarke oder fachstark besetzte Kommunen anwendbar ist, sondern auch mit verträglichem Aufwand in möglichst allen Kommunen nutzbare Ergebnisse erzielt. Zur Akzeptanz und Berücksichtigung in den Kommunen ist ein starkes Aufwand-Nutzen-Verhältnis erforderlich. Die Einführung eines Pavementmanagementsystems (PMS) bzw. Erhaltungsmanagementsystem für Kommunen (EMS-K) allein entlastet nicht automatisch die Verantwortlichen von der Entscheidung, welche Projekte notwendig sind und durchgeführt werden sollten, oder stellt mehr Finanzmittel für die Straßenerhaltung zur Verfügung. Deshalb sollte sich der zusätzliche Aufwand zur Datenpflege auf einem Minimum belaufen und möglichst auf bereits routinemäßig gesammelte bzw. zur Verfügung stehenden Informationen (z. B. aus der regelmäßigen Straßenkontrolle zur Dokumentation der Verkehrssicherungspflicht) oder leicht, d. h. ohne großen Mehraufwand, zu beschaffenden Informationen basieren.<sup>70</sup>

Der Einsatz moderner Informationstechnologien ermöglicht es dem kommunalen Straßenbaulastträger, das notwendige Wissen effektiver vorzuhalten, vielschichtiger auszuwerten und mit den Daten anderer Verwaltungseinheiten zu verknüpfen. Dies versetzt ihn langfristig in die Lage, die Aufgaben der "Verkehrssicherheit" und des "Substanzerhalts" in entsprechender Qualität mit optimaler Wirtschaftlichkeit zu erfüllen. Ein ganzheitlicher Ansatz ermöglicht es zudem, Fremdeinflüsse wie Versorgungsnetze und andere Einbauten in die Entscheidungsprozesse einzubeziehen.<sup>71</sup> Folgende grundsätzliche Ziele sollen dabei verfolgt werden<sup>72</sup>:

1. Optimale Nutzung der vorhandenen Ressourcen
2. Bereitstellung fundierter Informationen über den kurz- und mittelfristigen Ressourcenbedarf basierend auf definierten Erhaltungszielen
3. Objektive Unterstützung bei der Verteilung von Ressourcen (Priorisierung) unter Berücksichtigung der vorgegebenen Rahmenbedingungen, wie z.B. geplante Maßnahmen von Dritten
4. Optimierung sämtlicher Infrastrukturmaßnahmen im öffentlichen Verkehrsraum
5. Entwicklung und Bewertung einer bedarfsgerechten Strategie

Um diese Ziele zu erreichen, sollte der kommunale Straßenbaulastträger über eine objektive und nachvollziehbare Dokumentation verfügen. Diese Dokumentation zeigt Handlungsnotwendigkeiten auf, stellt die Konsequenzen verschiedener Handlungsoptionen dar und ermöglicht eine Quantifizierung der benötigten Ressourcen (Personal/Finanzen) sowie eine Aussage zur Entwicklung der Netzqualität bei gegebenem Budget. Eine solche Dokumentation unterstützt den Straßenbaulastträger

---

<sup>69</sup> (Buttgereit, A. 2018, S.42)

<sup>70</sup> (Ebd., S.42)

<sup>71</sup> (FGSV 2016, S.5)

<sup>72</sup> (Ebd., S.5)

dabei, seine Entscheidungen zu begründen und die Zielerreichung effektiv zu verfolgen.<sup>73</sup>

### 3.5 Einflussfaktoren auf die Dauerhaftigkeit von Verkehrsflächen

Der Straßenoberbau unterliegt durch verschiedene Faktoren wie Alterung, Verkehrseinwirkungen, klimatische Bedingungen und insbesondere im kommunalen Bereich durch Aufgrabungen einer kontinuierlichen Abnutzung. Diese Abnutzung äußert sich zunächst durch das Auftreten von Oberflächenschäden wie Rissen, Ausbrüchen, Abplatzungen, Ausmagerungen, Flickstellen, offenen Nähten und Fugen, sowie durch Unebenheiten.<sup>74;75</sup> Der Zustand einer Straße entwickelt sich maßgeblich in Abhängigkeit von der Herstellungsqualität des Straßenaufbaus, der Belastung und der Qualität der Straßenerhaltung. Während einige dieser Faktoren beeinflusst werden können, unterliegen die übrigen Faktoren anderen zufälligen Einflüssen und sind daher schwer vorhersehbar. Diese Vorhersehbarkeit hat entscheidende Auswirkungen auf den Finanzbedarf.<sup>76</sup> Es kann zwischen endogene (anlagebedingte) und exogene (von außen einwirkende) Einflussfaktoren unterschieden werden (siehe Tabelle 2).

Endogene Einflussfaktoren	Exogene Einflussfaktoren
Dimensionierung (Aufbau) der Konstruktion	Verkehr
Bemessung (Trassierung) der Konstruktion	Temperatur
Baustoffauswahl	Niederschlag
Qualität der Baustoffe und der Bauausführung	UV-Strahlung
Alter(ung)	Luftsauerstoff
Erhaltung	

Tabelle 2: Aufzählung Endogene und Exogene Einflussfaktoren<sup>77</sup>

Einen besonders negativen Einfluss auf die Entwicklung des Straßenzustandes haben<sup>78</sup>:

- Störungsbereiche durch Aufgrabungen,
- Erschwernisse beim Bau und bei der Erhaltung (beengter Arbeitsraum, zeitliche und verkehrliche Abwicklung der Maßnahmen),

<sup>73</sup> (Ebd., S.5)

<sup>74</sup> (FGSV 2015b, S.8)

<sup>75</sup> (FGSV 2019b, S.12)

<sup>76</sup> (Ebd., S.12)

<sup>77</sup> (Karcher, C. 2011, S.11ff)

<sup>78</sup> (FGSV 2019b, S.12)

- Schwachstellen in Form von Arbeitsnähte und Fugen, die wegen kleineren Bauloslängen entstanden sind,
- große horizontale Beanspruchung der oberflächennahen Schichten durch häufiges Beschleunigen, Bremsen und Kurvenfahren sowie Wendemanöver (insbesondere mit Doppelachsen)
- hohe Spurkonzentration des Schwerverkehrs (einschließlich Busverkehr) durch geringe Fahrstreifenbreiten,
- eine höhere Schwerverkehrsbelastung als ursprünglich bei der Dimensionierung des Oberbaus angenommen, zum Beispiel durch zusätzlichen Umleitungsverkehr oder neu eingerichtete Buslinienführungen,
- Unebenheiten in den Rollspuren die zu häufigen dynamischen Achslastspitzen durch den Schwerverkehr führen,
- Sonderverkehre (mit Achslasten über 11,5 t, hohe Einzellasten wie Kranaufstellflächen oder temporäre Baustellenlagerflächen sowie Industrieverkehr mit überhohen Achslasten),
- Zahlreiche von Bäumen verursachten Wurzelschäden, insbesondere auf Geh- und Radwegen.

#### **a. Einflussnahme anderer verbauter Infrastruktur in das Erhaltungsmanagement von Straßen**

Neben ihrer Hauptaufgabe als Verkehrswege dienen kommunale Straßen auch als Träger für Ver- und Entsorgungsleitungen. Dies beinhaltet die Energieversorgung (Strom, Gas, Fernwärme), die Wasserversorgung, die Schmutz- und Regenwasserkanalisation sowie die Telekommunikation.<sup>79</sup> In der folgenden Grafik (Abbildung 4) sind die im kommunalen Untergrund anzutreffenden Leitungsarten gelistet.

---

<sup>79</sup> (Rechnungshof Rheinland-Pfalz 2020, S.46)

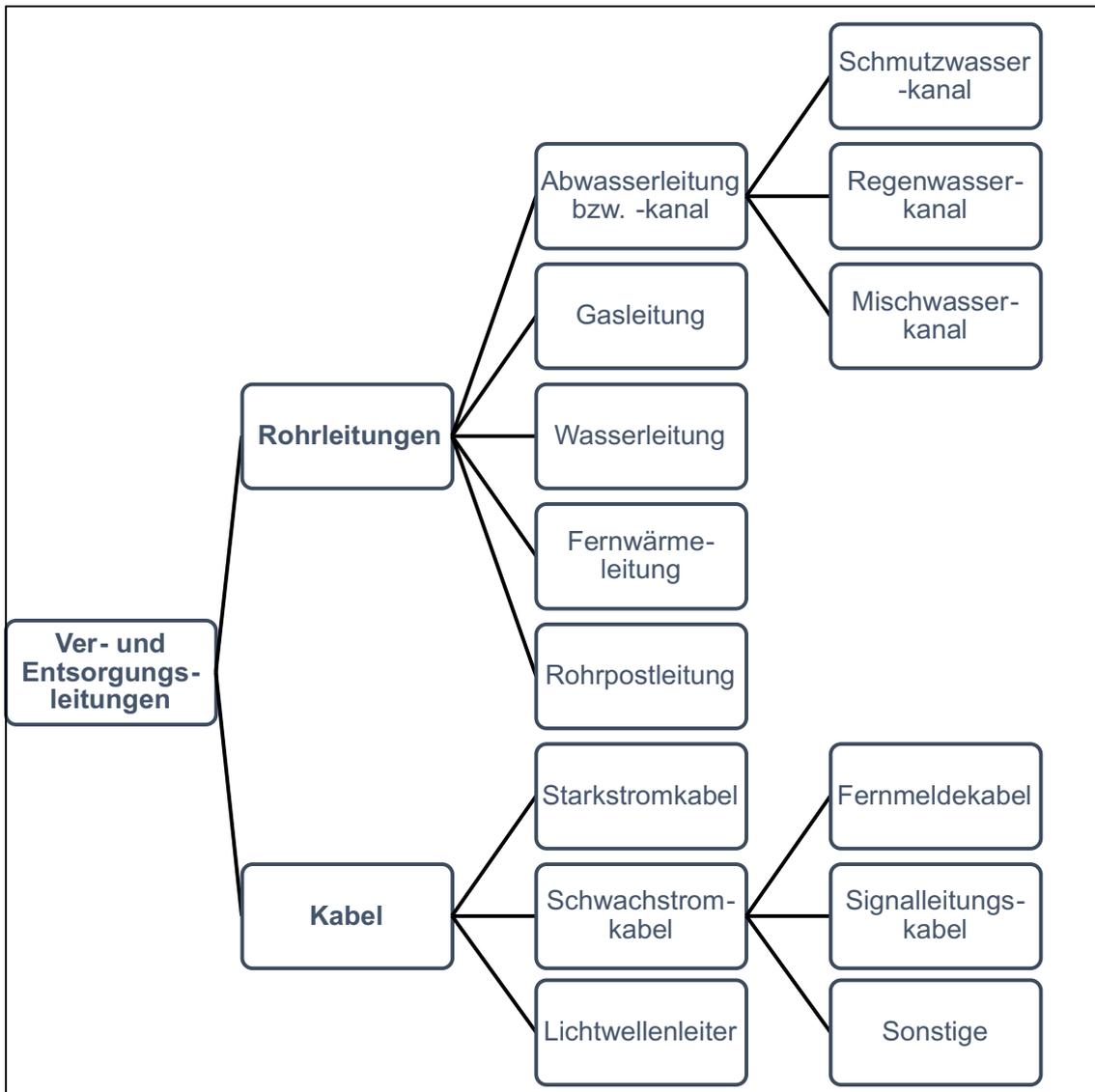


Abbildung 4: Überblick typische unterirdische Leitungsarten (verändert)<sup>80</sup>

Als Aufgrabungen werden Straßenaufbrüche bezeichnet die meist zur Verlegung, Reparatur, Ergänzung und/oder Erneuerung von, im Straßenkörper befindliche, Ver- und Entsorgungsleitungen notwendig sind.<sup>81</sup>

**Reparaturarbeiten** erfordern meist nur kleine, lokal begrenzte Aufbrüche. Die Anzahl solcher Reparaturen in einer Straße lässt sich im Voraus nicht bestimmen. Es kann zu Schwierigkeiten kommen die beschädigten Stellen zu finden, obwohl sie in gewissem Maße vom Alter der Leitungen und anderen äußeren Einflüssen abhängig sind.

Die Durchführung von **Ergänzungsarbeiten**, wie beispielsweise der Verlegung zusätzlicher Leitungen, hängt von der Entwicklung des Stadtgebiets ab. Im Gegensatz zu Reparaturarbeiten sind solche Arbeiten linienförmig und verursachen daher erheblich stärkere Störungen durch Längs- und Quergrabungen.

<sup>80</sup> (Stein, D. und Stein, R. 2001)

<sup>81</sup> (Brandt-Schwabedissen, A. et al. o.J., S.1)

Die **Erneuerung** von Leitungen erfolgt aufgrund des Alters der bestehenden Leitungen. Diese Arbeiten erfordern ebenfalls linienförmige Aufbrüche und verursachen daher erhebliche Störungen. Da die durchschnittliche Lebensdauer der Leitungen bekannt ist, können die Auswirkungen auf die Straßen zeitlich und in Bezug auf die Anzahl der erforderlichen Aufbrüche relativ genau vorhergesagt werden.<sup>82;83</sup>

Der Ablauf eines Straßenaufbruchs verläuft dabei in folgender Reihenfolge ab<sup>84</sup>:

1. Aufnahme des Straßenoberbaus,
2. meist Ausheben von Untergrund bzw. Unterbaumaterial,
3. Beginn der Arbeiten an Ver- und Entsorgungsleitungen,
4. Abschließen der Arbeiten an Ver- und Entsorgungsleitungen,
5. Wiederbefüllen der Baugrube bis zum Planum,
6. Wiederherstellung der Schichten des Oberbaus.

### **b. Auswirkungen von Aufgrabungen**

Eine Aufgrabung führt zu einer nachhaltigen Störung der Lagerungsdichte, der Schichtenfolge und des Schichtenverbunds der Verkehrsflächenbefestigung. Diese drei Faktoren haben einen signifikanten Einfluss auf die Lebensdauer der Straßenbefestigung.<sup>85</sup> Der erhöhte Verschleiß stellt eine Problematik für das öffentliche Vermögen dar. Kommunale Straßen, Wege und Plätze machen einen bedeutenden Anteil des Anlagevermögens der Kommunen aus, dem in Form des Substanzerhalt zwingend Beachtung geschenkt werden muss. Beschleunigt sich der Alterungsprozess der Straßenbefestigung führt das zu einer Wertminderung des Anlagevermögens.<sup>86</sup>

Diese Aufbrüche, die als Flickstellen auf der Straßenoberfläche sichtbar sind, stellen eine wesentliche Schwachstelle und Angriffsfläche für Folgeschäden dar. Das Aufbrechen und anschließende Verfüllen zerstört in der Regel die Homogenität des Aufbaus des Straßenkörpers. Hierzu kann festgehalten werden, dass selbst das fachmännische („perfekt“) wiederhergestellten von Aufbrüchen als Schwach- bzw. Fehlstellen der Straßenbefestigung anzusehen sind. Das ursprüngliche „Gesamtbauwerk Straße“ wurde durchtrennt, was ein erhöhtes Risiko für Folgeschäden mit sich bringt.<sup>87;88</sup> Erschwerend kommt hinzu, dass es nicht selten zu mangelnder Bauausführung bei den Wiederherstellungsmaßnahmen kommt. Durch Kostendruck und fehlende fachtechnische Kompetenz der ausführenden Unternehmen werden gültige Regelwerke und Empfehlungen missachtet, was zu zusätzlichen Qualitätsverlusten

---

<sup>82</sup> (Schmuck, A. und Maerschalk, G. 1989, S.4)

<sup>83</sup> (Buttgereit, A. 2018, S.27)

<sup>84</sup> (Mansfeld R. und Reschke T. 2016, S.3)

<sup>85</sup> (Rechnungshof Rheinland-Pfalz 2020, S. 48)

<sup>86</sup> (Brandt-Schwabedissen, A. et al. o.J., S.1)

<sup>87</sup> (Ebd., S.1)

<sup>88</sup> (Schmuck, A. und Maerschalk, G. 1989, S.7)

führt.<sup>89</sup> Zusätzlich können die Resultate unsachgemäß ausgeführter Wiederherstellungen der Fahrbahnoberfläche zu erhöhter Lärmentwicklung führen.<sup>90</sup>

Deshalb ist die Überwachung und ausgiebige Kontrollen von Aufgrabungen sicherzustellen. Eine systematische und akribische Durchführung ist langfristig lohnenswert und damit zu empfehlen. Für eine wirksame Aufsicht und Abwicklung der Maßnahmen für die Straßenerhaltung empfiehlt die M FinStraKom mindestens 2,5 Stellen (Ingenieure, Meister, Techniker, Kontrolleure) je 100 km Straßenlänge.<sup>91</sup> Fehlen eigene Ressourcen können externe Ingenieurbüros oder Gutachter in Anspruch genommen werden.<sup>92;93</sup> Ziel ist es sicherzustellen, dass die aufgegrabene Verkehrsflächenbefestigung dem ursprünglichen Zustand technisch gleichwertig ist. Hierzu sollten die Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und die Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen (ZTV A-StB) Anwendung finden.<sup>94</sup>

Nach der Erneuerung, der Instandsetzung oder dem Neubau von Straßen sollte ein generelles Aufgrabungsverbot gelten, dass nur im äußersten Notfall Aufbrüche zulässt. Für Fahrbahnoberflächen sollte es mindestens einen Zeitraum von fünf Jahren und für Nebenflächen eine Zeitspanne von drei Jahren umfassen.<sup>95</sup>

Der Veranlasser der Grabung (Maßnahmeträger) muss die Kosten der Wiederherstellung der Grabungsflächen sowie für die Beseitigung von Mängeln innerhalb der Gewährleistungsfristen übernehmen.<sup>96</sup> Nicht in die Verantwortung des Maßnahmeträgers einbezogen werden<sup>97</sup>:

- Kosten, die dem Straßenbaulastträger außerhalb der Gewährleistungsfristen entstehen, beispielsweise aufgrund erhöhter Unterhaltungsaufwendungen oder vorzeitiger Instandsetzungs- und Erneuerungsmaßnahmen.
- Auswirkungen, die sich aufgrund einer Minderung des Gebrauchswertes für Straßennutzer oder Beeinträchtigungen des Straßenumfelds für Anlieger und andere Betroffene ergeben.

Das ist für den Straßenbaulastträger problematisch, da er in den kommenden Jahren mit einem erhöhten Investitionsaufwand rechnen muss, ohne selbst für die Aufgrabung verantwortlich zu sein.

Die Ergebnisse der schriftlichen und mündlichen Umfrage 12 kommunaler Straßenbauverwaltungen im Rahmen des Forschungsberichts, „Auswirkungen örtlich begrenzt auftretender Mängel der Straßenbefestigung auf die Notwendigkeit rechtzeitiger Erhaltungsmaßnahmen“, sagen unter anderem aus, dass bei geringen Grabungstiefen (< 1,60 m) danach weniger gravierende Folgewirkungen als bei tieferen Aufgrabungen (≥ 1,60 m) zu erwarten sind. Die Befragungsergebnisse zur

---

<sup>89</sup> (Brandt-Schwabedissen, A. et al. o.J., S.1)

<sup>90</sup> (Rechnungshof Rheinland-Pfalz 2020, S.49)

<sup>91</sup> (FGSV 2019b, S.14)

<sup>92</sup> (Brandt-Schwabedissen, A. et al. o.J., S.2)

<sup>93</sup> (FGSV 2019b, S.14)

<sup>94</sup> (Rechnungshof Rheinland-Pfalz 2020, S.49)

<sup>95</sup> (Schmuck, A. und Maerschalk, G. 1989, S.7)

<sup>96</sup> (Ebd., S.8)

<sup>97</sup> (Ebd., S.8)

vergleichenden Beurteilung der Nutzungsdauer von bituminösen Befestigungen „mit“ und „ohne“ Aufgrabungen haben ergeben, dass unabhängig von der Befestigungsart („schwer“, „mittel“, „leicht“) davon auszugehen ist, dass „mit“ Aufgrabung mit äußerst geringer Wahrscheinlichkeit 90 % der ursprünglichen Nutzungsdauer erreicht oder überschritten werden kann. Als „unwahrscheinlich“ (25 %) gilt eine Nutzungsdauer von 80 %, als „durchaus möglich“ (Wahrscheinlichkeit ca. 50 %) eine Nutzungsdauer von 70 %, als „wahrscheinlich“ (ca. 75 %) eine Nutzungsdauer von 60 % und „nahezu sicher“ (ca. 90 %) das Erreichen oder Überschreiten einer Nutzungsdauer von 50 % von der zu erwartenden Nutzungsdauer einer bituminösen Befestigung „ohne“ Aufgrabung. Bei Fahrbahnen mit Pflasterdecken ergibt sich insgesamt ein ähnliches Bild. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Nutzungsdauer von 80 % erreicht oder überschritten wird liegt geringfügig höher bei ca. 40 % (siehe Abbildung 5).<sup>98</sup>

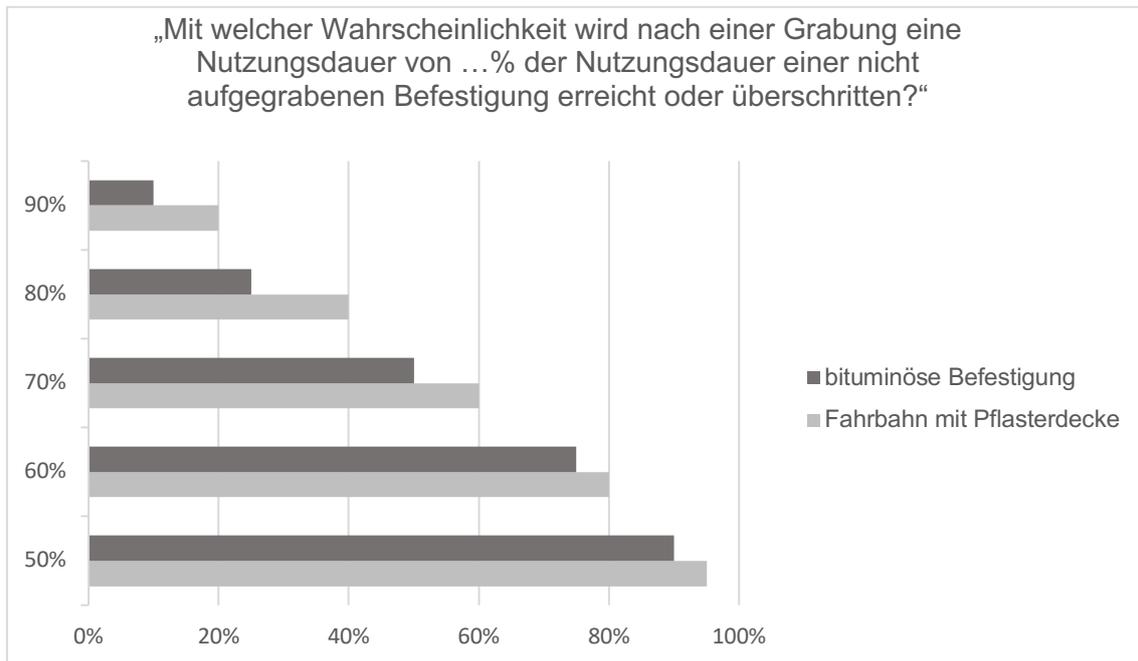


Abbildung 5: Wahrscheinlichkeiten für das Erreichen oder Überschreiten der Nutzungsdauer von nicht aufgegrabenen bituminösen Fahrbahnbefestigungen nach Aufgrabungen (verändert)<sup>99</sup>

Der Verfasser der Umfrage weist darauf hin, dass „[d]ie hier zusammenfassend dargestellten Ergebnisse der Expertenbefragung [...] aufgrund des relativ geringen Kollektivs erfaßter Städte nicht als repräsentativ angesehen werden [können]. Sie vermitteln jedoch ergänzende Hinweise zu den Folgewirkungen von Grabungen, die [...] insbesondere im Hinblick auf den Zustand nach Wiederherstellung von Grabungen sehr gut mit den Ergebnissen der Zustandserfassung vor Ort übereinstimmen.“<sup>100</sup>

Die Durchführung von Baumaßnahmen, insbesondere Aufgrabungen und andere Bauarbeiten von Leitungsnetzbetreibern und anderen Dritten, wirkt sich negativ auf die Planbarkeit von Erhaltungsmaßnahmen (operative EMS-K) sowie die langfristige Beständigkeit von Straßen (strategisches EMS-K) aus. Zur besseren Abstimmung aller

<sup>98</sup> (Ebd., S.23)

<sup>99</sup> (Ebd., S.24)

<sup>100</sup> (Ebd., S.24)

Beteiligten ist der Aufbau und Betrieb einer Schnittstelle, an welcher alle Informationen über die geplanten baulichen Eingriffe in das Straßennetz zusammenlaufen, zu empfehlen. Dadurch kann vermieden werden, dass beispielsweise eine Straße saniert wird, bevor der Leitungsnetzbetreiber Aufgrabungen im Rahmen seiner Maßnahme durchführt. Es empfiehlt sich, die Informationsschnittstelle beim Straßenbaulastträger anzusiedeln, da dieser für die Verkehrsflächen verantwortlich ist.<sup>101</sup>

Die Tabelle 3 zeigt den Verlauf einer Aufgrabung und die Beteiligten je Arbeitsschritt. Es ist auffällig, dass der Straßenbaulastträger der Verkehrsfläche ausschließlich zu Beginn und am Ende der Aufgrabung beteiligt ist.

	<b>Ablaufschritt</b>	<b>Ausführende Partei</b>	<b>Notwendige Absprachen</b>
1.	Antrag für die Baumaßnahme in einer öffentlichen Verkehrsfläche	Versorgungsunternehmen	
2.	Genehmigung der Trasse für die Baumaßnahme	Straßenbaulastträger der Verkehrsfläche	
3.	Beauftragung des Fachunternehmens	Versorgungsunternehmen	
4.	Beantragung des Eingriffs in die Verkehrsfläche gemäß Straßenverkehrsordnung (StVO)	Fachunternehmen	
5.	Genehmigung der Aufgrabung	Straßenverkehrsbehörde	
6.	Ausführung der Bauleistung	Fachunternehmen	
7.	Überwachung der Bauleistung	Versorgungsunternehmen	
8.	Abnahme der fertigen Leistung, d.h. der wiederhergestellten Verkehrsfläche im Bauvertrag	Versorgungsunternehmen	
9.	Übergabe der wiederhergestellten Verkehrsfläche	Straßenbaulastträger der Verkehrsfläche	

Tabelle 3 Verlauf mit jeweiligen Beteiligten einer Aufgrabung (verändert)<sup>102</sup>

<sup>101</sup> (Buttgereit, A. 2018, S.108f)

<sup>102</sup> (Mansfeld R. und Reschke T. 2016, S.19)

### 3.6 Abschätzung der Nutzungsdauer kommunaler Straßen

Die Nutzungsdauer einer Straße wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst, darunter die Verkehrsbelastung, die Witterungsbedingungen, die Anzahl der Aufgrabungen sowie die Qualität des Aufbaus und die Materialeigenschaften der verwendeten Baustoffe.<sup>103</sup> Straßenbefestigungen können als Verbrauchsobjekte betrachtet werden, deren Nutzungsdauer nach der Herstellung oder Erneuerung von der Art und dem Ausmaß der im Laufe der Zeit auftretenden Schäden und Mängel abhängt.<sup>104</sup>

Mit der Einführung der doppelten Buchführung (Doppik) sind die kommunalen Straßenbauverwaltungen dazu aufgefordert, ihr Anlagevermögen, in diesem Fall ihr in Baulast befindliches Straßennetz, zu erfassen und Abschreibungszeiträume bzw. Nutzungsdauern für ihre Straßen abzuschätzen. Die festgelegte Nutzungsdauer der Straßen spielt eine entscheidende Rolle bei der Bestimmung des Finanzbedarfs.<sup>105</sup> Die Tabelle 4 listet die erreichbaren Nutzungsdauern der verschiedenen Straßentypen, die in fünf Straßenarten eingestuft sind.

