



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Verkehrsregelungssysteme – Grundlagen für das Erhaltungsmanagement

**Les systèmes de régulation du trafic - les bases pour la
gestion de l'entretien**

**Traffic control systems – basics for maintenance
management**

**Grahl – Beratender Ingenieur für Systeme
des Schienen- und Strassenverkehrs**

Dr.- Ing. Stefan Grahl

**Forschungsauftrag 2005/304 auf Antrag des
Schweizerischen Verbandes der Strassen-
und Verkehrsfachleute (VSS)**

Januar 2008

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
Summary	5
Résumé	6
1. Aufgabenstellung	7
1.1 Ausgangssituation.....	7
1.2 Auftrag.....	8
2. Methodisches Vorgehen – Leitfaden für den Forschungsbericht	8
3. Auswertung nationaler und internationaler Literatur	9
3.1 Das Schweizer Normenwerk.....	9
3.2 Europäische Normen	10
3.3 Weitere Literatur.....	10
4. Begriffsdefinitionen für das Erhaltungsmanagement technischer Ausrüstungen (EMT)	14
5. Spezifischen Bedingungen von Verkehrsregelungssystemen	15
6. Analyse des Ist – Zustandes bei Betrieb und Instandhaltung von LSA	17
6.1 Erhaltungstätigkeiten an LSA.....	17
6.2 Umfrage bei Betreibern von LSA	20
6.2.1 Vorbereitung und Durchführung der Befragung	20
6.2.2 Befragungsergebnisse und Schlussfolgerungen	20
7. Erstellen einer Rahmenmethodik für das Erhaltungsmanagement LSA	23
7.1 Normengrundlagen	23
7.2 Mögliche Rahmenabläufe für das Erhaltungsmanagement LSA.....	24
7.3 Verkehrstechnische Erhaltung	25
8. Kenngrössen zur Zustandserhebung und Zustandsbewertung bei LSA	27
8.1 Grundlagen	27
8.2 Kenngrössen für Komponenten	28
8.2.1 Steuergeräte	28
8.2.2 Maste	30
8.2.3 Signalgeber.....	31
8.2.4 Detektoren	32
8.2.5 Kabelanlagen.....	33
8.2.6 Markierung.....	33
8.2.7 Signale	34
8.2.8 Baukörper Strasse	34
8.3 Kenngrössen für Anlagen (LSA)	36
8.4 LSA - Zustandsbewertung.....	39
8.5 Typenregeln	43
9. Erhaltungsplanung	44
9.1 Erhaltungsstrategien	44
9.2 Technische Massnahmenplanung	45
9.3 Finanzielle Massnahmenplanung	47
9.4 Anlagenwert und Kostenentwicklung	47
9.5 Bildung von Erhaltungsszenarien	50
10. Vorschläge zur Organisation des Erhaltungsmanagements	56
10.1 Einführung	56
10.2 Festlegung der Verantwortlichkeit für das Erhaltungsmanagement	57
10.3 Personelle Voraussetzungen	57
10.4 Ausführung von Erhaltungstätigkeiten	58
10.5 Unterstützung durch Informationstechnologien (IT – Support).....	58
10.6 Systemauditorierung	59
11. Strukturvorschlag für neue Norm	60
12. Schlussfolgerungen und Ausblick	63
Literaturnachweis	65
Erhaltungsmanagement von kommunalen Straßen	66
Glossar	67

Abkürzungsverzeichnis	68
Anhang 1 Übersicht zum Schweizer Normenwerk für das Erhaltungsmanagement (der technischen Ausrüstungen)	69
Anhang 2 Fragebogen „Betrieb und Unterhalt von Lichtsignalanlagen (LSA)“	70
Anhang 3 Typenregeln	74

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1	Schadensmanagement und Erhaltungsmanagement	11
Tabelle 2	Erhaltungstätigkeiten nach SN 640 900a und SN 640 842	19
Tabelle 3	Lebensdauer LSA	21
Tabelle 4	Kenngrossen für Komponenten	36
Tabelle 5	Kenngrossen für Anlagen	39
Tabelle 6	Zuordnung der Kenngrossen zu dimensionslosen Werten	40
Tabelle 7	Kenngrossenzusammenführung Komponenten	41
Tabelle 8	Kenngrossenzusammenführung für Anlage	42
Tabelle 9	Generierung von Typenregeln für das Erhaltungsmanagement von LSA.....	44
Tabelle 10	Übersicht zu technischen Erhaltungsmassnahmen bei Komponenten	46
Tabelle 11	Auswahl anlagenbezogener Erhaltungsmassnahmen	46
Tabelle 12	Einflussfaktoren und Auswirkungen der Extremszenarien.....	52
Tabelle 13	Trendszenario für das EM LSA.....	53
Tabelle 14	Vorschlag für eine Normengruppe EM VRS.....	62

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1	Erhaltungsmanagement als komplexer Prozess	7
Abbildung 2	Zusammenhang von Erhaltungs- und Qualitätsmanagement.....	17
Abbildung 3	Schematische Darstellung Erhaltungsmanagement LSA	26
Abbildung 4	EMT und Verkehrstechnische Erhaltung.....	27
Abbildung 5	Zustandspolygon LSA	42
Abbildung 6	Normierter Anlagenwert und Instandhaltungskosten	49
Abbildung 7	Entwicklung Instandhaltungskosten zu Anlagenwert (Quotient Q_{IA})	50
Abbildung 8	Handlungsbereiche LSA – übergreifende Massnahmenplanung.....	55
Abbildung 9	Prozessablauf beim Erhaltungsmanagement	60

Zusammenfassung

Das Erhaltungsmanagement für Strassen wird seit einigen Jahren entwickelt und angewendet. Für verkehrstechnische Ausrüstungen sind noch keine spezifischen Grundlagen erarbeitet worden. Mit der Forschungsarbeit sollten deshalb wissenschaftlich fundierte und in der Praxis anwendbare Methoden für das Erhaltungsmanagement von Verkehrsregelungssystemen (EM VRS) entwickelt werden.

Zu den Verkehrsregelungssystemen gehören Lichtsignalanlagen (LSA) und ihnen übergeordnete Verkehrsrechner, Fahrstreifen – Lichtsignal – Systeme (FLS), Rampenbewirtschaftungen, Wechselsignale, Wechseltextanzeigen, Parkleitsysteme sowie die Signalsicherung für Schiene – Straße – Kreuzungen. Im Rahmen der Forschungsarbeit werden vornehmlich Lichtsignalanlagen behandelt.

Die Untersuchung beginnt mit einer umfangreichen Literaturrecherche zu Schweizer und europäischen Normen sowie zu nationalen und internationalen Publikationen über das Erhaltungsmanagement sowie zu Betrieb und Unterhalt von Verkehrsregelungssystemen.

Das Erhaltungsmanagement umfasst die fünf Stufen Bestandserfassung und Inventarisierung, Zustandserhebung und Zustandsbewertung, Massnahmenplanung, Massnahmenmanagement sowie Baustellenplanung. Diese Unterteilung wurde in die Gliederung der Forschungsarbeit aufgenommen.

Verkehrsregelungssysteme weisen, im Vergleich zu den anderen Teilsystemen der Strasse, spezifische Bedingungen auf. Das sind kürzere Anlagenlebensdauern, schnellere technisch – technologische Innovationszyklen und eine punktuelle Planung und Realisierung von Erhaltungsmassnahmen.

In der Forschungsarbeit wurden neben den technischen auch die verkehrlichen Belange in das Erhaltungsmanagement eingebunden. Es wurde der Begriff „Verkehrstechnische Erhaltung“ neu eingeführt.

Es wurde eine Befragung bei Betreibern organisiert, um deren Erfahrungen bei Betrieb und Unterhalt aufzugreifen. Die praktische Analyse bestätigte den Forschungsansatz, wonach die durchschnittliche Lebensdauer von LSA und ihren Komponenten planmässige Erhaltungstätigkeiten erfordern.

Mit Hilfe einer neu entwickelten Rahmenmethodik werden die bestehenden Erhaltungstätigkeiten der Überwachung, Kontrolle und Wartung mit dem Unterhalt (Werterhaltung, Erneuerung) und der Veränderung zu einem integrierten Gesamtprozess EM LSA entwickelt.

Für die Zustandserhebung/-bewertung und Massnahmenplanung werden die LSA in die Komponenten Steuergerät, Maste, Signalgeber, Detektoren und Kabelanlagen untergliedert und für diese Kenngrössen definiert. Die technischen Kenngrössen ergeben sich überwiegend aus technischen Normen, die verkehrstechnischen aus den Kriterien Betriebssicherheit, Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf.

Die Durchführung des Erhaltungsmanagements erfolgt über Typenregeln. In der Forschungsarbeit wurden Typenregeln für alle Komponenten einer LSA und für die Gesamtanlage erarbeitet.

Die Erhaltungsplanung gliedert sich in die technische und finanzielle Massnahmenplanung. Dafür braucht es die Definition von Erhaltungsstrategien. In der Forschungsarbeit werden Kriterien bzw. Zielgrössen für Erhaltungsstrategien vorgeschlagen.

Für den effizienten Einsatz der personellen und finanziellen Ressourcen sind die Kostenaufwendungen für Bau, Betrieb und Unterhalt von LSA zu optimieren. Dazu gehört auch, Anlagenwerte als bilanzielle Vermögenswerte zu berücksichtigen. Das sichert den Substanzerhalt der Verkehrsinfrastruktur. Anhand einer schematischen Darstellung wird der Zusammenhang von Investitionen und Abschreibungen sowie Instandhaltungskosten gezeigt.

Die Zuständigkeit für das Erhaltungsmanagement sollte im Rahmen der jeweils bestehenden Aufbau- und Ablauforganisation geregelt sein. Seine erfolgreiche Durchführung erfordert gut qualifiziertes Personal. Oft ist die Mitwirkung fachlich geeigneter Dritter erforderlich und zweckmässig.

Für das Erhaltungsmanagement braucht es den Einsatz moderner Informationstechnologien.

Im Ergebnis der Untersuchungen wird vorgeschlagen, neue spezifische Normen zum EM VRS im Rahmen der Fachnormen für Verkehrsregelungssysteme zu erstellen.

Summary

The maintenance management for roads is developed for some years and is applied. Necessary specific bases for maintenance management of traffic-technical equipment have not been compiled yet. With the research project scientific sound and methods applicable in practice should be developed for the maintenance management by traffic control systems (TCS).

TCS are Light signals (LS) and to them higher traffic control computer, lane control (LC), ramp metering, variable message signs (VMS), parking guidance systems as well as the signal protection belong to traffic control systems for rail - road - crossing to. Within the scope of the research project particularly light signals are treated.

The investigation begins with an extensive literature search to Swiss and European norms as well as to national and international publications about the maintenance management as well as to operation and maintenance of traffic control systems.

The maintenance management encloses five steps capture and compilation of an inventory, state elevation and state assessment, measure planning, measure management as well as work site planning. This division was taken up in the arrangement of the research project.

Traffic control systems indicate specific conditions, in comparison to the other subsystems of the roads. These are shorter life time of equipment; quicker innovation cycles for technique and technology and a selective planning and realisation of maintenance measures.

It depended on integrating the traffic requirements into the maintenance management with the research project. New concept „traffic-technical maintenance“ has been introduced.

A questioning was organised with the purpose to take up experiences in operation and maintenance. The practical analysis confirmed the research beginning after which the average life duration of LS and her components require maintenance operations.

With a new developed frame methodology the existing operations of the supervision, control and servicing, the maintenance (value maintenance, renewal) and the change are developed to an integrated whole process MM LS.

For the state elevation /-assessment and measure planning the LS are subdivided into components control device, masts, signal heads, detectors and cable arrangements. For all components parameters or characteristics have been defined. Technical characteristics arise from technical norms. The traffic characteristics are derived from the criteria operational safety, road safety and flow of traffic.

The realisation of the maintenance management occurs about type rules. In the research project type rules were compiled for all components of LS and for the whole system.

The maintenance planning is made up of the technical and of the financial measure planning. It needs to the previous definition of maintenance strategies. In the research project criteria or purpose dimensions are suggested for maintenance strategies.

For efficient application of personnel and financial resources the cost expenditures are to be optimised for construction, operation and maintenance by LS. Also it to take into consideration equipment values as assets. This protects the substance maintenance of traffic infrastructure. In the research work the connection is shown with a charting by investments and write offs as well as maintenance costs.

The competence over the maintenance management should be regulated within the scope of the existing structure and discharge organisation. His successful realisation requires well certified staff. The co-operation in this subject of appropriate third is often necessary and suitable.

The maintenance management needs application of modern information technologies.

In the result of the investigations it is suggested providing new specific norms to the MM TCS within the scope of the professional norms of traffic control systems.

Résumé

La gestion de l'entretien des routes se développe et s'applique depuis quelques années. Les bases spécifiques pour la gestion de l'entretien des équipements techniques relatifs à la circulation n'ont pas encore été élaborées. Le travail de recherche veut développer des méthodes fondées scientifiquement et applicables en pratique pour la gestion de l'entretien des systèmes de régulation du trafic.

Les systèmes de régulation du trafic se composent des installations de signalisation lumineuse et des ordinateurs de trafic les gérant, des systèmes de gestion des voies au moyen de signaux lumineux, de la gestion des rampes d'accès aux autoroutes, des signaux variables, des panneaux à messages variables, de la gestion du stationnement ainsi que de la signalisation des croisements rail - route. Les installations de signalisation lumineuse sont traitées dans le cadre du travail de recherche.

L'étude débute par une recherche bibliographique étendue des normes suisses et européennes ainsi que des publications nationales et internationales relatives à la gestion de l'entretien et à l'exploitation des systèmes de régulation du trafic.

La gestion de l'entretien se décompose en cinq étapes : classification de l'inventaire, relevé et évaluation de l'état des équipements, planification des mesures, gestion des mesures ainsi que planification des chantiers. Ce partage a été conservé pour l'organisation du travail de recherche.

Les systèmes de régulation du trafic se singularisent des autres sous-systèmes de la route par des conditions spécifiques. Ce sont des durées de vie plus courtes, des cycles d'innovations technologiques plus rapides, une planification et une réalisation ponctuelle des mesures de maintenance.

Par conséquent, il s'est aussi agi, dans le travail de recherche, d'intégrer les intérêts de la gestion du trafic dans la gestion de l'entretien. C'est pourquoi la notion d'« entretien trafic » a été introduite.

Une enquête a été organisée dans le but de reprendre expériences. L'analyse pratique a confirmé le point de départ de la recherche, selon lequel la durée de vie moyenne réelle des installations de signalisation et de leurs composants exige un entretien régulier.

Avec une méthodologie cadre, les activités existantes de surveillance, de contrôle et d'entretien, celles de maintenance (maintien de la valeur, renouvellement) et celles de modifications se combinent en une procédure d'entretien unique.

Pour l'inventaire, l'évaluation et la planification des mesures, les installations de signalisation lumineuses sont subdivisées en composants contrôleurs, mâts, boîtes à feux, détecteurs et câblage. Les paramètres d'états spécifiques ressortent principalement des normes techniques. Les paramètres relatifs au trafic sont dérivés des critères sécurité d'exploitation, sécurité du trafic et écoulement du trafic.

La mise en œuvre de la gestion de l'entretien s'effectue par des règles objets. Dans le travail de recherche, les règles objets de tous les composants et de l'installation complète ont été élaborées pour les installations de signalisation lumineuse.

La planification d'entretien se partage entre planification technique et planification financière des mesures. Il est nécessaire de définir une stratégie d'entretien. Le travail de recherche propose des critères, respectivement des objectifs, pour des stratégies d'entretien.

Afin d'engager de manière efficace les ressources humaines et financières, il est nécessaire d'optimiser les dépenses de construction, d'exploitation et d'entretien des installations. La valeur des installations, en tant que valeur patrimoniale, fait aussi partie du bilan. Cela assure la conservation de la substance de l'infrastructure de trafic. Au moyen d'une représentation schématique, les liens montrent entre investissements et amortissements ainsi qu'avec les frais d'entretien.

La compétence pour la gestion de l'entretien devrait se régler dans le cadre de l'organisation déjà en place. Un personnel qualifié est nécessaire au succès de la gestion de l'entretien. Souvent, il sera nécessaire de faire intervenir des tiers spécialisés, mieux à même d'effectuer certaines tâches. La gestion de l'entretien nécessite l'application des technologies de l'information moderne.

Dans le résultat des études, il est proposé d'élaborer, dans le cadre des normes spécialisées concernant les systèmes de régulation du trafic, de nouvelles normes spécifiques à la gestion de l'entretien des installations de signalisation lumineuse.

1. Aufgabenstellung

1.1 Ausgangssituation

Die Verkehrsinfrastruktur in Form von Schienen und Strassen sowie Ingenieurbauwerken stellt für die Volkswirtschaft einen erheblichen Vermögenswert dar. Ihre reale Verfügbarkeit ist für die mobile Gesellschaft unabdingbar. Zugleich unterliegen die geografischen und ökologischen Möglichkeiten des Infrastrukturausbaus sowie die dafür erforderlichen Finanzbudgets wachsenden Beschränkungen. Der Substanz- und Funktionserhalt auf hohem Niveau bekommt deshalb eine immer grössere Bedeutung.

Aus diesem Grund wird national und international seit einigen Jahren das Erhaltungsmanagement für Strassen entwickelt und angewendet. Dabei geht es um eine systematische Prüfung und Bewertung des Zustands von Fahrbahnen, Kunstbauwerken und weiteren Ausrüstungen. Hieraus werden planmässige, finanziell kalkulierbare Massnahmen zur Erhaltung abgeleitet und realisiert. International sind auch die Begriffe Asset Management und Pavement Management System (PMS) im Gebrauch.

Im Projekt Unterhaltsplanung Nationalstrassen (UplANS, 2002) wird vom BUNDESAMT FÜR STRASSEN (ASTRA) gefordert, dass auf einem Erhaltungsabschnitt alle Fachgebiete sowohl beim Unterhalt wie beim Ausbau berücksichtigt werden müssen. Daraus leiten sich zwei Schlussfolgerungen ab:

1. Das Erhaltungsmanagement muss auch die verkehrstechnischen Ausrüstungen zur Lenkung, Leitung und Steuerung des Strassenverkehrs einschliessen.
2. Verkehr beginnt und endet nicht auf den Nationalstrassen, sondern hat Quelle und Ziel im gesamten Territorium. Deshalb sollten Erhaltungsmassnahmen auch für kantonale und kommunale Strassen gelten.

Das Erhaltungsmanagement ist ein komplexer Prozess. Seine Ziele, Mitwirkende, Prozesse und Sachbezüge sind in der Abbildung 1 aufgeführt und werden im Forschungsbericht behandelt.

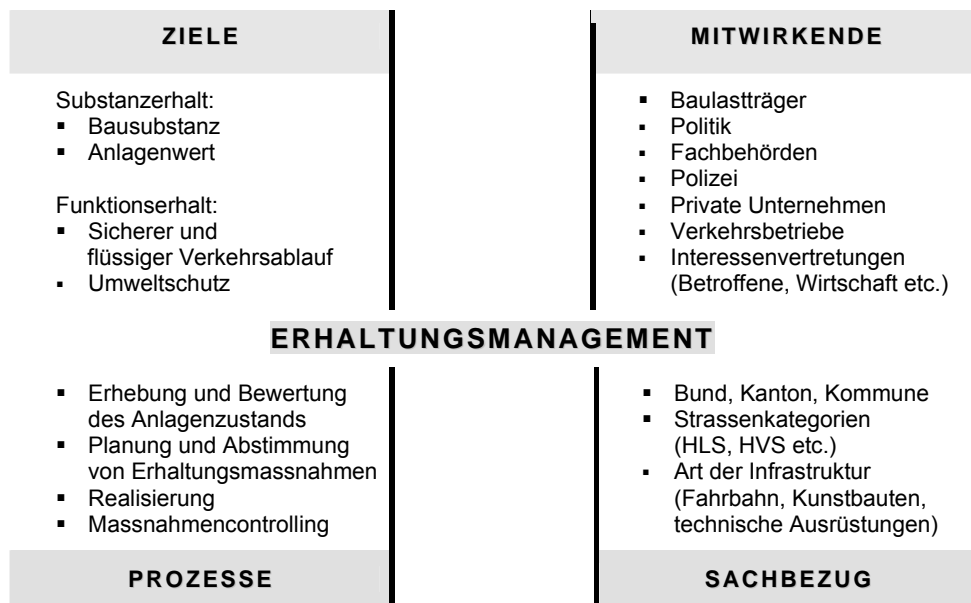


Abbildung 1 Erhaltungsmanagement als komplexer Prozess

Für das Erhaltungsmanagement von verkehrstechnischen Ausrüstungen, insbesondere der Verkehrsregelungsanlagen, sind die notwendigen theoretischen und praktischen Grundlagen bislang nur unzureichend erarbeitet worden. Das ganzheitliche Herangehen an die Strassenerhaltung unter Einschluss der verkehrstechnischen Ausrüstungen ist deshalb noch nicht möglich.

1.2 Auftrag

Auf der Grundlage vergleichbarer Anwendungen für den Erhalt von Strassen und Kunstbauten sowie der generellen Vorgaben für die Erhaltung von technischen Ausrüstungen sollen erstmals wissenschaftlich fundierte und in der Praxis anwendbare Methoden für das Erhaltungsmanagement von Verkehrsregelungssystemen (VRS) entwickelt werden.

Die verkehrstechnischen Bedingungen bei der Erhaltung von VRS erfordern ein spezifisches Herangehen. Sie werden in der Untersuchung umfassend berücksichtigt. Bereits in Normen festgelegte Erhaltungsmaßnahmen für die elektrotechnischen Komponenten werden integriert.

Die Ergebnisse der Forschungsarbeit können als technisch und wirtschaftlich fundierte Entscheidungsgrundlagen für Betreiber dienen. Ausserdem sollen sie eine Normung des Erhaltungsmanagements VRS ermöglichen.

2. Methodisches Vorgehen – Leitfaden für den Forschungsbericht

Das folgende zweite Kapitel dient der Erläuterung der Vorgehensweise im Forschungsvorhaben und der daraus entwickelten Struktur des Forschungsberichts. Es stellt zugleich einen Leitfaden dar, der das Auffinden thematischer Schwerpunkte und praktischer Hilfen unterstützen will.

Die Forschungsarbeit ist in zwölf Kapitel untergliedert, denen sich ein Literaturnachweis, ein Glossar und ein Abkürzungsverzeichnis anschliessen.

- | | |
|-----------|--|
| Kapitel 3 | wertet nationale und internationale Literaturquellen hinsichtlich Inhalt und Methodik des Erhaltungsmanagements aus und fragt nach Anwendungen in der Verkehrstechnik. In der Folge sind Querverweise zu Schweizer Normen für das Erhaltungsmanagement grau unterlegt. |
| Kapitel 4 | stellt die Begriffsdefinitionen zum Erhaltungsmanagement von technischen Ausrüstungen (EMT) zusammen, die sich aus den vorgängig genannten VSS – Normen ergeben und für die weitere Bearbeitung benötigt werden. |
| Kapitel 5 | beschreibt spezifische Bedingungen, die beim Erhaltungsmanagement von Verkehrsregelungssystemen zu berücksichtigen sind. Dabei wird der Zusammenhang mit dem Qualitätsmanagement bei Lichtsignalanlagen (LSA) hergestellt. |
| Kapitel 6 | analysiert den Ist – Zustand bei Betrieb und Instandhaltung von LSA. Auf der Grundlage von Normen und anderen Dokumenten werden Erhaltungstätigkeiten beschrieben. Es findet eine umfängliche Auswertung der Umfrage bei Betreibern statt, die zum LSA – Bestand und –zustand sowie zu Betrieb und Unterhalt geführt wurde. |
| Kapitel 7 | entwickelt am Beispiel von LSA einen möglichen Rahmenablauf für das Erhaltungsmanagement bei Verkehrsregelungssystemen. Dieser berücksichtigt, soweit möglich, die Vorgaben der EMT – Normen und schliesst in der Praxis bereits durchgeführte Erhaltungstätigkeiten ein. Der Begriff Verkehrstechnische Erhaltung wird eingeführt. |
| Kapitel 8 | gliedert die LSA in ihre Komponenten und beschreibt deren mögliche Zustandserhebung und Zustandsbewertung. Hierfür werden technische und verkehrliche Kenngrössen und die Methoden zu ihrer Ermittlung festgelegt. Daraus leitet sich ein Verfahren zur Zustandsbewertung der einzelnen Komponenten und der gesamten Anlage ab. Die Ergebnisse können in einem Polygonzug grafisch dargestellt werden.

Für die Durchführung des Erhaltungsmanagements werden Typenregeln aufgestellt. Diese sind als Anhänge zum Bericht beigefügt. |
| Kapitel 9 | beschreibt die einzelnen Schritte der Erhaltungsplanung. Ausgehend von Erhaltungsstrategien wird die technische und finanzielle Massnahmenplanung vorgenommen. Es wird grafisch der Zusammenhang zwischen Anlagenwert (Investitionen) und (Erhaltungs-) Kostenentwicklung grafisch veranschaulicht. |

Für den komplexen Prozess der Erhaltungsplanung mit variablen Rahmenbedingungen werden Erhaltungsszenarien und praktische Vorschläge zu deren Anwendung entwickelt.

- Kapitel 10 beschreibt Kernaufgaben bei der Organisation des Erhaltungsmanagements. Dabei wird der Schwerpunkt auf eine Prozessintegration in bestehende Abläufe und Verantwortlichkeiten gelegt. Diese benötigen aber eine Unterstützung durch Informationstechnologien, wofür mögliche Lösungswege aufgezeigt werden.
- Kapitel 11 enthält den Vorschlag für ein Normenkonzept zum Erhaltungsmanagement bei Verkehrsregelungssystemen.
- Kapitel 12 fasst die Forschungsergebnisse zusammen und enthält Vorschläge für weiterführende Arbeiten.

3. Auswertung nationaler und internationaler Literatur

Im Zusammenhang mit der Erarbeitung des Forschungsgesuchs durchgeführte Literaturrecherchen ergaben, dass für das Erhaltungsmanagement bei Verkehrsregelungssystemen weder national noch international in sich schlüssige und allgemein anwendbare Methoden und Normen existieren.

Es ist daher zweckmässig, als Vorarbeit die wesentlichen Begriffe und Verfahren des Erhaltungsmanagement Strasse und seiner Teilsysteme darzustellen. Hierfür hat das Schweizer Normenwerk umfängliche Voraussetzungen geschaffen, die im Abschnitt 3.1 beschrieben werden.

Weiterhin ist es notwendig zu prüfen, ob es Schnittstellen zur europäischen Normung für das Erhaltungsmanagement Strasse und deren technischen Ausrüstungen gibt und wenn ja, wie diese berücksichtigt werden können. Darauf wird im Abschnitt 3.2 eingegangen.

Die aktuelle Auswertung internationaler Literatur zum Erhaltungsmanagement im Abschnitt 3.3 verfolgt das Ziel, Trends zu erkennen und den Wissens- und Anwendungshorizont zu erweitern.

3.1 Das Schweizer Normenwerk

Für das Erhaltungsmanagement besteht ein umfängliches Schweizer Normenwerk. Dabei werden Strassenverkehrsanlagen als ein Gesamtsystem betrachtet, das die Teilsysteme Fahrbahnen, Kunstbauten, Technische Ausrüstungen, Werkleitungen und Nebenanlagen umfasst. Die grundlegende Norm SN 640 900a definiert und gliedert das Erhaltungsmanagement wie folgt:

Erhaltung	Gesamtheit aller Massnahmen zur Gewährleistung der Betriebs- und Bauwerkssicherheit sowie der Sicherstellung der Anlagesubstanz und des Anlagewertes der Strassenverkehrsanlage.
Erhaltungstätigkeiten	Überwachung (Kontrolle, Inspektion, Beobachtung) Betrieblicher Unterhalt (Reinigung/Pflege, Wartung, Instandhaltung, Kleinreparaturen) Baulicher Unterhalt (Reparaturen, Instandsetzung, Erneuerung) Veränderung (Erweiterung, Ausbau, Rückbau)
Erhaltungsmanagement	alle Führungsaufgaben, die zur Erhaltung und Bewirtschaftung der Strassenverkehrsanlagen notwendig sind. Dabei werden bautechnische, ökologische und ökonomische Kriterien berücksichtigt. Dieser Führungsprozess umfasst folgende Stufen: <ul style="list-style-type: none"> - Bestandserfassung und Inventarisierung - Zustandserhebung und Zustandsbewertung - Massnahmenplanung in den Teilsystemen - Massnahmenmanagement - Baustellenplanung

Für das Erhaltungsmanagement der technischen Ausrüstungen (EMT) wurden die Normen SN 640 960 ff. erarbeitet. Einen Überblick zu ihren Inhalten gibt der Anhang 1. Diese Normen bilden

das allgemeine Gerüst für alle Begriffe, Systematiken und Methoden auf diesem Gebiet. Der Begriff technische Ausrüstungen subsumiert die Gesamtheit der elektromechanischen Ausrüstungen. Der weitere fachliche Beschrieb erfolgt im Kapitel 4. „Begriffsdefinitionen“.

Ebenfalls zu berücksichtigen ist die SN 640 842 „Lichtsignalanlagen – Abnahme, Betrieb und Wartung“. Auf einige Aspekte dieser Norm wird im 6. Kapitel eingegangen.

3.2 Europäische Normen

Im Hinblick auf die internationalen Abmachungen, die die Schweiz zur wissenschaftlich – technischen und wirtschaftlichen Zusammenarbeit insbesondere mit der Europäischen Union getroffen hat, ist es wichtig, auf Anforderungen einzugehen, die sich aus den europäischen Normen an das Erhaltungsmanagement von Verkehrsregelungsanlagen ergeben (können).

Weil die Instandhaltung zum Erhaltungsmanagement von Verkehrsregelungsanlagen gehört, ist die europäische Norm EN 13306 „Begriffe der Instandhaltung“ zu berücksichtigen.

In Ergänzung dieser Norm wurde in Deutschland die DIN 31051 „Grundlagen der Instandhaltung“ überarbeitet. Darin wird der Begriff Instandhaltung wie folgt definiert:

Instandhaltung	Kombination aller technischen und administrativen Massnahmen sowie Massnahmen des Managements während des Lebenszyklus einer Anlage zur Erhaltung des funktionsfähigen Zustands oder Rückführung in diesen, so dass sie die geforderte Funktion erfüllen kann.
----------------	--

Die Instandhaltung kann vollständig in die Grundmassnahmen Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Schwachstellenbeseitigung unterteilt werden.

Im europäischen Harmonisierungsdokument HD 638 S 1 „Strassenverkehrs – Signalanlagen“ wird die Instandhaltung in zwei Kategorien unterteilt, in die vorbeugende und in die wiederherstellende Instandhaltung. Bislang liegt zu diesem Dokument noch keine Schweizer Einführungsnorm vor.

Die genannten europäischen Begriffsdefinitionen decken sich nicht vollständig mit denen in den Schweizer Normen gebräuchlichen. Darauf wird in den Abschnitten 6.1 und 7.2 näher eingegangen.

3.3 Weitere Literatur

Eine wichtige Literaturquelle ist das Vorlesungsskript „Erhaltungsmanagement“ des INSTITUTS FÜR VERKEHRSPLANUNG UND TRANSPORTSYSTEME DER ETH ZÜRICH, verfasst von Herrn H.P. Lindenmann. Im Vorwort vom 27. März 2006 wird diese Unterlage als erste Fassung und daher als provisorische Ausgabe bezeichnet. Grund hierfür ist die rasante Entwicklung dieser Disziplin und die gleichzeitig bestehende Notwendigkeit, den Studenten aktuelles Wissen zu vermitteln.

Zwischen dem Vorlesungsskript und dem im Abschnitt 3.1 genannten Schweizer Normenwerk besteht ein enger Zusammenhang, so dass nicht alle Sachverhalte noch einmal aufgeführt werden müssen.

Die Bedeutung von Unterhalt und Erhaltung wird deutlich durch die Höhe der dafür aufgewendeten Finanzmittel. Diese betragen für die Nationalstrassen im Durchschnitt 1% des Wiederbeschaffungswertes und liegen bei ca. 500 Mio. CHF/a. Davon entfallen rund 36% auf Fahrbahnen, 47% auf Kunstbauten und 17% auf technische Ausrüstungen. Studien zeigen, dass durch systematische Planung und Realisierung von Erhaltungsmassnahmen erhebliche Mittel eingespart werden können.

Das Erhaltungsmanagement ist im Vergleich zum Neubau von Infrastruktur keine zeitlich begrenzte, sondern eine Daueraufgabe mit spezifischen Anforderungen. Ein wesentliches Charakteristikum ist die Unterscheidung zwischen der Projektebene und der Netzebene.

Das ETH – IVT Vorlesungsskript behandelt die Inhalte der EM - Führungsaufgaben für die drei Gruppen Fahrbahnen, Kunstbauten und technische Ausrüstungen. Es wird darauf hingewiesen, dass die Lebenszyklen und Zerfalleigenschaften von technischen Ausrüstungen nicht vergleichbar sind mit denen von Fahrbahnen und Kunstbauten. Darauf wird in den Kapiteln 5 und 6 näher eingegangen. Die Tatsache, dass im ETH-IVT - Vorlesungsskript noch keine Umsetzung der allgemeinen Grundlagen des Erhaltungsmanagements auf Verkehrsregelungsanlagen erfolgt, bestätigt noch einmal die Notwendigkeit des vorliegenden Forschungsvorhabens.

Im Herbst 2007 wurde durch das BUNDESAMT FÜR STRASSEN ASTRA die Absichtserklärung zum „Equipment Management System (EMS CH)“ veröffentlicht. Das ASTRA will im Rahmen der Reorganisation unter dem neuen Finanzausgleich die Instandhaltung der Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen (BSA) dauerhaft neu regeln. Dazu gehören auch die VRS auf den Nationalstrassen. Es soll eine Normierung erreicht werden. Die Absichtserklärung ist die Grundlage für die Erstellung eines „Fachkonzeptes EMS-CH“ für die Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen. Als Arbeitsdokument definiert es Unterhaltsstrategien, Unterhaltsrisikoklassen, funktionale Einheiten, Datenstrukturen und die Grundsätze der Instandhaltungsmethoden. Das Dokument wird im Kapitel 11 berücksichtigt.

Die deutsche FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESSEN (FGSV) hat im September 2003 Empfehlungen für das Erhaltungsmanagement innerörtlicher Strassen veröffentlicht. Danach besteht das Ziel des Erhaltungsmanagements in der langfristigen Erhaltung der Substanz und Gebrauchstauglichkeit des Strassennetzes. Hierfür werden Massnahmen der Unterhaltung, Instandsetzung und Erneuerung ergriffen. Es wird zwischen der betrieblichen und baulichen Unterhaltung unterschieden.

Das inhaltliche und Begriffsverständnis der FGSV – Empfehlungen deckt sich grösstenteils mit dem der Schweizer Normen, jedoch gehören in Deutschland Um- und Ausbau, Erweiterung und Neubau nicht zur Erhaltung.

In den FGSV – Empfehlungen werden die Anlagenteile von Strassen aufgelistet. Neben den Verkehrsflächen und Ingenieurbauwerken gibt es eine Rubrik „Sonstige Anlagenteile“. Dort werden als Ausstattung bzw. Zubehör von Strassen auch die Signale, Markierung, Verkehrsleitsysteme und LSA genannt.

Für das Erhaltungsmanagement werden drei so genannte Managementstufen definiert. Die erste Stufe umfasst die Zustandserhebung und -bewertung sowie die Bestandsdatenerfassung, die zweite Stufe ist die Bedarfsplanung und die dritte Stufe beinhaltet das Erhaltungsprogramm. Grundlage für den gesamten Prozess des Erhaltungsmanagements muss ein EDV – gestütztes Informationssystem sein.

Es wird vorgeschlagen, die Zustandserhebung periodisch durchzuführen, z.B. im 5 – Jahres – Zyklus. Die Erhaltungsplanung kann für Kurzfrist- (1 Jahr) und Mittelfristzeiträume (5 Jahre) erfolgen. Dabei ist es sinnvoll, aus den Zustands- und Bestandsdaten Erhaltungsabschnitte zu ermitteln.

Im Weiteren konzentrieren sich die Empfehlungen auf die bauliche Erhaltung von Verkehrsflächen, zu LSA gibt es keine detaillierten Hinweise.

Die TRAFFIC INFORMATION AND MANAGEMENT GMBH gehört zu einer Reihe von Firmen und Organisationen, die sich mit Softwareentwicklung/-anwendung für den Strassenbereich befassen und auch Lösungen für das Erhaltungsmanagement offerieren. In der Web – Publikation „Organisation des Strassenerhaltungsmanagements,“ wird gezeigt, wie sich die Aufgaben des systematischen Erhaltungsmanagements vom meist operativen Schadensmanagement unterscheiden (Tabelle 1):

Schadensmanagement	Erhaltungsmanagement
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Straßenbegehungen im Rahmen der Verkehrssicherungspflicht ▪ Behebung der Schäden ▪ Nachweis dieser Tätigkeiten 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Straßen Zustandserhebung und -bewertung ▪ Kurz-, mittel- u. langfristige Erhaltungspläne ▪ Nutzen-Kosten-Optimierungen

Tabelle 1 Schadensmanagement und Erhaltungsmanagement

Das Erhaltungsmanagement weist gegenüber dem Schadensmanagement folgende Vorteile auf:

- Kostenersparnis durch optimierte Erhaltungsplanung
- Argumentationshilfen vor Politik und Bürgern
- Evtl. Dokumentation zum Nachweis der Verkehrssicherungspflicht
- Abstimmung/ Integration der Belange beteiligter Dritter
- Grundlagen zur Haushaltsmittelpflicht

Es werden folgende Arbeitsschritte zum Erhaltungsmanagement aufgeführt:

- Entscheid über Systematik
- Straßendatenbank aufbauen und Bestandsdatenerhebung

- Durchführung der visuellen Zustandserhebung und Zustandsbewertung
- Aufstellen jährlicher Erhaltungsprogramme
- Fortschreibung der Daten
- Weiterentwicklung

Das deutsche Unternehmen SAG NETZ- UND ENERGIETECHNIK GMBH bietet seinen Kunden in der Verkehrstechnik die Durchführung von Erhaltungstätigkeiten an LSA und einen IT – Support an. Dabei kann die Zustandserhebung/-bewertung mit durchgeführt und dokumentiert werden.

In Deutschland wurden in den vergangenen Jahren mehrere Landesbauverwaltungen in Landesbetriebe Strassen umgewandelt. Zu deren Aufgaben gehört auch das Erhaltungsmanagement. Vom LANDESBETRIEB STRASSEN NORDRHEIN – WESTFALEN wurde in diesem Zusammenhang eine Definition des Begriffes Erhaltungsmanagement aufgestellt, die lautet:

„Das Erhaltungsmanagement steuert die bauliche Erhaltung der Straße. Mit der Kenntnis des Zustandes der Straße und ihrer Bestandteile, ihrer prognostizierten Zustandsentwicklung und der erforderlichen bzw. möglichen Finanzmittel erfolgt die qualitäts- und kostenorientierte Steuerung der Unterhaltung, Instandsetzung und Erneuerung aller Bestandteile des Anlagesystems Straße.“ Dazu gehören:

- die netz- und objektbezogene Zustandserhebung und -bewertung aller Fahrbahnen, Bauwerke und sonstigen Anlageteile;
- die Zusammenstellung der daraus ingenieurmäßig und wirtschaftlich ermittelten Maßnahmen einschließlich der prognostizierten Kosten;
- Dringlichkeitsreihungen mit Wirtschaftlichkeitsberechnungen dieser Maßnahmen;
- das Erfassen, Bereitstellen, Koordinieren und Auswerten von Daten;
- regelmässige Erfolgskontrollen, Soll- Ist- Vergleich (technischer Zustand, Kostenentwicklung).