Wird beispielsweise der Wert einer Straße in Höhe von 3 Millionen Euro über einen Zeitraum von 30 Jahren anstelle der ursprünglich angenommenen Nutzungsdauer von 50 Jahren abgeschrieben, ergeben sich jährliche Abschreibungen von 100.000 Euro anstelle von 60.000 Euro. Dadurch wird der öffentliche Haushalt jährlich um 40.000 Euro zu hoch belastet, was zu einer Einschränkung des finanziellen Spielraums und der Handlungsfähigkeit der Verwaltung führt, obwohl die Gesamtaufwendungen in beiden Szenarien gleich hoch sind. Es ist daher wichtig, große Abweichungen zwischen der geschätzten und tatsächlichen Nutzungsdauer zu vermeiden, sowohl nach oben als auch nach unten. Eine vorzeitige Erneuerung der Anlage vor Ablauf der geschätzten Abschreibungsdauer führt zu einer einmaligen finanziellen Belastung für die Kommune. Andererseits, wenn die Abschreibungsdauer zu niedrig angesetzt wird, ist die jährliche finanzielle Belastung für die Kommune höher als der tatsächliche Wertverlust, was sich negativ auf die Bilanz auswirkt. Zudem wird das weiterhin vorhandene Anlagevermögen nach Ablauf der Abschreibungsdauer nicht mehr in der Bilanz berücksichtigt. Um diese Risiken zu reduzieren, ist es von Interesse für die Straßenbaulastträger und die Finanzverwaltung, die tatsächliche Nutzungsdauer der Anlagegüter möglichst genau zu kennen und bei Abweichungen rechtzeitig zu reagieren.<sup>106</sup>

---

<sup>103</sup> (Buttgereit, A. 2018, S.45)

<sup>104</sup> (Schmuck, A. und Maerschalk, G. 1987, S.3)

<sup>105</sup> (Buttgereit, A. 2018, S.45)

<sup>106</sup> (Ebd., S.45)

Straßenart	Straßentyp	Empfohlene Nutzungsdauer
Straßenart I	Schnellverkehrsstraße, Industriesammelstraße	25 – 50 Jahre
Straßenart II	Hauptverkehrsstraße, Industriestraße, Straße im Gewerbegebiet	30 – 50 Jahre
Straßenart III	Wohnsammelstraße, Fußgängerzone mit Ladeverkehr	40 – 60 Jahre
Straßenart IV	Anliegerstraße, befahrbarer Wohnweg, Fußgängerzone, asphaltierte / betonierte Feldwege	30 – 50 Jahre
Straßenart V	nicht asphaltierte / betonierte Wege mit Unterbau	15 – 30 Jahre

Tabelle 4: Empfohlene Straßennutzungsdauer in Kommunen (verändert)<sup>107</sup>

Die veranschlagte Nutzungsdauer umfasst den Zeitraum zwischen Neu- oder Vollausbau der Straße bis zu dem Zeitpunkt einer vollständigen Erneuerung. Die Entwicklung des Straßenkörpers soll durch eine regelmäßige Erfassung des Zustands der Straßenoberfläche aufgezeichnet und bewertet werden. Um die geplanten Nutzungszeiträume zu erreichen, sind üblicherweise Erhaltungsmaßnahmen erforderlich. Die Summe der Aufwendungen der Erhaltungsmaßnahmen bis zum Ende der Nutzungsdauer ergeben den konsumtiven Finanzbedarf der Straßenerhaltung.<sup>108</sup>

### 3.7 Lebenszykluskosten - Life Cycle Costs (LCC)

In der Betriebswirtschaft wird oft die Frage gestellt, welche Kosten mit einem Produkt verbunden sind. In diesem Fall bezieht sich das Produkt auf die "Bereitstellung der Straße". Dabei wird der gesamte Lebenszyklus der Straße betrachtet und die Kosten von der Erstherstellung bis zur Erneuerung ermittelt. Die Kosten für den Rückbau werden dabei nicht berücksichtigt, da Infrastrukturanlagen in der Regel nicht zurückgebaut werden.<sup>109</sup> Das Ziel besteht darin, optimale Qualität und Verfügbarkeit bei minimalen Kosten zu erhalten.<sup>110</sup>

Ganzheitlich betrachtet liegt die Verantwortung des Erhaltungsmanagements darin, unter Berücksichtigung sowohl technischer als auch kaufmännischer Aspekte eine nachhaltige Herangehensweise für öffentliche Verkehrsflächen über deren gesamten Lebenszyklus hinweg sicherzustellen. Dieser Ansatz wird auch als Gewährleistung der Generationengerechtigkeit bezeichnet. Dieses Prinzip kann nicht nur auf öffentliche

<sup>107</sup> (Ministerium des Inneren, für Digitalisierung und Kommunen BW 2017, S. 118)

<sup>108</sup> (Buttgereit, A. 2018, S.46)

<sup>109</sup> (Ebd., S.122)

<sup>110</sup> (Ebd., S.122)

Verkehrsflächen, sondern auch auf andere Anlagen wie Brücken, Kanäle, Lichtsignalanlagen, usw. angewendet werden.<sup>111</sup>

Um eine möglichst effiziente Nutzung der Lebenszyklen zu gewährleisten, ist es notwendig, eine anlagenübergreifende Erhaltungsstrategie zu formulieren und auf die einzelnen Anlagenteile abzustimmen. Dabei sollen die Lebenszyklen der Anlagen so koordiniert werden, dass die Reinvestitionszeitpunkte aufeinander fallen. Dies ermöglicht eine Minimierung der Erhaltungsmittel. Die dadurch ausgewählte anlagenübergreifende Erhaltungsstrategie erzielt die wirtschaftlichsten Lebenszykluskosten bei einer bestmöglichen Verfügbarkeit und Qualität der Infrastruktur.<sup>112</sup>

---

<sup>111</sup> (Ebd., S.126)

<sup>112</sup> (Ebd., S.127)

## 4. Stand der Technik: Zustandserfassung und -bewertung

Dieses Kapitel bietet einen umfassenden Überblick über die verfügbaren Instrumente zur Umsetzung eines kommunalen Erhaltungsmanagements. Hierzu zählt zunächst die Schaffung eines Überblicks über den baulichen Zustand des Straßennetzes. Dies erfolgt durch die Zustandserfassung und -bewertung für die verschiedenen Möglichkeiten zur Auswahl stehen. Eine dieser Möglichkeiten ist die Zustandserfassung und Bewertung mit dem vialytics System. In Kapitel 4.5 wird dies mit den zuvor erläuterten etablierten Verfahren verglichen. Nach dem ein Überblick über den baulichen Zustand geschaffen wird, erfolgt die Planung von Erhaltungsmaßnahmen in einem dafür vorgesehenen Informationssystem unter Beachtung der ausgewählten Erhaltungsstrategie. Zur Auswahl der Strategie ist die Finanzierung ein entscheidendes Kriterium. Zum Abschluss dieses Kapitels erfolgt eine Zusammenfassung der geführten Interviews mit jeweils einem Vertreter des Tiefbauamtes Aalen und Nagold.

### 4.1 Bedeutung der E EMI und des AP9/K für die kommunale Straßenerhaltung

Die Arbeitspapiere (AP) der FGSV, Serie Nummer neun zur Systematik der Straßenerhaltung, spielen eine wichtige Rolle im Bereich des Erhaltungsmanagements. Sie enthalten ergänzende Informationen zur Zustandserfassung, Auswertung und Erhaltungsplanung. Insbesondere die Arbeitspapiere der Reihe K, die sich auf kommunale Belange beziehen (AP Nr. 9/K), bieten umfassende Hinweise und Ergänzungen für ein effektives kommunales Erhaltungsmanagement. Das Arbeitspapier AP 9/K dient als praktisches Werkzeug für Fachleute, die sich mit der Straßenerhaltung in kommunalem Umfeld beschäftigen. Es ergänzt die FGSV 487: E EMI 2012 und liefert wertvolle Unterstützung für die Planung und Umsetzung von Erhaltungsmaßnahmen auf kommunaler Ebene.<sup>113</sup> Die Ziele der E EMI und der AP sind, die erforderlichen Daten, Prozessabläufe und Verfahrensweisen für die Entwicklung eines Erhaltungsmanagementsystems zu beschreiben. Angesichts der wachsenden Notwendigkeit, bei immer kürzeren Reaktionszeiten wirtschaftlich effizientes Handeln zu gewährleisten, ist der Einsatz einer effizienten Dokumentation, Informationsverwaltung und geeigneter Softwarewerkzeuge unverzichtbar. Auch bei kleineren Straßennetzen ist dies bereits von Bedeutung.<sup>114</sup>

Die E EMI 2012 fokussiert sich ausschließlich auf die Instandsetzung und Erneuerung kommunaler Straßen. Keine Berücksichtigung finden Maßnahmen zur betrieblichen sowie baulichen Unterhaltung und zur Wartung der Verkehrsflächen im Rahmen des Straßenbetriebsdienstes. Erweiterungen zur Erhöhung der Kapazität und Qualitätsverbessernde Veränderungen durch Um- und Ausbaumaßnahmen zählen nicht zur Erhaltung, sind jedoch im Rahmen eines umfassenden Erhaltungsmanagementsystems zu berücksichtigen.<sup>115</sup>

---

<sup>113</sup> (Ebd., S. 14f)

<sup>114</sup> (FGSV 2016, S.5f)

<sup>115</sup> (FGSV 2012, S.8)

Die AP 9/K 2.1 und 2.2 haben das Ziel, den Entscheidungsträgern in den Kommunen dabei zu helfen, die verschiedenen Erhebungsverfahren zu identifizieren, die damit verbundenen Arbeitsabläufe und Einflussparameter zu verstehen und den damit verbundenen Aufwand abzuschätzen. Dadurch sollen sie in der Lage sein, das am besten geeignete Erhebungsverfahren unter Berücksichtigung der spezifischen Randbedingungen und eigenen Ziele auszuwählen. Angesichts der Vielfalt der Kommunen und der Bandbreite der Zielsetzungen muss jedoch für jeden einzelnen Fall eine geeignete Methodik gefunden werden.<sup>116</sup> Das AP9/K 1.1 weist darauf hin, dass die Anforderungen sowie die Ausgangssituation einer Zustandserfassung und -bewertung kommunenspezifisch sind und zwischen Kommunen stark variieren können.<sup>117</sup>

Bei den Arbeitspapieren der Reihe 9 sowie der E EMI 2012 handelt es sich nach der Kategorisierung der Forschungsgesellschaft für Straße- und Verkehrswesen (FGSV) um Regelwerke der Kategorie R 2. R 2-Veröffentlichungen umfassen Merkblätter und Empfehlungen, die innerhalb der FGSV abgestimmt sind. Die FGSV **empfiehlt** ihre Anwendung als aktuellen Stand der Technik.<sup>118</sup> In den Arbeitspapieren wird in der jeweiligen Einführung erläutert, dass der Arbeitsausschuss "Management der Straßenerhaltung" seine Arbeitsergebnisse in Form von Arbeitspapieren präsentiert. Diese enthalten noch keine verbindlichen Technikregeln, sondern bieten Hinweise und Empfehlungen, die sich in der Praxis bereits bewährt haben.<sup>119</sup>

Das bedeutet, dass Stand heute (Juni, 2023) kein verbindliches Regelwerk der Kommunalen Straßenerhaltung existiert. Ob diese Lücke jemals beseitigt wird ist aufgrund der Komplexität des Straßenraums und der unterschiedlichsten Voraussetzungen der Kommunen fraglich.

Hierzu merkte Herr Dr.-Ing. A. Buttgerit in seiner Dissertation aus dem Jahre 2018 folgendes an: „Auf kommunaler Ebene existieren bis heute ausschließlich die ‚Empfehlungen für das Erhaltungsmanagement von Innerortsstraßen‘ [E EMI, 2012] sowie deren operativer Ansatz gemäß den Arbeitspapieren Nr. 9 (AP9). Der Bedarf nach Optimierungsansätzen, vor allem im kommunalen Bereich, ist bis heute vorhanden und wird allgemein als Zukunftsaufgabe gesehen.“<sup>120</sup>

Zudem ist anzumerken, dass in den Bereichen der betrieblichen und baulichen Unterhaltung, sowie der Wartung der Verkehrsflächen im Rahmen des Straßenbetriebsdienstes viel Spielraum für individuelle Lösungen herrscht, da diese Bereiche durch die E EMI nicht abgedeckt werden.

## 4.2 Ansätze zur Durchführung einer Zustandserfassung

Die E EMI 2012 gibt Richtlinien für die Zustandserfassung von Verkehrsflächen vor. Dabei werden zwei Ansätze zur Zustandserfassung beschrieben. Das sind die messtechnische und die visuelle Zustandserfassung. Die Arbeitspapiere AP/K 2.1

---

<sup>116</sup> (FGSV 2015c, S.6)

<sup>117</sup> (FGSV 2005, S.4)

<sup>118</sup> (FGSV 2012, S.29)

<sup>119</sup> (FGSV 2016, S.4)

<sup>120</sup> (Buttgerit, A. 2018, S.38)

„Vorbereitung und Durchführung der messtechnischen Zustandserfassung für innerörtliche Verkehrsflächen“ und AP/K 2.2 „Vorbereitung und Durchführung der visuellen Zustandserfassung für innerörtliche Verkehrsflächen“ der E EMI 2012 beschreiben diese beiden Methoden im Detail. Im folgenden Kapitel wird auf diese beiden Ansätze der Zustandserfassung eingegangen.

### **a. Grundlagen zur Zustandserfassung**

Um Entscheidungen über Erhaltungsmaßnahmen möglichst objektiv treffen zu können, sind präzise Eingangsinformationen von großer Bedeutung. Die Zustandserfassung stellt diese grundlegenden Informationen bereit.<sup>121</sup>

Folgende Aufgaben können mit den Ergebnissen der Zustandserfassung unterstützt werden<sup>122</sup>:

- Zustandsbewertung
- Aussage zur bisherigen Entwicklung des Zustands der Oberfläche der Straßenbefestigung
- Zustandsbeurteilung und Maßnahmenzuordnung
- Grundlage zur Erstellung einer Eröffnungsbilanz sowie zu nachfolgenden Bilanzinventuren

Der aktuelle bauliche Zustand von Verkehrsflächen bestimmt maßgeblich die Notwendigkeit und den Durchführungszeitpunkt von Erhaltungsmaßnahmen. Hierfür wird die Erfassung und Bewertung des baulichen Zustandes benötigt, welche periodisch durchzuführen ist.<sup>123</sup> Dabei können die visuelle und messtechnische Zustandserfassung zum Einsatz kommen.<sup>124</sup>

Dadurch, dass die finanziellen und personellen Möglichkeiten von Kommune zu Kommune differieren müssen die Randbedingungen und Zielsetzung der zu untersuchenden Flächen individuell abgestimmt werden. So muss vor der Erfassung bestimmt werden, welche Teileinrichtungen unterschieden werden sollen. Dazu zählt beispielsweise das Ein- oder Ausschließen von Radwegen. Zudem muss die Genauigkeit, mit der erfasst werden soll, bestimmt werden. Im Arbeitspapier AP9/K 1.1 wird darauf hingewiesen, dass eine winkelgenaue Vermessung aller Teileinrichtungen nicht leistbar und auch nicht notwendig ist. Das Ziel besteht in der Regel darin, eine flächentreue Erfassung zu erreichen, bei der kleine Ungenauigkeiten sich insgesamt ausgleichen. Es ist notwendig, einen Kompromiss zwischen der gewünschten Genauigkeit und dem damit verbundenen Aufwand zu finden, da der Aufwand mit zunehmender Genauigkeit überproportional steigt.<sup>125</sup> Zudem ergeben sich laut AP9/K 2.2 Unterschiede zu Außerortsstraßen, da in kommunalen Netzen die

---

<sup>121</sup> (FGSV 2015a, S.10)

<sup>122</sup> (Ebd., S.10)

<sup>123</sup> (FGSV 2012, S.13)

<sup>124</sup> (Ebd., S.13)

<sup>125</sup> (FGSV 2005, S.10f)

Substanzmerkmale einen höheren Stellenwert einnehmen. Deshalb ist es sinnvoll, hier eine vertiefte Betrachtungsebene anzuwenden.<sup>126</sup>

### **Verwendung historischer Daten:**

Haben Kommunen über mehrere Jahre den Zustand ihres Straßennetzes erfasst und bewertet können die erhobenen Daten zeitlich miteinander in Beziehung gesetzt werden. Das ermöglicht Aussagen über die Entwicklung der Zustandsqualität des Straßennetzes, die Wirksamkeit der durchgeführten Maßnahmen, die Wirksamkeit der eingesetzten Finanzressourcen und die Vermögensentwicklung des Straßennetzes zu treffen.<sup>127</sup>

## **b. Messtechnische Zustandserfassung**

### **Systematik der messtechnischen Zustandserfassung:**

Für die Durchführung der messtechnischen Zustandserfassung sind spezialisierte Messfahrzeuge und -geräte sowie gut ausgebildetes und erfahrenes Personal erforderlich. Da diese Zustandserfassung in regelmäßigen Abständen von 3 bis 5 Jahren stattfindet, wäre es unwirtschaftlich für die Kommune, eigene Fahrzeuge, Geräte und Personal dafür bereitzuhalten. Daher wird empfohlen, diese Aufgaben an qualifizierte Fachfirmen zu vergeben, die auf Ergebnisbasis arbeiten.<sup>128</sup>

Die Vorbereitung der messtechnischen Zustandserfassung erfordert mehrere Arbeitsschritte auf Seiten des Auftraggebers (AG), Auftragnehmers (AN) und organisatorische Maßnahmen.<sup>129</sup> Vor Beginn der Zustandserfassung ist es wichtig, die zur Verfügung gestellten Informationen auf Vollständigkeit und Plausibilität zu überprüfen.<sup>130</sup> Ein entscheidender Faktor für eine erfolgreiche Zustandserfassung ist ein eindeutiges Ordnungssystem des zu erfassenden Straßennetzes.<sup>131</sup> Um eine präzise Zuordnung der erfassten Daten zum Straßennetz zu ermöglichen, müssen während der Erfassung kontinuierlich die Koordinaten der aktuellen Position sowie die zurückgelegte Wegstrecke aufgezeichnet werden.<sup>132</sup> Die Planung der Erfassungsrouten liegt in der Verantwortung des AN, wobei angestrebt wird, längere, zusammenhängende Straßenabschnitte zu erfassen. Zur Visualisierung der Erfassungsrouten können digitale oder gedruckte Befahrungskarten verwendet werden.<sup>133</sup>

Der Zustand innerörtlicher Verkehrsflächen wird in drei Merkmalsgruppen unterteilt: Ebenheit, Substanzmerkmale (Oberfläche/Asphalt) und Substanzmerkmale (Oberfläche/Pflaster). Aktuell erfolgt die Erfassung des Zustandsmerkmals "Griffigkeit" auf kommunaler Ebene nicht systematisch netzweit. Allerdings kann sie objektbezogen

---

<sup>126</sup> (FGSV 2015c, S.7)

<sup>127</sup> (FGSV 2012, S.11)

<sup>128</sup> (FGSV 2016, S.7)

<sup>129</sup> (Ebd., S.8)

<sup>130</sup> (Ebd., S.9)

<sup>131</sup> (Ebd., S.8)

<sup>132</sup> (Ebd., S.6)

<sup>133</sup> (Ebd., S.9)

für relevante Bereiche durchgeführt werden, ähnlich dem Vorgehen bei Außerortsstraßen.<sup>134</sup>

Die erfassten Zustandsgrößen, die fahrstreifenweise ermittelt werden, werden in Abschnitten mit einer Länge von entweder 10 m oder 20 m zusammengefasst. Diese Abschnitte werden in Abstimmung zwischen dem AG und dem AN festgelegt und anschließend dem Ordnungssystem des Straßennetzes zugeordnet.<sup>135</sup> In Zusammenarbeit mit den zuständigen Straßenbau- oder Verkehrsbehörden, die für das betreffende Straßennetz verantwortlich sind, muss geprüft werden, ob eine verkehrsrechtliche Anordnung erforderlich ist, um Messungen im öffentlichen Straßenraum durchführen zu können. Es kann gegebenenfalls notwendig sein, Ausnahmegenehmigungen einzuholen.<sup>136</sup>

Durch die Ausstattung mit besonderen Vorrichtungen zur Erfassung des Straßenzustandes können die Messfahrzeuge über die maximal zulässigen Abmessungen hinausragen. Es ist somit teilweise notwendig die Messfahrzeuge mit Sicherheitsausstattung wie Sicherheitskennzeichnung nach DIN 30710, Warneinrichtung (Rundumlicht gemäß §52 Abs.4 StVZO), Blinkleuchten und/oder Zusatzausstattung (kleiner gelber Blinkpfeil nach RSA oder Zeichen 222/Größe 2 nach Verkehrszeichenkatalog) zu versehen.<sup>137</sup>

### **Durchführung:**

Die messtechnische Zustandserfassung wird fahrstreifenweise anhand vorbereiteter Routenpläne mit messroutenbezogener Messkilometrierung durchgeführt. Für die spätere Zuordnung der Messergebnisse wird zur Stützung der Örtlichkeit während der Messung die Lage von Referenzpunkten (Netzknoten) registriert. Darüber hinaus wird kontinuierlich die Position des Messfahrzeugs mithilfe eines satellitengestützten Positionierungssystems (z. B. GPS/INS) aufgezeichnet. Die verwendeten Messfahrzeuge nutzen Laserabstandssysteme für Längs- und Querprofilmessungen, weshalb eine weitgehend trockene Fahrbahnoberfläche vorausgesetzt wird. Besonderes Augenmerk muss während der Messung auf das exakte Folgen der Radspuren gelegt werden. Sollten Messlücken auftreten oder es zu Abweichungen von der Radspur oder dem zu erfassenden Fahrstreifen kommen (z.B. aufgrund von Verkehrs- oder Baustellenbedingungen) sowie Überschreitungen der zulässigen Messgeschwindigkeitstoleranz, müssen die Messungen in diesem Bereich als ungültig oder eingeschränkt gültig gekennzeichnet werden. Eine Überprüfung der Ergebnisse erfolgt üblicherweise durch eine Plausibilitätsprüfung seitens des Auftraggebers (AG).<sup>138</sup>

---

<sup>134</sup> (Ebd., S.6)

<sup>135</sup> (Ebd., S.7)

<sup>136</sup> (Ebd., S.9)

<sup>137</sup> (Ebd., S.10)

<sup>138</sup> (Ebd., S.10f)

## Ebenheit:

Die Ebenheit bzw. Unebenheit wird wie folgt definiert (Tabelle 5):

Ebenheit	Unebenheit
Die <b>Übereinstimmung</b> der Form der Ist-Oberfläche (tatsächlichen Schichtoberfläche der Fahrbahn) mit der Soll-Oberfläche (projektierten Oberfläche) <sup>139</sup>	Die <b>Abweichung</b> der Form der Ist-Oberfläche (tatsächlichen Schichtoberfläche der Fahrbahn) von der Soll-Oberfläche (projektierten Oberfläche) <sup>140</sup>

Tabelle 5: Definition Ebenheit und Unebenheit (eigene Darstellung)

Die Merkmalsgruppe **Ebenheit** ergibt sich aus den Zustandsmerkmalen Längsunebenheit und Querunebenheit.<sup>141</sup>

Die Längsunebenheit kann die Fahrsicherheit und den Fahrkomfort beeinträchtigen sowie negative Auswirkungen auf das Fahrzeug und seine Ladung haben. Im kommunalen Bereich sind insbesondere Wellenlängen bis zu 30 Metern relevant. Sehr kurzwellige Unebenheiten machen sich vor allem durch erhöhte Geräuschemissionen bemerkbar. Eine vereinfachte Überprüfung der Längsunebenheit erfolgt durch einen Profilschnitt entlang der Straßenlängsrichtung.<sup>142</sup>

Die Prüfung der Querunebenheit erfolgt durch regelmäßige Erfassung von Profilschnitten in Straßenquerrichtung. Querunebenheiten können verschiedene Auswirkungen haben, darunter auch Verkehrssicherheitsrelevante Beeinträchtigungen. Sie können den Wasserablauf verschlechtern und damit den Kontakt zwischen Fahrbahnoberfläche und Fahrzeugreifen verringern. Spritzwasserbelästigungen sind dadurch ebenfalls möglich (Umweltaspekt). Darüber hinaus beeinflussen sie durch Fahrtrichtungsbeeinflussungen die Spurhaltung von Fahrzeugen.<sup>143</sup>

## Substanz (Oberfläche):

Die Merkmalsgruppe "Substanz (Oberfläche)" bezieht sich auf strukturelle Schäden in der Fahrbahnoberfläche, die visuell erkennbar sind. Die Erfassung dieser Schäden erfolgt getrennt nach der Art der Bauweise. Zur Erfassung der Zustandsmerkmale wird der zu untersuchende Fahrstreifen zunächst vollständig mit Oberflächenkameras digital aufgezeichnet. Die Qualität der Bildaufzeichnung muss den Anforderungen genügen, um Risse ab einer Rissweite von 1 mm zuverlässig erkennen zu können. Anschließend erfolgt eine manuelle Auswertung der Oberflächenbilder. Die sichtbaren Schäden auf der Fahrbahnoberfläche werden gemäß definierter Merkmalsdefinitionen und Erfassungsrichtlinien den entsprechenden Schadensmerkmalen zugeordnet. Dabei werden sie mithilfe einer geeigneten technischen Registrierungseinrichtung nach ihrer

---

<sup>139</sup> (Ebd., S.12)

<sup>140</sup> (Ebd., S.12)

<sup>141</sup> (Ebd., S.7)

<sup>142</sup> (Ebd., S.12)

<sup>143</sup> (Ebd., S.13)

Größe oder Häufigkeit erfasst. Mehrere gleichzeitig auftretende Merkmale sind zu beachten.<sup>144</sup>

Auf die weitere Erläuterung der Zustandsindikatoren, die bei der messtechnischen Zustandserfassung erfasst werden, wird an dieser Stelle verzichtet und kann im zugehörigen Regelwerk AP9/K 2.2 nachgeschlagen werden.

### **c. Visuelle Zustandserfassung**

Für die Durchführung der visuellen Zustandserfassung sind aktuelle Bestandsdaten gemäß AP 9/K 1.3 eine essenzielle Voraussetzung, um eine präzise Vorbereitung, Planung und Durchführung zu gewährleisten. Durch in periodischen Zeitabständen wiederholte Erfassungen der in der Baulast befindlichen Verkehrsflächen können Zustandsveränderungen erkannt werden. Als Ergänzung können anlassorientierte Erfassungen, z.B. aufgrund von Schäden nach extremen Wetterereignissen, durchgeführt werden.<sup>145</sup>

#### **Systematik:**

Im Gegensatz zur messtechnischen Erfassung, die im Wesentlichen auf das Vorbehaltsnetz beschränkt ist, bietet die visuelle Erfassung den Vorteil, dass sie auch auf allen Nebenflächen und in Nebenstraßen durchgeführt werden kann. Zudem besteht die Möglichkeit, eigenes Personal für die visuelle Erfassung einzusetzen.<sup>146</sup> Dennoch ist es von großer Bedeutung zu betonen, dass die periodischen, visuellen Zustandserfassungen im Rahmen des Erhaltungsmanagements keinesfalls die laufenden Straßenkontrollen ersetzen sollen. Diese Kontrollen sind nach wie vor unverzichtbar, um den betrieblichen und baulichen Unterhalt der Straßen zu gewährleisten und somit die Verkehrssicherheit zu erhalten.<sup>147</sup> Während die messtechnische Erfassung vollautomatisch und die Auswertung der Daten durch rastergestützte Videoauswertung erfolgt, birgt die visuelle Erfassung das Risiko der Subjektivität des Erfassers.<sup>148</sup> Daher ist sicherzustellen, dass der subjektive Einfluss minimiert wird. Die Erstellung einer Erfassungsrichtlinie mit der dazugehörigen Schulung des Erfassungspersonals kann als wesentlicher Bestandteil dazu beitragen. Durch die Definition der Erhebungsgrößen und der Bestimmung der Verfahrensweise soll eine möglichst vollständige Reproduzierbarkeit der Erhebungsergebnisse erreicht werden.<sup>149</sup>

---

<sup>144</sup> (Ebd., S.16)

<sup>145</sup> (FGSV 2015c, S.6)

<sup>146</sup> (Ebd., S.5)

<sup>147</sup> (Ebd., S.8)

<sup>148</sup> (Ebd., S.7)

<sup>149</sup> (Ebd., S.7)

## Technische Aspekte:

Der Zustand ist bezüglich seiner Lage, Ausdehnung und, sofern möglich oder sinnvoll, auch seiner Ausprägung zu erfassen und zu dokumentieren.<sup>150</sup> Die Ausdehnung beschreibt dabei die Größe, die Ausprägung die Schwere des Schadens. Bei der Ausprägung gilt zu beachten, dass es sinnvoll sein kein in unterschiedlichen Stufen zu differenzieren. Diese Stufigkeit sollte jedoch nicht mehr als drei Stufen annehmen, da weitere Differenzierungen vom Erfassungspersonal nicht realistisch unterscheidbar sind. Grundsätzlich sind nur relevante Veränderungen in Form von Schädigungen, Alterungs- und Verschleißerscheinungen gegenüber dem Sollzustand festzuhalten. Es kann für die spätere Konzeption von geeigneten Erhaltungsmaßnahmen sinnvoll sein, weitere Hinweise zum erfassten Zustandsmerkmal zu liefern. Z.B., ob der Schaden auf Pflanzenwuchs zurückzuführen ist oder ob der Schaden sich innerhalb einer früheren Aufgrabung befindet.<sup>151</sup> Um eine systematische Dokumentation zu gewährleisten sind die visuellen Feststellungen in ein vorbereitetes Formblatt (Erfassungsbogen/mobiler Computer) einzutragen. Zur bestmöglichen Reproduzierbarkeit ist eine lagegetreue Erfassung anzustreben. Deshalb ist eine über einen Abschnitt bzw. Kante gemittelte Erfassung zu vermeiden. Eine direkte Erfassung von Zustandsnoten oder -klassen ist ebenfalls nicht empfehlenswert, da diese später nicht mehr eindeutig nachvollzogen werden können.<sup>152</sup>

Die visuelle Zustandserfassung ist nach Möglichkeit bei trockener oder leicht feuchter Fahrbahnoberfläche durchzuführen. Zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit der Entwässerungseinrichtungen sowie der potenziellen Pfützenbildung ist eine Begutachtung während eines Regenereignisses sinnvoll.<sup>153</sup>

Folgende wesentliche Merkmalsgruppen werden berücksichtigt, wobei grundsätzlich zwischen verschiedenen Arten der Straßenbefestigung (Asphalt- und Pflasterdecken, Plattenbeläge) unterschieden wird<sup>154</sup>:

### Ebenheitsmerkmale

- Muldigkeit/Kantigkeit,
- Längs-/Querunebenheiten
- Spurrinnen, Querunebenheit
- Substanzmerkmale
  - Risse, offene Nähte und offene Fugen
  - Flickstellen
  - Sonstige Oberflächenschäden wie Ausbrüche, Ausmagerungen, Bindemittelanreicherungen sowie Zustand der Einbauten
- Schäden an den Randeinfassungen (Borde, Rinnen)

---

<sup>150</sup> (Ebd., S.7)

<sup>151</sup> (Ebd., S.11)

<sup>152</sup> (Ebd., S.7)

<sup>153</sup> (Ebd., S.8)

<sup>154</sup> (Ebd., S.7)

### **Ebenheitsmerkmale:**

Gemäß den gängigen Verfahrensweisen werden grundsätzlich Ebenheits- und Substanzmerkmale differenziert erfasst. Die Ebenheit wird dabei in Längs- und Querebenheit unterteilt. Diese teilweise abstrakte Ausrichtung der Betrachtungsweise deckt jedoch nicht alle möglichen Zustandskonstellationen auf kommunalen Straßenabschnitten ab. Daher ist es erforderlich, eine alternative Definition für die Erfassung relevanter Ebenheitsmerkmale zu entwickeln. In diesem Zusammenhang sollte auch eine objektivere Herangehensweise angestrebt werden, bei der die direkte Beschreibung mittels Zustandswerten (Noten) durch objektive Messgrößen ersetzt wird. Um eine generell gültige und objektive Erfassung in Form von quantifizierbaren Größen zu unterstützen, wurde daher für die visuelle Erfassung eine Aufteilung der Allgemeinen Unebenheit vorgenommen. Dabei werden die Unebenheiten in "eher langwellige" Unebenheiten (Muldigkeit) und "kurzwellige" Unebenheiten (Kantigkeit) unterteilt.<sup>155</sup>

### **Substanz:**

Die Substanzmerkmale müssen so beschrieben sein, dass eine annähernd gleiche Einschätzung des visuellen Erfassungspersonals möglich ist. Die Beschreibung der Ausprägung der Zustandsmerkmale bzw. deren Stufen sollte stets auf der Basis quantifizierter Größen erfolgen, um eine lagegenaue Erfassung und damit eine weitestgehende Elimination von Subjektivität zu erreichen.<sup>156</sup>

### **Durchführung und Erfassungsmethoden:**

Zur Durchführung der visuellen Zustandserfassung stehen mehrere Erfassungsmethoden zur Auswahl. Diese sind die „direkte Erfassung auf Papier“, die „digitale Vor-Ort-Erfassung mit georeferenziertem Bezug“ und die „Bildokumentation“.<sup>157</sup> Die drei Erfassungsmethoden bieten verschiedene Vor- und Nachteile die mit den dafür notwendigen Arbeitsschritten der jeweiligen Erfassungsmethode im entsprechenden Regelwerk AP9/K 2.2 nachgeschlagen werden kann. An dieser Stelle wird darauf verzichtet und eine, in den Regelwerken nicht befindliche, weiterentwickelte Version der Stadt Münster vorgestellt.

### **Weiterentwickelte visuell-sensitive ZEB in Münster, Stand 12/2016:**

Die visuell-sensitive Zustandserfassung in Münster basiert auf einem Schadenskatalog, der die örtlichen (Münster spezifischen) Standards enthält. Dadurch ist eine größere Wiedererkennung gegeben und damit eine schnellere, einfachere und präzisere Zuordnung der Schadensmerkmale in Ausprägung und Ausdehnung möglich. Aus den Erfassungsergebnissen wurde abgelesen, dass besonders im untergeordneten Straßennetz bei Straßen, die jünger als zehn Jahre sind, kaum dokumentierbare Schäden festzustellen waren. Deshalb wurde sich dazu entschieden den

---

<sup>155</sup> (Ebd., S.7)

<sup>156</sup> (Ebd., S.7f)

<sup>157</sup> (Ebd., S.13ff)

Straßenzustand vereinfachend in zwei Kategorien zu gliedern: schadhaft und schadensfrei. Schadensfreie Bereiche werden automatisch mit dem Zustandswert „gut“ bewertet und weshalb in Münster ausschließlich der schadhafte Bereiche visuell-sensitiv erfasst werden. Für die Länge der zu bewertenden Verkehrsflächenabschnitte hat sich eine Länge von 10 m als aussagekräftig und zweckmäßig erwiesen. Die Ergebnisse werden vergleichbar mit dem PMS des Bundes in einer Farbkarte von Blau (guter Zustand) bis Rot (schlechter Zustand) bewertet. Zur Unterstützung des Erfassungspersonals wurde dem Schadenskatalog Schätzhilfen hinzugefügt.<sup>158</sup> Nachdem das entwickelte Verfahren durch das Tiefbauamt Münster ausgiebig angewendet wurde, wurden Studierende der Fachhochschule Münster beauftragt dieselben Streckenabschnitte zu erfassen. Dabei konnte festgestellt werden, dass über 90 % der Abschnitte, die von den jeweiligen Gruppen innerhalb eines Jahres erfasst wurden, eine hohe Übereinstimmung der Ergebnisse lieferten.<sup>159</sup>

### 4.3 Schadenskatalog und Definition der Zustandsmerkmale

Der Schadenskatalog von Asphaltbefestigungen für die messtechnische und visuelle Zustandserfassung berücksichtigt und definiert die folgenden Zustandsmerkmale in der Tabelle 6:

Zustandsmerkmal	Zustandsindikator	Definition
Allgemeine Unebenheit	Planographsimulation	„Berechnung der Ergebnisse einer virtuellen Planographmessung auf der Basis eines ‚wahren Höhenprofils‘, welches mit einem schnellfahrenden berührungslos arbeitenden Messsystem erfasst wurde“ <sup>160</sup>
	Längsebenheitswirkindex	„Aus dem Höhenprofil abgeleitete Wirkgröße, die die Auswirkungen der Unebenheit auf Fahrer, Ladung und Fahrbahn beschreibt“ <sup>161</sup>
	Muldigkeit	„Liegen Längsunebenheiten in Form von langwelligen Unebenheiten (Wellen, Buckel, Mulden ohne Kanten) vor, werden sie als Muldigkeit bezeichnet. Dabei handelt es sich um ausgedehnte Abweichungen vom Sollniveau, die in Beobachtungsrichtung gesehen eine Längenentwicklung zwischen zwei aufeinander folgenden Hoch- bzw. Tiefpunkten von ca. einem Meter und mehr aufweisen.“

<sup>158</sup> (Buttgereit, A. 2018, S.98ff)

<sup>159</sup> (Ebd., S. 104)

<sup>160</sup> (FGSV 2015b, S. 11)

<sup>161</sup> (Ebd., S. 11)

		Als zusätzlicher Indikator für langwellige Unebenheiten, das heißt Muldigkeit, kann ggf. die Bildung von größeren Pfützen herangezogen werden, die sich bei kurzwelligen Unebenheiten (vgl. Kantigkeit) in weit geringerem Ausmaß oder gar nicht ausbilden.“ <sup>162</sup>
	Kantigkeit	„Liegen Längsunebenheiten in Form von kurzwelligen Unebenheiten vor, werden sie als Kantigkeit bezeichnet. Treten Hoch- bzw. Tiefpunkte als Abweichungen vom Sollniveau in (sehr) kurzen Abständen voneinander auf, ist deren Ursache häufig auf Ausbrüche, Löcher oder aufgesetzte Flickstellen zurückzuführen, die mehr oder weniger scharf ausgeprägte Erhebungen und Stufen bis hin zu sogenannten Waschbrettern bilden. Kurzwellige Unebenheiten sind vorrangig auf Asphalt, Pflaster- und Plattenbelägen zu erwarten.“ <sup>163</sup>
Quer- unebenheit	Spurrinntiefe	„Querunebenheiten liegen zumeist in Form von Spurrinnen vor. Dies sind rinnenförmige Verformungen des Oberbaus entlang der Radspuren, die oft von leichten Erhebungen (Wülsten) oder Aufwölbungen flankiert werden. In der Regel treten sie paarweise innerhalb eines Fahrstreifens auf.“ <sup>164</sup>
	Fiktive Wassertiefe	„Größtes Stichmaß in mm unter einer durch den unteren relativen Hochpunkt einer Rollspur gelegten horizontalen Bezugslinie, ohne Berücksichtigung der Längsneigung.“ <sup>165</sup>
Risse	Netzrisse	„Feine bis klaffende offene Brüche bzw. örtlich begrenzte Trennungen des Werkstoffgefüges. Treten diese als zusammenhängende Risse auf, spricht man von Netzrissen. Offene und vergossene Risse werden gleichermaßen berücksichtigt.“ <sup>166</sup>
	Einzelrisse	„Einzelne, das heißt nicht zusammenhängend auftretende feine bis klaffende offene Brüche, bzw.

<sup>162</sup> (Ebd., S. 10)

<sup>163</sup> (Ebd., S. 11)

<sup>164</sup> (Ebd., S. 12)

<sup>165</sup> (Ebd., S. 12)

<sup>166</sup> (Ebd., S. 13)

		örtlich begrenzte Trennungen des Werkstoffgefüges. Es kann zwischen Längsrissen (parallel zum Fahrbahnrand) und Querrissen (senkrecht zum Fahrbahnrand) unterschieden werden. Bei Asphaltdecken auf hydraulisch gebundenen Schichten können im Bereich der Fugen/Kerben Reflexionsrisse auftreten. Offene und vergossene Risse werden gleichermaßen berücksichtigt.“ <sup>167</sup>
Flickstellen	Flickstellen (eingelegt oder aufgelegt)	„Örtlich begrenzter Bereich einer geschädigten Verkehrsfläche, die durch Ausbessern wiederhergestellt wurde. Es wird nach eingelegten und aufgelegten Flickstellen unterschieden.  Eingelegte Flickstellen: qualifizierte Ausbesserung meist rechtwinklige Abmessung  Aufgelegte Flickstellen: unregelmäßige Abdeckung von Oberflächenschäden“ <sup>168</sup>
Sonstige Oberflächen-schäden	Ausbruch/ Ausmagerung/ Splittverlust	„Herauslösen von Bindemittel oder Mörtel aus der Fahrbahnoberfläche, wodurch Gesteinskörner freigelegt und herausgebrochen werden. Schadensbild von leicht rauer Oberfläche bis hin zu Ausbrüchen und Schlaglöchern.“ <sup>169</sup>
	Bindemittel-anreicherung	„Austreten von bitumenhaltigem Bindemittel an der Straßenoberfläche. Sichtbar ist eine schwarze Färbung (Überfettung) der Fahrbahn, ggf. auch ‚Schwitzstelle‘ genannt.“ <sup>170</sup>
	Abplatzungen	„Lösen der obersten Schicht der Decke von der darunter liegenden Schicht. Zumeist bei Schichten dünner Bauweise zu beobachten (z. B. DSK, DSH).“ <sup>171</sup>
Offene Nähte und Fugen	Offene Nähte, Anschlüsse und Fugen	„Nähte, Anschlüsse und Fugen, die fein bis klaffend ausgemagert bzw. aufgebrochen sind“ <sup>172</sup>

Tabelle 6: Schadenskatalog von Asphaltbefestigungen für die messtechnische und visuelle Zustandserfassung (verändert)

<sup>167</sup> (Ebd., S. 14)

<sup>168</sup> (Ebd., S. 15)

<sup>169</sup> (Ebd., S. 16)

<sup>170</sup> (Ebd., S. 17)

<sup>171</sup> (Ebd., S. 17)

<sup>172</sup> (Ebd., S. 18)

Zur Verdeutlichung der Abdeckung der visuellen- und messtechnischen Zustandserfassung beschreibt die folgende Tabelle 7 die Zustandsindikatoren und -merkmale, die erfasst werden.

Merkmalsgruppe	Zustandsmerkmal	Zustandsindikator	Zustandserfassung	
			V	M
Ebenheit	allgemeine Unebenheit	Werte der Planograph-simulation		X
		Längsebenheits-wirkindex		X
		Muldigkeit	X	
		Kantigkeit	X	
	Querunebenheit	Spurrinnentiefe	X	X
		fiktive Wassertiefe		X
Substanz-merkmale (Oberfläche)	Risse	Netzrisse/ Einzelrisse	X	X
	Flickstellen	eigelegte Flickstellen	X	X
		aufgelegte Flickstellen	X	X
	sonstige Oberflächen-schäden	Ausmagerung/ Splittverlust	X	X
		Bindemittel-anreicherung	X	X
		Abplatzung	X	X
		Ausbrüche	X	X
	offene Nähte und Fugen	offene Nähte, Anschlüsse und Fugen	X	X

Tabelle 7: Zustandsmerkmale für Asphaltbefestigungen (verändert)<sup>173</sup>

<sup>173</sup> (Ebd., S.8)

## 4.4 Verfahren der Zustandsbewertung nach Ansatz der Zustandserfassung

### a. Grundlagen zur Zustandsbewertung

Nach der Erfassung des Zustands schließt sich die Zustandsbewertung an, bei der die dimensionsbehafteten Zustandsgrößen in dimensionslose Zustandswerte überführt werden. Diese Zustandswerte basieren auf einer einheitlichen Notenskala von 1 = keine Schäden bis 5 = sehr starke Schäden. Diese Normierung ist sehr ähnlich zum Schulnotensystem, weshalb die Noten leicht verständlich und intuitiv nachvollziehbar sind. Zudem können Sie anschaulich dargestellt oder statistisch aufbereitet werden.<sup>174</sup>

Im Einzelnen ist die Abgrenzung der normierten dimensionslosen Zustandswerten (Noten) wie folgt <sup>175</sup>:

- Zustandswert <1,5: Es sind keine erkennbaren Schäden vorhanden.
- Zustandswert 1,5: Dieser Grenzwert wird als **1,5-Wert** bezeichnet. Er markiert die Grenze zwischen einem ordnungsgemäßen neuwertigen Zustand und einer beginnenden Schädigung.
- Zustandswert 3,5: Dieser Grenzwert wird als **Warnwert** bezeichnet. Er kennzeichnet einen Zustand, der Anlass zu intensiver Beobachtung, Analyse der Ursachen für den schlechten Zustand und gegebenenfalls Planung geeigneter Maßnahmen gibt.
- Zustandswert 4,5: Dieser Grenzwert wird als **Schwellenwert** bezeichnet. Er beschreibt einen Zustand, bei dessen Erreichen die Prüfung der Einleitung baulicher oder verkehrsbeschränkender Maßnahmen erforderlich ist.

Den Zustandswerten liegt folgende Farbtabelle zu Grunde (Tabelle 8). Bereiche mit einer Zustandsnote zwischen  $\geq 1,5$  und dem Warnwert werden grün dargestellt, während Bereiche zwischen dem Warnwert und dem Schwellenwert gelb markiert sind. Bereiche oberhalb des Schwellenwertes werden rot gekennzeichnet. Abschnitte ohne Schäden werden sinnvollerweise blau dargestellt. Wenn bestimmte Abschnitte nicht erfasst wurden, sollten sie in grau abgebildet werden.

---

<sup>174</sup> (FGSV 2015d, S.9)

<sup>175</sup> (FGSV 2018, S.13)

Zustandsklasse	Zustandswertebereich	Schadensausmaß	Farbe
1	$ZW < 1,5$	keine bzw. vernachlässigbare Schäden	Blau
2	$1,5 \leq ZW < 3,5$	mittlere Schäden	Grün
3	$3,5 \leq ZW < 4,5$	starke Schäden	Gelb
4	$4,5 \leq ZW$	sehr starke Schäden	Rot
-	Keine Erfassung		Grau

Tabelle 8: Zuordnung der Zustandswerte (ZW) zu Zustandsklassen mit Farbschema zur Darstellung der Zustandswertebereiche (verändert)<sup>176</sup>

Die Zustandsbewertung erfüllt den Zweck der Vergleichbarkeit, Verknüpfung, Wertung und Präsentation<sup>177</sup>:

- Vergleichbarkeit: Durch die Umwandlung der Zustandsmerkmale in einheitlich skalierte und dimensionslose Zustandswerte wird ein Vergleich verschiedener Zustandsmerkmale und Verkehrsflächenarten ermöglicht.
- Verknüpfung: Die einheitlich skalierten Zustandswerte können zu komplexen Zustandswerten (Teilzielwerten, Gesamtwert) verknüpft werden, um eine umfassende Bewertung vorzunehmen (Wertesynthese).
- Wertung: Die objektiven Zustandsgrößen werden fachlich bewertet, um eine fundierte Einschätzung des Zustands vornehmen zu können.
- Präsentation: Zustandswerte können auf Karten anschaulich dargestellt werden und dienen als Grundlage für statistische Auswertungen. Sie bilden auch die Grundlage für die Entwicklung von Erhaltungsprogrammen und ermöglichen eine Bewertung des Infrastrukturvermögens.

Die Anforderungen, die an den Zustand einer Straße gestellt werden, können anhand verschiedener Kriterien festgesetzt werden, wie z. B. der Straßenkategorie, dem Geschwindigkeitsniveau, der Verkehrsbelastung (z. B. DTV) oder dem Ausbauzustand. Diese Informationen sollten in einer Straßendatenbank für das gesamte Straßennetz hinterlegt sein. Gegenwärtig ist in den meisten Kommunen jedoch lediglich die Information zur Straßenkategorie auf Netzwerkebene verfügbar. In der E EMI 2012 wird nachfolgenden Funktionsklassen (FK) unterschieden<sup>178,179</sup>:

- FK A umfasst Hauptverkehrs-, Verbindungs- und Sammelstraßen.
- FK B umfasst Quartiers- und Wohnstraßen.

<sup>176</sup> (Ebd., S.13)

<sup>177</sup> (Ebd., S.6)

<sup>178</sup> (FGSV 2015d, S.8)

<sup>179</sup> (Ebd., S.8)

Bei Bedarf können zusätzliche Funktionsklassen eingeführt werden, wie zum Beispiel FK N für Nebenflächen. Die Tabelle 9 zeigt für welche Bauweise (Asphalt oder Pflaster) nach Funktionsklasse (FK A, B, N) Bewertungshintergründe für die messtechnische oder visuelle Zustandserfassung vorliegen.

Bauweise	Funktionsklasse	Erfassungsmethode	
		Messtechnisch	Visuell
Asphalt	A/B	Arbeitspapier 9/K 3.1	
	N	Derzeit kein Bewertungshintergrund vorhanden	Arbeitspapier 9/K 3.2
Pflaster	A/B		
	N		

Tabelle 9: Bewertungshintergrund in Abhängigkeit von Bauweise, Funktionsklasse und Erfassungsmethode (verändert)<sup>180</sup>

### b. Zustandsbewertung bei messtechnischer Zustandserfassung

Zur Durchführung einer Zustandsbewertung nach zuvor durchgeführter messtechnischer Zustandserfassung kann das Arbeitspapier 9/K 3.1 „Zustandsbewertung bei messtechnischer Zustandserfassung“ zu Hilfe genommen werden. Ziel ist es einen Gesamtwert zu bilden, mit dem Aussagen zur Befahrbarkeit, Verkehrssicherheit und dem Substanzerhalt ermöglicht werden. Dazu ist es erforderlich Teilzielwerte zu bilden (siehe Tabelle 10).<sup>181</sup>

<sup>180</sup> (Ebd., S.10)

<sup>181</sup> (Ebd., S.7)

Teilziel	Bedeutung	Teilzielwert	Gesamtwert
Verkehrssicherheit	Vermeidung jeglicher vom Befestigungszustand ausgehender Unfallgefahr	Gebrauchswert	Gesamtwert
Befahrbarkeit	Vermeidung unangemessener physischer Beanspruchung der Straßennutzer sowie der Fahrzeuge und ihrer Ladung		
Substanzerhalt	Wirtschaftliche Erhaltung des in Verkehrsflächen investierten Anlagevermögens, das heißt des „Substanzwertes“	Substanzwert (Oberfläche)	

*Tabella 10: Ziele der Straßenerhaltung bei messtechnischer Zustandserfassung und -bewertung (verändert)<sup>182</sup>*

Die Teilzielwerte werden wie folgt definiert<sup>183</sup>:

- **Gebrauchswert:**

Der Gebrauchswert (TWGEB) quantifiziert die Teilziele "Befahrbarkeit" und "Verkehrssicherheit", die hauptsächlich durch Längs- oder Querunebenheiten und Wasserrückhalt beeinflusst werden. Der Gebrauchswert wird durch die Verknüpfung der Zustandswerte ZWSPT, ZWSPH und ZWSM4L ermittelt.

- **Substanzwert (Oberfläche):**

Der Substanzwert (Oberfläche) (TWSUB) beschreibt die strukturellen Schäden der Fahrbahnoberfläche, die durch die Merkmalsgruppe "Ebenheit im Längsprofil" und die Substanzmerkmale für Asphaltflächen erkennbar sind.

- **Substanzwert (Bestand):**

Der Substanzwert (Bestand) berücksichtigt neben dem Substanzwert (Oberfläche) auch den vorhandenen Straßenaufbau, die Altersstruktur und die Verkehrsbelastung. Für die Ermittlung dieses Wertes werden umfangreichere Daten benötigt, die über den Umfang der Zustandserfassung und -bewertung hinausgehen. Zur Ermittlung des Substanzwertes (Bestand) wird auf das AP 9/S verwiesen.

Die Zustandsgrößen, die aus der messtechnischen Zustandserfassung gewonnen werden, werden mit physikalischen Einheiten angegeben. Beispielsweise wird die mittlere Spurrinntiefe in Millimetern (mm) gemessen und Risse werden als Anteil der geschädigten Rasterfelder in Prozent (%) quantifiziert. Diese Zustandsgrößen werden durch die Zustandsbewertung in Bezug auf ihre Auswirkungen beurteilt. Vor der Bewertung muss festgelegt werden, bis zu welcher Ausprägung und Häufigkeit ein

<sup>182</sup> (Ebd., S.8)

<sup>183</sup> (Ebd., S.13)

Schaden oder Mangel vernachlässigbare, mittlere oder starke Auswirkungen hat, und ab welchem Wert die Notwendigkeit von baulichen oder verkehrsbeschränkenden Maßnahmen geprüft werden muss. Diese Festlegung definiert eine Funktion, mit der die vor Ort erfassten Zustandsgrößen in eine Notenskala von 1,0 (sehr gut) bis 5,0 (sehr schlecht) umgewandelt werden. Dadurch werden die dimensionsbehafteten Zustandsgrößen in normierte Zustandswerte überführt.<sup>184</sup> Die in dem Arbeitspapier aufgeführten Normierungs- und Gewichtungsfaktoren dienen als empfohlene Richtlinie. Je nach den spezifischen Gegebenheiten einer Kommune und den individuellen Zielen können eventuell andere Bewertungsmaßstäbe besser geeignet sein. Es ist jedoch wichtig, dass alle Anpassungen an den Bewertungsmaßstäben fachlich fundiert und nachvollziehbar dokumentiert werden. Ein Beispiel hierfür kann sein<sup>185;186</sup>

Eine Kommune mit einem vergleichsweise schlechten Straßennetz lässt eine Zustandsbewertung nach den im AP9/K 3.1 empfohlenen Normierungsfaktoren durchführen. Das Ergebnis zeigt, dass 40 % des Straßennetzes in einem "sehr schlechten" Zustand sind. Diese Aussage kann auf strategischer Ebene von großer Bedeutung sein, da sie verdeutlicht, dass das Straßennetz gemäß den Empfehlungen der FGSV übermäßig schlecht ist und daher einen erheblichen Erhaltungsbedarf aufweist. Auf operativer Ebene ist diese Aussage jedoch weniger hilfreich, da das verfügbare Budget bei Weitem nicht ausreicht, um alle "sehr schlechten" Strecken zu verbessern. Eine erneute Bewertung mit niedrigeren Anforderungen könnte jedoch dazu dienen, besonders kritische Strecken zu identifizieren, deren Gesamtumfang besser mit den vorhandenen Mitteln vereinbar ist und somit auf objektiven Auswahlkriterien basierend saniert werden können. Dabei muss weiterhin beachtet werden, dass eine langfristige Verbesserung des gesamten Straßennetzes erforderlich ist, da die Aussage, dass 40 % des Straßennetzes gemäß den Empfehlungen der FGSV in einem sehr schlechten Zustand sind, weiterhin gültig bleibt.

### **c. Zustandsbewertung bei visueller Zustandserfassung**

Im kommunalen Bereich wird teilweise die visuelle Zustandserfassung und -bewertung durch das Erfassungspersonal in einem Zug vor Ort durchgeführt. Dies ist zwar pragmatisch aber nicht im Sinne der EMI 2012 und eines systematischen Erhaltungsmanagement und gilt deshalb zu unterlassen. Zur Gewährleistung der Objektivität sind reproduzierbare und somit auch belastbare Informationen über den Straßenzustand zwingend notwendig. Deshalb ist der Erfassungs- von dem Bewertungsvorgang zu trennen oder zumindest das Schadensbild nachvollziehbar (georeferenziert und in ausreichendem Detaillierungsgrad) zu dokumentieren. Das Schadensbild soll in seiner Ausdehnung (Größe) und Ausprägung (Schwere) so beschrieben werden, dass unterschiedliche Erfasser zu unterschiedlichen Zeitpunkten Veränderungen des Schadens erkennen können.<sup>187</sup>

---

<sup>184</sup> (Ebd., S.8)

<sup>185</sup> (Ebd., S.7)

<sup>186</sup> (Ebd., S.7)

<sup>187</sup> (FGSV 2018, S.8)

Grundsätzlich sind bei der visuellen Zustandserfassung nur geschädigte Bereiche zu erfassen. Im Folgenden als Real-Schadensflächen bezeichnet. Diese sind im angestrebten Detaillierungsgrad aufzunehmen und darzustellen. Im Folgenden als Ist-Schadensflächen bezeichnet.<sup>188</sup>

Zur Qualitätssicherung sind begleitend unabhängige Kontrollprüfungen durchzuführen. Diese sollten 10 % bei kleinen Straßennetzen und 1 % bei größeren Straßennetzen, dabei mindestens 5 km und maximal 25 km, betragen. Die Kontrollprüfungen sind innerhalb von 14 Tagen nach der eigentlichen Zustandserfassung durchzuführen. Eine ausreichend genaue Zustandserfassung wurde erreicht, wenn die Georeferenzierung und Lage der Ist-Schadensflächen in Form ihrer Stationierung (Anfang/Ende) maximal um 0,5 m abweichen. Zusätzlich darf sich die Größe (Ausdehnung) um maximal 25 % unterscheiden und die Ausprägung je Schadenstelle maximal um eine Stufe. Die Ausprägung der gesamten Kontrollstrecke darf dabei im Gesamtmittel nicht mehr als 0,3 Stufen abweichen und die Gesamtsumme der aufgezeichneten Schadensflächen der durchgeführten Zustandserfassung maximal um 10 % von der Schadensfläche der Kontrollprüfung variieren.<sup>189</sup>

### **Schadensfläche:**

Bei der Erfassung der Schadensflächen gilt es zu beachten, dass gleichartige Real-Schadensflächen in einem Abstand von 5 m getrennt liegen müssen. Zusätzlich darf die Ist-Schadensfläche nur so gestaltet sein, dass der Anteil gleichartiger Real-Schadensflächen mindestens 30 % beträgt. Trifft eine dieser beiden Bedingungen nicht zu gilt es die gleichartigen Real-Schadensflächen getrennt voneinander zu erfassen.<sup>190</sup> Gleichartig bezeichnet grundsätzlich sowohl dasselbe Zustandsmerkmal als auch gleichzeitig dieselbe Ausprägung. Oftmals treten innerhalb eines geschädigten Bereichs Schäden desselben Typs auf (z. B. Ausbrüche), die jedoch unterschiedliche Ausprägungen aufweisen (z. B. tiefe Schlaglöcher zwischen leicht geschädigten Bereichen). In solchen Fällen darf eine räumliche Zusammenfassung (Aggregation) erfolgen, sofern dies dem letztendlichen Ziel der Zuordnung einer geeigneten Baumaßnahme nicht entgegensteht.<sup>191</sup> Offene Arbeitsnähte und Einzelrisse sind linienhaft zu erfassen und werden durch eine Ist-Schadensfläche mit einer Breite von 1 m (50 cm rechts und links je Seite) abgebildet.<sup>192</sup>

---

<sup>188</sup> (Ebd., S.8)

<sup>189</sup> (Ebd., S.11)

<sup>190</sup> (Ebd., S.9)

<sup>191</sup> (Ebd., S.9)

<sup>192</sup> (Ebd., S.9)

### Teilzielwerte:

Die folgende Tabelle 11 beschreibt die Teilziele der visuellen Zustandserfassung mit den zugehörigen Teilzielwerten.