Einen besonderen Aspekt bildet die monetäre Bewertung des Anlagevermögens. Um die Kosten und Wirkungen (Nutzen) des Erhaltungsmanagements quantitativ darstellen zu können, bedarf es der Festlegung von Anlagewerten, Abschreibungsdauern und Zeitwerten. Nur so können die Massnahmen zur baulichen Erhaltung im betriebswirtschaftlichen Sinne transparent gemacht werden.

Im Brandenburger Landesbetrieb Strassen gibt es nach ANGER erste Ansätze, den Bestand und Zustand von elektronischen Verkehrsbeeinflussungsanlagen auf Autobahnen und Bundesfernstrassen quantitativ zu erfassen und daraus den mittel- bis langfristigen Erhaltungsbedarf zu ermitteln (Erhaltungsplanung für Verkehrselektronik). So wird beispielsweise die normative Nutzungsdauer von Lichtsignalanlagen mit 15 Jahren festgelegt. Für die Bestimmung des Zeitwertes einer Anlage sind der Wiederbeschaffungswert und die Restnutzungsdauer massgebend. Die hierzu vorliegenden internen Arbeitsunterlagen können derzeit noch nicht publiziert werden.

Eine Literaturanalyse beim PIARC – Weltstrassenverband_ (Technische Kommissionsberichte, Quartalsreporte) für den Zeitraum 2002 bis Herbst 2007 brachte keine expliziten Darlegungen zum Thema Erhaltungsmanagement. Jedoch wurden im Rahmen von Aufsätzen zur Tunnelsicherheit, zur Fahrbahnerneuerung und zur Optimierung von Instandhaltungsaufgaben Aspekte der Erhaltung mit genannt.

Es wurde eine Datenbankrecherche beim Institute of Transportation Engineers (ITE) in Washington mit den nachstehend genannten Ergebnissen durchgeführt.

Im Jahre 2005 veröffentlichte die NATIONAL TRANSPORTATION OPERATIONS COALITION (NTOC), ein Zusammenschluss verschiedener US – amerikanischer Organisationen, die Ergebnisse einer repräsentativen Umfrage bei 378 Betreibern zu Planung, Bau, Betrieb und Erhaltung von LSA. Dazu gehörten auch die Themen „Proaktives Management“ und „Erhaltung“. Hier wollte man wissen, welche Massnahmen für den sicheren und effektiven Anlagenbetrieb durchgeführt würden. Es wurde ein allgemein sehr niedriges Niveau der Betriebsführung und Störungsbeseitigung festgestellt. Hinsichtlich der Anforderungen an planmässige Reparatur-, Ersatz- und Modernisierungsmassnahmen decken sich die Forderungen der NTOC mit den bei uns gebräuchlichen Erhaltungstätigkeiten. Einen Schwerpunkt bildet das Zusammenwirken von Hard- und Software sowie Detektoren. Allerdings zeigte die Befragung ein insgesamt nicht ausreichendes Handeln auf diesem Gebiet, weil es vor allem an personellen Kapazitäten mangelt.

NATHANIEL berichtet über eine aktuelle Befragung durch das ITE LED Specification Committee zur präventiven Erneuerung von LED – Signalgebern. Diese wurde im April 2007 veröffentlicht nannte folgende Resultate:

- 35 Prozent (der Befragten) haben kein Erneuerungsprogramm,
- 35 Prozent tauschen bei Mängeln aus,
- 24 Prozent erneuern nach einem Plan,
- 3 Prozent erneuern nach der vorgegebenen Produktlebensdauer und
- 3 Prozent führen Werkstatttests durch (vermutlich nach Lieferchargen).

Die planmässige Erneuerung der LED – Signalgeber findet in 38 Prozent der Fälle nach fünf Jahren, 10 Prozent nach sechs und 52 Prozent nach mehr als 6 Jahren statt.

Die vorgängigen Aussagen haben informativen Charakter. Aufgrund anderer technischer Vorschriften in den USA ist ein unmittelbarer Vergleich mit Schweizer und EU – Vorgaben nicht zweckmässig. Jedoch lässt sich aus der Art der Befragung ein strukturell ähnliches Herangehen an die Erhaltung von LSA – Komponenten erkennen.

STACEY vom international tätigen englischen Dienstleistungsunternehmen Serco berichtet, dass sein Unternehmen im Jahre 2006 einen Vertrag mit dem Cornwall County Council über das Highway Asset Management abgeschlossen hat. Dazu gehört auch ein Instandhaltungsprogramm für verkehrstechnische Strassenausrüstungen. Es hat das Ziel, Instandsetzungsmassnahmen so rechtzeitig durchzuführen, dass Anlagenausfälle vermieden werden. Das bestehende Anlagenvermögen soll auf diese Weise längstmöglich genutzt werden können. Das computergestützte System ist mit einer städtischen Verkehrszentrale und einem Fernüberwachungssystem verbunden.

Zusammenfassung:

Formatiert: Deutsch
(Deutschland)

Die Auswertung nationaler und internationaler Literatur zeigt, dass es umfangreiche Aussagen zu Inhalt und Methodik des Erhaltungsmanagement gibt. Dabei kann hinsichtlich der Arbeitsschritte von einer weitgehend gleichartigen Herangehensweise gesprochen werden. Einzelne spezifische Hinweise zu Verkehrsregelungsanlagen vermitteln jedoch noch kein schlüssiges Vorgehen bei der Planung und Realisierung diesbezüglicher Erhaltungsmassnahmen. Die Notwendigkeit dafür wird zunehmend anerkannt. Insoweit stützt die Literaturrecherche das Anliegen des Forschungsprojekts.

Aus der internationalen Literatur lässt sich noch ein weiterer Aspekt für das Erhaltungsmanagement ableiten. Der Haupttrend bei der Bewältigung des Verkehrsaufkommens liegt bei „intelligenten Lösungen“ für die Verkehrsbeeinflussung und Verkehrsinformation. Daraus können sich auch neue Möglichkeiten für die Bewirtschaftung der verkehrstechnischen Infrastruktur ergeben. Intelligente Steuergeräte und periphere Ausrüstungen sollten über Mittel zur Selbstdiagnose im Sinne von Zustandserhebung/-bewertung inkl. Datenspeicherung/-übermittlung verfügen. Die bereits zur Sicherheitsprüfung eingesetzte Hardware, z.B. für die Lampen- und Detektorenüberwachung, und die Applikationssoftware könnten weiter entwickelt und ergänzt werden, z.B. durch systemeigene Datenbanken. Darin würden nach der Erstversorgung automatisch sämtliche Kontroll-, Wartungs-, und Unterhaltstätigkeiten für alle Komponenten erfasst, gespeichert und abrufbar gemacht werden. Infolgedessen ist ein qualitativ hochwertiges Erhaltungsmanagement ohne oder nur mit geringem personellem Mehraufwand realisierbar. Für die Verkehrstechnik liegen hier noch viele Potenziale. Der letztgenannte Aspekt wird im Kapitel 12 noch einmal aufgegriffen.

4. Begriffsdefinitionen für das Erhaltungsmanagement technischer Ausrüstungen (EMT)

Die Anwendung der EMT – Normen auf Verkehrsregelungsanlagen bedarf der Erläuterung von grundlegenden Begriffen. Diese sind in der Norm SN 640 900a inkl. Anlage definiert worden. Dort werden die Erhaltungstätigkeiten bei technischen Ausrüstungen beschrieben.

1. Überwachung, Kontrolle, Wartung

sind Tätigkeiten und Massnahmen zur Aufrechterhaltung der Funktions- und Betriebssicherheit sowie zum Erkennen von sich abzeichnenden oder auftretenden Mängeln. Dazu gehören die:

Anlagenkontrolle	Planbare Tätigkeiten zur Feststellung und Erfassung von Daten und Informationen bezüglich des Anlagenzustands
Funktionskontrolle	ditto, jedoch bezüglich der Funktionssicherheit
Inspektion	Planbare periodische Tätigkeiten zur Grundlagenbeschaffung für eine gesamtheitliche Bewertung der Betriebs- und Funktionssicherheit. Mit den aufbereiteten Grundlagendaten können der Anlagenzustand oder die Zustandsentwicklung beurteilt werden.
Wartung	Periodisch durchzuführende Tätigkeiten, die sich aus den Betriebsvorschriften der Anlagenlieferanten ergeben und zur Garantiegewährung unbedingt auszuführen sind.
Mängelbehebung	Eliminierung und Verminderung von Mängeln, die sich bei Erhaltungstätigkeiten ergeben und dringlichen Ersatz bzw. Auswechslung erfordern.

2. Unterhalt

sind sorgfältig geplante Massnahmen betrieblicher, technischer und baulicher Art zur dauernden Gewährleistung der Betriebs- und Funktionssicherheit der Anlagen und der langfristigen Werterhaltung. Zu ihnen gehören die:

Werterhaltung	Reparatur, Teilersatz, Auswechslung usw. von Anlagen oder Komponenten innerhalb der Zustandsgrenzen, solange sich dies wirtschaftlich rechtfertigt.
Erneuerung	Ersatz, Wechsel und Neukonstruktion von ganzen Anlagen nach Ablauf der Lebensdauer bzw. bei Zuständen ausserhalb massgebender Grenzen

3. Veränderung

sind einmalige bauliche und technisch notwendige Anpassungen und Erweiterungen der Ausrüstungen als Ganzes oder von Teilen (Anlagen) zur Erhöhung der Betriebs- und Verkehrssicherheit, der Leistungsfähigkeit und zur Gewährleistung von neuen gesetzlichen Vorgaben. Dazu gehören:

Erweiterung	von Anlagen um Funktionen, die bisher nicht erfüllt wurden
Ausbau	Neuausrüstung einer Strassenverkehrsanlage mit noch nicht vorhandenen Ausrüstungen oder Anlagen

Die Anwendung der vorgängigen Begriffsdefinitionen ist geeignet, das Erhaltungsmanagement von Verkehrsregelungsanlagen in nachvollziehbaren Strukturen zu entwickeln.

Hinsichtlich des Begriffs der Wartung besteht ein Unterschied zwischen der EM Grundnorm und ihrem Anhang „Begriffssystematik“. In der Grundnorm wird die Wartung dem Aufgabenbereich betrieblicher Unterhalt zugeordnet, nicht dem Aufgabenbereich Überwachung. Im Anhang erscheinen im Teilsystem Technische Ausrüstungen (EMT) die Wartung gemeinsam mit der Überwachung und Kontrolle als ein Aufgabenbereich. Hier wäre eine Abklärung durch die Normenverfasser zweckmässig.

5. Spezifischen Bedingungen von Verkehrsregelungssystemen

Zu den Verkehrsregelungssystemen gehören Lichtsignalanlagen (LSA) und ihnen übergeordnete Verkehrsrechner, Fahrstreifen – Lichtsignal – Systeme (FLS), Rampenbewirtschaftungen, Wechselsignale, Parkleitsysteme sowie die Signalsicherung für Schiene – Straße – Kreuzungen. Im Rahmen dieser Forschungsarbeit werden vornehmlich Lichtsignalanlagen behandelt.

Beim Erhaltungsmanagement von Verkehrsregelungssystemen gelten spezifische Bedingungen im Vergleich zu den anderen Teilsystemen der Strasse (Fahrbahnen, Kunstbauten). Das betrifft vor allem die Anlagenlebensdauer, die technisch – technologischen Innovationszyklen bei den Komponenten sowie die Planung und Realisierung von Massnahmen.

Die nominale Lebensdauer einer Anlage (auch: normative Nutzungsdauer) ist eine wichtige Grösse bei der Planung und Realisierung von Erhaltungsmassnahmen. Sie hängt ab von der Materialbeschaffenheit, dem physischen und ideellen Verschleiss der einzelnen Teile und der möglichen Ersatzteilbeschaffung. Bei Fahrbahnen und Kunstbauten geht man von sehr langen nominalen Lebensdauern aus. VRS hingegen weisen eine deutlich kürzere Lebensdauer auf. Diese differiert zudem noch stark zwischen den einzelnen Komponenten der Anlagen. Stahlmaste und unterirdisch verlegte Kabel können beispielsweise vierzig Jahre und länger genutzt werden, elektronische Steuerungseinrichtungen und Signale fünfzehn bis zwanzig Jahre. Für die beiden letztgenannten Komponenten spielt neben dem physischen Verschleiss aufgrund ständigen Gebrauchs und Umfeldeinwirkungen der so genannte ideelle Verschleiss eine besondere Rolle.

Das resultiert vor allem aus immer kürzer werdenden technischen Innovationszyklen in der Produktentwicklung. Vor allem in den Bereichen Elektronik, Lichttechnik und Datenübertragung werden von den Herstellern in immer kürzeren Zeiträumen neue Technologien und Produkte (weiter-) entwickelt. Dieser innovative Prozess bringt auf der einen Seite bessere Gebrauchseigenschaften und teilweise niedrigere Beschaffungspreise für die Komponenten. Auf der anderen Seite führt es dazu, dass Typenvielfalt, nicht ausgereifte Lösungen und fehlende einheitliche Schnittstellen den Anwendern Probleme bereiten können. Das ist beim Erhaltungsmanagement zu berücksichtigen.

Die Planung und Realisierung von Erhaltungsmassnahmen bei VRS bedarf ebenso wie die bei den anderen Teilsystemen der Strasse einer gewissenhaften Vorbereitung und Abstimmung. Im Unterschied zu Fahrbahnen und Kunstbauten können die unmittelbaren verkehrlichen Auswirkungen von Erhaltungstätigkeiten, z.B. Sperrungen, kleinräumiger und zeitlich kürzer gehalten werden.

Andererseits wirken sich Mängel im Erhaltungsmanagement von VRS oft schneller und direkter auf den Verkehrsablauf aus als beispielsweise einzelne Fahrbahnschäden. So kann häufiger Anlagenausfall eine Folge mangelnder Instandhaltung sein. Im Unterschied zu den genannten Fahrbahnschäden, an denen man auf die eingeschränkte Nutzbarkeit temporär durch die Anzeige von Geschwindigkeitsrestriktionen reagieren kann, bedürfen ausgefallene VRS – Komponenten in der Regel einer sofortigen und vollständigen Reparatur oder Erneuerung.

Im Erhaltungsmanagement für Lichtsignalanlagen kommt heute bereits dem betrieblichen Unterhalt eine grosse Bedeutung zu. In Wartungs- bzw. Instandhaltungsverträgen spielen vor allem die technischen Aspekte die wesentliche Rolle.

Es kommt jetzt darauf an, die verkehrlichen Belange in das Erhaltungsmanagement einzubinden. Der Grundgedanke ist, dass eine LSA nicht nur funktionssicher arbeiten muss, sondern auch im Hinblick auf Verkehrssicherheit und flüssigen Verkehrsablauf optimal gestaltet sein soll.

In diesem Zusammenhang ist auch die Verbindung mit der Qualitätssicherung zu sehen (Qualitätsforderungen, Qualitätskriterien), die von vergleichbaren Zielsetzungen ausgeht.

Die Qualität von Lichtsignalanlagen wird durch Qualitätsforderungen nach hoher Verkehrssicherheit, flüssigem Verkehrsablauf und stabiler Betriebssicherheit bestimmt. Dabei ist der gesamte Lebenszyklus einer LSA zu berücksichtigen, von der Planung über die Realisierung und den Betrieb bis hin zur Instandhaltung und Modernisierung.

Im Folgenden sind den drei genannten Qualitätsforderungen Verkehrssicherheit, Verkehrsablauf und Betriebssicherheit Qualitätskriterien zugeordnet. Für deren Beurteilung ist es erforderlich, zunächst die allgemeine Lage und Funktionszuweisung des Knotenpunkts sowie seiner Zulaufstrecken zu kennen. Darüber hinaus werden aktuelle Daten der Verkehrsbelastung, gewonnen aus Zählungen

und Prognosen, für den Spitzen- und Normalverkehr an Werktagen sowie an Sonn- und Feiertagen benötigt. Es ist immer zu beachten, dass es eine Wechselbeziehung zwischen Verkehrssicherheit/-ablauf und Knotenpunktgestaltung gibt.

Verkehrssicherheit

- Unfallhäufigkeit (örtliche Unfalluntersuchung)
- Begreifbarkeit der Knotenpunktgeometrie
- Sichtbarkeit von Signalen (Verdeckung, Sonneneinwirkung)
- Auffindbarkeit von Querungshilfen
- Straßenbeleuchtung

Verkehrsablauf

- Leistungsfähigkeit: Wartezeiten, Halte, Staulängen für MIV und mitfahrenden ÖV
- ÖV – Bevorrechtigung: Wartezeiten, Halte, Zugang zu Haltestellen,
- Berücksichtigung Langsamverkehr: Wartezeiten für Fußgänger und Radfahrer
- Koordinierungsgrad: Anteil ohne Halt durchfahrender Kfz
- Störeinflüsse: Ein-/ Ausparken in Knotenpunktnähe, Bahnübergänge

Betriebssicherheit

- Betriebs- und Störungsdaten (Ausfallrate Steuergerät, Signalgeber, Detektoren)
- Zustand von peripheren Ausrüstungen (Maste, Anforderungseinrichtungen, Signalgeber)
- Elektrotechnische Stabilität (Stromversorgung, Spannungsschwankungen, Kabelnetz)
- Wirtschaftlichkeit (Instandhaltung, Erhaltungsmanagement, Modernisierung)

Qualitätskriterien können durch quantitativ bestimmbare Kenngrößen erfasst und beurteilt oder durch qualitative Aussagen (z.B. erfüllt, teilweise oder nicht erfüllt) bewertet werden.

Die turnusmäßige Qualitätskriterienbeurteilung wird auf den Ebenen des Gesamtnetzes, der Teilnetze bzw. Straßenzüge und der Einzelknotenpunkte durchgeführt (Top down). Sie kann in unterschiedlichen Zeitintervallen erfolgen (mehrjährlich, jährlich, häufiger). Daneben können Qualitätskriterien ereignisbezogen beurteilt werden, z.B. bei LSA – Inbetriebnahmen.

Aufgrund der Komplexität der Zusammenhänge zwischen den einzelnen Qualitätsforderungen ist zunächst eine Einzelbeurteilung der verschiedenen Kriterien sinnvoll. Im nächsten Schritt erfolgt dann die Zusammenfassung der Einzelkriterienbeurteilung zu einer die jeweilige LSA betreffenden Gesamtaussage, um schließlich zu einem Ergebnis für alle LSA im Straßenzug bzw. Straßennetz zu kommen. Daraus leiten sich die Maßnahmen zur objekt- (Knotenpunkt-) bezogenen und flächendeckenden Qualitätssicherung ab.

Diese Vorgehensweise wird im Kapitel 7 auf das Erhaltungsmanagement LSA (EM LSA) übertragen.

Die Abbildung 2 veranschaulicht den Zusammenhang von Erhaltungs- und Qualitätsmanagement. Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen den Erhaltungstätigkeiten Überwachung/ Kontrolle sowie Wartung und der Qualitätssicherung bei Betrieb und Instandhaltung von LSA. Hierbei sind anlagen- und verkehrstechnische Bedingungen relevant. Zur Beschreibung dieses Zusammenhangs wird der Begriff Verkehrstechnische Erhaltung neu eingeführt. Mit ihm werden alle Erhaltungstätigkeiten bezeichnet, die sich auf die verkehrlichen Funktionen der LSA beziehen. Darauf wird in den nachfolgenden Kapiteln 7 und 8 detailliert eingegangen.