Teilziel	Bedeutung	Teilzielwert	Gesamtwert
Befahrbarkeit	Vermeidung unangemessener physischer Beanspruchung der Straßennutzer sowie der Fahrzeuge und ihrer Ladung	Gebrauchswert	Gesamtwert
Substanzerhalt	Wirtschaftliche Erhaltung des in Verkehrsflächen investierten Anlagevermögens, das heißt des ‚Substanzwertes‘	Substanzwert (Oberfläche) und Substanzwert (Bestand)	

Tabelle 11: Ziele der Straßenerhaltung bei visueller Zustandserfassung und -bewertung (verändert)<sup>193</sup>

Die Teilzielwerte ergeben sich aus den folgenden zugehörigen Zustandswerten<sup>194</sup>:

- **Gebrauchswert:**

Der Gebrauchswert (TWGEB) quantifiziert das Teilziel "Befahrbarkeit", das hauptsächlich durch Unebenheiten beeinflusst wird. Daher wird der Gebrauchswert durch die Kombination der Zustandswerte Muldigkeit (MUL), Kantigkeit (KAN) und Spurrinntiefe (SPT) ermittelt.

- **Substanzwert (Oberfläche):**

Der Substanzwert (Oberfläche) (TWSUB) beschreibt strukturelle Schäden der Fahrbahnbefestigung, die anhand der Substanzmerkmale erkannt werden können. Bei Asphaltflächen werden hierbei Risse (RISS), aufgelegte Flickstellen (A-FLI), Abplatzungen (APB), offene Nähte und Arbeitsfugen (ONA), Ausmagerungen (AMA) und Bindemittelanreicherungen (BIN) berücksichtigt.

- **Substanzwert (Bestand):**

Auch hier ergänzt der Substanzwert (Bestand) den Substanzwert (Oberfläche) um Informationen zum vorhandenen Straßenaufbau, dessen Altersstruktur und der Verkehrsbelastung. Die Ermittlung dieses Wertes kann nach AP 9/S erfolgen.

### Zustandswerte:

Um eine angemessene Beurteilung vornehmen zu können, ist es erforderlich, festzulegen, ab welcher relativen Ausdehnung in Verbindung mit der entsprechenden Ausprägung eines Schadens oder Mangels vernachlässigbare, mittlere oder starke Auswirkungen auftreten. Die dimensionsbehafteten Zustandsgrößen werden

---

<sup>193</sup> (Ebd., S.17)

<sup>194</sup> (Ebd., S.17)

anschließend in normierte Zustandswerte überführt, die auf einer Notenskala von 1,0 (sehr gut) bis 5,0 (sehr schlecht) eingestuft werden.<sup>195</sup>

### **Substanzwert (Bestand)**

Unter Substanz versteht man den Vorrat an Fähigkeiten, strukturellen Schäden und Verformungen widerstehen zu können. Dies umfasst die Eigenschaften der Befestigungen, die durch die Dimensionierung beeinflusst werden können.<sup>196</sup>

Je nach Bauweise ist das Substanzversagen erkennbar an <sup>197</sup>:

- **Asphalt:**  
starker, engmaschiger Rissbildung in Verbindung mit Setzungsverformungen,
- **Beton:**  
Bruch von 5 % der Platten,
- **Pflaster:**  
starken Verschiebungen des Fugenbildes in Verbindung mit Verkippen, Verdrehungen und Zerstörungen von Pflastersteinen. Gleichzeitig treten Setzungsverformungen auf, oft begleitet von austretendem Bettungs- oder Tragschichtmaterial.

#### **4.5 Vergleich visuelle und messtechnische Zustandserfassung mit dem vialytics System**

Wie bereits in den vorherigen Kapiteln (4.2a, 4.4a) erläutert wurde, ist für die Auswahl von Erhaltungsverfahren die Erfassung und Bewertung des Zustandes der Verkehrsflächenbefestigung erforderlich.<sup>198</sup> Dies soll durch die Zustandserfassung und -bewertung gelingen. Voraussetzung für die zielorientierte Aufbereitung von Erfassungsdaten ist die standardisierte Erhebung und lagegetreue Zuordnung der Daten zum betrachteten Straßennetz. Durch weitere Auswerteschritte können Erhaltungsmaßnahmen objektscharf zugeordnet werden und die Kosten und Auswirkungen verschiedener Erhaltungsstrategien netzweit abgeschätzt werden.<sup>199</sup> Die Ermittlung objektiver, nachvollziehbarer und reproduzierbarer Parameter zur Beschreibung des Straßenzustands sowie die geeignete Erfassungsmethode sollte einfach, aber ausreichend genau erfolgen. Der ständige Zugriff auf aktuelle Daten zum Straßenzustand und dessen Entwicklung steigert die Effizienz der Erhaltungsplanung. Der damit verbundene optimierte Einsatz des vorhandenen Personals, Materialien und der vorhandenen Finanzmittel schafft Potenziale für zusätzliche Maßnahmen.<sup>200</sup> Die visuelle Zustandserfassung ist diesbezüglich der messtechnischen Zustandserfassung

---

<sup>195</sup> (Ebd., S.13)

<sup>196</sup> (FGSV 2019a, S.6)

<sup>197</sup> (FGSV 2019b, S.8)

<sup>198</sup> (FGSV 2014, S.11)

<sup>199</sup> (FGSV 2015a, S.7)

<sup>200</sup> (FGSV 2019b, S.15)

deutlich unterlegen. Sie birgt die Gefahr der subjektiven Bewertung, die dem Ziel der objektiven Parameter deutlich entgegensteht. Deshalb muss bei der visuellen Zustandserfassung mit großem Aufwand der Einfluss der Subjektivität auf ein Minimum reduziert werden.<sup>201</sup> Das vialytics System, sowie die messtechnische Zustandserfassung und -bewertung bieten von Grund auf eine deutlich höhere Reproduzierbarkeit und damit Objektivität.<sup>202</sup>

Zuordnung des vialytics System:

Die Zustandserfassung mit dem vialytics System kann weder als visuelle noch als messtechnische Zustandserfassung eingestuft werden. Das vialytics System kann den Anforderungen der messtechnischen Zustandserfassung nicht standhalten, weil für die messtechnischen Zustandserfassung die Qualität der Bildaufzeichnung das zuverlässige Erkennen von Rissen ab einer Rissweite von 1 mm ermöglichen muss (Kapitel 4.2b). Jedoch ist die Auswertung im vialytics System der der messtechnischen mindestens ebenbürtig. Die messtechnischen Zustandsbewertung erfolgt durch eine manuelle Auswertung der Oberflächenbilder.<sup>203</sup> Bei vialytics geschieht dies durch einen Algorithmus. Je nach Präzision des Algorithmus kann somit eine geringere Fehlerquote als bei der manuellen Auswertung erreicht werden. Zusätzlich ist die Erfassung mit dem Smartphone deutlich flexibler einsetzbar (z.B. für die Dokumentation von Aufgrabungen, etc.).

Die Zustandserfassung mit dem vialytics System kann als Weiterentwicklung der Erfassungsmethoden „Bildokumentation“ der visuellen Zustandserfassung aufgefasst werden. Die aufgeführten Nachteile dieser Methode im AP9/K 2.2 S.18f können nahezu vollständig widerlegt werden. Insbesondere die Auswertung durch den Algorithmus hebt die Zustandserfassung und -bewertung mit dem vialytics System von den visuellen Methoden ab. Damit verringern sich Nachteile gegenüber der messtechnischen Zustandserfassung erheblich.

Wie in Kapitel 3.1 erläutert muss zur Projektion der erfassten Daten auf das Straßennetz während der Erfassung kontinuierlich die Koordinaten der aktuellen Position sowie die zurückgelegte Wegstrecke aufgezeichnet werden.<sup>204</sup> Die messtechnische Zustandserfassung registriert hierfür die Lage von Referenzpunkten (Netzknoten) während der Messung. Zudem wird kontinuierlich die Position des Messfahrzeugs mithilfe eines satellitengestützten Positionierungssystems (z. B. GPS/INS) aufgezeichnet (Kapitel 4.2b).<sup>205</sup> Das vialytics System zeichnet ebenfalls satellitengestützt die aktuelle Position des Erfassungsinstruments (Smartphone) auf. Zur Dokumentation wird die Wegstrecke mit einem Zeitstempel versehen (siehe Abbildung 6). Die geforderte lückenlose Zuordnung ist damit sichergestellt.

---

<sup>201</sup> (FGSV 2015c, S.7)

<sup>202</sup> (FGSV 2018, S.8)

<sup>203</sup> (FGSV 2016, S.16)

<sup>204</sup> (Ebd., S.6)

<sup>205</sup> (Ebd., S.10f)



Abbildung 6: Aufzeichnung der Wegstrecke in der vialytics App (eigene Aufnahme)

Wie in Kapitel 4.2b beschrieben nutzen die verwendeten Messfahrzeuge bei der messtechnischen Zustandserfassung Laserabstandssysteme für Längs- und Querprofilmessungen. Hierfür wird eine weitgehend trockene Fahrbahnoberfläche vorausgesetzt.<sup>206</sup> Die visuelle Zustandserfassung ist nach Möglichkeit bei trockener oder leicht feuchter Fahrbahnoberfläche durchzuführen. Zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit der Entwässerungseinrichtungen sowie der potenziellen Pfützenbildung ist eine Begutachtung während eines Regenereignisses sinnvoll.<sup>207</sup> Das vialytics System setzt zur Erfassung trockene und saubere Straßen voraus zudem muss auf gute Lichtverhältnisse geachtet werden (keine Erfassung bei tiefstehender Sonne).

Während der Messung mit den Messfahrzeugen bei der messtechnischen Zustandserfassung muss besonderes Augenmerk auf das exakte Folgen der Radspuren gelegt werden. Sollten Messlücken auftreten müssen die Messungen in diesem Bereich als ungültig oder eingeschränkt gültig gekennzeichnet werden (siehe Kapitel 4.2b).<sup>208</sup> Bei der visuellen Zustandserfassung sowie der Erfassung mit dem vialytics System muss ein exaktes Folgen der Radspur nicht zwingend eingehalten werden. Bei beiden Methoden erfolgt die Erfassung nach Fahrstreifen, wobei alle ersichtlichen Schäden in die Bewertung einfließen. Können Stellen vor Ort oder auf den Bildern nicht eingesehen werden, werde diese im weiteren Prozess nicht berücksichtigt. Diese Toleranz kann damit begründet werden, dass die erneute Erfassung der Abschnitte in kürzeren Abständen als bei der messtechnischen Zustandserfassung üblich sind.

Bevor die messtechnische Zustandserfassung erfolgen kann, muss mit den zuständigen Straßenbau- oder Verkehrsbehörden, die für das betreffende Straßennetz verantwortlich sind, geprüft werden, ob eine verkehrsrechtliche Anordnung erforderlich ist. Es kann gegebenenfalls notwendig sein, Ausnahmegenehmigungen einzuholen (Kapitel 4.2b).<sup>209</sup> Das Einholen von Ausnahmegenehmigungen bei der Zustandserfassung mit dem

<sup>206</sup> (Ebd., S.10f)

<sup>207</sup> (FGSV 2015c, S.8)

<sup>208</sup> (FGSV 2016, S.10f)

<sup>209</sup> (Ebd., S.9)

vialytics System ist nicht notwendig, da keine anbauten an der Befahrungsfahrzeug notwendig sind und das System bis zu einer Geschwindigkeit von 60 km/h eingesetzt werden kann.<sup>210</sup> Diese Geschwindigkeitsbeschränkung sollte im kommunalen Bereich ausreichend sein. Für die visuelle Zustandserfassung können wiederum Absprachen mit der zuständigen Verkehrsbehörde notwendig sein, um die Sicherheit der Erfasser zu gewährleisten.

Das vialytics System erfasst den Straßenzustand durch die Aufnahme von Bildern in vier Meter Abständen und unterscheidet sich somit von der messtechnischen Zustandserfassung und der visuell-sensitiven ZEB in Münster. Diese haben Verkehrsflächenabschnitte von zehn Metern bzw. 20 Metern festgelegt.<sup>211;212</sup> Eine Wertung, welche Systematik vorteilhafter ist, kann von dem Autor dieser Arbeit nicht getroffen werden.

Das vialytics System ermöglicht es die Straßenkontrollen in einem Zug mit der Zustandserfassung zu verbinden. Hiervon wird bei der visuellen Zustandserfassung abgeraten (siehe Kapitel 4.2c). Bei Anwendung des vialytics Systems in der Straßenkontrollen kann die Zustandserfassung und anschließende Bewertung als zusätzlicher Gewinn gesehen werden, denn der Aufwand erhöht sich nicht. Dadurch kann der geforderten Berücksichtigung der Resultate der Streckenkontrolle im Erhaltungsmanagement besser nachgegangen werden.<sup>213</sup> Zusätzlich wird auf das Ziel, ein systematisches Erhaltungsmanagement nicht nur für finanzstarke oder fachstark besetzte Kommunen anwendbar zu machen, sondern auch mit verträglichem Aufwand in möglichst allen Kommunen nutzbare Ergebnisse zu erzielen (siehe Kapitel 3.4), deutlich hingearbeitet.

---

<sup>210</sup> (vialytics GmbH o.J.i)

<sup>211</sup> (FGSV 2016, S.7)

<sup>212</sup> (Buttgereit, A. 2018, S.98ff)

<sup>213</sup> (FGSV 2018, S.17)

## 5. Stand der Technik: Kommunales Erhaltungsmanagement

### 5.1 Einführung in das kommunale Erhaltungsmanagementsystem

Ein Managementsystem im Bereich der Erhaltung bezieht sich auf ein strukturiertes System oder Verfahren, das alle relevanten technischen und operativen Aspekte umfasst. Es hilft dem Betreiber dabei, fundierte Entscheidungen zu treffen, indem es auf bestimmten Annahmen und grundlegenden Daten basiert. Das Ziel ist es, optimale Ergebnisse in Bezug auf die Erhaltung zu erzielen. Dabei werden sowohl ingenieurmäßige Grundsätze als auch volks- und betriebswirtschaftliche Prinzipien berücksichtigt, um eine umfassende Betrachtung zu gewährleisten.<sup>214</sup>

Erhaltungs-Management-System für Kommunen	„Managementsystem für die kommunalen Verwaltungsaufgaben beim Bau und bei der Erhaltung von Straßenbefestigungen (EMS-K)“ <sup>215</sup>
---	--

Ein systematisches Erhaltungsmanagement ermöglicht es anhand von Bestands- und Zustandsdaten sowie der Historie der durchgeführten Erhaltungsmaßnahmen, den Finanzbedarf konkret zu bestimmen und den Zeitpunkt sowie die Reihenfolge notwendiger Maßnahmen festzulegen. Es hilft auch dabei, die Auswirkungen unterlassener Maßnahmen darzustellen.<sup>216</sup>

„Grundlage [eines EMS-K] ist ein digitales Ordnungssystem (s. AP 9/K 1.2 und AP 9/K 1.3) sowie eine Zustandserfassung und -bewertung (ZEB) (s. AP 9/K 2 und AP 9/K 3). Die Zustandsdaten sind entsprechend diesen Arbeitspapieren standardisiert zu erheben und lagegetreu dem betrachteten Straßennetz abschnittsbezogen zuzuordnen. Damit ist eine Voraussetzung geschaffen, um die Daten zielorientiert aufbereiten zu können. Erstes Ziel ist dann, den Zustand des Straßennetzes objektiv und reproduzierbar darzustellen. Mit weiteren Auswerteschritten können objektscharf sinnvolle Erhaltungsmaßnahmen zugeordnet werden und netzweit Kosten und Auswirkungen verschiedener Erhaltungsstrategien abgeschätzt werden.“<sup>217</sup>

#### a. Fachdaten

Neben den Zustandsinformationen sind zum Betreiben eines Erhaltungsmanagementsystems weitere abschnittsspezifische Fachdaten sinnvoll bzw. erforderlich. Diese umfassen<sup>218</sup>:

- **Ordnungssystem**

Siehe Kapitel 3.1

---

<sup>214</sup> (FGSV 2012, S.6)

<sup>215</sup> (FGSV 2015a, S.40)

<sup>216</sup> (FGSV 2019b, S.14)

<sup>217</sup> (FGSV 2015a, S.7)

<sup>218</sup> (Ebd., S.12)

- **Erhaltungsdaten**

Strecken mit vorgegebenem Erhaltungszeitpunkt (Festmaßnahmen), Art der letzten Maßnahmen zur baulichen Erhaltung, Durchführungsjahr der letzten Maßnahme zur baulichen Erhaltung, Unterhaltungs- und Erhaltungskosten, Strecken ohne Maßnahme (z. B. Baustraße).

- **Verkehrsdaten**

Nutzung durch ÖPNV (Bus, Straßenbahn), Verkehrsbelastung der Fahrbahnen, DTV, DTVSV, Zulässige Höchstgeschwindigkeit, Verkehrsbelastung der Nebenflächen, Fußgängerströme.

- **Höhendaten**

Höhenbindungen.

Es gilt bei der der Beschaffung der Daten auf das Aufwand-Nutzen-Verhältnis zu achten.

## **b. Ergänzende Informationen**

Aufbauend auf die Zustandsinformation und Fachdaten erweitern die ergänzenden Informationen die notwendigen Daten und Fakten zur Erstellung der Erhaltungsplanung. Folgende Daten und Informationen sollten beachtet werden <sup>219</sup>:

- **Bereits geplante Neu-, Um- oder Ausbaumaßnahmen**

Aus- und Umbaumaßnahmen des betrachteten Straßennetzes sollten bei der Erstellung der Erhaltungsplanung bekannt sein. Die Planung geht davon aus, dass der betrachtete Abschnitt in seiner aktuellen Funktion künftig unverändert benötigt wird. Wenn jedoch absehbar ist, dass in naher Zukunft Ausbau- oder Umbaumaßnahmen geplant sind, hat dies erheblichen Einfluss auf die Auswahl der Erhaltungsmaßnahmen. Daher müssen solche Vorhaben frühzeitig in die Planung einbezogen werden, um eine effektive und effiziente Erhaltungsstrategie zu entwickeln.

- **Erhaltungsplanung anderer Infrastruktureinrichtungen**

Die Erhaltungsplanung anderer Infrastruktureinrichtungen spielt eine wichtige Rolle im kommunalen Bereich, da die Straße nicht nur für den Verkehr, sondern auch für die Ver- und Entsorgungsinfrastruktur zuständig ist. Durch eine gezielte Bündelung von Maßnahmen lassen sich bedeutende Effizienzvorteile erzielen. Hierfür ist es erforderlich, die mittelfristige Erhaltungsplanung aller Verkehrsteilflächen im Voraus zu kennen. Anschließend werden die jeweiligen Erhaltungsabschnitte auf Potenziale zur Maßnahmenbündelung untersucht. Das Hauptziel besteht darin, einen geeigneten Zeitpunkt für die gemeinsame Umsetzung von Maßnahmen zu finden, um Kosten, Verkehrsbehinderungen, Belästigungen für Anwohner und Umweltauswirkungen möglichst gering zu halten. In der Regel führt dies zunächst zu vorläufigen Maßnahmen

---

<sup>219</sup> (Ebd., S.12f)

für einzelne Infrastruktureinrichtungen, wobei die Gesamteffizienz langfristige Vorteile mit sich bringen kann.

- **Verkehrsbedeutung und -entwicklung**

Um ein konkretes Erhaltungsprogramm zu erstellen, sind Informationen zur Verkehrsbedeutung des jeweiligen Straßenabschnitts von entscheidender Bedeutung. Das Ziel ist es, verkehrsbedingte Beeinträchtigungen zu minimieren und gegebenenfalls alternative Strecken für den Verkehr bereitzustellen. Die Verfügbarkeit von Ausweichstrecken und mögliche Einschränkungen bei Sperrungen aufgrund der Verkehrsbedeutung können die Auswahl der Erhaltungsmaßnahmen beeinflussen. Es ist daher wichtig, eine Abstimmung mit anderen Straßenbaulastträgern anzustreben.

- **Netzfunktion**

Die Klassifizierung von Strecken als Teil des Vorrangnetzes, Rettungsnetzes oder als Schwerlaststrecken kann sich auf die Art und den Zeitpunkt der Erhaltungsmaßnahmen auswirken.

- **Städtebauliches Umfeld**

Informationen zum städtebaulichen Umfeld können bei der Festlegung von Prioritäten für Erhaltungsmaßnahmen hilfreich sein. Dazu gehört die Siedlungsstruktur (Schulen, Krankenhäuser, Altersheime etc.), Anzahl der betroffenen Einwohner, Gewerbestruktur, verkehrliche Bedeutung, Umweltrelevanz und ÖPNV-Abwicklung. Insbesondere wenn aus wirtschaftlichen Gründen Maßnahmen ausgeschlossen werden müssen, können solche Informationen eine wichtige Rolle bei der Entscheidungsfindung spielen.

- **Lärmminderung und Feinstaubbelastung**

Die Berücksichtigung der Lärmminderung und Feinstaubbelastung kann im Kontext des städtebaulichen Umfelds relevant sein. In einigen Fällen können Vorschriften hinsichtlich dieser Parameter auch gezielte Maßnahmen erfordern, jedoch ist dies in der Regel auf größere Städte beschränkt.

- **Unfallsituation**

Für eine mittelfristige strategische Erhaltungsplanung sind Unfalldaten auf Streckenabschnitten oder an Knotenpunkten eher ungeeignet und können daher für die Erhaltungsplanung nicht genutzt werden. Wenn erhöhte Unfallzahlen auf bestimmten Streckenabschnitten festgestellt werden, sind unverzüglich die notwendigen verkehrsbeschränkenden oder baulichen Maßnahmen einzuleiten.

Eine fehlende systematische Erfassung der erforderlichen Daten für die Straßenerhaltung führt zu einem Mangel an Planungsgrundlagen, für die bedarfsgerechte und wirtschaftliche Bestimmung des Maßnahmen-Mix aus oberflächen- und substanzverbessernden Erhaltungsarbeiten unter Berücksichtigung der Nutzungsdauer und Zustandsdaten der Straßen. Dies führt zu erheblichen Informationslücken bei der Festlegung spezifischer Einzelmaßnahmen und erhöht das

Risiko unwirtschaftlicher Entscheidungen. Damit richtet sich Planung teilweise ausschließlich nach der Kassenlage.<sup>220</sup>

### c. Abgrenzung der Managementsysteme der kommunalen Erhaltung

In Abbildung 7 sind die jeweiligen Umfänge / Bereiche dargestellt die die Managementsysteme berücksichtigen. Aufeinander aufbauend werden die Begriffe Erhaltungsmanagementsystem für Kommunen (EMS-K), Pavementmanagementsystem (PMS-K) und Infrastrukturmanagementsystem (IMS-K) unterschieden. Zudem wird hervorgehoben welchen Umfang die E EMI 2012 berücksichtigt.<sup>221</sup>

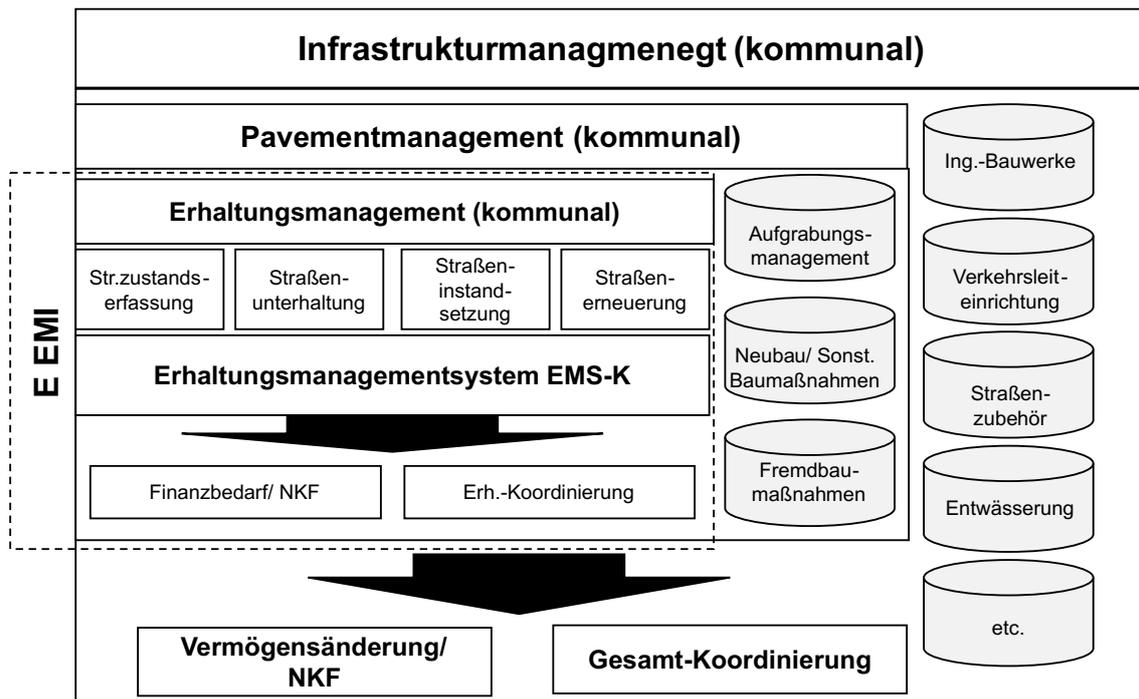


Abbildung 7: Kommunales Managementsystem der Erhaltung (verändert)<sup>222</sup>

#### Kommunales Erhaltungsmanagementsystem (EMS-K)

Durch ein systematisches Erhaltungsmanagement werden die Abläufe und die Entscheidungsfindung für den Straßenbulasträger in der Erhaltung transparenter. Dies gelingt durch die Betrachtung passiver sowie aktiver Vorgänge. Die passiven Vorgänge wie Verschleiß und Alterung können z.B. durch eine systematische Zustandserfassung mit Zustands- und Substanzbewertung dokumentiert werden. Die aktiven Vorgänge liegen in der Verantwortung und der Steuerungsmöglichkeit des Straßenbulasträgers und müssen zur Erhaltung des Straßennetzes abgestimmt werden. Der ständige Zugriff auf aktuelle Daten zum Straßenzustand und dessen Entwicklung steigert die Effizienz der Erhaltungsplanung. Der damit verbundene optimierte Einsatz des vorhandenen Personals, Materialien und der vorhandenen Finanzmittel schafft

<sup>220</sup> (Rechnungshof Rheinland-Pfalz 2020, S.3)

<sup>221</sup> (Buttgereit, A. 2018, S.10)

<sup>222</sup> (FGSV 2012, S.7)

Potenziale für zusätzliche Maßnahmen.<sup>223</sup> Durch die Koordinierung von Baumaßnahmen im EMS-K werden zusätzliche Kosten aus Reisezeitverluste, erhöhte Kraftstoffverbräuche und eine erhöhte Zahl von Verkehrsunfällen minimiert. Dies wird erreicht, indem baustellenbedingte Netzeinschränkungen durch eine systematische Erhaltungsplanung reduziert werden.<sup>224</sup> Die Reduktion ergibt sich durch strategischeres und koordinierteres bauen bzw. sanieren. Dies kann zusätzlich die Reduzierung baustellenbedingter Beeinträchtigungen und -emissionen in Form von Lärm, Staub und Erschütterungen sowie die Vermeidung von Schadstoffemissionen aus gestautem Verkehr für Anlieger bedeuten. Letztendlich schafft das EMS-K eine fundierte Entscheidungsgrundlage für die politischen Entscheidungsträger durch seine Transparenz bei der Maßnahmenauswahl und die Folgekostenbetrachtungen.<sup>225</sup>

### **Pavement Management Systeme (PMS)**

Pavement Management Systeme fanden in Deutschland erstmalig 1999 zur systematischen und EDV-gestützten Straßenerhaltungsplanung Anwendung. Anfängliche bezog sich die Konzipierung der PMS vorwiegend auf die Fahrbahnen des übergeordneten Straßennetzes. Die kommunale Erhaltungsplanung gewann erst in den Folgejahren vermehrt an Bedeutung.<sup>226</sup> Aufgrund der Berücksichtigung verschiedener Eingabedaten ermöglicht der Einsatz eines PMS die Optimierung der Erhaltungsplanung. Zu den Eingabedaten zählen Zustandsdaten, Bestandsdaten, Aufbaudaten, Verkehrsdaten und die Erhaltungsgeschichte. Daten der Verkehrssicherheit und weitere nutzerrelevante Daten können in die Auswertung mit einbezogen werden.<sup>227</sup> Insbesondere durch den Substanzwert Bestand können bei den Berechnungen des PMS nicht nur der Substanzwert Oberfläche, sondern auch das Alter und die Dicke der Schichten berücksichtigt werden.<sup>228</sup> Dies ermöglicht die Abschätzung des künftig zu erwartenden Zustandes. Auf Grundlage der Eingabedaten erfolgt die Aufstellung eines Maßnahmenprogramms mit einer Dringlichkeitsreihung sowie den für die Umsetzung erforderlichen Haushaltsmitteln (Finanzbedarf).<sup>229</sup> Es muss angemerkt werden, dass das PMS lediglich als objektive Entscheidungsgrundlage dient und den planenden Ingenieur unterstützt, jedoch nicht den Ingenieurverstand ersetzen kann.<sup>230</sup>

### **Infrastrukturmanagementsystem (IMS-K)**

Durch den Aufbau eines Infrastrukturmanagements entsteht ein Instrument, das den Entscheidungsträgern für die Erhaltungs- und Investitionsplanung sowie die Ermittlung des erforderlichen Finanzbedarfs zur Verfügung steht. Dies befähigt sie, den Herausforderungen einer sich wandelnden und wachsenden Stadt, des Klimawandels und des demografischen Wandels zu begegnen. Das Infrastrukturmanagement stellt

---

<sup>223</sup> (FGSV 2019b, S.15)

<sup>224</sup> (Ebd., S.15)

<sup>225</sup> (Ebd., S.15)

<sup>226</sup> (Buttgereit, A. 2018, S.38)

<sup>227</sup> (BASt o.J.)

<sup>228</sup> (Ebd.)

<sup>229</sup> (Buttgereit, A. 2018, S.32f)

<sup>230</sup> (BASt o.J.)

eine langfristige Investition in die Zukunft dar, die Generationengerechtigkeit und Nachhaltigkeit verkörpert. Es ermöglicht, die Bedürfnisse kommender Generationen zu erfüllen und positive Veränderungen auf lange Sicht zu erzielen.<sup>231</sup>

## 5.2 Unterscheidung strategische und operative Erhaltungsplanung

Durch den Einsatz strategischer Erhaltungsmanagementsysteme werden langfristig wirkungsvolle Entscheidungen ermöglicht. Sie bieten die Möglichkeit, "sinnvolle" Budgets zu ermitteln, um eine nachhaltige intergenerationale Gerechtigkeit zu gewährleisten. Des Weiteren zeigen sie die Konsequenzen einer Unterfinanzierung für das Straßennetz auf und unterstützen dadurch eine gezielte und optimierte Erhaltung des Straßennetzes.<sup>232</sup> Mit ihnen soll es jeder Kommune gelingen mittelfristige Aussagen zum Straßenzustand, dem Finanzbedarf bzw. der Netzentwicklung treffen zu können. Um dies in der Umsetzung zu erreichen, wird zwischen kurzfristige, konkrete Managementaufgaben, im Folgenden als „operativer Ansatz“ bezeichnet und in langfristige, strategische Managementaufgaben, folgend „strategischer Ansatz“ bezeichnet, unterschieden. Beide Ansätze verfolgen unterschiedliche Vorgehensweisen, in denen auch die unterschiedlichen Anforderungen verschiedener Kommunengrößen berücksichtigt werden. Aufgrund dessen, dass beide Ansätze auf gleiche Datengrundlagen bezüglich des Ordnungssystems sowie der Zustandsdaten zurückgreifen, können und sollten sie grundsätzlich parallel nebeneinander implementiert werden.<sup>233</sup>

„Ziel des **operativen Ansatzes** [Hervorhebung im Original] ist das praktikable Aufstellen von Bauprogrammen auf der Basis des Ist-Zustandes mit einem Planungshorizont von drei bis fünf Jahren.“<sup>234</sup> Dies wird durch eine objektscharfe Betrachtung hinsichtlich

- Erhalt der Gebrauchstauglichkeit,
- Erhalt der Substanz,
- Erhalt des Anlagevermögens,
- Bereitstellung nutzerspezifischer Eigenschaften (kann sich geänderter Nutzung anpassen) und
- Erhalt der wirtschaftlich-technischen Basis der Gebrauchstauglichkeit

vorgenommen.<sup>235</sup>

Im Bauprogramm werden Instandsetzungs- und Erneuerungsmaßnahmen festgelegt, wobei zwischen werterhaltenden (konsumtiven) und werterhöhenden (investiven) Maßnahmen unterschieden wird. Die Entscheidung für eine Maßnahme sollte primär auf bautechnischen Gründen und relevanten Umfeldaspekten basieren, wie beispielsweise der Straßenbedeutung, der Verkehrsbelastung und der Modal Split.<sup>236</sup> Zur Erstellung

---

<sup>231</sup> (Buttgereit, A. 2018, S.135)

<sup>232</sup> (FGSV 2015a, S.9)

<sup>233</sup> (Ebd., S.8)

<sup>234</sup> (Ebd., S.8)

<sup>235</sup> (FGSV 2019b, S.8)

<sup>236</sup> (FGSV 2015a, S.14)

eines Bauprogramms ist im kommunalen Bereich üblicherweise keine Verhaltensprognose notwendig. Aus der Analyse des Ist-Zustandes lässt sich meist ein Handlungsbedarf ableiten, der durch die begrenzten Finanzmittel in einer mehrjährigen Abarbeitung mündet. Dies zwingt die Verantwortlichen bewusst auf die Betrachtung der mittel- bis langfristigen Wirkung der durchgeführten Erhaltungsmaßnahmen zu verzichten. Durch den Einsatz automatisierter Verfahren kann der operative Ansatz weitgehend unterstützt werden. Jedoch ist eine fachtechnische Begleitung unerlässlich, um alle realen Einflussfaktoren angemessen zu berücksichtigen.<sup>237</sup>

„In Ergänzung zum operativen Ansatz haben die Werkzeuge auf strategischer Ebene eine andere Zielsetzung: Mit dem **strategischen Ansatz** [Hervorhebung im Original] wird die langfristige Entwicklung des Zustands im betrachteten Straßennetz unter Berücksichtigung der relevanten und quantifizierbaren Faktoren wie z. B. der Verkehrsbelastung und des Aufbaus prognostiziert.“<sup>238</sup> Darauf aufbauend werden die Auswirkungen bestimmter Handlungen unter gegebenen Randbedingungen (Qualität, Budget, technische Restriktionen) abgeschätzt. Die optimale Auswahl von technisch-wirtschaftlich sinnvollen Erhaltungsmaßnahmen (fiktives Bauprogramm) erfolgt dabei unter Berücksichtigung definierter Zielfunktionen, um das zur Verfügung stehende Budget bestmöglich einzusetzen („Budgetszenario“) oder aber ein vorgegebenes Qualitätsziel möglichst effizient zu erreichen („Qualitätsszenario“).<sup>239</sup> Erhaltungsziele auf der strategischen Ebene sind <sup>240</sup>:

- das fundamentale Transportbedürfnis (Fußverkehr – Eigenversorgung Dienst- oder Arbeitswege - soziales Bewegungsbedürfnis - Erholung) wird befriedigt,
- Rettungsdienste können sicher gesamtfächig agieren,
- die Ver- und Entsorgung ist hinreichend gegeben, Leitungsträger und Versorger können Ihre Anlagen warten und Havarien beseitigen,
- dem Verkehr (MIV, ÖV und nMIV) wird eine entsprechende Infrastruktur bereitgestellt,
- Wirtschafts- und Industrieverkehr kann abgewickelt werden.

Das strategische Modell ist allein nicht für objektscharfe Bewertungen geeignet. Daher wird grundsätzlich empfohlen, strategische Auswertungen und die damit verbundene Prognosen nur für umfassende Netzanalysen zu verwenden.<sup>241</sup>

Zur Verdeutlichung der Unterscheidung der beiden Ansätze kann die Abbildung 8 zu Hilfe genommen werden:

---

<sup>237</sup> (Ebd., S.8)

<sup>238</sup> (Ebd., S.9)

<sup>239</sup> (Ebd., S.9)

<sup>240</sup> (FGSV 2019b, S.8)

<sup>241</sup> (FGSV 2015a, S.8)

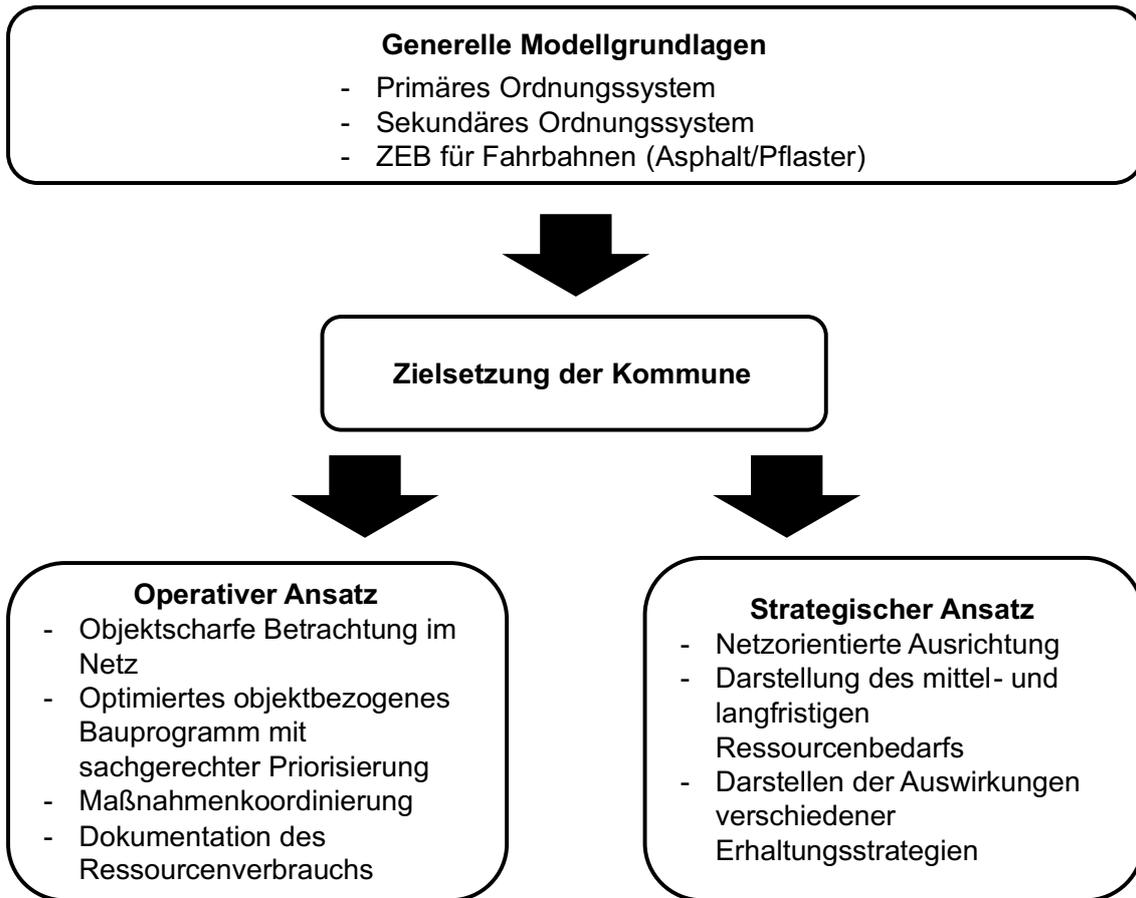


Abbildung 8: Unterscheidung des operativen und strategischen Ansatzes (verändert)<sup>242;243;244</sup>

### 5.3 Angewandte Erhaltungsstrategien und ihre Maßnahmen

Die Auswirkungen verschiedener Erhaltungsstrategien kann anhand der Betrachtung der entstehenden Lebenszykluskosten erfolgen. Im Folgenden werden die Strategien Instandhaltung und betriebliche Unterhaltung (Instandsetzung) gegenübergestellt. Dabei wird damit kalkuliert, dass eine Straße in Asphaltbauweise eine geplante Nutzungsdauer von 40 Jahren aufweist.<sup>245</sup>

Bei der „Instandhaltung“ wird auf eine rechtzeitige Sanierung verzichtet und erst beim Erreichen des Schwellenwerts (Zustandswert 4,5) mit der Durchführung von Instandsetzungsmaßnahmen der Zustandsentwicklung entgegengewirkt. Diese Maßnahmen beschränken sich auf Bauliche Maßnahmen kleineren Umfangs die mit geringem Aufwand in der Regel sofort nach dem Auftreten eines örtlich begrenzten Schadens von Hand oder maschinell ausgeführt werden können. Der Schwellenwert kann bereits nach 15 Jahren erreicht werden und damit frühzeitig vor Erreichen der geplanten Nutzungsdauer. Im Verlauf des Lebenszyklus werden die Abstände zwischen

<sup>242</sup> (FGSV 2012, S.6)

<sup>243</sup> (FGSV 2015a, S.8)

<sup>244</sup> (Buttgereit, A. 2018, S. 97)

<sup>245</sup> (FGSV 2019b, S.25)

den Instandhaltungsmaßnahmen kürzer und die entstehenden Kosten tendenziell höher. Zudem sorgt ein erhöhte Kontrollaufwand zur Sicherstellung der Verkehrssicherheit zu erhöhten Kosten der betrieblichen Unterhaltung. Trotz durchgeführter Maßnahmen verschlechtert sich die Substanz weiterhin, bis eine vorzeitige (geplante Nutzungsdauer von 40 Jahren noch nicht erreicht) grundhafte Erneuerung der Gesamtbefestigung notwendig wird.<sup>246</sup>

Bei der „Instandsetzung“ dagegen werden bei Erreichen des Schwellenwerts Instandsetzungsmaßnahmen durchgeführt. Dies sind z.B. der Ersatz der Deckschicht bzw. der Ersatz der Deck- und Binderschicht welche die Gesamsubstanz der Befestigung schützen. Diese Erhaltungsmaßnahmen können beispielsweise nach 15 und 30 Jahren durchgeführt werden. Eine grundhafte Erneuerung wird erst zum geplanten Ende der Nutzungsdauer nach 40 Jahren erforderlich. Dadurch ergeben sich Einsparungen von ca. 20 % gegenüber der Strategie „Instandhaltung“. Darüber hinaus ist eine Verlängerung der Nutzungsdauer möglich.<sup>247</sup> Aus technischer Sicht ist dies durchaus denkbar, wenn nach 40 Jahren eine weitere Instandsetzungsmaßnahme (Ersatz der Deckschicht) durchgeführt wird. Auch aus wirtschaftlicher Sicht ist dies sinnvoll, da die Verteilung der Herstellungskosten auf eine längere Lebensdauer dazu führt, dass die jährlichen Abschreibungsbeträge stärker sinken als die Erhaltungskosten steigen. Dadurch wird deutlich, dass die Berücksichtigung des Vermögenswerts in Verbindung mit der technischen Sichtweise zu einer anderen, wirtschaftlich vorteilhaften Entscheidung führen kann. Trotz höherer Erhaltungskosten und einer Verlängerung der Lebensdauer kann dies insgesamt zu einem günstigeren jährlichen "Preis der Straße" führen.<sup>248</sup>

Folgend sind in Tabelle 13 und Tabelle 14 die Instandhaltungs- bzw. Instandsetzungsverfahren und ihre Eignung zur Beseitigung der vorliegenden Schadensursache aufgeführt. Auf die Erläuterung der Verfahren und ihre Anwendung bzw. Ausführung wird an dieser Stelle verzichtet. Dies kann im zugehörigen Regelwerk die ZTV BEA-StB nachgeschlagen werden.

---

<sup>246</sup> (Ebd., S.25f)

<sup>247</sup> (Ebd., S.26f)

<sup>248</sup> (Ebd., S.27)

### Instandhaltung:

Die Abkürzungen der Instandhaltungsverfahren haben folgende Bedeutung:

Abkürzung	Instandhaltungsverfahren
A&A	Anspritzen und Abstreuen
Schlämmen	Aufbringen von bitumenhaltigen Schlämmen oder Porenfüllmassen
Flickstellen	Ausbessern mit Asphaltmischgut
V&V	Verfüllen und Vergießen
Aufrauen	Aufrauen
Abfräsen	Abfräsen von Unebenheiten

Tabelle 12: Abkürzungen der Verfahren der Instandhaltung (eigene Darstellung)

Merkmalsgruppe	Zustandsmerkmal	Erscheinungsbild / Ursache	Instandhaltungsverfahren nach den Abschnitten					Abfräsen
			A&A	Schlämmen	Flickstellen	V&V	Aufrauen	
Ebeneheit	Ebeneheit im Längsprofil	Verformung	-	-	O	-	-	+
		Tragfähigkeit	-	-	-	-	-	-
	Ebeneheit im Querprofil	Verformung	-	-	O	-	-	+
		Tragfähigkeit	-	-	-	-	-	-
Rauheit	Griffigkeit	Bindemittelanreicherung	-	-	+	-	+	-
		Polierte Kornoberfläche	-	-	-	-	+	-
Substanzmängel	Netzrisse		+	O	-	-	-	-
	Ausmagerung		+	+	+	-	-	-
	Flickstellen		-	-	+	-	-	-
	Kornausbrüche		O	-	+	-	-	-
	Einzelrisse		-	-	-	+	-	-

Legende:	
+	geeignet
O	bedingt geeignet
-	nicht geeignet

Tabelle 13: Zuordnung von Merkmalsgruppen zu geeigneten Instandhaltungsverfahren (verändert)<sup>249</sup>

**Instandsetzung:**

Für die Instandsetzung stehen die in der Tabelle 14 aufgeführten Instandsetzungsverfahren (Oberflächenbehandlungen - OB, Dünne Asphaltdeckschichten in Kaltbauweise - DSK, Dünne Asphaltdeckschichten in Heißbauweise aus AC D, SMA und MA, Dünne Asphaltdeckschichten in Heißbauweise auf Versiegelung - DSH-V, Rückformen - RF, Ersatz einer Asphaltdeckschicht - EAD) zur Verfügung.

Merkmalsgruppe	Zustandsmerkmal	Erscheinungsbild / Ursache	Instandsetzungsverfahren nach den Abschnitten				
			OB	DSK	AC D, SMA und MA, DSH-V	RF	EAD
Ebenheit	Ebenheit im Längsprofil	Verformung	-	-	-	+	+
		Tragfähigkeit	-	-	-	-	-
	Ebenheit im Querprofil	Verformung	-	+	+	+	+
		Tragfähigkeit	-	-	-	-	-
Rauheit	Griffigkeit	Bindemittelanreicherung	-	+	+	+	+
		Polierte Kornoberfläche	+	+	+	+	+
Substanzmängel	Netzrisse		+	+	+	+	+
	Ausmagerung		+	+	+	+	+
	Flickstellen		O	+	+	-	+
	Kornausbrüche		+	+	+	+	+
	Einzelrisse		-	-	-	-	+

<sup>249</sup> (FGSV 2014, S. 28)

Legende:	
+	geeignet
O	bedingt geeignet
-	nicht geeignet

Tabelle 14: Zuordnung von Merkmalsgruppen zu geeigneten Instandsetzungsverfahren (verändert)<sup>250</sup>

## 5.4 Finanzierungsplanung und Bilanzierung von Erhaltungsmaßnahmen

Der Grundgedanke einer nachhaltigen Finanzierungsplanung besteht darin, den langfristigen durchschnittlichen Mittelbedarf für die Erhaltung der Straßeninfrastruktur in etwa mit dem jährlichen Wertverlust (langjähriger Durchschnittswert pro Jahr) auszugleichen.<sup>251</sup> In Deutschland existieren derzeit nur rudimentäre Ansätze zur Unterstützung der kommunalen Finanzplanung.<sup>252</sup>

Bei einer vergleichenden Betrachtung der Vermögensentwicklung in den Bereichen Abwasserbeseitigung und Straßenbau wird deutlich, dass das Straßenvermögen einen erheblich größeren Wertverlust aufweist. Dies kann daran liegen, dass in der Abwasserbeseitigung von jeher eine starke Fokussierung auf die Vermögensentwicklung besteht, die durch die Gebührenrechnung finanziert wird. Im Gegensatz dazu erfolgt die Finanzierung des Straßenbaus überwiegend durch Steuermittel. Diese unterschiedliche Finanzierungsstruktur ermöglicht eine soliderere Finanz- und Projektplanung in der Abwasserbeseitigung, da die Gebühren eine verlässliche Einnahmequelle darstellen.<sup>253</sup>

Aufgrund des zeitlich begrenzten Umfangs dieser wissenschaftlichen Arbeit kann auf die Bilanzierung im Sinne der Doppik nicht eingegangen werden. Es kann auf Literatur wie dem AP 9/F1 für weitere Informationen zurückgegriffen werden.

Nichtsdestotrotz soll in dieser Arbeit eine Möglichkeit der Finanzierungsplanung beschrieben werden. Die im folgenden genannten Kennzahlen sollen Orientierung über den Bedarf zum Erhalt eines durchschnittlichen Zustandes der Straßen („Standard-Erhaltungsstrategie“) über das gesamte Netz (Netzzustand) geben. Sie sind so gewählt, dass der Netzzustand auf aktuellem Zustandsniveau gehalten wird. Für eine Verbesserung wäre ein größerer Finanzbedarf erforderlich. Örtliche Besonderheiten und sonstige Einflüsse auf den Erhaltungsbedarf müssen im Einzelfall betrachtet werden. Es kann abgeschätzt werden, dass Kommunen mit einem hohen Anteil an mehr streifigen Hauptverkehrsstraßen und hoher Verkehrsbelastung einem höheren Finanzbedarf als Kommunen mit einem hohen Anteil an landwirtschaftlichen Wegen und/oder Anliegerwohnstraßen unterliegen. Die zur Verfügung stehenden Finanzmittel der jeweiligen Kommune können mit den folgenden Kennzahlen gegenübergestellt

<sup>250</sup> (Ebd., S. 34)

<sup>251</sup> (FGSV 2012, S.23)

<sup>252</sup> (Buttgereit, A. 2018, S.2f)

<sup>253</sup> (Ebd., S.2)

werden.<sup>254</sup> Wenn das vorhandene Budget den geschätzten Finanzbedarf nicht deckt, deutet dies auf ein Erhaltungsdefizit hin.<sup>255</sup>

Im Jahr 2019 betrug der jährliche Finanzbedarf für die Straßenerhaltung der Gesamtstraßenfläche: 1,30 €/m<sup>2</sup>.

Die angegebene Kennzahl beinhaltet einen Mehrwertsteuersatz von 19 % und muss den Preisveränderungen für den heutigen Stand angepasst werden. Alternativ kann der jährliche Finanzbedarf aus den Herstellungskosten abgeschätzt werden. Der Prozentsatz hierfür beträgt 1,5 % der Herstellungskosten.<sup>256</sup>

## 5.5 Durchführung in der kommunalen Praxis

Die Ausführung des Erhaltungsmanagements von Straßen kann unter den Kommunen nicht als standardisiert angesehen werden. Diese Freiheit wird dadurch ermöglicht, dass der Gesetzgeber kein verpflichtendes Regelwerk veröffentlicht hat (siehe Kapitel 4.1). Gründe für die unterschiedliche Durchführung in den Kommunen, können die Größe der Kommune, die Struktur der Verwaltung, das verantwortliche Personal, die politische Richtung, die finanzielle Situation der Kommune, etc., sein. So wurde bei den Experteninterviews, die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt wurden, in den Städten Nagold und Aalen unterschiedliche Strukturen und Ausführungen angetroffen. Die Stadt Aalen zählt mit 68.057 (Stand 01.05.2023)<sup>257</sup> deutlich mehr Einwohner als die Stadt Nagold mit 23.664 (Stand 31.03.2023)<sup>258</sup>. Dies spiegelt sich auch in den Tiefbauämtern der beiden Kommunen wider. So umfasst das Amt für Tiefbau und Mobilität der Stadt Aalen 35 Mitarbeiter<sup>259</sup>. Im Vergleich dazu besteht das Hoch- und Tiefbauamt Nagold aus 14 Mitarbeitern<sup>260</sup>. Die Mitarbeiter des Tiefbauamtes der Stadt Nagold sind begeisterte Anwender des vialytics Systems, mit dem sie in regelmäßigen Abständen der Straßenzustand ihres Straßennetzes dokumentieren und bewerten lassen.<sup>261</sup> Dem Tiefbauamt der Stadt Aalen ist das vialytics System bekannt, jedoch wurde sich gegen seine Anwendung entschieden.<sup>262</sup> Der letzte Zustandserfassung wurde 2012 durchgeführt. Intern wurde entschieden, dass eine erneute Zustandserfassung zunächst nicht notwendig ist und mit den gewachsenen Vorgängen die erforderlichen Aufgaben erfüllt werden können.<sup>263</sup>

Die Vertreter des Tiefbauamtes Nagold nutzen regelmäßig ihre bei der Streckenkontrolle erfassten Bilder und Bewertung bei der Vorstellung von Bewilligungspflichtigen Maßnahmen vor dem Gemeinderat. Rückfragen zur Dringlichkeit und Notwendigkeit

---

<sup>254</sup> (FGSV 2019b, S.13f)

<sup>255</sup> (Ebd., S.14)

<sup>256</sup> (Ebd., S.13f)

<sup>257</sup> (Stadt Aalen o.J.a)

<sup>258</sup> (Stadt Nagold o.J.b)

<sup>259</sup> (Stadt Aalen o.J.b)

<sup>260</sup> (Stadt Nagold o.J.a)

<sup>261</sup> (Informationen aus Experteninterview 2 (Anhang 2) ab Minute 6:30, Sachgebiet: Straßen, Wege, Plätze, Stadt Nagold, 22.05.2023)

<sup>262</sup> (Informationen aus Experteninterview 1 (Anhang 1) ab Minute 0:55, Amt für Tiefbau und Mobilität, Stadt Aalen, 14.03.2023)

<sup>263</sup> (Ebd., ab Minute 5:20)

können durch die objektive Bewertung begründet werden.<sup>264</sup> Die politischen Gremien nehmen eine besondere Rolle in der kommunalen Verwaltung ein. Sie sind die Entscheidungsträger zu deren Ausführung die Mitarbeiter der Ämter verpflichtet sind.<sup>265;266</sup> Diese Struktur muss im Ablauf des Erhaltungsmanagements berücksichtigt werden. Von der Planung bis zur tatsächlichen Ausführung einer Baumaßnahme kann es durchaus fünf Monate dauern.<sup>267</sup>

Erhaltungsmanagement bedeutet in der Praxis das Anlagegut Straße und die darin verbaute Infrastruktur in bestmöglichem Zustand zu halten. Die Verkehrssicherheit muss gewährleistet sein und gegen den Substanzverzehr gearbeitet werden.<sup>268;269</sup> Dabei sollte bereits beim Neubau, mit der Frage: „Wie kann ich meinen Neubau zukünftig unterhalten?“, auf die Nachhaltigkeit geachtet werden.<sup>270</sup> Regelwerke spielen bei der Umsetzung nur eine untergeordnete Rolle.<sup>271</sup> Die meisten Maßnahmen werden durch die folgenden zwei Wege angestoßen<sup>272</sup>:

1. Die Stadtwerke oder andere Versorgungsträger kündigen die Notwendigkeit des Leitungsbaus an.
2. Sanierungswille des Tiefbauamtes.