Zwischen dem Erhaltungs- und dem Qualitätsmanagement bei LSA gibt es weitere Zusammenhänge, die in der Abbildung 2 nicht explizit dargestellt wurden. Dazu gehört beispielsweise, dass sich die geforderte und erreichte Qualität bei Planung und Bau einer LSA auf den Betrieb und Unterhalt auswirkt. Wird eine Anlage in guter Qualität errichtet, lässt sich der Erhaltungsaufwand geringer halten als bei schlechter Qualität.

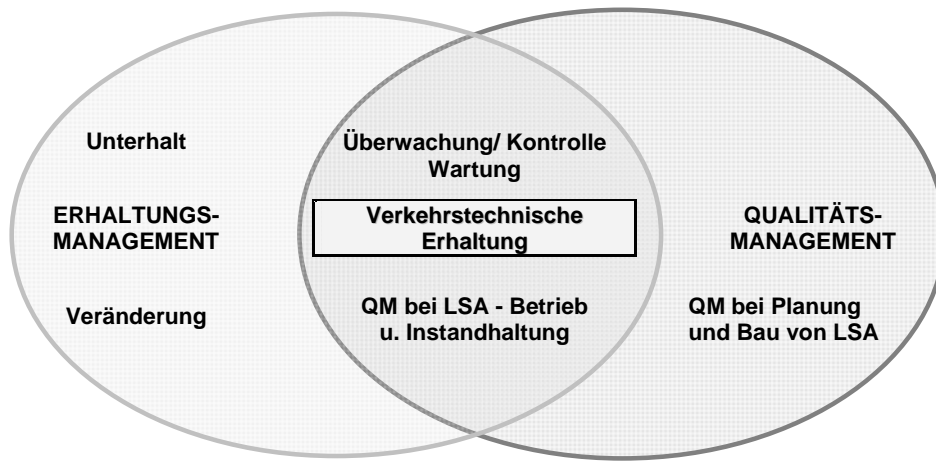


Abbildung 2 Zusammenhang von Erhaltungs- und Qualitätsmanagement

6. Analyse des Ist – Zustandes bei Betrieb und Instandhaltung von LSA

6.1 Erhaltungstätigkeiten an LSA

Lichtsignalanlagen als grosse Gruppe innerhalb der Verkehrsregelungssysteme bilden den Schwerpunkt dieser Forschungsarbeit. Die mit Planung, Errichtung, Betrieb und Instandhaltung von LSA verbundenen technologischen und Organisationsprozesse sind jahrzehntelang gewachsen und können als ausgereift bezeichnet werden. Es ist daher notwendig, diese bei der Erarbeitung von Grundlagen des Erhaltungsmanagements zu berücksichtigen. Das trägt zur fachlichen Absicherung der Aussagen in der Forschungsarbeit bei und fördert die Akzeptanz der Betreiber für das Anliegen des Erhaltungsmanagements. Es wird deshalb von Erhaltungstätigkeiten gesprochen.

Betrieb und Instandhaltung von LSA erfolgen durch eigenes Personal des Betreibers und/ oder durch vertraglich gebundene Firmen. Im Wesentlichen bedarfsabhängig werden Veränderungen, d.h. die Erweiterung und der Ausbau von Anlagen durchgeführt.

Es ist wichtig aufzuzeigen, wie sich die fachlichen Anforderungen der LSA – Normen zu den Anforderungen der EMT – Normen verhalten. Weil diese fachlichen Anforderungen sehr vielfältig sind, ist es zweckmässig, zunächst auf die Normen HD 638 S 1 „Strassenverkehrs – Signalanlagen“ und SN 640 842 „Lichtsignalanlagen - Abnahme, Betrieb, Wartung“ einzugehen.

Die europäische Norm HD 638 S 1, zu der es bislang keine nationale Schweizer Norm gibt, stellt (Mindest-) Anforderungen an die Errichtung und Instandhaltung von LSA. Von Bedeutung für das Erhaltungsmanagement sind die vorgeschriebenen Prüfverfahren bei der Instandhaltung. Diese werden nach auszuführenden Tätigkeiten, Komponenten und Prüfintervallen festgelegt. Nationale Normen können diesen Vorgaben folgen oder sie weiter spezifizieren, d.h. höhere Anforderungen stellen.

Nach den Festlegungen der Norm SN 640 842 sind Tätigkeiten im Rahmen der Betriebsbetreuung, Instandhaltung und Instandsetzung durchzuführen. Die Betriebsbetreuung gehört zum Kapitel C „Betrieb“, die Instandhaltung und Instandsetzung zum Kapitel D „Wartung“.

Die Betriebsbetreuung sorgt für das Erkennen, Beurteilen und Beheben von Mängeln der Lichtsignalanlage.

Mängel manifestieren sich bei der Betriebssicherheit, der Verkehrssicherheit und beim Verkehrsablauf. Sie waren entweder beim Projekt und bei der Abnahme nicht augenfällig, oder sie sind durch geänderte Randbedingungen bzw. durch neue Anforderungen an die Lichtsignalanlage entstanden (z.B. Verkehrsführung, Verkehrsfrequenzen, Baustellen und Umleitungen).

Zum Erkennen von Mängeln gehören:

- Beobachtungen des Verkehrsablaufs
- statistische Analysen von Verkehrs- und Betriebsdaten
- Auswertungen von Unfalldaten
- Mängelmeldungen und Änderungswünsche

Bei Mängeln bzw. Problemen mit der Betriebssicherheit, der Verkehrssicherheit und dem Verkehrsablauf sind mögliche gerätetechnische und steuerungstechnische Ursachen zu beachten.

Zum Beheben von Mängeln gehören:

- die Instandsetzung der Lichtsignalanlage
- das Ändern der Lichtsignalanlage; die geänderte Lichtsignalanlage ist wiederum abzunehmen
- der Abbau einer unnötigen Lichtsignalanlage

Instandhaltung ist gemäss SN 640 842 die vorbeugende Wartung der Hardware und die Pflege der Software. Ihr Ziel ist eine minimale Ausfallrate der Lichtsignalanlage. Anzustreben sind weniger als ein Ausfall pro Lichtsignalanlage und Jahr, über mehrere Jahre und Lichtsignalanlagen gerechnet. Der hier verwendete Instandhaltungsbegriff ist nicht mit dem der EN 13306 identisch.

Die Protokolle von Störungen und Ausfällen und deren Auswertung sind die Voraussetzungen für eine optimale Instandhaltung und für die Qualitätssicherung einer Lichtsignalanlage.

Bei der Instandhaltung gilt dem periodischen Lampenwechsel besondere Aufmerksamkeit, weil vor allem defekte Lampen Ausfälle verursachen.

Zur Instandhaltung gehören zudem periodisch:

- die Reinigung von Reflektoren, Gläsern, Abschirmblenden, Sichtblenden und Kontrastblenden
- der vorbeugende Ersatz von mechanischen Schaltern, Stützbatterien und Ventilatoren
- das Testen der Signalsicherung, der Fehlerstrom-Schutzschalter, der lokalen Bedienvorrichtungen (Betriebsartenschalter, Handsteuerung)
- die Prüfung der Anlagefunktionen, insbesondere der Anmelde Mittel, der Isolationswiderstände, der Sondererdungswiderstände und Netzspannung, der Daten- und Programmintegrität
- die Sichtkontrolle auf Erkennbarkeit/ Zuordnung der Signalgeber, der Signalgeberdichtungen, der Kabelklemmen und Anschlüsse, der Dichtungen und Schliessvorrichtungen der Steuergeräte, des mechanischen Zustands der Lichtsignalanlage, insbesondere der Befestigungen
- das Erstellen eines Protokolls der Instandhaltung

Instandsetzung ist das Beheben von Störungen und Ausfällen der Lichtsignalanlage. Auch hier entspricht die Begriffsverwendung nicht vollinhaltlich der EN 13307.

Die Instandsetzung ist so zu planen und zu organisieren, dass die Ausfallzeiten minimal sind. Vor dem Einschalten der Lichtsignalanlage sind die Anlagefunktionen zu prüfen. Instandsetzungen sind zu protokollieren.

Mittels einer tabellarischen Übersicht (Tabelle 2) wird gezeigt, dass es zu den Aufgabenbereichen des EMT teilweise kompatible Festlegungen in der Norm SN 640 842 „Lichtsignalanlagen – Abnahme, Betrieb, Wartung“ gibt. Deshalb werden in der ersten Spalte die Begriffe der SN 640 900a und in der zweiten Spalte die der SN 640 842 aufgeführt. In einer dritten Spalte sind die Aufgaben genannt, die bei der Erstellung einer Rahmenmethodik für das EM LSA zu lösen sind (Kapitel 6).

Nach Auffassung der Forschungsstelle bedarf die Verwendung der Begriffe Wartung und Instandhaltung in den Schweizer EM- und LSA – Normen noch einer Abklärung. Sie werden, mit protokollierter Zustimmung der Begleitkommission, in der Forschungsarbeit entsprechend der europäischen Norm EN 13306 „Begriffe der Instandhaltung“ gebraucht.

Die Wartung ist hiernach eine Grundmassnahme der Instandhaltung, neben Inspektion, Instandsetzung und Schwachstellenbeseitigung. Der Zweck der Wartung besteht darin, mittels geeigneter Massnahmen den Abbau des Vorrats der möglichen Funktionserfüllung (in der Norm als Abnutzungsvorrat definiert) zu verzögern. Anders und verständlicher ausgedrückt, handelt es sich bei der Wartung vor allem um (gebrauchs-) werterhaltende Massnahmen.

Die Instandsetzung hat das Ziel, den Vorrat der möglichen Funktionserfüllung wiederherzustellen, auf dem vorgängigen Niveau und ohne technische Verbesserungen. Das kann beispielsweise die Beseitigung eines Unfallschadens an einem Mast sein.

Es stellt sich nun die Frage, ob die Wartung entsprechend SN 640 900a (Anhang) dem Aufgabenbereich Überwachung und Kontrolle zugeordnet werden soll oder, weil sie werterhaltende Massnahmen beinhaltet, eher zum Aufgabenbereich Unterhalt gehört.

In der Praxis werden häufig die turnusmässigen Wartungsleistungen mit Anlagen- und Funktionskontrollen verknüpft, z.B. an Steuergeräten.

Aus diesem Grund und zur bestmöglichen Harmonisierung des EM LSA mit den EMT – Normen werden im Weiteren die Wartung, Inspektion und Schwachstellenbeseitigung dem Aufgabenbereich Überwachung, Kontrolle, Wartung zugeordnet, die Instandsetzung dem Aufgabenbereich Unterhalt.

Es wird jedoch vorgeschlagen, bei allfälligen Normenrevisionen (SN 640 900a und SN 640 842) diese Zuordnung noch einmal zu überprüfen und ggf. zu verändern.

Definitionen in SN 640 900a		Anforderungen nach SN 640 842	Anforderungen an EM LSA
Überwachung, Kontrolle, Wartung		Betriebsbetreuung, Instandhaltung	Verkehrs- und Anlagentechnik betrachten Inspektionen festlegen
Unterhalt	betriebl.	Instandhaltung	Hard- und Software detaillieren
	baulich		
Veränderung		Erweiterung, Ausbau	Einbeziehen

Tabelle 2 Erhaltungstätigkeiten nach SN 640 900a und SN 640 842

Neben den Normen gibt es einige weitere Dokumente, aus denen Erhaltungstätigkeiten für LSA abgeleitet werden können. Dazu gehört das im Auftrag mehrerer kantonalen Baulastträger erstellte Dokument „BETRIEBSSICHERHEIT VON LICHTSIGNALANLAGEN, Projektierung, Bau, Betrieb, Unterhalt“ (Ausgabe April 2006). Darin werden aus Normen, Verordnungen und aus der betrieblichen Praxis wesentliche Aufgaben für Verwaltung und Unternehmen abgeleitet. Im Folgenden werden auszugsweise wichtige Anforderungen zitiert:

- In einem Anlagejournal sollte die Geschichte einer LSA von der Projektierung bis zum aktuellen Datum dokumentiert werden. Das Journal sollte im Steuergerätekasten der LSA deponiert sein oder von einer zentralen Datenbank abgerufen werden können.
- Die Lieferanten der LSA müssen bezüglich Lebensdauer von Steuergerät und anderen Bestandteilen Angaben machen. Zudem ist beim Neubau einer LSA die Verfügbarkeit von Ersatzteilen (mindestens 10 Jahre) nachzuweisen. Können keine Ersatzteile mehr geliefert werden, ist der Lieferant LSA verpflichtet, dies dem Betreiber frühzeitig mitzuteilen.
- Durch die Einrichtung einer Fernüberwachung können beim Betrieb und Unterhalt der LSA zeit- und kostenintensive Vorort-Einsätze auf ein Minimum reduziert werden. Die Ursache der Störung kann bereits vom Arbeitsplatz des Betreibers eruiert werden, so dass der Einsatz optimal vorbereitet werden kann. Zudem wird eine rasche Reaktion auf Störungen ermöglicht, wodurch die Ausfallzeit einer LSA minimiert wird.
- Mit Abschluss eines Wartungsvertrags ist die regelmässige Wartung einer LSA und damit deren Funktionsfähigkeit und Werterhaltung sichergestellt.
- Durch stichprobenartige Kontrollen wird die Einhaltung des Unterhaltsvertrags überprüft.
- Die Reinigung des Steuergeräts erfolgt in der Regel einmal pro Kalenderjahr in gleichen Zeitabständen oder wie vom Betreiber definiert. Die Kontrolle der Steuergerätesoftware erfolgt periodisch und stichprobenartig sowie nach Anpassungen am Steuergerät.
- Die Revision und Reinigung der Aussenanlage und Masten erfolgt in der Regel einmal pro Kalenderjahr in gleichen Zeitabständen oder wie vom Betreiber definiert.
- Die Durchfahrtshöhen von Signalbrücken, Winkelmasten, etc. sind nach dem Bau der LSA das erste Mal nach rund 10 Jahren und anschliessend alle 5 Jahre zu kontrollieren, damit eine Senkung bzw. die Materialermüdung früh genug erkannt werden kann. Die Kontrolle des Rostbefalls sollte bei der periodischen Kontrolle der LSA durch eine visuelle Überprüfung aller sowie „Rüttelprüfung“ exponierter Masten vorgenommen werden.

- Die Ausrichtung und Lichtintensität der Signalgeber muss im Rahmen einer Wartung kontrolliert werden.
- Die Funktionsfähigkeit der Anmelde Mittel ist in der Regel einmal pro Kalenderjahr in gleichen Zeitabständen oder wie vom Betreiber definiert zu überprüfen.

Die vorgängigen Hinweise widerspiegeln praktische Erfordernisse bei der Erhaltung von LSA. Insbesondere die gesperrt geschriebenen Begriffe entsprechen dem Anliegen, Erhaltungstätigkeiten zu definieren. Sie stehen im Einklang mit der Herleitung von Kenngrössen zur Zustandserhebung/-bewertung im Kapitel 7.

Weitere Informationen zu den Erhaltungstätigkeiten an LSA konnten aus den Befragungen gewonnen werden, die während der Bearbeitung des Forschungsprojekts bei einigen Betreibern stattfanden. Darauf wird im folgenden Abschnitt eingegangen.

6.2 Umfrage bei Betreibern von LSA

6.2.1 Vorbereitung und Durchführung der Befragung

In einigen Kantonen bzw. Städten werden regelmässig der Zustand und die Funktion der elektrotechnischen Ausrüstungen für die Verkehrsregelung, z.B. LSA, beurteilt und der erforderliche Erhaltungsbedarf abgeleitet. Durch eine Befragung sollten die Erfahrungen aufgegriffen, analysiert und für den allgemeinen Gebrauch nutzbar gemacht werden. Ausserdem war beabsichtigt, im Gespräch mit einigen Betreibern deren Meinung zur vorgeschlagenen Rahmenmethodik für das EM LSA einzuholen.

Es wurde ein Fragebogen erstellt, der aus zwei Teilen besteht. Im ersten Teil wurden Angaben zur verkehrstechnischen Infrastruktur sowie zu Betrieb und Unterhalt erbeten. Im zweiten Teil wurde nach Anlagen- bzw. Komponentenlebensdauern gefragt. Schliesslich sollten Hinweise zur Rahmenmethodik für das EM LSA gegeben werden. Mittels einer vorgängigen Kurzbeschreibung wurde den Beteiligten das Anliegen der Befragung erläutert.

Der deutschsprachige Fragebogen ist als Anhang 2 angefügt.

Auf Anregung und mit Unterstützung der Begleitkommission für dieses Forschungsvorhaben wurden folgende Betreiber um Mitarbeit gebeten:

- | | |
|------------------------------|--|
| ▪ Tiefbauamt Kanton Aargau | ▪ Tiefbauamt Kanton Tessin |
| ▪ Kantonspolizei Basel Stadt | ▪ Tiefbauamt Kanton Waadt |
| ▪ Tiefbauamt Lausanne | ▪ Dienstabteilung Verkehr Zürich |
| ▪ Stadtpolizei Lugano | ▪ Kantonspolizei/ Tiefbauamt Kanton Zürich |
| ▪ Tiefbauamt Kanton Luzern | ▪ Tiefbauamt Kanton Zug |

Die Befragung wurde im Mai 2007 gestartet und im Oktober 2007 abgeschlossen. Es konnte eine gute Bereitschaft zur Mitwirkung festgestellt werden.

Allen Betreibern wurde angeboten, zum Abschluss der Bearbeitung des Fragebogens ein persönliches Gespräch zu führen. Das wurde überwiegend angenommen und half, die Aussagen zu vertiefen.

6.2.2 Befragungsergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der Befragung werden in der Reihenfolge behandelt, wie sie im Fragebogen erscheinen (vgl. Anlage 2). Dabei liegt der Schwerpunkt auf den für das Erhaltungsmanagement relevanten Aussagen, weshalb nicht alle Einzeldaten genannt werden brauchen.

Die Daten zur verkehrstechnischen Infrastruktur sind von den Befragten vollständig angegeben wurden. Hinsichtlich des Begriffes „Zentralen“ gab es teilweise Klärungsbedarf. Im Wesentlichen handelt es sich um Gebietsrechner, die übergeordnete Überwachungs- und Steuerungsfunktionen ausführen. In der Stadt Zürich besteht eine Zentralensteuerung mit drei Ebenen, worauf an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden muss. Hinsichtlich ihrer Erhaltung kann man davon ausgehen, dass für Gebietsrechner spezifische örtliche Bedingungen gelten. Allerdings ist die Erneuerung und Erweiterung von Zentralen immer im Zusammenhang mit dem Zustand und der Konfiguration der untergeordneten LSA zu betrachten. Die sich daraus möglicherweise ergebenden Schlussfolgerungen werden im geplanten Forschungsprojekt VSS .../... „Verkehrsrechner“ näher untersucht.

Die Anzahl der LSA im Verantwortungsbereich der Befragten liegt zwischen 34 und 380. Die drei hauptsächlichsten Lieferanten sind die Bergauer AG, die Siemens AG inkl. Vorgänger sowie die VR AG.

Bei der Beantwortung der Frage nach dem Alter der LSA wurde überwiegend die Rubrik des Alters der Steuergeräte ausgefüllt, weil hierzu die genaueren Informationen vorlagen. Das hängt vor allem mit dem teilweise wesentlichen längeren Einsatz von Masten und Kabelanlagen zusammen. Daraus ergibt sich die in der Tabelle 3 aufgeführte Verteilung der realen LSA – Lebensdauern.

Anders gesagt, unter Einschluss der langlebigen LSA- Komponenten würde der Anteil LSA mit einer Lebensdauer über 20 Jahre höher, und die anderen Anteile entsprechend geringer ausfallen.

Lebensdauer	Anzahl	Anteil in %
> 20 Jahre	136	12
16 – 20 Jahre	273	24
11 – 15 Jahre	315	28
6 – 10 Jahre	220	19
bis 5 Jahre	198	17
Gesamt	1142	100

Tabelle 3 Lebensdauer LSA

Von den 1142 LSA wurden 276 als grosse Anlagen eingestuft (15 und mehr Signalgruppen). 689 LSA haben eine mittlere Grösse von 6 bis 15 Signalgruppen. Die verbleibenden 177 kleinen LSA dienen vorrangig der Fussgängerquerung. Danach bilden LSA mittlerer Grösse etwa 60% des Anlagenbestands, die kleinen etwa 16% und die grossen etwa 24%.

Ein sehr hoher Anteil der LSA wird verkehrsabhängig gesteuert (> 90%), die ÖV – Priorisierung nimmt einen hohen Stellenwert ein. Die Steuerung des Verkehrsablaufs an Schiene – Strasse – Kreuzungen tritt überall, jedoch nur mit wenigen LSA auf.

Die hauptsächlich Detektierungsart für den MIV sind Induktionsschleifen. Hinsichtlich des Einsatzes anderer Techniken gibt es offensichtlich verschiedene Herangehensweisen bei den einzelnen Betreibern. Die sich daraus möglicherweise ergebenden Schlussfolgerungen sollten in dem in Vorbereitung befindlichen Forschungsprojekt VSS .../... „Verkehrserfassungssysteme“ untersucht werden.

Die Ausrüstung von LSA mit Fussgängeranforderungen und zusätzlichen Einrichtungen für Blinde und Sehbehinderte erfolgt in sehr unterschiedlicher Weise. Bislang wurde die Quittierung von Fussgängeranforderungen wenig eingesetzt. Das kann sich in Zukunft ändern. Die aufwändige und mitunter kapazitätsbegrenzende Installation taktiler und akustischer Signalgeber soll im Prinzip nur dort erfolgen, wo häufig entsprechende Anforderungen auftreten. Auch hier wird auf das in Vorbereitung befindliche Forschungsprojekt VSS.../... „Ältere und Behinderte an LSA“ und die dort durchzuführenden Untersuchungen verwiesen.

Sehr unterschiedlich fallen die Antworten auf die Frage aus, wie LSA – Bestandsdaten gespeichert und aktualisiert werden. Das reicht von der Papierform in Ordnern über die Nutzung von PC – Programmen (Excel, Access) bis hin zu integrierten Datenbanken, die mit der Prozesssteuerung verbunden sind.

Der nächste Fragenkomplex zu Betrieb und Unterhalt weist eine grosse Differenzierung bei Inhalt und Umfang der Antworten aus.

Zunächst besteht ein Unterschied darin, ob die LSA über die Gebietsrechner an Verkehrsleitzentralen angebunden sind oder nicht. Wenn das der Fall ist, so wird der Anlagenzustand permanent überwacht und bei Störungen kann kurzfristig reagiert werden. Im Regelfall besteht überall die Möglichkeit, den LSA – Betrieb während der üblichen Bürozeiten an Bedienplätzen zu verfolgen.

Vom System erkannte Fehler oder Abweichungen generieren Störungsmeldungen, die ebenso wie die von extern kommenden Meldungen (z.B. Polizei, Verkehrsteilnehmende, ÖV – Unternehmung) an die Betreiber geleitet werden. Dazu existiert meistens ein Pikett für die Zeiten ausser Dienst. Die Intervention erfolgt sowohl durch eigenes Personal des Betreibers als auch durch externe Firmen.

Die vertragsmässige Gestaltung dieser Abläufe ist nicht einheitlich geregelt. Vor allem für Steuergeräte werden Serviceverträge mit den Lieferanten abgeschlossen, die neben den Konditionen für die Störungsbeseitigung auch Leistungen der turnusmässigen Wartung umfassen können.

Die Wartung der Steuergeräte erfolgt jährlich bis dreijährlich und wird protokolliert. Bei den Aussenanlagen werden die Leistungen und Fristen noch unterschiedlicher gehandhabt. Das reicht von der jährlichen Kontrolle und Reinigung bis zu Wartungsleistungen nach drei und fünf Jahren. Auch hierfür kommen eigenes Personal der Betreiber und private Firmen zum Einsatz. Die durchgeführten Leistungen werden rapportiert und kontrolliert (von Stichproben bis regelmässig).

Die Antworten auf die Fragen nach Messungen/ Prüfungen ergaben kein einheitliches Vorgehen. Teilweise werden die Detektoren und Signalgeber bei den jährlichen Revisionen überprüft. Kabelmessungen werden entsprechend der elektrotechnischen Vorschriften durchgeführt. Die Signalmasten werden teilweise, jedoch nur in grösseren zeitlichen Abständen, z.B. innert 5 Jahre, visuell geprüft. Offenkundige Mängel, die hier bei der Durchführung anderer Arbeiten oder bei Störungsbehebungen festgestellt wurden, werden erfasst und beseitigt. Nach Aussage einiger Betreiber ist dieses Vorgehen bei einem relativ kleinen Anlagenbestand ausreichend.

Der Austausch bzw. Ersatz von Ausrüstungsteilen erfolgt überwiegend präventiv. Allerdings reicht die Auslegung dieses Begriffs von Massnahmen bei erkennbaren Gefährdungen bis zur turnusmässigen Erneuerung der Komponenten. Regelmässig findet ein Leuchtmittelwechsel statt bzw. die Reinigung von LED – Signalgebern. Der Austausch von Steuergeräten erfolgt nach 20 bis 25 Jahren. Allerdings kann hier eine tendenzielle Verkürzung der Zyklen festgestellt werden, die auf immer schneller folgenden technischen Innovationen beruht.

Die Antworten auf die Frage nach den durchschnittlichen jährlichen Unterhaltskosten pro LSA fallen sehr unterschiedlich aus. Es wurden Beträge von 2.500 CHF bis 10.000 CHF genannt. Diese Differenzen resultieren vor allem aus der ungleichen Zuordnung von Reparatur- und Erneuerungskosten zu den Unterhaltskosten bei den einzelnen Betreibern.

Ungeachtet dessen ergab die Frage nach dem Anteil der jährlichen Unterhaltskosten an den Herstellungskosten einen durchschnittlichen Wert, der nur gering um 2% variiert. Darin sind allerdings keine Betriebskosten, z.B. für den Stromverbrauch, enthalten.

Die Fragen nach der Anlagenlebensdauer beinhalten sowohl Angaben zu den einzelnen Komponenten als auch den Aspekt der Veränderung. LSA unterliegen während ihrer Laufzeit baulichem und verkehrlichem Änderungsdruck, der ihre Ausgestaltung und Grösse beeinflusst.

Die Antworten zur Lebensdauer von Steuergeräten reichen von 10 bis 25 Jahren. Für diesen grossen Unterschied sind vermutlich zwei Gründe massgebend, zum einen der Zwang zu längstmöglichem Betrieb, zum anderen der schon genannte Trend, dass Steuergeräte „früher älter“ und ausgetauscht werden.

Bei Signalgebern fallen die Antworten ebenfalls sehr inhomogen aus und reichen von 10 bis 32 Jahre. Hier spielen die noch nicht vorhandenen Kenntnisse über die tatsächlich zu erwartende Lebensdauer von LED – Signalgebern hinein. Ausserdem wird die spezifische Verbindung zum jeweiligen Steuergerätyp als wesentliches Kriterium für die Lebensdauer von Signalgebern angesehen. Das gilt in ähnlicher Weise auch für Detektoren, denen allerdings wesentlich kürzere Lebensdauern zugeordnet werden. Durchschnittlich sind es 10 Jahre (5 – 15 Jahre), in Abhängigkeit, ob sie oberirdisch montiert sind oder sich in der Fahrbahn befinden.

Für Maste und Kabelanlagen wurden Lebensdauern von 20 bis 50 Jahren angegeben, wobei der durchschnittliche Wert bei jeweils 40 Jahren liegt.

Im Mittel wird jede LSA während ihrer Nutzung zwei bis dreimal baulich verändert. Verkehrliche Anpassungen erfolgen häufiger. Insbesondere dort, wo die Überwachung des Anlagenzustands und des Verkehrsablaufs mittels Verkehrsleitzentralen erfolgt, passieren notwendige Anpassungen schneller.

Der abschliessende Fragenkomplex zur Rahmenmethodik Erhaltungsmanagement wurde unterschiedlich beantwortet. Grundsätzlich wird die planmässige Erfassung und Bewertung des Anlagenzustands mit anschliessender Massnahmenplanung/-realisierung als notwendig angesehen. Hinsichtlich des Umfangs und der Häufigkeit von Erhaltungstätigkeiten sowie ihrer Verbindung mit den turnusmässigen Wartungsleistungen variieren die Auffassungen. Das gilt auch für die Einbindung verkehrstechnischer Überprüfungen in das Erhaltungsmanagement. Hier gibt es neben Zustimmung auch Ablehnung.

Schlussfolgerungen:

- Die reale und die eingeschätzte durchschnittliche Lebensdauer von LSA und ihren Komponenten erfordern planmäßige Erhaltungstätigkeiten, um den sicheren und verkehrlich optimalen Betrieb zu gewährleisten. So ist etwas mehr als die Hälfte der LSA zwischen 11 und 20 Jahre alt. Sie sollen noch längere Zeit in Betrieb bleiben.
- Betrieb und Unterhalt von LSA erfolgen in der Praxis so, dass die Einführung des Erhaltungsmanagements entsprechend der allgemeinen EMT Normen vielfach an bestehende Abläufe anknüpfen kann. Trotz mancher Unterschiede kristallisiert sich heraus, dass die generellen Stufen des Erhaltungsmanagements auf Lichtsignalanlagen übertragen werden können und sollten.
- Die unterschiedliche technische und organisatorische Ausprägung der Verkehrssteuerung in den Regionen verlangt nach einer flexiblen Methodik für das Erhaltungsmanagement. Aus diesem Grund wird es als zielführend angesehen, eine Rahmenmethodik zu erstellen.
- Es ist zu erwarten, dass die unterschiedlichen LSA – Überwachungsmöglichkeiten (Gebietsrechner, Fernüberwachung, keine permanente technische Überwachung) Auswirkungen auf den Aufwand der Zustandserfassung haben werden.

7. Erstellen einer Rahmenmethodik für das Erhaltungsmanagement LSA

Das Erstellen einer Rahmenmethodik für das EM LSA beruht auf den allgemein definierten Abläufen des Erhaltungsmanagements, die in den EMT – Normen dargelegt sind, und auf der vorgängigen Analyse von Erhaltungstätigkeiten an LSA, die in der Praxis angewendet werden.

7.1 Normengrundlagen

Die Norm SN 640 963 „EMT – Planung, Ausführung und Dokumentation der Erhaltungstätigkeiten“ definiert folgende Begriffe:

Planung von Erhaltungstätigkeiten	ist die systematische und vorausschauende Bereitstellung von Personal, Geräten, Finanzen und notwendigem Verkehrsmanagement unter Berücksichtigung der Funktionsverfügbarkeit (...der LSA) während der Ausführung (...der Erhaltungstätigkeiten).
Ausführung von Erhaltungstätigkeiten	Umsetzung der Planung unter Berücksichtigung der Verkehrsführungen und der Ereignisbewältigung.
Dokumentation der Erhaltungstätigkeiten	umfasst die vollständige, übersichtliche Darstellung der ausgeführten Arbeiten, der durchgeführten Prüfungen und des Anlagenzustands.

Man unterscheidet zwischen geplanten und ungeplanten Erhaltungstätigkeiten. Planbar sind Tätigkeiten, die auf Grundlagen wie Betriebsvorschriften, Typenregeln usw. erfolgen. Nicht planbar, jedoch ebenso erforderlich sind Tätigkeiten zur Anlagenerhaltung infolge von Störungen, Unfällen o. ä.

Grundsätzlich sollte das Erhaltungsmanagement mittel- bis langfristig geplant werden. Dabei sind einige Punkte zu berücksichtigen:

- Finanzielle Vorgaben (Jahres- und Mehrjahresbudgets),
- Übergeordnete Einschränkungen (Verkehrsführungen, andere bauliche Massnahmen, planbare Ereignisse wie Messen oder Ferienverkehr),
- Personaldisposition
- Beizug von Dritten, soweit erforderlich
- Kapazitätsreserven für ungeplante Erhaltungstätigkeiten

Auch auf ungeplante Erhaltungstätigkeiten sollte der Betreiber von Anlagen vorbereitet sein. In der Norm SN 640 963 wird vorgeschlagen, Kriterien für Dringlichkeitsstufen zu erarbeiten. Dazu gehören

z.B. Anforderungen an die Anlagenverfügbarkeit, Verfügbarkeit von Ersatzmaterial sowie Alter und Betriebsdauer der Anlagen.

Die Ausführung von Erhaltungstätigkeiten ist laufend zu überwachen und die Einhaltung vertraglich vereinbarter Vorgaben zu überprüfen. Ebenso ist die Einhaltung von Vorschriften und Richtlinien zu kontrollieren. Änderungen an den Anlagen sind in die Dokumentation zu übernehmen. Das betrifft sowohl Ausrüstungsunterlagen als auch Zustandserfassungsberichte.

7.2 Mögliche Rahmenabläufe für das Erhaltungsmanagement LSA

Es ist nun abzuklären, wie die Erhaltungstätigkeiten an LSA zweckmässig mit den beschriebenen Rahmenabläufen des Erhaltungsmanagements (Planung, Ausführung, Dokumentation) verbunden werden können.

Dafür ergeben sich prinzipiell zwei Möglichkeiten:

1. Die über die Überwachung, Kontrolle und Wartung hinausgehenden Tätigkeiten des Unterhalts und der Veränderung werden als gesonderte Abläufe EM LSA organisiert.
2. Die bestehenden Erhaltungstätigkeiten der Überwachung, Kontrolle und Wartung von LSA werden mit dem Unterhalt (Werterhaltung, Erneuerung) und der Veränderung zu einem integrierten Gesamtprozess EM LSA entwickelt.

Es wird vorgeschlagen, die zweite Möglichkeit zu wählen.

Begründung:

- Die Informationen, die bei Betrieb und Instandhaltung von LSA gewonnen werden, können umfangreich genutzt werden. Damit lässt sich der Aufwand für die Zustandserhebung und Zustandsbewertung geringer halten als bei einer Parallelorganisation des EM LSA.
- Die Verknüpfung mit dem EM kann dazu beitragen, die bestehenden Abläufe der Instandhaltung qualitativ zu verbessern, z.B. durch die Einbindung in ein modernes DV – System (Nachweisführung, Kontrollmöglichkeiten).

Die Abbildung 3 zeigt eine schematische Darstellung des Rahmenablaufs EM LSA mit Erhaltungsaufgaben, Erhaltungstätigkeiten und deren zeitlicher Abfolge. Sie ist wie folgt aufgebaut:

In den ersten beiden Spalten sind untereinander die Erhaltungsaufgaben Zustandserhebung, Zustandsbewertung und Massnahmen(Planung/Realisierung) aufgeführt.

In der dritten Spalte stehen die Erhaltungstätigkeiten Überwachung/Kontrolle/Wartung, Inspektion, Kleinreparatur/ Sofortinstandsetzung, Werterhaltung und Erneuerung.

In der ersten Zeile ist der zeitliche Ablauf in Jahresschritten dargestellt. Er beginnt im Jahr j (in der Regel mit der Inbetriebnahme) und setzt sich mit den Folgejahren j+1, j+2 usw. fort.

Die zweite Zeile gibt an, dass in den Jahren j bis j+4 die vorgeschriebenen Arbeiten der Kontrolle und Wartung durchgeführt werden.

In den Zentralen oder in anderer Weise werden die Anlagen überwacht, Störungsmeldungen entgegengenommen und Interventionen veranlasst. Diese Tätigkeiten werden als mit Kreuzen versehene Kästchen symbolisiert, welche miteinander verbunden sind (schwarze Linien mit Endpunkten).

Entsprechend der technischen Voraussetzungen können in den Zentralen Fehlerursachen erkannt und erfasst werden. Auf der Grundlage von Wartungsverträgen oder anderen Vereinbarungen werden örtliche Funktionsprüfungen von Anlagen (-komponenten) durchgeführt und deren Ergebnisse dokumentiert.

Treten technische Mängel auf, so werden diese sofort durch Kleinreparaturen bzw. Instandsetzungen beseitigt (schwarze Linien führen zur vierten Zeile). Sämtliche Informationen zum Anlagenzustand, die bei diesen Tätigkeiten gewonnen werden, werden protokolliert und gespeichert (Doppellinien).

Ausgehend von einem 5 – Jahres – Zyklus für die Zustandserhebung/-bewertung findet im Jahr $j+4$ neben den vorgängig beschriebenen Abläufen zusätzlich eine anlagen- und verkehrstechnische Inspektion statt. Diese dient der vollständigen Erhebung aller technischen und verkehrlichen Zustandskenngrössen. Die Informationen aus Betrieb und Instandhaltung der vorausgegangenen fünf Jahre werden hierfür mit verwendet. Aus allem leitet sich die Zustandsbewertung für die Anlage und ihre Komponenten ab.

Hieraus werden die erforderlichen Massnahmen der Werterhaltung und Erneuerung abgeleitet und in den folgenden fünf Jahren realisiert (dargestellt in den Zeilen fünf und sechs). Der Zeitversatz von einem Jahr zwischen der Zustandserhebung/-bewertung und der ersten Massnahmenrealisierung berücksichtigt, dass die Massnahmen zunächst technisch und finanziell geplant, budgetiert und genehmigt werden müssen. Die verschiedenen Rahmen der entsprechenden Grafikfelder (Doppellinie bzw. Strichellinie) weisen darauf hin, dass die Massnahmen nicht in jedem der fünf Jahre stattfinden müssen. Es ist ausserdem zu erwarten, dass im ersten 5 – Jahres – Zyklus des EM die Erneuerung seltener auftritt und nur für alte LSA bzw. einzelne Komponenten erforderlich ist.

Die Abbildung 3 zeigt, dass sich der Zyklus ab dem Jahr $j+5$ wiederholt. Diese Zeitspanne ist ein Vorschlag. Längere oder wenn erforderlich auch kürzere Zyklendauern sind möglich. Bei einem hohen Durchschnittsalter der LSA und in der Startphase des Erhaltungsmanagements kann es zu kürzeren Zyklen kommen. Der variable Aufbau des EM LSA erlaubt es, den unterschiedlich langen nominalen und realen Lebensdauern der LSA- Komponenten gut zu entsprechen. So wird sich nach dem zweiten, dritten oder auch erst vierten Zyklus die Erneuerung auf mehr als eine Komponente beziehen und ganze Komponentengruppen, z.B. alle Signalgeber einer LSA, oder die gesamte Anlage betreffen.

Von Bedeutung für die praktische Umsetzung der vorgeschlagenen Rahmenmethodik ist die Einbeziehung von Garantieleistungen der Lieferanten. Für komplette Neuanlagen sollte vor Ablauf der vereinbarten Gewährleistungsfrist eine Kontrolle durchgeführt und mögliche Mängel beseitigt werden. Der erste Zyklus des Erhaltungsmanagements sollte jedoch den Garantiezeitraum einschliesslich, weil er zur nominalen Nutzungsdauer der Anlage gehört. Der erste Zyklus könnte hier z.B. 8 Jahre betragen.

Bei der Erneuerung von einzelnen Komponenten an bestehenden Anlagen gelten nur für diese Gewährleistungsfristen und nicht für die nicht ersetzten Komponenten. Auf Dauer und auf den Gesamtanlagenbestand eines Betreibers gesehen wird das der Regelfall sein. Auch hierfür bietet der in der Abbildung 3 gezeigte variable Aufbau des EM LSA eine gute methodische Grundlage.

An dieser Stelle ist auf die Notwendigkeit DV – gestützter Abläufe beim EM LSA hinzuweisen, ohne die die Prozesse nur schwer handelbar wären.

7.3 Verkehrstechnische Erhaltung

Im Kapitel 5 wurde bei der Beschreibung der spezifischen Bedingungen von Verkehrsregelungssystemen darauf hingewiesen, dass es neben der anlagentechnischen Erhaltung auch eine verkehrstechnische Erhaltung geben muss.