Die Priorisierung der durchzuführenden Maßnahmen ergibt sich aus der Relevanz, die sich wiederum aus verschiedenen Faktoren zusammensetzt. Beide befragte Kommunen priorisieren in einem nicht ersichtlichen Schritt. Die Priorisierung erfolgt in vielen Absprachen mit anderen Ämtern bzw. deren Vertretern.<sup>273;274</sup>

Die Finanzierung der Maßnahmen kann aus verschiedensten Töpfen erfolgen. Förderungen, sowie rein Selbstfinanzierung sind denkbar. Die Stadt Nagold verteilt die Kosten nach Gewerk, wobei die Abteilung die Führung des Projektes übernimmt, auf deren Grund die Maßnahme durchgeführt wird.<sup>275</sup> Es wird versucht Synergieeffekte zu schaffen und möglichst von Netzknoten zu Netzknoten oder Schacht zu Schacht zu arbeiten.<sup>276</sup> Zwar verwalten die Abteilungen ihr eigenes Budget, doch in Summe handelt es sich um das Vermögen der Stadt, weshalb ein unterstützendes Miteinander gepflegt

---

<sup>264</sup> (Informationen aus Experteninterview 2 (Anhang 2) ab Minute 41:00, Sachgebiet: Straßen, Wege, Plätze, Stadt Nagold, 22.05.2023)

<sup>265</sup> (Saaro, D. et al. 2014, S. 6)

<sup>266</sup> (Ebd., S. 12)

<sup>267</sup> (Informationen aus Experteninterview 1 (Anhang 1) ab Minute 26:40, Amt für Tiefbau und Mobilität, Stadt Aalen, 14.03.2023)

<sup>268</sup> (Ebd., ab Minute 2:05)

<sup>269</sup> (Informationen aus Experteninterview 2 (Anhang 2) ab Minute 1:50, Sachgebiet: Straßen, Wege, Plätze, Stadt Nagold, 22.05.2023)

<sup>270</sup> (Informationen aus Experteninterview 1 (Anhang 1) ab Minute 3:50, Amt für Tiefbau und Mobilität, Stadt Aalen, 14.03.2023)

<sup>271</sup> (Ebd., ab Minute 5:40)

<sup>272</sup> (Ebd., ab Minute 5:53)

<sup>273</sup> (Informationen aus Experteninterview 2 (Anhang 2) ab Minute 51:30, Sachgebiet: Straßen, Wege, Plätze, Stadt Nagold, 22.05.2023)

<sup>274</sup> (Informationen aus Experteninterview 1 (Anhang 1) ab Minute 28:37, Amt für Tiefbau und Mobilität, Stadt Aalen, 14.03.2023)

<sup>275</sup> (Informationen aus Experteninterview 2 (Anhang 2) ab Minute 8:00, Sachgebiet: Straßen, Wege, Plätze, Stadt Nagold, 22.05.2023)

<sup>276</sup> (Ebd., ab Minute 12:40)

wird.<sup>277</sup> Der Interviewte Vertreter des Tiefbauamtes Nagold sagte dazu: „*Wir müssen uns die Straße teilen, auch wenn Sie uns gehört.*“<sup>278</sup>

In den vergangenen Jahren hat sich die Relevanz zweier Faktoren erhöht, denen seitdem mehr Beachtung geschenkt werden muss. In beiden Ämtern wird bei der Planung jeder Maßnahme explizit auf die Barrierefreiheit geachtet.<sup>279</sup> Außerdem hat es sich bewährt bei jeder Maßnahme, bei der es möglich ist Lehrrohre zu verlegen die dann bei Bedarf genutzt oder verpachtet werden können und somit ein Aufgraben verhindern.<sup>280;281</sup>

---

<sup>277</sup> (Ebd., ab Minute 16:21)

<sup>278</sup> (Ebd., ab Minute 40:05)

<sup>279</sup> (Informationen aus Experteninterview 1 (Anhang 1) ab Minute 17:30, Amt für Tiefbau und Mobilität, Stadt Aalen, 14.03.2023)

<sup>280</sup> (Informationen aus Experteninterview 2 (Anhang 2) ab Minute 5:50, Sachgebiet: Straßen, Wege, Plätze, Stadt Nagold, 22.05.2023)

<sup>281</sup> (Informationen aus Experteninterview 1 (Anhang 1) ab Minute 13:15, Amt für Tiefbau und Mobilität, Stadt Aalen, 14.03.2023)

## 6. Treffen von Handlungsempfehlungen nach Regelwerken

Das Erhaltungsmanagement zielt darauf ab erfasste Schadensbilder und ihre zugehörigen Ursachen durch die dafür geeigneten bautechnischen Maßnahmen zu beheben.<sup>282</sup> Im AP9/K 4.1 Grundlagen eines Erhaltungsmanagements wird dieser Vorgang wie folgt beschrieben: „Die Berechnungsabläufe des Erhaltungsmanagements bedienen sich hierbei vereinfachter Modelle, bei denen aufgrund einer bestimmten Zustandskonstellation eine wahrscheinliche Schadensursache und dann eine oder mehrere bautechnisch geeignete Maßnahme(n) zugeordnet werden.“<sup>283</sup> Das Arbeitspapier weist anschließend darauf hin, dass für eine fachlich abgesicherte Maßnahmenzuordnung streng genommen eine abschnittsbezogene Schadensanalyse notwendig wäre. Diese ist jedoch „im Rahmen eines EMS-K aufgrund des damit verbundenen hohen Erhebungsaufwandes kaum leistbar.“<sup>284</sup> Wenn es Hinweise für den Bedarf einer genauen Schadensanalyse gibt, „kann diese unter Umständen durch zusätzliche Messungen (z. B. der Tragfähigkeit) und Laboruntersuchungen ergänzt werden.“<sup>285</sup>

Die Zuordnung von Maßnahmen erfolgt aufgrund eines bestimmten Zustandsmerkmals („Hauptbedingung“) unter Verknüpfung weiterer Merkmale („Nebenbedingungen“). Zudem wird die Art der Verkehrsfläche (Fahrbahn, Nebenfläche, Rinne und Borde) und die Bauweise (Asphalt bzw. Pflaster und Plattenbelag) sowie falls verfügbar, weitere Informationen wie die Höhenbindung, Wasserschutzzone, etc. berücksichtigt. Weitere Merkmale wie die Schwerverkehrsbelastung, Bauweise und das Bestehen einer eingeschränkten Bauzeit können bei der Maßnahmenauswahl ausschlaggebend sein. Mit zunehmender Qualität und Vollständigkeit dieser Merkmale steigt die Präzision der Auswahl der Erhaltungsmaßnahme.<sup>286</sup>

Die möglichen Maßnahmenarten lassen sich wie folgt in Kategorien einteilen: Erneuerung (E), Instandsetzung (I) und Bauliche Unterhaltung (U) (auch Instandhaltung genannt).<sup>287;288</sup> Die Aufteilung ist in der folgenden Tabelle 15 ersichtlich:

---

<sup>282</sup> (FGSV 2015a, S.22)

<sup>283</sup> (Ebd., S.22)

<sup>284</sup> (Ebd., S.22)

<sup>285</sup> (Ebd., S.22)

<sup>286</sup> (Ebd., S.22)

<sup>287</sup> (Ebd., S.22)

<sup>288</sup> (Krause, G. 2000, S.36)

Maßnahmen- kategorie	Maßnahmenart	Abkürzung
E	E1 – Tiefeinbau der Deck- und Binderschicht	TD
	E2 – Tiefeinbau der geb. Schicht	TG
	E2 – Tiefeinbau des gesamten Oberbaus	TO
	E1 – Hocheinbau der Deck- und Binderschicht	VD
I	I1 – Verfüllen von Spurrinnen	AS
	I1 – Dünnschichtbelag (schichten im Heiß- oder Kalteinbau)	DB
	I1 – Oberflächenbehandlung	OB
	I2 – Tiefeinbau der Deckschicht	DT
	I2 – Hocheinbau der Deckschicht	DH
U	Bauliche Unterhaltung	UA

Tabelle 15: Maßnahmenarten nach Maßnahmenkategorien (verändert)<sup>289</sup>

## 6.1 Operatives Erhaltungsmanagement

### Abschnittsbildung

Bei der Bildung von Zustandsabschnitten ergeben sich aufgrund der unterschiedlichen Voraussetzungen der zuvor angewendeten Zustandserfassung unterschiedliche Arbeitsschritte.<sup>290</sup> Die messtechnische Zustandserfassung liefert gemäß AP 9/K 2.1 und den Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Zustandserfassung und -bewertung von Straßen (ZTV ZEB-StB) Zustandsabschnitte mit einer Standardlänge von 10m.<sup>291</sup>

Die Bildung von Zustandsabschnitten erfolgt bei der lagegetreuen zustandsbezogenen visuellen Erfassung höchstmöglich transparent und objektiv. Durch den Einsatz moderner Technologien bei der direkten, digitalen Vor-Ort-Erhebung ist die Datenqualität so fein, dass eine umfassende Erfassung der Schadensausdehnung und -ausprägung erreicht wird. Dadurch ist die Ergebnisqualität bezogen auf die Ziele des kommunalen EMS technisch und wirtschaftlich vergleichbar mit einer messtechnischen Erfassung. Auf Grundlage der räumlichen Lage der Zustandsmerkmale werden zuerst Zustandssegmente gebildet die anschließend zu Zustandsabschnitte aggregiert werden.

<sup>289</sup> (FGSV 2015a, S.22)

<sup>290</sup> (Ebd., S.15)

<sup>291</sup> (Ebd., S.15)

Die Zustandssegmente spiegeln die jeweiligen Ausprägungen der Zustandsmerkmale wider.<sup>292</sup> Die Aggregation fasst die entstandenen Einzelzustandsflächen bzw. -abschnitten sinnvolle zu gleichartigen Zustandsabschnitten zusammen. Hierfür müssen schadensmerkmalspezifische zulässige Höchstdifferenzen der Ausprägungen festgelegt werden. Außerdem müssen Höchst- und Mindestabstände bestimmt werden, um eine sinnvolle räumliche Aggregation zu ermöglichen.<sup>293</sup> Die aggregierten Zustandsabschnitte sollte dann zur Überprüfung der Plausibilität in einer Übersichtskarte dargestellt werden.<sup>294</sup>

Zur Reduktion des Aufwandes ist es sinnvoll, für die weiteren Schritte nur Abschnitte zu betrachten, die eine bestimmte Punktezahl (Note) aufweisen.<sup>295</sup>

### **Erhaltungsabschnittsbildung**

Die Bildung von Erhaltungsabschnitten baut auf den im vorherigen Schritt aggregierten Zustandsabschnitten auf. Diese werden unter Berücksichtigung der jeweils bestimmenden Zustandsmerkmale zu sinnvollen Erhaltungsabschnitten zusammengefasst. Dieser Vorgang läuft analog für Zustandsdaten, die messtechnisch als auch visuell erfasst wurden.<sup>296</sup> Ein wesentliches Merkmal von Erhaltungsabschnitten ist, dass sie auch Streckenbereiche umfassen können, die sich in einem unkritischen Zustand befinden, sofern dies wirtschaftlich und baubetrieblich sinnvoll ist. Das Ziel bei der Bildung von Erhaltungsabschnitten besteht daher darin, die anfangs relativ kleinen Zustandsabschnitte zu längeren, durchgehenden Streckenbereichen zusammenzufassen.<sup>297</sup>

Die folgenden Randbedingungen bzw. Parameter müssen bei der Bildung der Erhaltungsabschnitten berücksichtigt werden<sup>298</sup>:

- Die getrennte Betrachtung von Teilverkehrsflächen (z. B. Fahrbahnen und Nebenflächen).
- Definition einer Mindestabschnittslänge. Der Anwender kann diese frei wählen. Bei Abschnitten mit einer Länge kleiner als die festgelegte Mindestabschnittslänge wird die gesamte Straße betrachtet.
- Angabe einer minimalen Länge zwischen erhaltungsbedürftiger Zustandsabschnitte die nicht zu einem Erhaltungsabschnitt zusammengefasst werden sollen.
- Identifikation von Ausreißern. Ist der Zustandswert sehr schlecht und hebt sich erheblich (mehrere Noten) von den umgebenden Zustandsabschnitten ab, ist dieser als Ausreißer zu definieren. Diese werden gesondert als punktuelle Schadensstellen behandelt. Zur Identifikation ist eine Maximallänge, über die

---

<sup>292</sup> (Ebd., S.15)

<sup>293</sup> (Ebd., S.16)

<sup>294</sup> (Ebd., S.15)

<sup>295</sup> (Ebd., S.16)

<sup>296</sup> (Ebd., S.17)

<sup>297</sup> (Ebd., S.17)

<sup>298</sup> (Ebd., S.17)

sich der Ausreißer erstreckt und eine Mindestlänge zum nächsten Ausreißer zu definieren.

- Identifikation von Handlungsbedarf in Kreuzungsbereichen. Diese am Knotenpunkt beginnende oder endende Zustandsabschnitte mit Zustandswerten, die den Warnwert überschritten haben und die definierte Mindestabschnittslänge unterschreiten sind gesondert zu listen.

Eine sorgfältige Plausibilisierung der Erhaltungsabschnitte ist von großer Bedeutung, da ihre Bildung einen erheblichen Einfluss auf Ergebnisse der Erhaltungsplanung hat.<sup>299</sup>

### **Zuordnung von Maßnahmen**

Die Zuordnung der Maßnahmen legt die räumliche Ausdehnung der Abschnitte fest. Dies ist ein iterativer Prozess und endet in einer tabellarischen Übersicht der maßnahmenbedürftigen Erhaltungsabschnitte im betrachteten Straßennetz.<sup>300</sup>

Basierend auf den Erhaltungsabschnitten erfolgt die Zuweisung von Erhaltungsmaßnahmen. Die Beschreibung der Ausdehnung in Verbindung mit der Ausprägung bildet eine geeignete Grundlage für einen automatisierten Schritt. Durch den Einsatz von Algorithmen kann ein erster automatisierter Entwurf erstellt werden. Es ist jedoch unerlässlich, diesen ersten Entwurf zu überprüfen und gegebenenfalls manuell anzupassen. Dabei sind besonders die kommunalen und lokalen Spezifika und die Festmaßnahmen zu berücksichtigen.<sup>301</sup> Die gebildeten und modifizierten Maßnahmenabschnitte sind im Anschluss zu priorisieren.<sup>302</sup> Das Ziel der Maßnahmenzuordnung besteht nicht darin, die konkrete Durchführung der Bauarbeiten festzulegen, sondern vielmehr fundierte Informationen darüber zu erhalten, welches Budget erforderlich sein wird, um den betroffenen Bereich wieder in einen ordnungsgemäßen Zustand zu versetzen. Dabei spielen neben den Oberflächeneigenschaften auch die Substanzbewertungen mittelfristig eine tragende Rolle.<sup>303</sup>

### **Auswahl der geeigneten Erhaltungsmaßnahme**

Gemäß den örtlichen Gegebenheiten können verschiedene Faktoren die Auswahl geeigneter Erhaltungsmaßnahmen einschränken. Zu beachten sind <sup>304</sup>:

- die Eignung von Umleitungsstrecken,
- die Überbaubarkeit (Belastbarkeit) von Rohrleitungen und Bauwerken,
- die Lage der Gradienten,
- Höhenzwangspunkte.

---

<sup>299</sup> (Ebd., S.17)

<sup>300</sup> (Ebd., S.19)

<sup>301</sup> (FGSV 2012, S.20)

<sup>302</sup> (Ebd., S.20)

<sup>303</sup> (Ebd., S.20)

<sup>304</sup> (FGSV 2001, S.11f)

Höhenzwangspunkte können von den Gradienten an Anbindungspunkten und Überführungsbauwerken mit begrenzter lichter Höhe ausgehen.

Weiter kann eine bestimmte technische Umsetzung zwangsläufig oder zweckmäßig erforderlich sein. So ist zum Beispiel ein Tiefbau (Ersatz einzelner Befestigungsschichten oder des gesamten Oberbaues) einen Hocheinbau bei

- begrenzter Überbaubarkeit von Rohrleitungen und Bauwerken,
- einer streifenweisen Erneuerung,
- Höhenzwangspunkten (besonders bei dichter Folge von Überführungsbauwerken),
- stark geschädigter und/oder aufgelockerter Oberfläche,
- einer gleichzeitigen Verbreiterung in Dammlage.<sup>305</sup>

Zudem ist vor der Durchführung einer vollflächigen Erhaltungsmaßnahme die Funktionsfähigkeit der Entwässerungseinrichtungen sicherzustellen.<sup>306</sup>

### **Manuelle Korrektur und Berücksichtigung von Festmaßnahmen**

Im Anschluss zu der Bildung von den Erhaltungsabschnitten und der Zuteilung der erforderlichen Maßnahmen muss eine manuelle Korrektur erfolgen, die die Erhaltungsabschnitte an die Gegebenheiten vor Ort anpasst. Grund hierfür ist die Beachtung einer Vielzahl an Faktoren, z.B. Knotenpunktgestaltung, Verkehrsführung, etc., die von einem Automatismus nicht abgedeckt werden können.<sup>307</sup> Im Zuge dieser Anpassung kann „die Eingabe von Maßnahmen, die z. B. von anderen Bauträgern (z. B. Kanalbetrieb, Verkehrsbetrieb) stammen bzw. ausgelöst werden (= Festmaßnahmen), die Einflüsse auf die Lage und den Ausführungszeitpunkt nehmen können“<sup>308</sup>, erfolgen.

### **Priorisierung**

Nachdem die Abschnitte identifiziert wurden, die Maßnahmen erfordern, müssen sie gemäß ihrer Dringlichkeit für die Erstellung eines möglichen (mehrjährigen) Bauprogramms priorisiert werden. Dabei können folgende Kriterien beispielhaft berücksichtigt werden:

- Der (mittlere) Zustandswert des jeweiligen Erhaltungsabschnitts (GW; TWGEB oder TWSUB)
- Verkehrliche Faktoren wie die Verkehrsmenge (DTV), die Verbindungsfunktion (z. B. Hauptverkehrsstraße, Nebenstraße) oder die Nutzung durch den öffentlichen Nahverkehr (Anzahl der Busse pro Tag)

---

<sup>305</sup> (Ebd., S.11f)

<sup>306</sup> (Ebd., S.11)

<sup>307</sup> (FGSV 2015a, S.20)

<sup>308</sup> (Ebd., S.20)

- Einwohnerorientierte Faktoren, z. B. die Nähe zu Altenheimen oder Krankenhäusern sowie die Anzahl der betroffenen Anwohner. Letzteres kann auch lärmbezogen von Bedeutung sein.
- Laufende Unterhaltungskosten
- Die Zeitspanne seit der erstmaligen Identifizierung des Maßnahmenbedarfs

Es ist wichtig zu beachten, dass kommunalspezifische Faktoren einen erheblichen Einfluss auf die Priorisierung haben können. Daher sollte eine verständliche und transparente Dokumentation durchgeführt werden, um dies angemessen zu berücksichtigen.<sup>309</sup>

## 6.2 Strategisches Erhaltungsmanagement

Bei einem strategischen Erhaltungsmanagement erfolgt die Festlegung der Maßnahmen auf Grundlage eines Mängelklassenmodells.<sup>310</sup> Je nach verfügbarer Datenbasis können Mängelklassenmodelle unterschiedliche Komplexitätsgrade aufweisen. Sie basieren auf dem Prinzip, dass anhand bestimmter Zustandsmerkmale auf wahrscheinliche Schadensursachen geschlossen wird. Die Genauigkeit dieser Einschätzung hängt von den verfügbaren Informationen zu den Abschnitten ab und kann zu unterschiedlichen Ergebnissen führen.<sup>311</sup>

Es gibt folgende Varianten von Mängelklassenmodellen:

- Einfaches Mängelklassenmodell: Dieses Modell basiert auf der Analyse der Oberflächeneigenschaften, die im Rahmen der Zustandserfassung ermittelt wurden. Trotz fehlender Daten zum Aufbau ist es ein pragmatischer Ansatz.
- Erweitertes Mängelklassenmodell: Das erweiterte Mängelklassenmodell baut auf dem einfachen Mängelklassenmodell auf und berücksichtigt zumindest teilweise Informationen zum Aufbau der Straße. Zur weiteren Verfeinerung können auch Aspekte der Befestigungssubstanz einbezogen werden. Zudem wird die Erhaltungsgeschichte berücksichtigt, um unsinnige Maßnahmenfolgen zu vermeiden.
- Detailliertes Mängelklassenmodell: Dieses Modell verwendet zusätzliche Informationen wie Laboruntersuchungen, Tragfähigkeitsmessungen oder Bohrkernanalysen.

Das detaillierte Modelle eignet sich nicht für den Einsatz in einem EMS-K. Welche Variante der ersten zwei Modelle im EMS-K verwendet wird, hängt von der verfügbaren Datenbasis ab.<sup>312</sup>

Nach Einteilung der Mängelklasse (Tabelle 16) kann zu jeder Mängelklasse mehrere geeignete Erhaltungsmaßnahmen mit verschiedenen Wirkungen zugeordnet werden

---

<sup>309</sup> (Ebd., S.21)

<sup>310</sup> (Ebd., S.29)

<sup>311</sup> (Ebd., S.38)

<sup>312</sup> (Ebd., S.38)

(Tabelle 17). Diese Zuordnung bildet die Grundlage für die Zustandsprognose jeder einzelnen Erhaltungsmaßnahme und ermöglicht eine Bewertung ihres Nutzens.<sup>313</sup>

<b>Mängelklasse</b>	<b>Kurzbezeichnung</b>
Konstruktiv bedingter Wasserrückhalt	WAS
Oberflächenschäden	OFS
Schubverformung Decke und Binder bei Asphaltbefestigungen	SVS
Mängel in den gebundenen Schichten (Indikator: Spurrinnen)	TGS
Mängel im gesamten Oberbau (geringe Oberflächenschäden)	NSU
Mängel im gesamten Oberbau (ausgeprägte Oberflächenschäden)	UOT

*Tabelle 16: Einteilung der Mängelklassen (verändert)<sup>314</sup>*

---

<sup>313</sup> (Ebd., S.29)

<sup>314</sup> (Ebd., S. 39)

Maßnahmen- kategorie	Maßnahmenart	Mängelklasse
E	E1 – Tiefeinbau der Deck- und Binderschicht	SVS, OFS, WAS, NSU
	E2 – Tiefeinbau der geb. Schicht	NSU, UOT
	E2 – Tiefeinbau des gesamten Oberbaus	NSU, UOT
	E1 – Hocheinbau der Deck- und Binderschicht	SVS, OFS, WAS, NSU
I	I1 – Verfüllen von Spurrinnen	SVS, WAS
	I1 – Dünnschichtbelag (schichten im Heiß- oder Kalteinbau)	OFS
	I1 – Oberflächenbehandlung	OFS
	I2 – Tiefeinbau der Deckschicht	SVS, OFS, WAS, TGS, NSU
	I2 – Hocheinbau der Deckschicht	SVS, OFS, WAS, TGS, NSU

Tabelle 17: Zuordnung von Maßnahmenkategorie, Maßnahmenart und Mängelklasse (verändert)<sup>315</sup>

- Szenarien

Im ersten Schritt werden für jeden Erhaltungsabschnitt alle möglichen und technisch umsetzbaren Kombinationen von Maßnahmen sowie die entsprechenden Realisierungsjahre im Planungszeitraum ermittelt. Anschließend werden die Kosten und der Nutzen für den Betrachtungszeitraum berechnet. Das Ergebnis ist eine nahezu optimale Reihenfolge der Maßnahmen für jeden Erhaltungsabschnitt und deren Summe stellt eine theoretische Lösung für das Gesamtnetz dar.<sup>316</sup>

Die Berechnung der Szenarien für jeden Erhaltungsabschnitt erfolgt auf folgende Weise:

- Es wird eine Zustandsprognose für den Betrachtungszeitraum erstellt, gegebenenfalls unter Verwendung weiterer Prognosen oder Berechnungen, abhängig vom angewandten Modell.
- Aufgrund der prognostizierten Zustände wird die Mängelklasse entsprechend der festgelegten Eingreifgrenze zugeordnet.

<sup>315</sup> (Ebd., S. 39)

<sup>316</sup> (Ebd., S.27)

- Es erfolgt die Bestimmung der möglichen Maßnahmen unter Berücksichtigung ihrer technischen Durchführbarkeit.
- Den einzelnen Maßnahmen werden die zugehörigen Kosten zugeordnet.
- Es wird die Auswirkung jeder Maßnahme ermittelt.
- Der Nutzen jeder Maßnahme wird berechnet.<sup>317</sup>

### 6.3 Ohne Substanz keine Zuweisung von Maßnahmen

Durch die Beanspruchung aus Verkehr und Umwelt unterliegt die Substanz der Straßenbefestigung einem ständigen Verzehr. Zur Abschätzung des jeweils vorhandenen Substanzwertes müssen die dafür maßgebenden endogenen und exogenen Einflussgrößen sowie deren Bedeutung bekannt sein. Es ist festzustellen, dass sich die visuelle oder messtechnische Zustandserfassung im Rahmen eines Erhaltungsmanagementsystems in der Regel auf die Erfassung der Oberflächeneigenschaften beschränkt. Die dadurch ermittelten „Substanzmerkmale (Oberfläche)“ reichen nicht aus, um weitergehende Aussagen zur strukturellen Substanz bzw. zum Befestigungszustand zu treffen. Das ist darauf zurückzuführen, dass Substanzmängel, die bisher noch zu keinem sichtbaren Schaden führten, bei der Ermittlung der Oberflächeneigenschaften nicht erfasst werden, jedoch die zu erwartende Lebensdauer einer Straße erheblich einschränken.<sup>318</sup> Es ist für die Maßnahmenplanung und Bedarfsermittlung im Rahmen des Erhaltungsmanagements deshalb empfehlenswert, neben dem Substanzwert (Oberfläche) auch einen Substanzwert (Bestand) zur Bewertung der Befestigungssubstanz zu ermitteln. Somit kann die Qualität der Gesamtbefestigung, als Teil des Anlagevermögens von hoher Bedeutung, bewertet werden.<sup>319</sup> Die EMI 2012 schränkt diese Anforderung für kommunale Straße ein. Sinngemäß legt sie fest, dass eine solche Bewertung nicht zwangsläufig flächendeckend erforderlich ist. In Teilbereichen, wie z. B Hauptverkehrsstraßen mit erheblichem Schwerverkehrsanteil, kann sie allerdings von Bedeutung sein.<sup>320</sup>

Im Rahmen der rechnergestützten Erhaltungsplanung wird eine Verknüpfung der Substanzwerte "Oberfläche" und "Bestand" zu einem Substanzrechenwert (PMS) hergestellt, der zur Gewichtung der Maßnahmealternativen genutzt werden kann.<sup>321</sup> Die ZTV ZEB-StB beschreiben, wie der Substanzwert (Oberfläche) aus der Verknüpfung von Zustandswerten gebildet werden kann. Problematisch dabei ist, dass hierbei überwiegend der Oberflächenzustand und kaum der Zustand der Gesamtbefestigung Einfluss nimmt.<sup>322</sup> Dadurch ist der alleinig auf Oberflächenzustand basierende Substanzwert, der im Rahmen der ZEB ermittelt wird, nicht ausreichend, um den Zustand der gesamten Befestigung zu beschreiben. Dies wird insbesondere bei

---

<sup>317</sup> (Ebd., S.28)

<sup>318</sup> (FGSV 2012, S.16)

<sup>319</sup> (FGSV 2015a, S.11)

<sup>320</sup> (FGSV 2012, S.16)

<sup>321</sup> (FGSV 2019a, S.5)

<sup>322</sup> (Ebd., S.5)

Instandsetzungsmaßnahmen deutlich, bei denen der Gebrauchswert wiederhergestellt wird, aber die Substanz nur geringfügig verbessert wird.<sup>323</sup>

Die Ermittlung des Substanzwerts (Bestand) kann gemäß den Vorgaben des AP 9/S erfolgen. Dafür werden umfangreiche Daten zu Alter, Art und Dicke der eingebauten Schichten benötigt.<sup>324;325</sup> Eine Bewertung der Substanz auf Objektebene oder im Rahmen der Schadensanalytik (z. B. basierend auf Bohrkernanalysen) kann jedoch mit dem Verfahren des AP 9/S nicht durchgeführt werden.<sup>326</sup> Die Ermittlung der Aufbaudaten zur Berechnung des Substanzwertes (Bestand) kann über verschiedene Wege erfolgen. Wenn vorhanden ist die Übernahme anhand von Bestandsplänen und Akten der schnellste und kostengünstigste Weg. Wurden in der Vergangenheit keine Straßendatenbank gepflegt können Expertenbefragung zu den notwendigen Informationen führen. Zur exakten Bestimmung des Aufbaus und dessen Zustands können Verfahren am Bauwerk angewendet werden. Diese sind die Entnahme von Bohrkernen oder die Anwendung von Georadar und Kalibrierung durch Bohrkern. Es wird empfohlen, bei Neubau, Erhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen sowie bei Aufgrabungen alle relevanten Informationen über den Aufbau zu erfassen und in einer Datenbank zu speichern. Ergänzend können auch (Rest)Tragfähigkeitsuntersuchungen oder Einsenkungsmessungen angewendet werden, um Informationen über den Aufbau zu erhalten.<sup>327;328</sup> Mithilfe des Substanzwerts (Bestand) kann festgestellt werden, ob ein Abschnitt unter- oder überdimensioniert ist und ob er den Anforderungen des Technischen Regelwerks entspricht.<sup>329</sup>

---

<sup>323</sup> (Ebd., S.5)

<sup>324</sup> (FGSV 2015a, S.11)

<sup>325</sup> (FGSV 2012, S.17)

<sup>326</sup> (Ebd., S.17)

<sup>327</sup> (FGSV 2015a, S.11)

<sup>328</sup> (FGSV 2012, S.17)

<sup>329</sup> (FGSV 2015a, S.12)

## 7. Treffen von Handlungsempfehlungen mit dem vialytics System

Aktuell stehen für die vollständige praktische Umsetzung eines systematischen kommunalen Erhaltungsmanagements noch einige Bausteine aus. Hierzu zählen beispielsweise eine EMS-K-Datenbank mit Visualisierungstools, Verfahren, die eine automatisierte Abgrenzung von Erhaltungsabschnitten ermöglichen, Ansätze für die kontinuierliche Zustandsfortschreibung sowie Verfahren zur Mängelklassenbildung unter Berücksichtigung der Besonderheiten von Innerortsstraßen.<sup>330</sup> Die vialytics GmbH möchte an dieser Stelle anpacken und ein Managementtool, das auf der ganzen Welt Anwendung findet, entwickeln. Hierzu zählt auch die Entwicklung von Handlungsempfehlungen auf Grundlage von erfassten Daten mit dem vialytics System.