Diese Anforderung leitet sich aus der Erkenntnis ab, wonach LSA nicht nur technisch einwandfrei funktionieren müssen, sondern auch im Hinblick auf Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf optimal gestaltet sein sollen. Das ist bei den Erhaltungsaufgaben und Erhaltungstätigkeiten zu berücksichtigen.

Der Begriff „verkehrstechnische Erhaltung“ ist in der Literatur noch nicht definiert worden.

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit werden als verkehrstechnische Erhaltung alle Aufgaben bezeichnet, die mit der Erhebung und Bewertung des verkehrstechnischen Anlagenzustands sowie mit der Planung und Realisierung von Massnahmen zur Qualitätssicherung bei Betrieb und Instandhaltung einschliesslich der Dokumentation verbunden sind.

Die konkrete Umsetzung erfolgt mit der Festlegung von verkehrstechnischen Kenngrössen im achten Kapitel und mit der Einbindung in die Erhaltungsplanung (Kapitel 9).

Bereits an dieser Stelle ist es notwendig, auf die enge Verknüpfung von anlagentechnischen und verkehrstechnischen Kenngrössen hinzuweisen. So hat die Zustandserhebung an Steuergeräten, Signalgebern und Detektoren eine technisch – physikalische und eine technisch – funktionale Dimension. Erst beide zusammen ergeben ein vollständiges Bild über den Anlagenzustand.

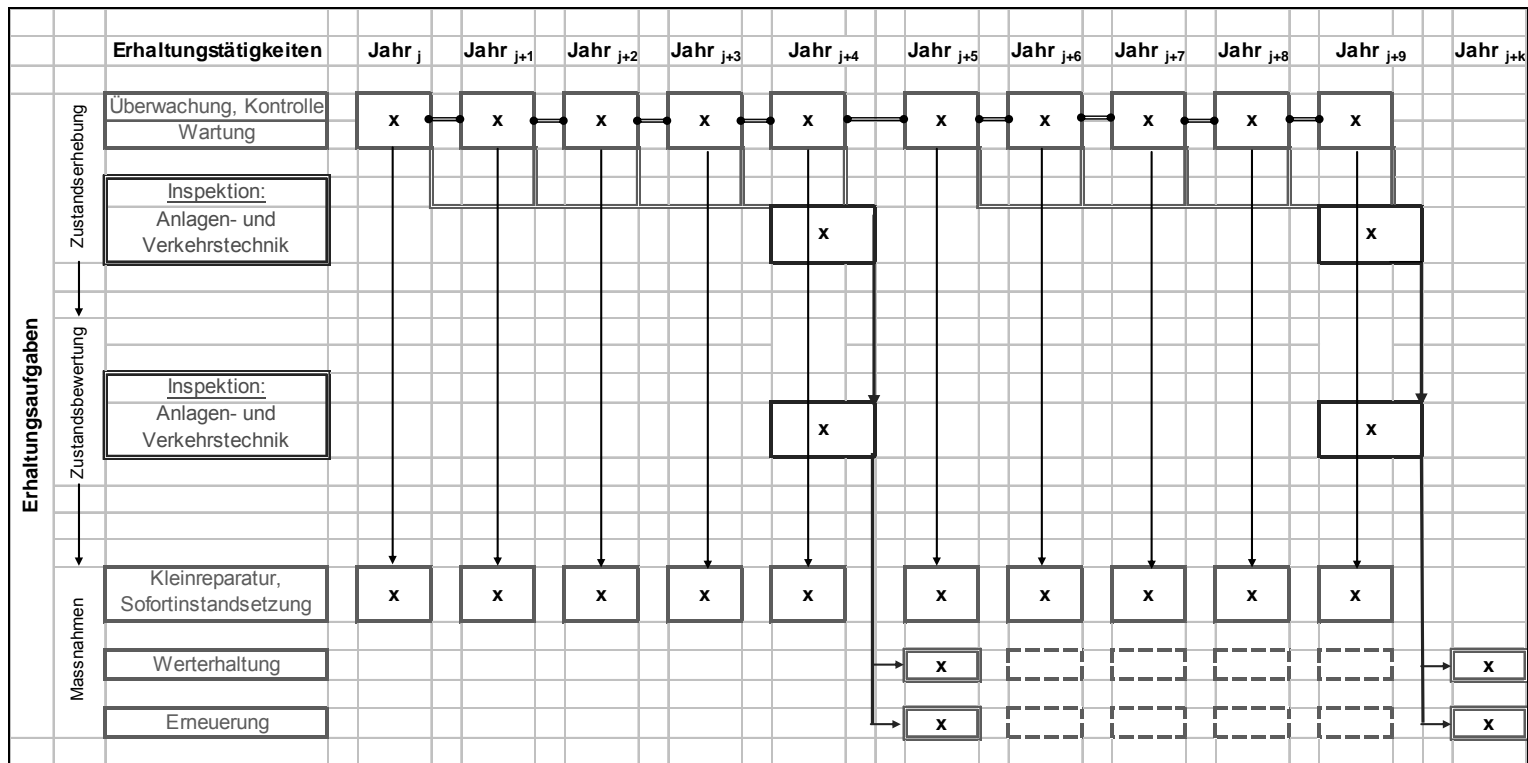


Abbildung 3 Schematische Darstellung Erhaltungsmanagement LSA

In Bezug zum EMT – Normenwerk stellt die verkehrstechnische Erhaltung eine Erweiterung dar, die in den Rahmenablauf des EM LSA einzubinden ist. Dieser Zusammenhang wird mit der Abbildung 4 in einfacher Weise grafisch sichtbar gemacht.

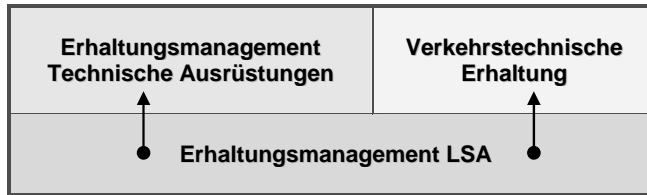


Abbildung 4 EMT und Verkehrstechnische Erhaltung

8. Kenngrößen zur Zustandserhebung und Zustandsbewertung bei LSA

8.1 Grundlagen

Die Zustandserhebung und Zustandsbewertung gehören zu den Kernaufgaben des Erhaltungsmanagements. Entsprechend der Definition in SN 640964 wird mit ihrer Hilfe der optimale Zeitpunkt der Erneuerung oder des Ersatzes von Ausrüstungen bestimmt.

Zustandserhebung bedeutet das Erheben von Kenngrößenwerten. Das können physikalisch messbare, heuristische (gross, mittel, klein usw.) und/ oder probabilistische (statistische) Größen sein.

Zustandsbewertung ist das Einschätzen des aktuellen Zustands und des Verlaufs der erfassten Kenngrößen über einen bestimmten Zeitraum.

Bevor die erstmalige Zustandserhebung/-bewertung durchgeführt werden kann, ist eine Bestands-erfassung und Inventarisierung der Ausrüstungen erforderlich.

Die Norm SN 640961 „EMT – Inventar“ hilft, das EMT – Inventar so zu strukturieren, dass es den Anforderungen bezüglich seiner optimalen Bewirtschaftung gerecht wird.

Die Inventarisierung erfolgt auf den drei Ebenen Ort, Anlage und Komponente. Diese Struktur lässt sich leicht für Lichtsignalanlagen darstellen. In der Regel erfolgt die Ortsangabe (eine geografische Stelle) durch die Benennung des Knotenpunkts, an dem sich die LSA befindet. Diese Lokalisierung sollte im EDV – gestützten Informationssystem mittels AKS – Code (AKS - Anlagenkennzeichnungssystem) festgelegt sein.

Ebenfalls im AKS zu hinterlegen ist die Bezeichnung des Anlagentyps. Anlagen stellen funktionale Einheiten dar, die sich aus mehreren, verschiedenen Komponenten zusammensetzen. LSA sind vom Begriff und vom Gegenstand her eindeutig als Anlagen zu charakterisieren.

Komponenten sind die kleinsten Einheiten, die bewirtschaftet werden können. Diese werden jedoch nicht im AKS erfasst, sondern sind in ein anlagenbezogenes Inventarverzeichnis mit Nummer und Bezeichnung aufzunehmen.

Dabei sollen nur erhaltungsrelevante Komponenten berücksichtigt werden, für die allerdings über ihre gesamte Lebensdauer eine Dokumentation erforderlich ist.

Bei LSA hat sich eine Untergliederung der Anlage in die Komponenten

- Steuergerät
- Maste
- Signalgeber
- Detektoren
- Kabelanlagen bewährt und sollte auch beim Erhaltungsmanagement verwendet werden.

Die ordnungsgemässe Funktion einer LSA hängt neben dem einwandfreien Zustand ihrer technischen Komponenten auch von weiteren Faktoren ab, zu denen die Markierung, Signale und die Beschaffenheit des Baukörpers Strasse gehören und die deshalb im Folgenden als Komponenten mit betrachtet werden.

Die Norm SN 640 842 definiert als Hardware einer Lichtsignalanlage die elektrischen und mechanische Komponenten, als Software die Programme, Daten und ihre Dokumentation, Unterlagen und Beschreibungen für das Wartungspersonal. In der Forschungsarbeit werden die Begriffe Hardware und Software ausschliesslich im Zusammenhang mit LSA – Steuergeräten verwendet.

Sowohl die Inventarisierung als auch die nachfolgende Durchführung von Erhaltungstätigkeiten stellen hohe Anforderungen an die Datenverarbeitung. Das betrifft zum einen den Umfang und die Verfügbarkeit der Daten, zum anderen sind in der Regel mehrere Nutzer in das Erhaltungsmanagement involviert, deren Datenzugriff geregelt und sicher gestellt sein muss.

Aus diesem Grund kann der Aufbau und die Nutzung einer SQL – Datenbank zweckmässig sein. Die Datenbank und ihre Inhalte werden in einem Systemkatalog auf derselben logischen Ebene wie die Daten selbst - also in Tabellen - beschrieben. Der Katalog lässt sich mit Hilfe der Datenbanksprache abfragen.

Die Datenbank kann nahtlos in Internet-Sites eingebunden werden. Es ist möglich Daten per Webinterface einzugeben und abzufragen, oder aber auch lokal. Man kann die Daten z.B. in einer lokalen Datenbank pflegen und in regelmäßigen Abständen auf den Internet-Server überspielen. Diese Online-Datenbanken können auch mit lokalen Datenbanken der Verwaltung oder anderer beteiligter Partner direkt verknüpft werden.

Die Bestimmung von Kenngrössen zur Zustandserhebung/-bewertung verlangt ein differenziertes Herangehen. Das ergibt sich allein aus der Tatsache, dass sich während der Lebensdauer einer LSA die Normen und anderen Vorschriften ändern können, z.B. infolge der europäischen Normenharmonisierung oder aus neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen bzw. der Analyse von Fehlern.

Oftmals werden Übergangsfristen festgelegt, innert derer die aufgrund neuer Vorschriften erforderlichen Anpassungen vor Ort erfolgen sollen. Ebenso möglich ist es, dass ein so genannter Bestandschutz für existierende Anlagen besteht. Neue und damit meist höhere Anforderungen müssen erst dann erfüllt werden, wenn eine LA oder ihre Komponenten erneuert werden.

Die Erhebung und Bewertung des Zustands von LSA und ihren Komponenten erfolgt anhand von sehr verschiedenen Kenngrössen. Ein nicht geringer Teil von ihnen leitet sich aus anderen Fachdisziplinen ab, z.B. der Elektrotechnik, Statik oder Mechanik. Diese Kenngrössen werden im Rahmen der Forschungsarbeit berücksichtigt, jedoch nicht vertieft behandelt.

Aufgrund des Zusammenhangs von betrieblichen – technischen und betrieblichen – verkehrlichen Bedingungen bei Lichtsignalanlagen ist es zweckmässig, eine Differenzierung nach anlagentechnischen und verkehrstechnischen Kenngrössen vorzunehmen. Darauf wurde im Abschnitt 7.3 schon hingewiesen.

So werden z.B. Verkehrserfassungsanlagen anlagentechnisch mit physikalischen und statistischen Kenngrössen beschrieben, erfasst und bewertet. Die daraus ableitbare Zustandsbeschreibung sagt jedoch noch nichts darüber aus, ob diese Ausrüstungen in verkehrlicher Hinsicht optimal funktionieren. Hierzu braucht es weitere verkehrstechnische Kenngrössen, z.B. die Anzahl und Lage von Induktionsschleifen in Abhängigkeit ihrer Funktion im Steuerungsablauf. Erst durch die gemeinsame Betrachtung von anlagen- und verkehrstechnischen Kenngrössen lassen sich sinnvolle Massnahmen des Erhaltungsmanagements ableiten.

Die nachstehende fachliche Beschreibung der Kenngrössen erfolgt zunächst für die Komponenten und anschliessend für die gesamte Anlage, basierend auf Normen und Vorschriften.

8.2 Kenngrössen für Komponenten

8.2.1 Steuergeräte

Steuergeräte sind elektrische Einrichtungen zur Steuerung von Signalen (HD 638 S1). Sie werden in Gehäusen (Schaltschränken) untergebracht, die Schutz gegen externe Einflüsse und gegen Berührungen aus allen Richtungen gewähren sollen. Die Hardware umfasst alle elektrischen Elemente, die zur Sicherstellung der geplanten Funktionen des Steuergerätes erforderlich sind. Die Software besteht aus dem Betriebssystem, das die Funktion eines Rechners ermöglicht, und den Anwenderprogrammen, mit deren Hilfe die Anforderungen erfüllt werden können.

Gehäuse

SN EN 50102 Schutzarten durch Gehäuse für elektrische Betriebsmittel (Ausrüstung) gegen äussere mechanische Beanspruchung

Es werden verschiedene Klassen von Schutzarten definiert. Für den Zugang werden Anforderungen hinsichtlich der Öffnungsmöglichkeiten gestellt.

Die Einhaltung dieser Kenngrösse ist mit der Lieferung und Montage der Ausrüstungen sicherzustellen.

Im Rahmen turnusmässiger Wartungsarbeiten ist der Gehäusezustand optisch zu erfassen. Die Bewertung kann in drei Stufen erfolgen:

Stufe 1	Der vorgeschriebene Zustand wird eingehalten (ohne Mängel).
Stufe 2	Es treten partielle Mängel auf (z.B. grobe Verschmutzung, geringfügige Deformationen).
Stufe 3	Es treten erhebliche Mängel auf (z. B. stärkere Deformationen, Türbeschädigungen).

Neben den vorgenannten Kenngrössen Schutzart und Gehäusezustand sollte im Rahmen von Inspektionen geprüft werden, ob der Standort des Schaltschranks und damit des Steuergerätes hinsichtlich Bedienung, Störungsbeseitigung und Wartung optimal ist oder verändert werden sollte. Das würde zusätzlichen Kabellegeaufwand erfordern und deshalb sollte diese Kenngrösse sehr restriktiv behandelt werden.

Hardware

SN EN 12675 Steuergeräte für Lichtsignalanlagen – Funktionale Sicherheitsanforderungen

HD 638 S1	Strassenverkehrs – Signalanlagen
HD 384.4	Elektrische Anlagen von Gebäuden, Teil 4: Schutzmassnahmen
HD 384.6.	Elektrische Anlagen von Gebäuden, Teil 5: Auswahl u. Errichtung
SN EN 50293	Elektromagnetische Verträglichkeit - Strassenverkehrs- Signalanlagen

In den vorgenannten Normen werden u. a. Kenngrössen definiert zur Fehler – Klassifizierung, zum Soll – Ist – Vergleich zwischen dem Zustand der Lichtsignale und den von der Steuerlogik gegebenen Befehlen, zu elektrischen Anforderungen hinsichtlich Energieversorgung und Betriebssicherheit.

Die Einhaltung der Kenngrössen ist mit der Lieferung und Montage der Ausrüstungen sicherzustellen und im Rahmen turnusmässiger Wartungen zu überprüfen.

Neben diesen Bedingungen wird vorgeschlagen, weitere qualitative Kenngrössen für die Steuergeräthardware einzuführen und anzuwenden.

So sollte regelmässig, z.B. im Rahmen von Inspektionen, geprüft werden, welchen Status die Hardware in Bezug auf geltende Normen und Vorschriften besitzt. In einfacher Weise kann unterschieden werden:

Stufe 1	Vollständige Normenkonformität
Stufe 2	Nicht vollständige Normenkonformitäten ohne Betriebseinschränkungen (z.B. Übergangsfristen, Bestandsschutz)
Stufe 3	Normenkonformität ist nicht mehr gegeben

Eine weitere qualitative Kenngrösse ist die Eignung der Hardware für verkehrsabhängige Steuerungen. Die zeitlich variable Ansteuerung von Signalen für den MIV, ÖV und Langsamverkehr verlangt das Vorhandensein entsprechender Elektronik. Aus verschiedenen Gründen kann es sein, dass Steuergeräte nicht oder nur eingeschränkt derartige Anforderungen erfüllen. Es ist deshalb zweckmässig, diesen Aspekt bei der Zustandserfassung/-bewertung mit zu berücksichtigen.

Aufgrund der Vielfalt von Gerätetypen, Gerätekonfigurationen und Systemarchitekturen (z.B. mit oder ohne Verkehrsrechneranschluss, Mastergeräte in Linien- oder Netzsteuerungen) sollte die Zustandsbewertung für dies Kenngrösse sehr einfach erfolgen und nur nach geeignet bzw. nicht geeignet unterscheiden.

Je nach örtlichen Bedingungen ist ausserdem zu prüfen, ob das Zusammenwirken mit Verkehrsrechnern funktioniert (ohne Mängel, einzelne Mängel, mangelhaft). Hierzu können geräteinterne Daten oder im Verkehrsrechner gespeicherte verwendet werden.

Für die Beurteilung des Anlagenzustandes und eine mittelfristig gültige Aussage zur erwarteten Lebensdauer gehört auch die Einschätzung der Hardware auf Kapazitätsreserven für Ausgangsbaugruppen und Detektoren.

Nachdem eine LSA geplant, errichtet und längere Zeit betrieben wurde, ist es zweckmässig zu fragen, ob die Hardware noch Reserven für weitere Baugruppen zur Signalansteuerung und für Detektorbausteine hat. Oftmals verändern sich infolge von baulichen Massnahmen im Knotenpunktbereich oder durch die zusätzliche Berücksichtigung einzelner Verkehrsströme (z.B. Velofahrer, Behinderte) die Anforderungen an die Signalisierung und damit an die Hardwareausstattung.

Diese Kenngrösse steht zum Teil in Zusammenhang mit der vorher beschriebenen Eignung der Hardware für verkehrsunabhängige Steuerungen. Reserven für den Einbau weiterer Detektorbausteine sind nur dann sinnvoll, wenn die Hardware verkehrsunabhängige Steuerungen ermöglicht. Erfahrungsgemäss sind Reserven von 10 – 15% gut geeignet, zusätzliche Anforderungen abzudecken. Auch hier sollte die Zustandsbewertung in einfacher Form nach vorhanden bzw. nicht vorhanden erfolgen.

Software

SN EN 12675 Steuergeräte für Lichtsignalanlagen – Funktionale Sicherheitsanforderungen
 HD 638 S1 Strassenverkehrs – Signalanlagen
 SN 640 832 ff. zu Lichtsignalanlagen

Aus den vorgenannten Normen können verkehrstechnische Kenngrößen abgeleitet werden. Diese betreffen die Verkehrssicherheit und den Verkehrsablauf. Darauf wird im Abschnitt 8.3 detailliert eingegangen.

Ebenso wie bei der Hardware wird vorgeschlagen, eine Kenngrösse Normenkonformität der Software einzuführen und anzuwenden. Auch hier kann in einfacher Weise unterschieden werden in

Stufe 1	Vollständige Normenkonformität
Stufe 2	Nicht vollständige Normenkonformitäten ohne Betriebseinschränkungen (z.B. Übergangsfristen, Bestandsschutz)
Stufe 3	Normenkonformität ist nicht mehr gegeben

Für das Betriebssystem und die meisten Anwenderprogramme, d.h. alle nicht knotenspezifisch entwickelten Softwarelösungen, ist eine weitere qualitative Kenngrösse notwendig, die die Aktualität und Gültigkeit der Programme beinhaltet. Damit soll sichergestellt werden, dass immer nur die jeweils neuesten Versionen im Rechner versorgt sind. Die Kenngrössenbewertung kann mit zutreffend/ nicht zutreffend erfolgen.

Zur Zustandserfassung/-bewertung von Software gehört auch das Vorhandensein einer aktuellen und vollständigen Dokumentation beim Anwender (Bewertung mit zutreffend/ nicht zutreffend). Ist das nicht der Fall, können keine Aussagen zu den vorgenannten Kenngrössen getroffen werden.

8.2.2 Maste

Signalarme dienen der Aufnahme von Signalgebern und oberirdischen Detektoren. Technische Kenngrössen zur Zustandserhebung/-bewertung ergeben sich aus ihrer Gestaltung und Materialbeschaffenheit. In den Normen werden sie als Tragwerke behandelt. Ausserdem eignen sich Kenngrössen aus Anforderungen an Arme in der Bahn- und der Beleuchtungstechnik. Nachstehend eine Auswahl der Normen:

SN EN 40-2 Lichtarme - Teil 2 Allgemeine Anforderungen und Masse
 SN EN 40-3-1 Lichtarme - Teil 3-1 Bemessung und Nachweis; Charakteristische Werte der Lasten
 SN EN 40-3-2 Lichtarme - Teil 3-2 Bemessung und Nachweis durch Prüfung
 SN EN 40-3-3 Lichtarme - Teil 3-3 Bemessung und Nachweis - Rechnerischer Nachweis
 SN EN 40-5 Lichtarme - Teil 5 Anforderungen für Lichtarme aus Stahl

Anlagentechnische Kenngrößen für Maste sind vor allem solche der Statik (z.B. Längen und Eingrabetiefen, Ausleger und zulässige Windlasten) und die stoffliche Beschaffenheit (Materialdicken, Anstriche). Hinzu kommen elektrische Kenngrößen, die mit der Kabelführung zum und im Mast zusammenhängen (z.B. für Schutzleiter, Erdwiderstand, Isolation).

Die Einhaltung der Kenngrößen ist mit der Lieferung und Montage der Ausrüstungen sicherzustellen.

Im Rahmen des Erhaltungsmanagements stellt sich die Frage, mit welchem Aufwand der Zustand von Masten erfasst werden soll und wie die entsprechenden Tätigkeiten auszuführen sind. Damit Sicherheitsbedürfnis und Wirtschaftlichkeit in Einklang gebracht werden können, wird vorgeschlagen, einfache Kenngrößen zu bestimmen. Diese können mit vertretbarem Aufwand erfasst und bewertet werden. Dazu gehören Standsicherheit, Ausrichtung, Oberflächenqualität und Korrosionsbefall. Diese Kenngrößen können im Rahmen turnusmässiger Wartungsarbeiten oder Inspektionen visuell/ mechanisch erfasst und nach den drei Kriterien ohne Mangel/ einzelne geringe Mängel/ erhebliche Mängel bewertet werden.

Beim Auftreten von Mängeln bzw. nach einer längeren Betriebsdauer der LSA (z.B. > 10 Jahre) sollte zusätzlich die eingangs genannten Kenngrößen der Statik und stofflichen Beschaffenheit erhoben und bewertet werden.

Von der richtigen Anordnung der Maste (und damit der Signalgeber und Detektoren) hängt wesentlich die sichere und flüssige Verkehrsführung am Knotenpunkt ab. Deshalb sollte die Erfassung und Bewertung der tatsächlichen Maststandorte im Vergleich mit den planungsseitig vorgegebenen Standorten (Signallageplan) erfolgen. Die Bewertung unterscheidet nur zwischen plankonform und nicht plankonform. Inwieweit die Planung selbst normenkonform ist, gehört zur Prüfung der verkehrstechnischen Kenngrößen und wird im Abschnitt 8.3 behandelt.

Die Kenngrößen sind für jeden einzelnen Mast zu erfassen und zu bewerten und anschliessend in eine Gesamtaussage für die jeweilige LSA zu bringen.

8.2.3 Signalgeber

Signalgeber übermitteln Informationen an Verkehrsteilnehmer mit Lichtzeichen oder hörbaren Signalen. Sie bestehen aus festen Gehäusen, in denen optische bzw. akustische Bauelemente untergebracht sind. Anlagentechnische Kenngrößen zur Erhebung und Bewertung des Zustands von Signalgebern sind überwiegend physikalischer Natur und in Normen beschrieben.

SN 640 836	Gestaltung der Signalgeber
SN 640 836-1	Signale für Behinderte
SN 640 844-1	Nat. Vorwort EN 12352:2000, Warn- und Sicherheitsleuchten
SN 640 844-2	Nat. Vorwort EN 12368:2000, Signalleuchten
SN EN 50293	Elektromagnetische Verträglichkeit - Strassenverkehrs- Signalanlagen

Die Einhaltung der Kenngrößen ist mit der Lieferung und Montage der Ausrüstungen sicherzustellen. Während des Betriebs der LSA sind Signalgeber einer hohen Belastung durch Gebrauch und Umfeld einflüsse ausgesetzt. Durch turnusmässige Wartungsarbeiten inkl. Lampenwechsel wird Sorge getragen, dass die für eine einwandfreie Funktion unerlässlichen Kenngrößenwerte eingehalten werden, z.B. die visuelle und auditive Wahrnehmung der Signale.

Im Erhaltungsmanagement steht neben der Gewährleistung einer permanenten Funktionssicherheit auch die Frage nach der mittelfristigen Beurteilung des weiteren Signalgebereinsatzes bzw. ihres Austauschs an. Das hängt neben dem Verschleiss auch von der Möglichkeit ab, durch neue technische Lösungen eine bessere Funktionstüchtigkeit und Wirtschaftlichkeit zu erzielen. Ein typisches Beispiel ist im Ersatz von Hochvoltsignalgebern durch Niedervolt- bzw. nunmehr durch LED – Signalgeber zu sehen.

Es wird deshalb vorgeschlagen, folgende weitere anlagentechnische Kenngrößen für die Zustandserhebung/-bewertung von Signalgebern anzuwenden:

- Energieverbrauch (hoch/ mittel/ gering)
- Äusserer Zustand (einwandfrei/ teilweise mangelhaft/ erhebliche Mängel)
- Optische/akustische Erkennbarkeit (einwandfrei/ teilweise mangelhaft/ erhebliche Mängel)

- Einhaltung der vorgeschriebenen Installationsmasse, z.B. Höhen am Mast (einwandfrei/ teilweise mangelhaft/ erhebliche Mängel) nach der SIGNALISATIONSVERORDNUNG (SSV)

Es ist ausserdem erforderlich, die Signalgeberanordnung auf ihre örtliche Richtigkeit hin zu beurteilen. Jeder in die Lichtsignalisierung einzubeziehende Verkehrsstrom muss die für ihn bestimmten Signale an der richtigen Stelle zweifelsfrei vorfinden. Es wird deshalb vorgeschlagen, hierfür eine Kenngrösse zu generieren, die mit dem Begriff Signalgeberanordnung beschrieben und mit den Kriterien eindeutig/ nicht eindeutig bewertet werden kann.

Die Kenngrössen sind für jeden einzelnen Signalgeber zu erfassen und zu bewerten und anschliessend in eine Gesamtaussage für die jeweilige LSA zu bringen.

8.2.4 Detektoren

Detektoren haben die Aufgabe, Freigabezeitanforderungen der Verkehrsströme (An- und Abmeldungen, Zeitanpassungen) zu erfassen und an die Steuerungslogik weiterzugeben. Das kann aus der Sicht der Verkehrsteilnehmenden in aktiver und passiver Form geschehen. Dementsprechend sind die Detektoren und ihre physikalischen Funktionen gestaltet.

Bei verkehrsabhängigen Steuerungen entscheiden die technische Funktionssicherheit und die verkehrliche Zweckmässigkeit der Detektoren wesentlich mit, dass der Verkehr sicher und flüssig geregelt wird. Dementsprechend wichtig sind regelmässige Prüfungen und Erhaltungsmassnahmen für alle Verkehrserfassungseinrichtungen einer LSA.

Hinsichtlich der anlagentechnischen Kenngrössen zur Zustandserhebung/-bewertung kann wie bei anderen LSA – Komponenten auf einschlägige Normen verwiesen werden, z.B.:

SN 640 836-1 Signale für Behinderte
 SN 671 864-1 Anerkennung EN 13563:2000, Anlagen zur Verkehrssteuerung - Fahrzeugdetektoren
 HD 638 S1 Strassenverkehrs – Signalanlagen
 HD 384.4 Elektrische Anlagen von Gebäuden. Teil 4: Schutzmassnahmen

Die Einhaltung der Kenngrössen ist mit der Lieferung und Montage der Ausrüstungen sicherzustellen.

Detektoren unterliegen wie die Signalgeber während des LSA – Betriebs hohen Belastungen durch ihren Gebrauch und durch Umfeldeinflüsse. Hinzu kommt, dass insbesondere in Fahrbahnen installierte Erfassungseinrichtungen bei Strassenbaumassnahmen zerstört werden können. Ebenso wirkt sich Vandalismus negativ auf den Zustand von Detektoren aus.

Aus den genannten Gründen wird vorgeschlagen, weitere anlagentechnische Kenngrössen zu verwenden, u. zw.:

- Äusserer Zustand (einwandfrei/ teilweise mangelhaft/ erhebliche Mängel)
- Einhaltung der vorgeschriebenen Installationsmasse, z.B. Höhen am Mast (einwandfrei/ teilweise mangelhaft/ erhebliche Mängel)

Die verkehrstechnische Beurteilung des Zustands von Detektoren verlangt eigenständige Kenngrössen. Dabei ist ein zweistufiges Herangehen notwendig. Erstens ist die spezifische Funktion jedes Detektors im Einzelnen zu berücksichtigen, d.h. ob er die geplante Anforderung erfüllt (z.B. die Velomeldung durch Schlaufen). Die Bewertung kann einfach mit erfüllt/ nicht erfüllt erfolgen.

Im zweiten Schritt ist das richtige Zusammenwirken des Detektors mit der Steuerung eine wesentliche Kenngrösse. Ihre Erfassung kann sich als eine sehr komplexe Angelegenheit herausstellen, weil nicht nur die Detektorfunktion massgeblich ist, sondern auch die Steuerungslogik. Als Beispiel sei hier eine LSA genannt, bei der Freigabezeitoptimierungen für den MIV, Anforderungen der ÖV – Beschleunigung und die besondere Signalisierung von Behinderten auftreten. Es wird dann sehr aufwändig, zu beurteilen, ob die einzelnen Detektoren in der geplanten Weise funktionieren. In der Regel verlangt das, Signalabläufe zu rekapitulieren. Hier stösst die Zustandsbewertung im Rahmen des Erhaltungsmanagements an eine Grenze.

Die Kenngrössen sind für jeden einzelnen Detektor zu erfassen und zu bewerten und anschliessend in eine Gesamtaussage für die jeweilige LSA zu bringen.

8.2.5 Kabelanlagen

Kabelanlagen sind das Bindeglied zwischen den einzelnen LSA - Komponenten. Energieversorgung und Datenübertragung sind die wesentlichen Funktionen. Die Kenngrössen zur Zustandserhebung/-bewertung können im Wesentlichen aus elektrotechnischen Normen sowie den Grundlagnormen für Strassenverkehrs- Signalanlagen entnommen werden:

HD 638 S1	Strassenverkehrs – Signalanlagen
SN EN 50293	Elektromagnetische Verträglichkeit - Strassenverkehrs- Signalanlagen
HD 308	Kennzeichnung von Adern in Kabel/Leitungen und flexiblen Leitungen
HD 384.5	Elektrische Anlagen von Gebäuden. Teil 5: Auswahl und Errichtung von Betriebsmitteln.
HD 603	Energieverteilungskabel mit Nennspannung 0,6/1 kV
HD 605	Elektrische Kabel - Ergänzende Prüfverfahren
HD 627	Vieladrige und vielpaarige Kabel für die Verlegung in Luft und in Erde
SN EN 50393	Prüfverfahren und Prüfanforderungen für die Garnituren von Verteilerkabeln mit einer Nennspannung von 0,6/1,0 (1,2) kV
SN EN 60228	Leiter für Kabel und isolierte Leitungen
NIN	Niederspannungs-Installations-Norm vom 1. Juli 2005

Die Einhaltung der Kenngrössen ist mit der Lieferung und Montage der Ausrüstungen sicherzustellen.

Kabelanlagen gehören zu den langlebigsten Ausrüstungskomponenten von LSA. Werden sie vorschriftsmässig in geeigneten Gefässen verlegt, so ist kaum mit Zerstörungen oder schnellem Verschleiss zu rechnen. Dementsprechend gering fällt der Erhaltungsaufwand aus. Mögliche Schwachpunkte ergeben sich an den Übergangsstellen zu anderen Komponenten, z.B. an Verteilern oder Klemmleisten. Es ist deshalb zweckmässig, den Zustand an diesen neuralgischen Stellen regelmässig visuell zu erfassen und zu bewerten (ohne Mängel/ einfache Mängel/ grobe Mängel).

Aufgrund ihrer Langlebigkeit kann es passieren, dass Kabelanlagen trotz einwandfreier Funktion nicht mehr den gültigen Normen entsprechen. Das ist bei der Zustandsbewertung festzuhalten (normenkonform/ nicht normenkonform).

Die Kenngrössen sind für jede Kabelverbindung einzeln zu erfassen und zu bewerten und anschliessend in eine Gesamtaussage für die jeweilige LSA zu bringen.

8.2.6 Markierung

Die Markierung der Fahr- und Gehbahnen dient der sicheren und eindeutigen Führung der Verkehrsströme im lichtsinalgeregelten Knotenpunktbereich. Sie muss sowohl in ihrer verkehrstechnischen Sinnfälligkeit als auch in ihrer Beschaffenheit für die Verkehrsteilnehmenden gut wahrnehmbar und leicht verständlich sein. Darauf orientieren die SIGNALISATIONSVERORDNUNG (SSV) und die Normen

SN 640850 a	Markierungen; Ausgestaltung und Anwendungsbereiche
SN 640851	Besondere Markierungen; Anwendungsbereiche, Formen und Abmessungen
SN 640852	Markierungen; Taktil-visuelle Markierungen für blinde und sehbehinderte Fussgänger
SN 640862	Markierungen; Anwendungsbeispiele für Haupt- und Nebenstrassen
SN 640877C	Strassenmarkierungsmaterialien - Qualitätskontrolle - Teil 3: Anforderungen in der Praxis; Anerkennung zur ENV 13459-3:1999

Die spezifischen Kenngrössen zur Zustandserhebung/-bewertung für Strassenmarkierungsmaterialien werden hier nicht weiter aufgeführt.

Für die Anwendung im Erhaltungsmanagement LSA wird vorgeschlagen, erstens den physischen Zustand der Markierung optisch zu erfassen, ggf. fotografisch zu dokumentieren, und zweitens die Einhaltung der verkehrstechnischen Markierungsvorschriften zu überprüfen und zu bewerten (ohne Mängel/ einfache Mängel/ grobe Mängel). Dabei sollte ein Vergleich der vorhandenen Markierung mit den planerischen Vorgaben (z.B. im Signallageplan) stattfinden und die Normenkonformität der Planung selbst überprüft werden.

Die Kenngrössen sind für die einzelnen Markierungen (nach Zufahrt bzw. Verkehrsteilnehmendengruppe) zu erfassen und zu bewerten und anschliessend in eine Gesamtaussage für die jeweilige LSA zu bringen.

8.2.7 Signale

Entsprechend der SIGNALISATIONSVERORDNUNG (SSV) sind vor, am und ggf. nach dem Lichtsignalgeregelten Knotenpunkt Vorschriftssignale, Vortrittsignale und Hinweissignale erforderlich, die den Verkehrsteilnehmenden gegeben werden. Sie sind für die sichere und flüssige Verkehrsabwicklung unerlässlich. Ihr Zustand ist deshalb zu erfassen und zu bewerten. Neben der SSV sind u. a. folgende Normen relevant:

- SN 640814 b Strassensignale; Anzeige der Fahrstreifen
- SN 640815 e Strassensignale
- SN 640817 d Strassensignale; Wegweiser auf Haupt- und Nebenstrassen für den allgemeinen Verkehr
- SN 640870-1 Ortsfeste, vertikale Strassenverkehrszeichen - Teil 1: Verkehrszeichen, inkl. Nat. Anhang SN 640 870-1-NA, EN 12899-1:2001

Für die Anwendung im Erhaltungsmanagement LSA wird vorgeschlagen, analog der Vorgehensweise bei der Markierung erstens den physischen Zustand der Signale optisch zu erfassen, ggf. fotografisch zu dokumentieren, und zweitens die Einhaltung der verkehrstechnischen Signalvorschriften zu überprüfen und zu bewerten (ohne Mängel/ einfache Mängel/ grobe Mängel). Dabei sollte ein Vergleich der vorhandenen Signale mit den planerischen Vorgaben (z.B. im Signallageplan) stattfinden und die Normenkonformität der Planung selbst überprüft werden.

Die Kenngrößen sind für jedes einzelne Signal zu erfassen und zu bewerten und anschliessend in eine Gesamtaussage für die jeweilige LSA zu bringen.

8.2.8 Baukörper Strasse

Die Zustandserhebung/-bewertung für den Baukörper Strasse gehört nicht per se zu den Aufgaben des Erhaltungsmanagements für LSA, sondern ist in der Regel der Strassenerhaltung zugehörig. Dennoch besteht ein wichtiger Zusammenhang zwischen den beiden Prozessen. Der sichere Betrieb einer LSA hängt wesentlich vom guten baulichen Zustand der Fahr- und Gehbahnen ab, einschliesslich der Übergangsbereiche zwischen beiden. Auf der anderen Seite können Erhaltungsmassnahmen im Strassenbereich zu temporären und andauernden Einflüssen auf die LSA führen. Das betrifft vor allem die Baustellensignalisierung als begleitende Massnahme, aber auch die Gestaltung des unterirdischen Strassenraums und die Trassierung.

Im Hinblick darauf, dass sich die Zyklen von strassen- und LSA – erhaltenden Massnahmen zum Teil erheblich unterscheiden, wird vorgeschlagen, im Rahmen der turnusmässigen Erhebung und Bewertung von LSA – Zustandskenngrößen den Baukörper Strasse nur in vereinfachter Form zu berücksichtigen.

Hierzu sollte erstens die optisch zu erfassende Kenngrösse der Fahr- und Gehbahnbeschaffenheit für die einzelnen Knotenpunktzufahrten/-querungen angewendet werden (ohne Mängel/ einfache Mängel/ grobe Mängel).

Zum zweiten ist es sinnvoll, die tatsächliche geometrische Gestaltung des Strassenraums mit den Planunterlagen für die LSA zu vergleichen und zu bewerten (volle Übereinstimmung/ Abweichungen vorhanden). Das ist insbesondere für die Berechnung von Zwischenzeiten (Start- und Räumwege) von grosser Bedeutung).

Zum Abschluss der verbalen Beschreibungen von Kenngrößen für Komponenten werden diese in tabellarischer Form zusammengefasst (Tabelle 4).