### 7.1 Status Quo: Das vialytics System als EMS-K

Bislang beschränkt sich das vialytics System für die Anwendung als Erhaltungsmanagementsystem auf die zwei Funktionen Sanierungsvorschläge und die Planungsliste.

Die Sanierungsvorschläge sind im System voreingestellte Filter, mit denen die Stellen aufgedeckt werden können, an denen die jeweiligen Erhaltungsmaßnahmen wirksam wären. Derzeit stehen vier voreingestellte „Sanierungsvorschläge“ zur Verfügung. Deren Ergebnisse können zusätzlich zu der Darstellung auf der Karte in einer Liste angezeigt werden, die auch exportiert werden kann.

Die Planungsliste wurde in Anlehnung an das Arbeitspapier 9/K 4.1 zur Weiterverarbeitung der erfassten Daten im vialytics System entwickelt. Es beschränkt sich auf die elementaren Teile der Erhaltungsmaßnahmenplanung und findet in den Partnerkommunen nur bedingt Anwendung, weil die Komplexität der Straßenerhaltung nicht vollständig abgebildet werden kann. Sie beinhaltet die Funktion, eine Kante oder eine Anzahl markierter Punkte mit wenigen Eigenschaften einzigartig zu beschreiben, dass eine Weiterverarbeitung aus einer Liste, in der alle Abschnitte aufgeführt sind, möglich ist. Diese Liste bietet die Möglichkeit der Priorisierung und kann zur Weiterverarbeitung außerhalb des vialytics Systems exportiert werden.

vialytics strebt das Ziel an, ein vollwertiges Roadmanagementsystem zu werden. Nach eigener Definition beinhaltet ein Roadmanagementsystem alle Funktionen, die zum Management von kommunalen Straßen notwendig sind. Hierzu wurde das System in jüngster Vergangenheit mit einer Funktion zur Verortung von defektem Straßeninventar erweitert. Zuvor wurde die reine Zustandserfassung um Funktionen zur Streckenkontrolle und damit zur Erfüllung der Verkehrssicherungspflicht ergänzt. Diese schließen die Möglichkeit zur Dokumentation des Winterdienstes ein.

Auf Wunsch von Partnerkommunen und zum Erreichen des angestrebten Ziels Roadmanagement ist die Aufgabenstellung für diese Bachelorarbeit entstanden.

---

<sup>330</sup> (Buttgereit, A. 2018, S.11)

## 7.2 Konzept einer Prozessstruktur zum Generieren von Handlungsempfehlungen mit dem vialytics System

Zum Treffen von Handlungsempfehlungen auf Grundlage des zuvor erfassten Straßenzustandes mit dem vialytics System, wurde folgender Prozess entwickelt (siehe Abbildung 9). Dabei handelt es sich um einen halbautomatisierten Prozess, der durch Eingabe weiterer Bestandsdaten (Option) für aussagekräftigere Empfehlungen ergänzt werden kann. Der Prozess kann jeder Zeit optimiert und erweitert werden.

Zur sinnvollen Anwendung des Prozesses wird eine angemessene Fachkenntnis im Bereich Straßenbau und Management von dem Anwender gefordert. Der entwickelte Prozess dient zur Eingrenzung, Berücksichtigung möglicher kritischer Pfade, Auswahl und Priorisierung von Erhaltungsmaßnahmen. Er führt ohne die Betreuung des Anwenders zu keiner optimalen Lösung. Doch dient er dazu den gesamten komplexen Prozess der Erhaltungsmaßnahmenauswahl auf wenige übersichtliche Teilschritte zu reduzieren und transparent (einfach nachvollziehbar) darzustellen. Die fachliche Kompetenz des Anwenders wird in dem Sinne gefordert, dass er vorgeschlagene Lösungen für den Einzelfall auf ihre Sinnhaftigkeit überprüfen und bei mehreren Lösungen eine Auswahl treffen muss.

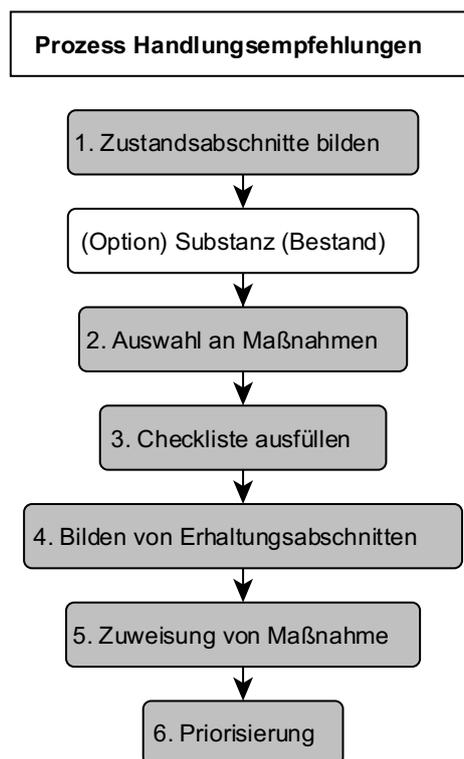


Abbildung 9: Grafische Darstellung des entwickelten Prozesses (eigene Darstellung)

Mit diesem Prozess soll das Ziel erreicht werden, über ein Bauprogramm hinaus Empfehlungen auszusprechen. So soll sowohl eine Aussage darüber getroffen werden können, welches Budget erforderlich sein wird, um den betroffenen Bereich in einen ordnungsgemäßen Zustand zurückzusetzen, als auch die konkrete Baudurchführung erarbeitet werden.<sup>331</sup>

Voraussetzungen:

- Freier Zugang zum vialytics System und dem Zuständigkeitsbereich zugehörigen Account
- Beidseitige Befahrung (Erfassung) des gesamten Straßennetzes bei guten Bedingungen
- Von Vorteil wäre eine Historisierung mit regelmäßiger Befahrungen (Benutzung des vialytics Systems seit mehreren Jahren mit mindestens halbjährigen Befahrungen des ganzen Straßennetzes)
- Straßendatenbank mit Informationen über die Belastungsklasse, Verkehrsbelastung (DTV und DTVSV), Baujahr, Informationen über durchgeführte Maßnahmen seit Bau oder Erneuerung und Maße (Breite des Fahrstreifens)

#### **1. Zustandsabschnitte bilden:**

Im Arbeitspapier 9/K 4.1 Grundlagen eines Erhaltungsmanagements wird die Bildung von Zustandsabschnitten nach visueller Zustandserfassung erläutert Kapitel 6.1. Nach demselben Prinzip sieht dieser erarbeitete Prozess vor gleichartige Zustandssegmente zu Zustandsabschnitte zu aggregieren. Zur Bildung der Zustandsabschnitten kann sich im vialytics System der Funktion der Sortierung nach Benotung bedient werden. Diese kann sowohl auf Punkteebene (jedes Bild auf Grundlage dessen die Benotung des 4m-Abschnitt erfolgt ist, wird als einzelner Punkt dargestellt) oder Abschnittsebene (Knoten-Kanten-Modell, Mindestlänge frei wählbar) erfolgen. Die Auswahl der Noten spiegelt dabei die zulässige Höchstdifferenzen der schadensmerkmalspezifischen Ausprägung wider. Wird auf Punkteebene gearbeitet muss zuerst die Anzahl gleichartiger Punkte festgelegt werden. Im Anschluss wird visuell nach Anhäufungen der entsprechenden Anzahl gleichartiger Punkte gesucht (Abbildung 10). Auf Abschnittsebene kann diese manuelle Arbeit durch die Bestimmung der Mindestlänge der Kanten automatisiert werden. Dies ist möglich, da jeder Punkt einen 4m lange Fläche repräsentiert und damit mehrere aneinandergereihte Punkte einer Punkteanzahl mal 4m Länge entsprechen. Jedoch wird das Arbeiten auf Abschnittsebene nur bedingt empfohlen, weil kürzere Kanten durch den Filter fallen können und somit keine Berücksichtigung finden. Eine Nachbesserung der vom System erstellten Abschnitte ist zur Vereinfachung und Beschleunigung des Prozessschrittes erforderlich. Diese Nachbesserung sollte gleichartige Punkte unabhängig von Kanten clustern. Dazu sind Eingaben notwendig mit denen die Mindestanzahl an gleichartigen beieinanderliegenden Punkten und deren Entfernung untereinander, sowie die Entfernung zu weiteren Clustern bestimmbar ist.

---

<sup>331</sup> (FGSV 2012, S.20)

Unabhängig davon auf welcher Ebene gearbeitet wird, ist die Überprüfung des Schadens durch eine Sichtung der Bilder zu empfehlen. Hierdurch kann die Qualität der Zustandsabschnitte erhöht werden.

Bei der Zustandsabschnittsbildung ist darauf zu achten, dass die Bewertung bei beidseitig durchgeführter Befahrung einander ähneln (in Fahrtrichtung zueinander diagonal liegende Punkte). Andernfalls liegt ein Mangel in der Bewertung vor der durch Lichteinfall / Aufnahmepunkt verursacht sein kann. Es ist anzumerken, dass Punkte aufgrund GPS-Ungenauigkeiten deutlich entfernt von ihrem tatsächlichen Ort dargestellt werden können. Dies hat meist keine weiteren Auswirkungen, sollte jedoch durch vialytics in tolerierbaren Grenzen gehalten werden.

Dieser Prozessschritt ist in verschiedenen Ausführungen denkbar. Es ist zu empfehlen bei Einführung mehrere Testdurchläufe zu unternehmen um die Einstellungen (z.B. Filter) nach eigenen Anforderungen anzupassen. Die Abbildung 11 zeigt eine exemplarische Planungsliste nach der Bildung von 15 Zustandsabschnitten.

**Abschnitt erstellen**

Straßenklassifizierung: **Anliegerstraßen**

Oberflächentypen: **Asphalt**

Länge: **180,09 m**

Fläche: -

**Schadensbewertung** Total 4.91

- Ausbrüche** 1.54
  - Ausbrüche: 1.54
  - Schlaglöcher: 1
  - Randabbrüche: 1
  - Kornausbrüche: 1.43
  - Schichtablösungen: 1
  - Abplatzungen: 1
- Risse** 4.27
  - Einzelrisse: 1.78
  - Rissanhäufung: 3.98
  - Netzrisse: 4.27
  - Gefüllte Risse: 1
- Fugen und Nähte** 1.13
  - Offene Fugen: 1.13
  - Offene Nähte: 1
- Flickstellen** 2.23
  - Eingelegte Flickstellen: 1.4
  - Aufgelegte Flickstellen: 2.23
  - Flickstelle aufgespritzt: 1.07
- Längsebenheit** 1
  - Ebenheit: 1

[Alles schließen](#)

Abbildung 10: Zustandsabschnitt gebildet auf Punkteebene (eigene Aufnahme)

Übersicht Planungsliste Aufgaben

**Geplante Abschnitte**

Filter Liste Tabelle

Priorität	Name	Maßnahme	Statu	Kateç	Festri	Note
1	ZA 15, Mühlgartenstraße, 72221 Haiterbach Mühlgartenstraße 15 - Mühlgartenstraße 18		*	I	<input type="checkbox"/>	4,61
1	ZA 14, Schloßstraße, 72221 Haiterbach Mühlgartenstraße 2 - Mühlgartenstraße 15		*	I	<input type="checkbox"/>	4,54
1	ZA 13, Schloßstraße, 72221 Haiterbach Schloßstraße 2 - Schloßstraße 19		*	U	<input type="checkbox"/>	4,35
1	ZA 12, Gründelweg, 72221 Haiterbach Gründelweg 62 - Gründelweg 62		*	I	<input type="checkbox"/>	4,9
1	ZA 11, Rauhe Steige, 72221 Haiterbach Rauhe Steige 15 - Rauhe Steige 15		*	I	<input type="checkbox"/>	4,79
1	ZA 10, Uferstraße, 72221 Haiterbach Uferstraße - Uferstraße		*	U	<input type="checkbox"/>	4,7
1	ZA 9, Lautergasse, 72221 Haiterbach Lautergasse 10 - Lautergasse 13		*	I	<input type="checkbox"/>	4,46
1	ZA 8, Friedhofweg, 72221 Haiterbach Friedhofweg 1 - Friedhofweg 1		*	I	<input type="checkbox"/>	4,91
1	ZA 7, Finkenweg, 72221 Haiterbach Finkenweg 4 - Finkenweg 10		*	I	<input type="checkbox"/>	5
1	ZA 6, Horber Straße, 72221 Haiterbach Horber Straße 31 - Horber Straße 29		*	I	<input type="checkbox"/>	4,04
1	Punktelle Maßnahmen, Karlstraße, 72221 Haiterbach Karlstraße 1 - Karlstraße 1		*	U	<input type="checkbox"/>	3,93
1	ZA 5, oder 5.1 & 5.2, Breitenäckerweg, 72221 Haiterbach In der Wanne 21 - In der Wanne 10		*	I	<input type="checkbox"/>	5
1	ZA 4, Metnitzer Straße, 72221 Haiterbach Metnitzer Straße 51 - Metnitzer Straße 51		*	U	<input type="checkbox"/>	4,54
1	ZA 3, Neunufraer Straße, 72221 Haiterbach Neunufraer Straße - Neunufraer Straße		*	I	<input type="checkbox"/>	5
1	ZA 2, Birkenhof, 72221 Haiterbach Neunufraer Straße 2 - Birkenhof 1		*	I	<input type="checkbox"/>	5
1	ZA 1, Metnitzer Straße, 72221 Haiterbach Metnitzer Straße - Metnitzer Straße		*	I	<input type="checkbox"/>	5

Abbildung 11: Exemplarische Planungsliste (eigene Aufnahme)

### (Option) Substanz (Bestand)

Ein eindeutiger Mehrwert der Bestimmung des Substanzwertes (Bestand) konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht festgestellt werden.

In den geführten Experteninterviews wurde die Eindeutigkeit der Literatur in der Praxis nicht bestätigt. Die Berechnung nach dem im Arbeitspapier 9/S beschriebenen Verfahrens gibt nur Aufschluss darüber in welchem Zustand sich die Substanz (Bestand) befinden könnten. Zur Ermittlung des tatsächlichen Zustandes müssten Untersuchungen am Straßenkörper unternommen werden, von denen in einem Experteninterview abgeraten wurde.<sup>332</sup> Auch die Beschaffung der dafür notwendigen Historischen- und Bestandsdaten ist nicht in jeder Kommune ohne erheblichen Mehraufwand gesichert.

Die Berechnung des Substanzwertes (Bestand) kann auf Wunsch nach der Vorgehensweise von AP 9/S als Option erfolgen, sollte aber dann kritischer Betrachtung unterliegen.

<sup>332</sup> (Informationen aus Experteninterview 2 (Anhang 2) ab Minute 22:00, Sachgebiet: Straßen, Wege, Plätze, Stadt Nagold, 22.05.2023)

## 2. Auswahl an Maßnahmen

Anders als der im Regelwerk (AP9/K 4.1) beschriebene Vorgang (Kapitel 6.1) erfolgt in diesem Arbeitsschritt des entwickelten Prozesses die direkte Zuweisung des erfassten Schadensbild zu den geeigneten bautechnischen Maßnahmen. Hierzu wurde aus mehreren Quellen ein vereinfachtes Modell erarbeitet und hat die folgende Maßnahmen-Mängel-Matrix ergeben (Abbildung 12). Die Feststellung der Schadensursache kann trotzdem erfolgen, wird aber nicht als notwendig erachtet, da die Maßnahmen-Mängel-Matrix eine direkte Zuordnung des Schadensbilds zu den wirksamen Maßnahmenarten ermöglicht und im Fortschritt des Prozesses weitere Faktoren berücksichtigt werden, die den Umfang der Maßnahme maßgeblicher bestimmen.

Nach Bestimmung des Schadensbildes kann die Auswahl der in Frage kommenden Maßnahmen erfolgen. Die Maßnahmen müssen technologisch geeignet sein, Verbesserungen an den betroffenen Befestigungsschichten durchzuführen und damit die nachgewiesenen oder zu erwartenden Schadensmerkmale zu beheben. Eine Zuweisung der Maßnahmen erfolgt auf Grundlage der technologischen Eignung, sowie durch Ausschluss von Maßnahmen deren Aufwand (Kosten, Dicke) in krassem Missverhältnis zum vorhandenen Mangel steht. Maßnahmen die als Behelfsmöglichkeiten möglich, jedoch aus technischer Sicht fragwürdig sind, sind speziell gekennzeichnet.<sup>333</sup>

Die Tabelle 18 „Maßnahmenarten nach Maßnahmenkategorie“ bietet die Grundlage der entwickelten Maßnahmen-Mängel-Matrix. In der Tabelle 18 sowie in der Maßnahmen-Mängel-Matrix (Abbildung 12) wird in Bauliche Unterhaltung (U), Instandsetzung (I) und Erneuerung (E) unterschieden.

---

<sup>333</sup> (Krause, G. 2000, S.36)

Maßnahmenkategorie		Maßnahmenart	Abkürzung
Unterhaltung (U)		Anspritzen und Abstreuen	
		Aufbringen von Porenfüllmasse/Schlämmen	
		Ausbesserung mit Asphaltmischgut („Flicken“)	
		Verfüllen und Vergießen	
		Aufräumen	
		Abfräsen von Unebenheiten	
Instandsetzung (I)	I1 – Oberfläche	Verfüllen von Spurrinnen (Spurrinnenausgleich)	(AS)
		Oberflächenbehandlung (Bituminöse Schlämme)	OB
		Dünnschichtbelag (Schichten im Heiß- oder Kalteinbau)	DB
	I2 – Deckschicht	Hocheinbau	DH
		Tiefeinbau	DT
		Rückformen	RF
Erneuerung (E)	E1 – bis 8 cm	Hocheinbau der Deck- und Binderschicht	(VD1)
		Tiefeinbau der Deck- und Binderschicht	TD
	E2 – mehr als 8 cm	Hocheinbau der Deck- und Binderschicht	(VD2)
		Tiefeinbau der gebundenen Schichten	TG
		Ersatz des gesamten Oberbaus	TO

Tabelle 18: Maßnahmenarten nach Maßnahmenkategorie (Verändert) <sup>334;335</sup>

Die Maßnahmen-Mängel-Matrix (Abbildung 12) wurde in Anlehnung an die Abbildung 4.1 des „Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik Heft 790“ und unter Berücksichtigung der Zuordnung von Merkmalsgruppen zu geeigneten Instandhaltungs-

<sup>334</sup> (FGSV 2015a, S.22)

<sup>335</sup> (Krause, G. 2000, S.36)

/ Instandsetzungsverfahren der ZTV BEA-StB erstellt. Sie stellt die Eignung von Maßnahmen und damit deren Zuweisung zu den erfassten Schadensmerkmalen dar. In Grau hinterlegt sind Schadensmerkmale bei denen davon ausgegangen werden kann, dass die Maßnahmenart eine Behebung des Schadens bewirkt, jedoch keine explizite Quelle zur Unterstützung dieser Annahme gefunden werden konnte.

Das vialytics System erfasst und bewertet nicht jedes der aufgeführten Schadensmerkmale, weshalb diese bei der Auswahl nicht berücksichtigt werden können. Diese Schadensmerkmale sind in Gelb kenntlich gemacht. Des Weiteren kann eine Berücksichtigung des Gebrauchswertes, aufgrund zur Bestimmung notwendigen fehlenden Parametern, nicht stattfinden.

Maßnahmenkategorie	Mängel	Substanzmerkmale (Oberfläche)					Ebenheit		Raueheit	Spaltverlust, Porosität, Abrieb	Tragfähigkeit					Schubverformungen			
		Risse		Sonstige Oberflächenschäden Ausbrüche, Abplatzungen, Ausmagerungen	Offene Nähte und Fugen Offene Nähte	Fleckstellen	Im Längsprofil	Im Querprofil			Unzureichende Griffbarkeit	Unzureichende Tragfähigkeit	Unterbau/-grund	Frostschutzschicht	Ungeländere (Tragschichten)	Gebundene Schichten	Gebundene Tragschicht	Binderschicht	Deckschicht
		Einzelrisse	Netzrisse																
Maßnahmenart	Einzelrisse	Netzrisse	Ausbrüche, Abplatzungen, Ausmagerungen	Offene Nähte	Fleckstellen	Im Längsprofil	Im Querprofil	Unzureichende Griffbarkeit	Spaltverlust, Porosität, Abrieb	Unzureichende Tragfähigkeit									
Unterhaltung (U)	Anspritzen und Abstreuen		(X)	(X)					X										
	Aufbringen von Porenfüllmasse/ Schlämmen			(X)					X										
	Ausbesserung mit Asphaltmischgut („Flicken“)	X		X		X	(X)	(X)	X	X	(X)	(X)	(X)	(X)					
	Verfüllen und Vergießen	X				X													
	Aufräumen								X										
	Abfräsen von Unebenheiten						X	X								X	X	X	
Instandsetzung (I)	I1 – Oberfläche	Verfüllen von Spurrinnen (Spurrinenausgleich)											(X)	(X)	X	X			
		Oberflächenbehandlung	X		X	X	(X)			X	X								
		(Bituminöse Schlämme)	(X)			X					X								
		Dünnschichtbelag (Schichten im Heiß- oder Kalteinbau)	(X)		X		X	(X)	X	X	X	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)			
I2 – Deckschicht	Hocheinbau	X	X	X	X	X	(X)	(X)	X	X	X	X	X	X					
	Tiefeinbau		X	X	X	X	(X)	(X)	X	X								X	
	Rückformen		X		X		(X)	(X)	X	X								X	
Erneuerung (E)	E1 – bis 8 cm	Hocheinbau der Deck- und Binderschicht									X	X	X	X	X	X	X		
		Tiefeinbau der Deck- und Binderschicht																X	
	E2 – mehr als 8 cm	Hocheinbau der Deck- und Binderschicht									X	X	X	X					
		Tiefeinbau der gebundenen Schichten									X			X	X	X			
	Ersatz des gesamten Oberbaus									X	X	X							

**Legende:**  
 X = geeignet  
 (X) = bedingt geeignet

Abbildung 12: Maßnahmen-Mängel-Matrix mit Legende (Verändert)<sup>336;337;338</sup>

336 (Ebd., S.36)

337 (FGSV 2014, S.28)

338 (Ebd., S.34)

### 3. Checkliste zur Koordinierung der Leitungsträgern und Überprüfung weiterer Einflussfaktoren

Die Checkliste dient als Unterstützung für den Anwender, um kritische Faktoren gesammelt und zusammenhängend zu überblicken. Die Eintrittsbarriere zur Abwicklung des Erhaltungsprozesses soll damit verringert und die Zahl an Fehlplanungen reduziert werden. Die Checkliste stellt eine generalisierte Auswahl an zu beachtenden Merkmalen dar und ist von jedem Anwender in Bezug auf seine jeweiligen Anforderungen auf Vollständigkeit zu überprüfen. Dazu zählen zum Beispiel Fälle in denen extreme Umwelteinflüsse erwartet werden können.

Die Checkliste ist maßgebliche Grundlage für die folgende Arbeitsschritte und sollte sorgfältig und vollständig ausgefüllt werden. Dies bedingt die Absprache mit mehreren Parteien (dritte) und kann sehr dynamisch ausfallen. Für den gesamten Arbeitsschritt ist ausreichend Zeit einzuplanen. Ziel sollte es sein, den Arbeitsschritt so übersichtlich zu dokumentieren, dass jeder Zeit die bearbeitende Person durch eine nicht damit vertraute Person ersetzt werden kann. Hierfür sollten Zwischen- und Endergebnisse in der Checkliste dokumentiert werden (Bemerkungsspalte). Die Checkliste muss für jeden zuvor gebildeten Zustandsabschnitte einzeln abgearbeitet werden. Sie ist bislang nicht im vialytics System vorhanden und erfordert deshalb eine Implementierung.

Ihr Aufbau ist wie folgt: In der Bewertungsspalte wird anhand der Markierungsmethoden, die in der Legende aufgezeigt sind, das Ergebnis der jeweiligen Untersuchung dokumentiert. Zu untersuchen sind Merkmale die Einfluss auf die anzuwendende Erhaltungsmaßnahme haben können. Zu einer Auswahl der im Kapitel 6.1 genannten Faktoren zur „Auswahl der geeigneten Erhaltungsmaßnahme“, wurde eine Auswahl an Einflüsse mit besonders negativen Auswirkungen (Kapitel 3.5 „Einflussfaktoren auf die Dauerhaftigkeit von Verkehrsflächen“), ergänzenden Informationen aus (Kapitel 5.1b), die einwohnerorientierte Faktoren aus Kapitel 6.1 sowie weitere noch nicht genannte Merkmale in der Checkliste zusammengeführt. Noch nicht genannt aber von dem Autor für die Entscheidung über die Maßnahme als relevant empfunden sind die Topografie (Gefälle)<sup>339</sup> des Straßenabschnittes, die Berücksichtigung von Geh- und Radwegen<sup>340</sup>, die Querneigung des Straßenabschnittes<sup>341</sup>, Höhenzwangspunkte durch Überführung schienengebundener Verkehrswege<sup>342</sup>, die Kontrolle der Leistungsfähigkeit betroffener Knotenpunkte<sup>343</sup>, die Kontrolle der Vollständigkeit des Straßeninventars, die Sicherstellung der Versorgung der betroffenen Anwohner z.B. durch die Müllabfuhr<sup>344</sup> und die Untersuchung auf zu erwartende (extreme) Umwelteinflüsse, wie z.B. Starkregen<sup>345</sup>. All diese relevanten Merkmale sind nach Zugehörigkeit kategorisiert worden. Die konkrete Zuordnung kann der Abbildung 13 entnommen werden.

---

<sup>339</sup> (Informationen aus Experteninterview 2 (Anhang 2) ab Minute 46:05, Sachgebiet: Straßen, Wege, Plätze, Stadt Nagold, 22.05.2023)

<sup>340</sup> (FGSV 2001, S.96)

<sup>341</sup> (Ebd., S.96)

<sup>342</sup> (Ebd., S.12)

<sup>343</sup> (Ebd., S.96)

<sup>344</sup> (Informationen aus Experteninterview 2 (Anhang 2) ab Minute 35:45, Sachgebiet: Straßen, Wege, Plätze, Stadt Nagold, 22.05.2023)

<sup>345</sup> (Rechnungshof Rheinland-Pfalz 2020, S.2)

Ergänzend wurde Platz zur Dokumentation des Zustandes und Bedarfs anderer verbauter Teile der kommunalen Infrastruktur im Straßenkörper geschaffen. Hier sollen die Resultate der Absprachen mit den jeweilig zuständigen Ver- und Entsorgungsträgern dokumentiert werden. Denn oftmals ist die Maßnahmenkonkretisierung und -durchführung von Streckenbaumaßnahmen nicht durch den Zustand der bestehenden Strecke bestimmt, sondern von der Zeitplanung der Baumaßnahmen Dritter. Das Erhaltungsmanagement strebt an, verschiedenartige Maßnahmen an einem Bauabschnitt möglichst gleichzeitig durchzuführen (siehe 3.7). Deshalb müssen unter Umständen Erhaltungsmaßnahmen vorgezogen werden oder erforderliche Maßnahmen verschoben werden. Weiteres kann zu verkehrsbeschränkende Maßnahmen und/oder baulichen Maßnahmen als Vorstufe bzw. als Zwischenlösung mit anschließender Beseitigung und/oder zu höheren Investitions- und Folgekosten führen.<sup>346</sup>

---

<sup>346</sup> (FGSV 2001, S.12)

Checkliste für die Auswahl der idealen Maßnahme				
Zugehörigkeit	Merkmal		Bewertung	Bemerkung
Querschnittselemente	Topografie: Gefälle		X	
	Oberflächenentwässerung			
	Geh-, Radwege			
	Überbaubarkeit (Belastbarkeit) von Rohrleitungen und Bauwerken		X	
Strecken Charakteristik	erhöhte Schwachstellen (Fugen und Nähte) durch kurze Baulose			
	inhomogener Aufbau durch Aufgrabungen			
	hohe Spurkonzentration durch SV			
	Sonderverkehr			
	Unterdimensionierung			
	Querneigung			
Höhenbindungen/ - zwangspunkte	dichte Folge von Überführungsbauwerken mit begrenzter lichten Höhe			
	Überführung schienengebundener Verkehrswege			
	Lage der Gradienten			
	Knotenpunkte (Leistungsfähigkeit)			
	Geeignete Umleitungsstrecken			
	Ausstattung (Straßeninventar)			
Baudurchführung	zeitlich beengte Abwicklung			
	beengter Arbeitsraum			
Versorgung:	Müllabfuhr		X	
Umweltrelevante Gesichtspunkte:	Lärminderung und Feinstaubbelastung			
	einwohnerorientierte Faktoren, z. B. Nähe zu einem Altenheim, Krankenhaus; Anzahl betroffene Anwohner			
Städtebauliches Umfeld:	Siedlungsstruktur (Schulen, Krankenhäuser, Altersheime etc.)			
	Anzahl der betroffenen Einwohner			
	Gewerbestructur			
	verkehrliche Bedeutung			
	Umweltrelevanz oder ÖPNV-Abwicklung			
	zu erwartende (extreme) Umwelteinflüsse		X	
			Zustandsnote	Maßnahme geplant in ... Jahren
Bedarf anderer verbauter Teile der kommunalen Infrastruktur im Straßenkörper:	Abwasserleitung bzw. -kanal	Schmutzwasserkanal	3	2035
		Regenwasserkanal	1,5	
		Mischwasserkanal		
	Gasleitung			
	Wasserleitung			
	Fernwärmeleitung			
	Rohrpostleitung			
	Starkstromkabel			
	Schwachstromkabel	Fernmeldekabel		
		Signalleitungskabel	X	
Sonstige				
Lichtwellenleiter				

Legende	
noch zu überprüfen	
keine Bedenken	
zu beachten	X
Trifft zu	

Abbildung 13: Exemplarisch ausgefüllte Checkliste mit Legende (eigene Darstellung)

#### 4. Bilden von Erhaltungsabschnitten

Wie im Regelwerk (AP9/K 4.1) beschrieben werden die Erhaltungsabschnitte in diesem Prozess auf Grundlage der Zustandsabschnitte gebildet. Zusätzlich erfolgt die Berücksichtigung der Anforderungen, die zuvor in der zugehörigen Checkliste erarbeitet wurde. Diese Checkliste ist nicht Teil des im Regelwerk beschriebenen Vorganges.

Die Wertschöpfung der Erhaltungsschritte liegt darin auch Streckenbereiche mit unkritischem Zustand zu umfassen, wenn dies aus baubetrieblicher und/oder wirtschaftlicher Sicht sinnvoll ist. Die Managementaufgabe des Anwenders ist hierbei mit dem zuvor ermittelten Wissen über den Zustand der weiteren verbauten Infrastruktur im Straßenkörper, unter Berücksichtigung geeigneter Umleitungsstrecken und weiteren Faktoren wie Höhenzwangspunkte und Umweltrelevanten Gesichtspunkte sinnvolle Erhaltungsabschnitte zu bilden (Bedingungen aus Checkliste). „Die Erhaltungsabschnittsbildung hat erheblichen Einfluss auf das Ergebnis der Erhaltungsplanung. Das Ergebnis sollte daher besonders sorgfältig plausibilisiert werden.“<sup>347</sup>

Dieser Arbeitsschritt beinhaltet die letzte Manuelle Korrektur und die Berücksichtigung von Festmaßnahmen, welche nach Regelwerk ein eigener Arbeitsschritt darstellen.

#### 5. Zuweisung von Maßnahme

Die Zuweisung der Maßnahmen erfolgt in Einklang mit der Erhaltungsabschnittsbildung. Hierfür wird die zuvor erstellte Auswahl an Maßnahmen, die auf den Zustandsmerkmalen und dem optionalen Substanzwert (Bestand) (Maßnahmen-Mängel-Matrix) beruht, zur Hand genommen. Beim Bilden der Erhaltungsabschnitte wurde bereits ersichtlich welche Faktoren berücksichtigt werden müssen. Nun gilt es abzufragen, inwieweit die zugewiesenen Maßnahmen die Anforderungen der Erhaltungsabschnitte erfüllen. Das sich daraus ergebende Ergebnis kann eindeutig sein (eine Maßnahme). Es ist aber auch denkbar, dass bei geringen Anforderungen mehrere Maßnahmen eine technische Wirkung erbringen würde. In diesem Fall kann eine Entscheidung durch Bestimmung der Erhaltungsstrategie erfolgen. Wird aus gewissen Gründen eine Instandhaltung der Instandsetzung bevorzugt ist die entsprechende Maßnahme zu wählen.

Zudem sollte zu diesem Zeitpunkt eine Kostenschätzung der Maßnahmen möglich sein, denn die Auswahl der Maßnahmen kann durch begrenzte Erhaltungsmittel eingeschränkt sein.<sup>348</sup> Der Prozess sollte auch für Szenarien anwendbar sein, in denen

<sup>347</sup> (FGSV 2015a, S.17)

<sup>348</sup> (Krause, G. 2000, S.36)

kurzfristig übriges Budget sinnvoll eingesetzt werden soll und deshalb das Straßennetz ausschließlich nach möglichen Instandhaltungsmaßnahmen untersucht wird. Diese Arbeitsweise ist jedoch unter Vorbehalt durchzuführen, da die Gefahr besteht nicht nachhaltig zu arbeiten.

Ebenfalls wie nach Regelwerk muss die Ausgegebene Empfehlung überprüft und eventuell in einem weiteren Arbeitsschritt verfeinert werden. „[D]ie kommunalen und lokalen Spezifika, die nur vom ausgebildeten und erfahrenen Ingenieur eingebracht werden können“<sup>349</sup> sollten dabei in Form der Checkliste in die Zuweisung eingeflossen sein.

## **6. Priorisierung**

Als letzter Schritt erfolgt die Priorisierung.

### **a. Priorisierung nach Dringlichkeit**

Die Priorisierung nach Dringlichkeit bedient sich an den zugewiesenen Maßnahmen zu den Erhaltungsabschnitten. Diese werden meist die potenzielle Durchführbarkeit in unmittelbarer Zeit überschreiten, weshalb priorisiert werden muss. Zur Erstellung der Rangfolge kann sich der Übersicht über die zu beachtenden Faktoren bedient werden (Abbildung 14). Die Faktoren setzen sich aus Erhaltungsziele des strategischen und operativen Ansatzes (Kapitel 5.2), sowie einer Auswahl der ergänzenden Informationen (Kapitel 5.1b). Diese Faktoren können bereits teilweise in einem vorherigen Schritt berücksichtigt worden sein, sind jedoch für die Priorisierung erneut relevant.

---

<sup>349</sup> (FGSV 2012, S.20)

Faktoren	Zielkriterien
Sicherheit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Ver- und Entsorgung ist hinreichend gegeben, Leitungsträger und Versorger können Ihre Anlagen warten und Havarien beseitigen,</li> </ul>
Leistungsfähigkeit (Befahrbarkeit)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• das fundamentale Transportbedürfnis (Fußverkehr – Eigenversorgung Dienst- oder Arbeitswege - soziales Bewegungsbedürfnis - Erholung) wird befriedigt,</li> <li>• Rettungsdienste können sicher gesamtflächig agieren,</li> <li>• dem Verkehr (MIV, ÖV und nMIV) wird eine entsprechende Infrastruktur bereitgestellt,</li> <li>• Wirtschafts- und Industrieverkehr kann abgewickelt werden.</li> </ul>
Substanzerhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhalt der Substanz,</li> <li>• Erhalt des Anlagevermögens,</li> </ul>
Umweltverträglichkeit, Wirkungen auf Dritte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lärminderung und Feinstaubbelastung</li> <li>• Städtebauliches Umfeld: Angaben zum städtebaulichen Umfeld können neben den reinen Optimierungsverfahren wesentliche Entscheidungshilfen bei der Prioritätenfestlegung sein. Angaben zum städtebaulichen Umfeld sind u. a. Siedlungsstruktur (Schulen, Krankenhäuser, Altersheime etc.), Anzahl der betroffenen Einwohner, Gewerbestruktur, verkehrliche Bedeutung, Umweltrelevanz oder ÖPNV-Abwicklung.</li> </ul>
Erhaltungsplanung anderer Infrastruktureinrichtungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ziel ist, einen gemeinsamen Maßnahmenzeitpunkt zu finden, um Baukosten, Verkehrsbehinderungen, Anwohner - und Umweltbelastungen zu minimieren. Dies wird für einzelne Infrastruktureinrichtungen in der Regel zunächst zu Überbrückungsmaßnahmen führen, wobei die Gesamteffizienz dann Vorteile bringen kann.</li> </ul>
Unfallsituation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Werden an Abschnitten erhöhte Unfallzahlen festgestellt, sind sofort die erforderlichen verkehrsbeschränkenden oder baulichen Maßnahmen einzuleiten.</li> </ul>

Abbildung 14: Faktoren die in der Priorisierung berücksichtigt werden sollten (eigene Darstellung)

### b. Priorisierung nach Budget

Diese Arbeitsweise ist nicht zu empfehlen kann aber gezwungenermaßen in der Praxis stattfinden. Ist nur ein begrenztes Budget vorhanden kann sofern bereits eine Kostenschätzung vorliegt nach Budget priorisiert werden. Dies kann jedoch dazu führen, dass langfristig höhere Kosten entstehen, weil nicht bedarfsgerecht erhalten wird.

## 8. Zusammenfassung

In dieser Arbeit konnte ein Prozess zum Treffen von Handlungsempfehlungen für kommunale Straßen auf Basis des zuvor erfassten Straßenzustandes mit dem vialytics System erarbeitet werden. Dieser Prozess soll es den Anwendern ermöglichen die kommunalen Besonderheiten, kritische Faktoren sowie den Straßenzustand in ihrer Auswahl der anzuwendenden Maßnahme zu berücksichtigen. Der halbautomatische Charakter des Prozesses ermöglicht es dem Anwender, eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten zu finden. Dabei kann er Schritt für Schritt die Resultate nachzuvollziehen und durch Einbringen des eigenen Fachwissens das Endergebnis beeinflussen.

Der Prozess basiert auf dem zuvor erfassten und bewerteten Straßenzustand. Die Ergebnisse der Zustandserfassung und -bewertung spielen eine entscheidende Rolle bei der Auswahl geeigneter Erhaltungsmaßnahmen. Durch technologische Fortschritte wurden die in den FGSV-Regelwerken (E EMI 2012 und ihre Arbeitspapiere) aufgeführten Verfahren überholt. Dies stellt eine positive Entwicklung für das Erhaltungsmanagement dar, da nun mit geringerem Aufwand und Kosten gleichwertige Entscheidungsgrundlagen geschaffen werden können.

Die in der E EMI 2012 beschriebenen Optionen für die Zustandserfassung und -bewertung sind die messtechnische und visuelle Zustandserfassung. Die messtechnische Zustandserfassung erfordert spezielle Messfahrzeuge und wird von zertifizierten Unternehmen durchgeführt, was mit hohen Kosten verbunden ist. In einigen Kommunen, wie beispielsweise in Aalen, wird daher bevorzugt direkt in die Straßenerhaltung investiert, anstatt teure Aufträge zur Zustandserfassung zu vergeben. Die visuelle Zustandserfassung kann hingegen mit eigenem Personal durchgeführt werden, ist jedoch zeitaufwendig und erfordert Schulungen. Das Personal inspiziert das Straßennetz manuell zu Fuß, wobei subjektive Einschätzungen nicht ausgeschlossen werden können. Eine mögliche Reduzierung des Erfassungsumfangs besteht darin, kürzlich sanierte Straßen auszulassen, wie es beim Modell Münster der Fall ist. Diese Lösung ist jedoch nicht vollständig zufriedenstellend.

Die vialytics GmbH hat eine Zustandserfassungs- und Bewertungsmethode entwickelt, die ähnlich kostengünstig wie die visuelle Erfassung ist, jedoch objektive Daten wie bei der messtechnischen Erfassung liefert. Dies wird durch die Auswertung einer Künstlichen Intelligenz ermöglicht, die darauf trainiert wurde, Oberflächenschäden detailliert zu erkennen. Es ist anzumerken, dass diese Oberflächenschäden nicht die Ebenheit der Verkehrsfläche beinhalten. Dies ist ein Nachteil, der auf das angewendete technologische Konzept der Zustandserfassung mit dem vialytics System zurückzuführen ist.

Der Versuch, die Substanzbewertung des Bestandes in die Bestimmung der Erhaltungsmaßnahme einfließen zu lassen, hat sich in der Praxis als zu aufwendig für zu wenig Mehrwert erwiesen. Deshalb wird der Substanzwert (Bestand) ausschließlich als Option im Prozess berücksichtigt.

Während der Bearbeitung konnte festgestellt werden, dass die Schadensmerkmale nicht immer ausschlaggebend für die Durchführung von Erhaltungsmaßnahmen sind. Auslöser für die Durchführung von Erhaltungsmaßnahmen sind in vielen Fällen die Reparatur, Ergänzung und/oder Erneuerung von verbauten Ver- und Entsorgungsleitungen im Straßenkörper. In der Praxis kommt es zu vielen Absprachen zwischen den Verantwortlichen der Ver- und Entsorgungsleitungen und den

Straßenbaulastträgern. Grund dafür ist die Untersuchung nach Synergieeffekten. Es konnte gezeigt werden, dass jede Aufgrabung gravierende Auswirkungen auf die verbleibende Nutzungsdauer der Straßenbefestigung hat. So erreicht nur noch ein Viertel der Straßenbefestigungen an denen Aufgrabungen durchgeführt wurden 80 % der Nutzungsdauer vergleichbarer Straßenbefestigungen, an denen keine Aufgrabungen durchgeführt wurden. Somit muss es höchste Priorität des Straßenbaulastträgers sein, Aufgrabungen zu vermeiden. Dies kann er jedoch nur damit beeinflussen, dass alle notwendigen Maßnahmen an den verbauten Ver- und Entsorgungsleitungen zu einem gesammelten Zeitpunkt stattfinden. Zudem hat sich gezeigt, dass durch enge Kontrollen im gesamten Durchführungsprozess der Aufgrabungen, höherwertige Bauausführungen stattgefunden haben und damit die Aufgrabungen geringere Auswirkungen hatten. Generell gilt, dass für den Substanzerhalt die korrekte Bauausführung und die anschließende Erhaltung/Unterhaltung entscheidend sind.

Der Erhalt des Anlagegutes Straße kommt mit großer Verantwortung, weil das Kommunale Straßennetz großen Investitionsbedarf hat und damit richtungsweisende Entscheidungen getroffen werden müssen. Das kommunale Straßennetz ist ein wichtiger Teil der wirtschaftlichen Entwicklung sowie für die soziale Kultur. Die Verantwortlichen sind dazu verpflichtet zukünftigen Generationen eine Grundlage zu überreichen, mit der sie die Fähigkeit haben ihre eigenen Bedürfnisse zu erfüllen. Hierzu benötigen die Verantwortlichen ausreichend finanzielle Mittel zur Schaffung und Fortführung einer Datengrundlage und anschließenden Ausführung der notwendigen Erhaltungsmaßnahmen.

## Literaturverzeichnis

- Altherr, T. (2022). Merchweiler: Glasfaserausbau gestoppt - mangelhafte Ausführung?. Abgerufen am 13.6.2023 von <https://www.regio-journal.info/saarland/landkreis-neunkirchen/merchweiler-glasfaserausbau-gestoppt-mangelhafte-ausfuehrung/>
- BAST (Hrsg.). (o.J.). Pavement Management System (PMS). Abgerufen am 20.4.2023 von <https://www.bast.de/DE/Strassenbau/Fachthemen/s6-pms.html>
- Bernnat, R. et al. (2022). Fachkräftemangel im öffentlichen Sektor. (PwC Deutschland, Hrsg.). Abgerufen am 11.5.2023 von <https://www.pwc.de/de/branchen-und-markte/oeffentlicher-sektor/pwc-fachkraeftemangel-im-oeffentlichen-sektor.pdf>
- Bundesministerium für Digitales und Verkehr (Hrsg.). (2016). Zustandserfassung und -bewertung (ZEB) auf Bundesfernstraßen. Abgerufen am 11.5.2023 von <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/StB/zustandserfassung-und-bewertung.html>
- Bundesministerium für Digitales und Verkehr (Hrsg.). (2017). Richtlinien für die rechtliche Behandlung von Ortsdurchfahrten im Zuge der Bundesstraßen (Ortsdurchfahrtenrichtlinien – ODR). Abgerufen am 6.6.2023 von [https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/StB/richtlinien-fuer-die-rechtliche-behandlung-von-ortsdurchfahrten.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/StB/richtlinien-fuer-die-rechtliche-behandlung-von-ortsdurchfahrten.pdf?__blob=publicationFile)
- Bundesministerium für Digitales und Verkehr (Hrsg.). (2019). Erhaltung von Straßen. Abgerufen am 20.4.2023 von <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/StB/erhaltung-von-strassen.html>
- Brandt-Schwabedissen et al. (o.J.). StGB NRW - Hinweise zum Management von Aufbrucharbeiten im Straßenraum. (Ge-Komm GmbH, Hrsg.). Abgerufen am 7.5.2023 von [https://kommunale-strassen.de/wp-content/uploads/2018/10/Ge-Komm\\_StGBNRW\\_Hinweise\\_zum\\_Aufbruchmanagement.pdf](https://kommunale-strassen.de/wp-content/uploads/2018/10/Ge-Komm_StGBNRW_Hinweise_zum_Aufbruchmanagement.pdf)
- Buttgereit, A. (2018). Ansätze für ein Erhaltungsmanagement kommunaler Straßen unter Berücksichtigung des NKF. Dissertation. Ruhr-Universität Bochum. Abgerufen am 20.3.2023 von <https://hss-opus.ub.ruhr-uni-bochum.de/opus4/frontdoor/deliver/index/docId/6418/file/diss.pdf>
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.). (2001). Richtlinien für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen an Straßenbefestigungen. Bonn: FGSV Verlag GmbH
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.). (2005). Grundlagen zur praxisorientierten Umsetzung der E EMI 2003. Köln: FGSV Verlag GmbH
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.). (2012). Empfehlungen für das Erhaltungsmanagement von Innerortsstraßen: E EMI 2012. Köln: FGSV Verlag GmbH
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.). (2014). Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die bauliche Erhaltung von Verkehrsflächenbefestigungen - Asphaltbauweisen: ZTV BEA-StB 09/13. Köln: FGSV Verlag GmbH
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.). (2015a). Grundlagen eines Erhaltungsmanagements. Köln: FGSV Verlag GmbH
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.). (2015b). Schadenskatalog für die messtechnische und visuelle Zustandserfassung. Köln: FGSV Verlag GmbH

- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.). (2015c). Vorbereitung und Durchführung der visuellen Zustandserfassung für innerörtliche Verkehrsflächen. Köln: FGSV Verlag GmbH
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.). (2015d). Zustandsbewertung bei messtechnischer Zustandserfassung. Köln: FGSV Verlag GmbH
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.). (2016). Vorbereitung und Durchführung der messtechnischen Zustandserfassung für innerörtliche Verkehrsflächen. Köln: FGSV Verlag GmbH
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.). (2018). Zustandsbewertung bei visueller Zustandserfassung. Köln: FGSV Verlag GmbH
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.). (2019a). Substanzwert (Bestand). Köln: FGSV Verlag GmbH
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.). (2019b). Merkblatt über den Finanzbedarf der Straßenerhaltung in den Kommunen. Köln: FGSV Verlag GmbH
- Fuss e.V. (Hrsg.). (o.J.a). Zuständigkeiten für die Benutzbarkeit von Fußverkehrs- und Querungsanlagen. Abgerufen am 31.5.2023 von <https://www.gehrecht.de/barrierefreiheit.html>
- Fuss e.V. (Hrsg.). (o.J.b). Barrierefreiheit. Abgerufen am 1.6.2023 von <https://www.gehrecht.de/barrierefreiheit.html>
- Institut für Verwaltungswissenschaften gGmbH (Hrsg.). (2017). Aufbau von kommunalen Straßen- erhaltungskonzepten – bauliche Unterhaltung von Verkehrsflächen. Abgerufen am 11.5.2023 von [https://ge-komm.de/wp-content/uploads/2017/02/Flyer-Stra%C3%9Fenerhaltung-ifV\\_Bernd-Mende-Ge-Komm-GmbH.pdf](https://ge-komm.de/wp-content/uploads/2017/02/Flyer-Stra%C3%9Fenerhaltung-ifV_Bernd-Mende-Ge-Komm-GmbH.pdf)
- Karcher, C. (2011). Ursachen und Entstehungsmechanismen von Straßenschäden Kolloquium „Vermeidung von Straßenschäden in Kommunen“. (Karlsruher Institut für Technologie, Hrsg.). Abgerufen am 8.5.2023 von [https://www.ise.kit.edu/rd\\_download/SBT/Kolloquium\\_SBT\\_2011-11-23\\_C.Karcher.pdf](https://www.ise.kit.edu/rd_download/SBT/Kolloquium_SBT_2011-11-23_C.Karcher.pdf)
- Krause, G. (2000). Abgrenzung von Mängelklassen zur Kennzeichnung von wahrscheinlichen Schadensursachen mit Hilfe meßtechnisch erfaßter Bestands- und Zustandsmerkmale. (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Abteilung Straßenbau, Straßenverkehr, Hrsg.) Bonn
- Löhnig, F. (2023). Doppelter Ärger beim Breitband-Ausbau: Acherner Stadtverwaltung stellt sich quer. (Badische Neueste Nachrichten Badendruck GmbH, Hrsg.). Abgerufen am 13.6.2023 von <https://www.regio-journal.info/saarland/landkreis-neunkirchen/merchweiler-glasfaserausbau-gestoppt-mangelhafte-ausfuehrung/>
- Mansfeld R. und Reschke T. (2016). Aufgrabungen richtig schließen damit es wieder dicht wird .... (Deutscher Asphaltverband (DAV) e.V., Hrsg.). Abgerufen am 8.5.2023 von [https://www.asphalt.de/fileadmin/user\\_upload/asphaltberatung/downloads/l-j-b-e\\_aufgrabungen.pdf](https://www.asphalt.de/fileadmin/user_upload/asphaltberatung/downloads/l-j-b-e_aufgrabungen.pdf)
- Ministerium des Inneren, für Digitalisierung und Kommunen Baden-Württemberg (Hrsg.). (2017). Leitfaden zur Bilanzierung nach den Grundlagen des Neuen Kommunalen Haushalts- und Rechnungswesens (NKHR) in BadenWürttemberg (3. Auflage). Abgerufen am 7.6.2023 von <https://im.baden->

wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-  
im/intern/dateien/pdf/20170721\_Leitfaden\_zur\_Bilanzierung\_3.\_Auflage\_  
\_C3%84nderungsmodus.pdf

- Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.). (o.J.). Erhaltung von Bundes- und Landesstraßen. Abgerufen am 11.5.2023 von <https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/mobilitaet-verkehr/strasse/planung-bau-erhalt-und-sanierung/erhaltung>
- Rechnungshof Rheinland-Pfalz (Hrsg.). (2020). Systematische Erhaltungsplanung von Gemeindestraßennetzen. Speyer. Abgerufen am 2.5.2023 von [https://rechnungshof.rlp.de/fileadmin/rechnungshof/Weitere\\_Veroeffentlichungen/Gutachten\\_Erhaltungsplanung\\_Gemeindestrassennetze\\_\\_2020\\_.pdf](https://rechnungshof.rlp.de/fileadmin/rechnungshof/Weitere_Veroeffentlichungen/Gutachten_Erhaltungsplanung_Gemeindestrassennetze__2020_.pdf)
- Saaro, D. et al. (2014). Kommunalpolitik verstehen Für junges Politikverständnis. (Friedrich-Ebert-Stiftung Forum Politik und Gesellschaft, Hrsg.). Abgerufen am 6.6.2023 von <https://library.fes.de/pdf-files/dialog/10667.pdf>
- Schmuck, A. und Maerschalk, G. (1987). Auswirkungen aufgeschobener Erhaltungsmaßnahmen auf den Mittel- und langfristigen Finanzbedarf für die Straßenerhaltung. (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Abteilung Straßenbau, Straßenverkehr, Hrsg.)
- Schmuck, A. und Maerschalk, G. (1989). Auswirkungen örtlich begrenzt auftretender Mängel der Straßenbefestigung auf die Notwendigkeit rechtzeitiger Erhaltungsmaßnahmen. (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Abteilung Straßenbau, Straßenverkehr, Hrsg.)
- Schneider, A. (2023). Viele Mängel: Breitband-Ausbau sorgt für reichlich Ärger in Borgholzhausen. (Haller Kreisblatt Verlags-GmbH, Hrsg.). Abgerufen am 13.6.2023 von [https://www.haller-kreisblatt.de/lokal/borgholzhausen/23486538\\_Viele-Maengel-Breitband-Ausbau-sorgt-fuer-reichlich-Aerger-in-Borgholzhausen.html](https://www.haller-kreisblatt.de/lokal/borgholzhausen/23486538_Viele-Maengel-Breitband-Ausbau-sorgt-fuer-reichlich-Aerger-in-Borgholzhausen.html)
- Stadt Aalen (Hrsg.). (o.J.a). Statistik von Gesamtstadt Bevölkerungsentwicklung 2023. Abgerufen am 6.6.2023 von <https://www.aalen.de/bevoelkerungsentwicklung-2022.174011.htm>
- Stadt Aalen (Hrsg.). (o.J.b). Amt für Tiefbau und Mobilität. Abgerufen am 6.6.2023 von <https://www.aalen.de/tiefbauamt.3945.25.htm>
- Stadt Münster (Hrsg.). (o.J.). Tiefbau Wir über uns. Abgerufen am 11.05.2023 von <https://www.stadt-muenster.de/tiefbauamt/wir-ueber-uns>
- Stadt Nagold (Hrsg.). (o.J.a). Was erledige ich wo?. Abgerufen am 6.6.2023 von <https://www.nagold.de/de/Buergerservice/Was-erledige-ich-wo?view=publish&item=level2&id=6>
- Stadt Nagold (Hrsg.). (o.J.b). Zahlen und Fakten. Abgerufen am 6.6.2023 von <https://www.nagold.de/3256>
- Stein, D. und Stein, R. (2001). Instandhaltung von Kanalisationen. (Prof. Dr.-Ing. Stein & Partner GmbH, Hrsg.). Abgerufen am 14.5.2023 von <https://www.unitracc.de/know-how/fachbuecher/instandhaltung-von-kanalisationen/aufbau-und-randbedingungen-von-kanalisationen/kanale-und-andere-leitungen-in-oeffentlichen-flaechen>
- Vesper, D. (2015). Gemeindefinanzierung wenig nachhaltig – Analyse und Perspektiven der Kommunalfinanzen. (Hans-Böckler-Stiftung, Hrsg.). Abgerufen am 28.05.2023 von [https://www.boeckler.de/pdf/p\\_imk\\_study\\_41\\_2015.pdf](https://www.boeckler.de/pdf/p_imk_study_41_2015.pdf)

- vialytics GmbH (Hrsg.). (o.J.a). Das intelligente Straßenmanagementsystem. Abgerufen am 24.05.2023 von <https://www.vialytics.de>
- vialytics GmbH (Hrsg.). (o.J.b). VIDEO: Die Zustandserfassung erklärt in 2 Minuten. Abgerufen am 28.5.2023 von <https://wiki.vialytics.com/video-zustandserfassung>
- vialytics GmbH (Hrsg.). (o.J.c). Welche Modi für die Streckenaufzeichnung gibt es?. Abgerufen am 23.5.2023 von <https://wiki.vialytics.com/streckenaufzeichnung-unterschiedliche-modi>
- vialytics GmbH (Hrsg.). (o.J.d). Welche Voraussetzungen für die Zustandserfassung im Auto gibt es?. Abgerufen am 23.5.2023 von <https://wiki.vialytics.com/voraussetzungen-fuer-die-zustandserfassung>
- vialytics GmbH (Hrsg.). (o.J.e). Welches Fahrzeug kann genutzt werden?. Abgerufen am 23.5.2023 von <https://wiki.vialytics.com/fahrzeug-zur-zustandserfassung>
- vialytics GmbH (Hrsg.). (o.J.f). Werden personenbezogene Daten entfernt?. Abgerufen am 23.5.2023 von <https://wiki.vialytics.com/anonymisierung-personenbezogener-daten>
- vialytics GmbH (Hrsg.). (o.J.g). Wie funktioniert die vialytics Bewertungslogik?. Abgerufen am 28.5.2023 von <https://wiki.vialytics.com/bewertungslogik>
- vialytics GmbH (Hrsg.). (o.J.h). Wie kann das Web-System aufgerufen werden?. Abgerufen am 23.5.2023 von <https://wiki.vialytics.com/vialytics-web-system-aufruf>
- vialytics GmbH (Hrsg.). (o.J.i). Wie schnell kann während einer Zustandserfassung gefahren werden?. Abgerufen am 9.6.2023 von <https://wiki.vialytics.com/geschwindigkeit-bei-zustandserfassung>

## **Anhang**

### **Anhang 1 – Experteninterview mit dem Tiefbauamt Aalen**

Hiermit wird auf die beigefügte Audiodatei, digital oder CD, des am 14.03.2023 durchgeführten Experteninterviews im Tiefbauamt Aalen verwiesen.

### **Anhang 2– Experteninterview mit dem Tiefbauamt Nagold**

Hiermit wird auf die beigefügte Audiodatei, digital oder CD, des am 22.05.2023 durchgeführten Experteninterviews im Tiefbauamt Nagold verwiesen.