Zuerst werden die Komponenten aufgeführt. Es schliessen sich die Zustandskenngrößen an, unterteilt nach ihrer Bezeichnung und Art. Physikalische Kenngrößen sind solche, die sich aus elektrischen, mechanischen, chemischen u. a. Prozessen ableiten und exakt bestimmen lassen. Heuristische Kenngrößen werden festgelegt. Probabilistische Kenngrößen sind mittels statistischer Methoden zu ermitteln.

In der Spalte „Bewertung“ wird angegeben, ob diese nach Normen erfolgt bzw. werden Bewertungsgrößen definiert. Die letzte Spalte nennt die Erhebungsmethode. Messen ist das experimentelle Bestimmen des Messwertes einer physikalischen Grösse (z. B. Länge) im Verlauf eines Messvorgangs durch quantitativen Vergleich der Messgrösse mit einer Einheit (z. B. Meter, Kelvin) als Bezugsgrösse.

Prüfen ist ein Vergleichen von Ist-Zustand und Soll-Zustand. Es wird festgestellt, ob der Prüfgegenstand die festgelegten Bedingungen erfüllt und die vorgegebenen Toleranzgrenzen eingehalten werden oder nicht.

Komponente	Zustandskenngrößen				
	Bezeichnung	Art	Bewertung	Erhebungsmethode	
Steuergerät	Gehäuse	Schutzarten	physikalisch	nach Norm	Messen
		Zugangsbedingungen	heuristisch	nach Norm	Prüfen
		Äusserer Zustand	heuristisch	Ohne Mängel Partielle Mängel Erhebliche Mängel	Prüfen
		Standort	heuristisch	Optimal nicht optimal	Prüfen
	Hardware	Elektrische Grössen Fehleridentifikation	physikalisch	nach Norm	Messen Prüfen
		Normenkompatibilität	heuristisch	Vollständig Nicht vollständig unvollständig	Prüfen
		Eignung für verkehrsabhängige Steuerungen	heuristisch	Geeignet Nicht geeignet	Prüfen
		Zusammenwirken mit Verkehrsrechnern	heuristisch	Ohne Mängel Einzelne Mängel Erhebliche Mängel	Prüfen
		Kapazitätsreserven für Ausgangsbaugruppen, Detektoren	heuristisch	Vorhanden Nicht vorhanden	Prüfen
	Software	Normenkompatibilität	heuristisch	Vollständig Nicht vollständig unvollständig	Prüfen
		Aktualität und Gültigkeit der Programme	heuristisch	Erfüllt Nicht erfüllt	Prüfen
		Aktuelle und vollständige Dokumentation	heuristisch	Erfüllt Nicht erfüllt	Prüfen
	Maste	Statik, Materialbeschaffenheit	physikalisch	Nach Norm	Messen
Standicherheit		heuristisch	Ohne Mängel Einzelne Mängel Erhebliche Mängel	Prüfen	
Ausrichtung		heuristisch	Ohne Mängel Einzelne Mängel Erhebliche Mängel	Prüfen	
Oberflächenqualität		heuristisch	Ohne Mängel Einzelne Mängel Erhebliche Mängel	Prüfen	
Korrosionsbefall		heuristisch	Ohne Mängel Einzelne Mängel Erhebliche Mängel	Prüfen	
Standort		heuristisch	Plankonform Nicht plankonform	Prüfen	
Signalgeber	Elektrische und lichttechnische Grössen	Physikalisch	Nach Norm	Messen	
	Energieverbrauch	heuristisch	Hoch mittel gering		
	Äusserer Zustand	heuristisch	Ohne Mängel Einzelne Mängel Erhebliche Mängel	Prüfen	
	Optische bzw. akustische Erkennbarkeit		Ohne Mängel Einzelne Mängel Erhebliche Mängel	Prüfen	
	Einhaltung der Installationsmasse	heuristisch	Ohne Mängel Einzelne Mängel Erhebliche Mängel	Prüfen	
	Signalgeberanordnung	heuristisch	Eindeutig Nicht eindeutig	Prüfen	

Komponente	Zustandskenngrössen			
	Bezeichnung	Art	Bewertung	Erhebungsmethode
Detektoren	Elektrische und mechanische Grössen	physikalisch	Nach Norm	Messen
	Äusserer Zustand	heuristisch	Ohne Mängel Einzelne Mängel Erhebliche Mängel	Prüfen
	Einhaltung der Installationsmasse	heuristisch	Ohne Mängel Einzelne Mängel Erhebliche Mängel	Prüfen
	Spezifische Funktionstüchtigkeit	heuristisch	Erfüllt Nicht erfüllt	Prüfen
	Zusammenwirken mit Steuerung	heuristisch	Ohne Mängel Einzelne Mängel Erhebliche Mängel	Prüfen
Kabelanlagen	Elektrische Grössen	physikalisch	Nach Norm	Messen
	Zustand an Übergangsstellen	Physikalisch	Ohne Mängel Einzelne Mängel Erhebliche Mängel	Prüfen
	Normenkompatibilität	heuristisch	Vollständig Nicht vollständig unvollständig	Prüfen
Markierung	Regelgemässe Ausstattung	physikalisch	Nach Normen	Messen
	Physischer Zustand	heuristisch	Ohne Mängel Einzelne Mängel Erhebliche Mängel	Prüfen
	Plankonformität	heuristisch	Ohne Mängel Einzelne Mängel Erhebliche Mängel	Prüfen
Signale	Regelgemässe Ausstattung	physikalisch	Nach Norm	Messen
	Physischer Zustand	heuristisch	Ohne Mängel Einzelne Mängel Erhebliche Mängel	Prüfen
	Plankonformität	heuristisch	Ohne Mängel Einzelne Mängel Erhebliche Mängel	Prüfen
Baukörper Strasse	Fahr- und Gehbahnbeschaffenheit	heuristisch	Ohne Mängel Einzelne Mängel Erhebliche Mängel	Prüfen
	Geometrische Gestaltung des Strassenraums	heuristisch	Ohne Mängel Einzelne Mängel Erhebliche Mängel	Prüfen

Tabelle 4 Kenngrössen für Komponenten

Bei einigen Komponenten, z.B. den Masten und Signalgebern, wurde darauf hingewiesen, dass sie einzeln und anschliessend in ihrer Gesamtheit an der LSA zu beurteilen sind. Wie das geschehen kann, wird im Abschnitt 8.4 bei der Kenngrössenzusammenführung erläutert.

8.3 Kenngrössen für Anlagen (LSA)

Für die Zustandserhebung/-bewertung einer LSA sind neben den Kenngrössen für die Komponenten weitere erforderlich, die die gesamte Anlage betreffen. Es handelt sich hierbei vorrangig um Kenngrössen zur verkehrstechnischen Erhaltung.

Der Grundgedanke ist, die Qualität der LSA – Funktion in die Anlagenbewertung aufzunehmen, weil nur eine betriebs- und verkehrssichere sowie optimal gesteuerte LSA ihren Zweck erfüllt und technische Erhaltungsmassnahmen wirtschaftlich rechtfertigt. Deshalb sind Kenngrössen erforderlich für:

- Betriebssicherheit,
- Verkehrssicherheit und
- Verkehrsablauf.

Der technisch zuverlässige Betrieb von LSA bzw. auftretende Mängel können über die Kenngrösse Ausfallrate bestimmt werden. Sie wird in der Regel als Jahreswert angegeben (Ausfälle pro LSA und Jahr) und ist aus geräteinternen bzw. Aufzeichnungen des Betreibers ableitbar.

Im Idealzustand erreicht die Ausfallrate den Wert Null. Es kann jedoch auch dann noch von einer guten Qualität gesprochen werden, wenn dieser Wert sehr niedrig liegt, tendenziell über mindestens drei Jahre deutlich sinkt oder die Ausfallursache nicht oder nur selten auf anlagentechnische Ursachen zurückzuführen ist.

Aus diesem Grund ist es zweckmässig, die Ausfallursachen einer LSA zu ermitteln und statistisch als Teilkenngrossen der Ausfallrate aufzubereiten. Hierzu zählen Hard- und Softwarefehler, Lampen- und Detektorausfälle sowie interne Kabelschäden. Hingegen sind Ausfälle infolge externer Spannungsschwankungen oder Beschädigungen aufgrund von Unfällen, Bauarbeiten oder Vandalismus zwar zu erfassen, aber nicht den anlagebedingten Fehlern zurechenbar.

Die Ausfallursachen, soweit sie anlagenbedingt sind, sollten mit den Ergebnissen der komponentenbezogenen Zustandserhebung/-bewertung abgeglichen und somit auffällige Fehlerquellen lokalisiert werden. Dabei können auch Schlussfolgerungen über die Liefer- und Leistungsqualität der verschiedenen Hersteller und Errichter gezogen werden.

Die Betriebssicherheit einer LSA steht zumindest mittelbar in Verbindung zur Verkehrssicherheit. Regelmässig darf der Ausfall einer Anlage nicht zu Verkehrsgefährdungen oder Unfällen führen. Hierfür sorgen die Festlegungen in der SSV und in den einschlägigen Normen. Dennoch ist die Unfallgefahr bei instabilem Anlagenbetrieb hoch. Der plötzliche Abbruch der regulären Signalisierung überrascht die Verkehrsteilnehmenden. Ausserdem werden LSA in der Regel dort errichtet und betrieben, wo eine hohe Konfliktgefahr besteht. Ausfälle verschärfen diese.

Für die Verkehrssicherheit sind Kenngrössen des Unfallgeschehens die wesentlichen Indikatoren. Dazu gehören die Unfallzahl (pro Jahr), die Unfalltypen (z.B. Fahrurfälle, Abbiegeunfälle), die Unfallschwere (Sachschäden, Personenschäden, Leicht- und Schwerverletzte, Getötete) und die Unfallursachen (z.B. Fehlverhalten des Fahrers, Ladungsverlust).

Aus der polizeilichen Analyse des Unfallgeschehens sind so genannte Unfallhäufungsstellen ableitbar. Treten an LSA gehäuft Unfälle auf, so müssen diese im Einzelnen untersucht werden. Es ist zu prüfen, ob Anlagenfehler (z.B. zu geringe Zwischenzeiten) oder eine ungenügende verkehrstechnische Steuerung (z.B. nicht getrennte Signalisierung von abbiegenden Fahrzeugen) die Unfälle begünstigt haben können.

Die Erhebung der Kenngrössen zur Verkehrssicherheit gehört nicht zu den direkt mit dem Erhaltungsmanagement von LSA verbundenen Aufgaben. Die erforderlichen Daten sollten daher zeitnah von den zuständigen Stellen (Polizei) beschaffbar sein.

Die Erhebung und Bewertung von Zustandskenngrossen für den Verkehrsablauf ist eine sehr komplexe Aufgabe. Hier sollte der Grundsatz gelten, zum Zwecke des Erhaltungsmanagements so viel wie nötig verkehrstechnischen Aufwand zu betreiben, jedoch noch nicht so viel wie möglich. Der tatsächliche Umfang an Arbeiten kann nicht pauschal festgelegt werden, sondern hängt sehr stark von den örtlichen Bedingungen ab, insbesondere vom vorhandenen Niveau der verkehrstechnischen Anlagenbetreuung.

Es wird empfohlen, vor der Zustandserhebung/-bewertung anhand der nachstehend beschriebenen Kenngrössen mit einer augenscheinlichen Beobachtung des Verkehrsablaufs innert einer Spitzenverkehrs- und einer Tagesverkehrsstunde zu beginnen. Dabei können offenkundige Probleme erkannt werden. Weiterhin sollten bereits vorliegende Hinweise von Verkehrsteilnehmenden, der Polizei oder ÖV – Unternehmungen berücksichtigt werden. Beides ersetzt allerdings nicht die detaillierte Untersuchung.

Eine erste Kenngrösse ist die Verfügbarkeit vollständiger und aktueller verkehrstechnischer Unterlagen. Dazu gehören Lage- und Ausrüstungspläne, Signalprogramme, Ablaufpläne für die Steuerung (soweit erforderlich) und Parameterlisten. Die Kenngrössenbewertung kann mit vollständig/ unvollständig erfolgen.

In Korrespondenz mit der Zustandserhebung/-bewertung für die Komponente Software (vgl. Abschnitt 8.2.1) ist ein Abgleich vorzunehmen, ob die Softwareversorgung mit den verkehrstechnischen Vorga-

ben übereinstimmt. Hierzu sollte die zweite Kenngrösse Programmaktualität eingeführt und unter realen Betriebsbedingungen geprüft werden. Dazu gehören die Einhaltung der vorgegebenen Signalprogramme und Umlaufzeiten. Das Bewertungsergebnis kann mit „Stimmt überein/ stimmt nicht überein“ festgelegt werden.

Eine dritte Kenngrösse für den Verkehrsablauf ist die vollständige Erfassung aller Verkehrsströme (MIV, ÖV, Langsamverkehr) durch die Signalisierung. Alle Verkehrsteilnehmenden müssen mit ihnen eindeutig zuzuordnenden Signalen regelmässig oder auf Anforderung Freigabezeiten erhalten. Ausnahme gelten nur für so genannte teilsignalisierte Knotenpunkte, die als solche beabsichtigt sind. Die Bewertung dieser Kenngrösse kann mit ja/ nein erfolgen und ist für jeden Verkehrsstrom und danach für die gesamte LSA anzugeben.

In Abhängigkeit von den eingesetzten Steuerverfahren ist im nächsten Schritt die Kenngrösse Einhaltung der geplanten Freigabe- bzw. Sperrzeiten zu erfassen und zu bewerten. Das kann durch die Auswertung geräteinterner Aufzeichnungen oder durch Stichprobenmessungen erfolgen, u. zw. wiederum für jeden Verkehrsstrom und danach zusammengefasst für die gesamte LSA. Bei verkehrabhängigen Steuerungen ist es sinnvoll, diese Kenngrösse zu modifizieren und auf die maximale Sperrzeit für jeden Verkehrsstrom zu beschränken.

Neben diesen wichtigen, doch eher formalen Kenngrössen sind diejenigen festzulegen, die der Beurteilung des Verkehrsablaufs dienen. Die Methoden ihrer Erfassung und Bewertung sind mit denen der verkehrstechnischen Planung von LSA vergleichbar. Hier dienen sie jedoch dem Ziel dienen, die verkehrliche Wirksamkeit bestehender Anlagen festzustellen. Im Verlaufe eines mehrjährigen Anlagenbetriebs können sich die Bedingungen am Knotenpunkt geändert haben. Hat sich z.B. die Zusammensetzung der Verkehrsströme geändert, so muss geprüft werden, ob die Steuerung noch optimal erfolgt.

Zu den Kenngrössen gehören Wartezeiten für alle Verkehrsströme, Halte und Staulängen für den MIV und ÖV.

Die vollständige Erfassung dieser Kenngrössen für alle Verkehrsteilnehmenden an verschiedenen Wochentagen und Tageszeiten ist sehr umfangreich. Es wird deshalb vorgeschlagen, hierfür Schwerpunkte zu bestimmen, die sich aus der augenscheinlichen Verkehrsbeobachtung und den Ergebnissen der Bewertung anlagenbezogener verkehrstechnischer Kenngrössen ergeben.

Dabei ist das Ziel, Aussagen über die verkehrliche Wirksamkeit der LSA zu erhalten, die für Erhaltungsmassnahmen benötigt werden. Das können neben der Optimierung der Steuerung im Rahmen der bestehenden Knotenpunktgeometrie und LSA – Ausstattung auch Veränderungen in der Markierung und bei den Signalen oder die zusätzliche Installation von Detektoren sein.

Für die Bewertung der verkehrstechnischen Kenngrössen gibt es umfangliche Vorgaben in Normen, in- und ausländischen Richtlinien und Handbüchern. Dazu gehören u. a.:

SN 640 835 Abschätzen der Leistungsfähigkeit
SN 640 837 Übergangszeiten und Mindestzeiten
SN 640 838 Zwischenzeiten
SN 640 023 Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit; Knoten mit Lichtsignalanlagen
Richtlinien für Lichtsignalanlagen - RiLSA, Ausgabe 1992, Teilfortschreibung 2003
Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen – HBS, Ausgabe 2005

Das letztgenannte Dokument definiert Grenzwerte für die Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs, den Level of Services vergleichbar, die für die Zustandsbewertung direkt verwendbar sind. Die so erhaltenen Aussagen zum Verkehrsablauf bedürfen einer abschliessenden Kommentierung:

Für den Betrieb einer LSA spielen verkehrspolitische und daraus abgeleitete verkehrsplanerische Anforderungen eine wesentliche Rolle. Die Reduzierung von Umweltbelastungen des Verkehrs (z.B. Schadstoff- und Lärmemissionen) und die Barrierefreiheit für behinderte Menschen sind zwei Beispiele gesellschaftlicher Zielstellungen, die bei der Verkehrssteuerung mit LSA zu berücksichtigen sind. Die Ergebnisse der verkehrstechnischen Zustandsbewertung sind immer auch danach zu beurteilen, ob sie solchen Anforderungen entsprechen. Dabei spielen die örtlichen Bedingungen eine wichtige Rolle. So kann eine LSA im Zuge einer überörtlichen Strasse den MIV mit Schwerlastverkehr berücksichtigen und damit Emissionen verringern oder sie gibt am Zugang zu einer Fussgängerzone dem Langsamverkehr inkl. Behinderten den Vorrang.

Es wird deshalb vorgeschlagen, ohne dass dafür eine weitere Kenngrösse festzulegen wäre, am Anfang der Arbeiten stets die Lage und Funktion einer LSA eindeutig zu beschreiben. Dabei sollte die Qualitätssicherung eine wesentliche Rolle spielen. Hier wird auf das geplante Forschungsprojekt VSS.../...“Qualitätsstufen für Planung und Betrieb von LSA“ verwiesen.

Wie bei den Komponenten erfolgt auch für die Anlagen eine tabellarische Zusammenfassung (Tabelle 5), die Bezeichnungen und Inhalte der Spalten entsprechen denen von Tabelle 4.

Kenngrössengruppe	Zustandskenngrössen			
	Bezeichnung	Art	Bewertung	Erhebungsmethode
Betriebssicherheit	Ausfallrate	probabilistisch	Gering Mittel hoch	Berechnen
	Ausfallursache	heuristisch	Anlagenbedingt Nicht anlagenb.	Prüfen
Verkehrssicherheit	Unfallzahl	probabilistisch	Nach Norm	Messen
	Unfalltypen	Heuristisch	Nach Norm	Prüfen
	Unfallschwere	Heuristisch	Nach Norm	Prüfen
Verkehrsablauf	Unfallursache	Heuristisch	Anlagenbedingt Nicht anlagenb.	Prüfen
	Vollständige, aktuelle Unterlagen	Heuristisch	Vorhanden Nicht vorhanden	Prüfen
	Programmaktualität	Heuristisch	Erfüllt Nicht erfüllt	Prüfen
	Vollständige Erfassung aller Verkehrsströme	Heuristisch	Erfüllt Nicht erfüllt	Prüfen
	Einhaltung Freigabe-, Sperrzeiten	Heuristisch	Erfüllt Nicht erfüllt	Messen
	Wartezeiten, Halte-, Staulängen	probabilistisch	Nach Norm	Messen

Tabelle 5 Kenngrössen für Anlagen

8.4 LSA - Zustandsbewertung

Die Zustandsbewertung erfolgt für die Komponenten und die gesamte Anlage. Dafür ist ein schrittweises Vorgehen notwendig. Zunächst müssen die sehr unterschiedlichen Einzelkenngrössen für die Komponenten in eine vergleichbare Form gebracht werden. Anschliessend werden daraus Gesamtaussagen je Komponente und für die Anlage abgeleitet. Dazu bedarf es noch einer Gewichtung der einzelnen Komponenten bzw. Kenngrössengruppen.

Entsprechend der EMT – Norm SN 640 964 “Zustandserhebung und Zustandsbewertung” sind die Kenngrössenwerte zum Zwecke der formalen Vergleichbarkeit auf dimensionslose Werte zwischen „5“ (Minimum) und „0“ (Maximum) zu normalisieren. Die grafische Darstellung erfolgt über ein Radialdiagramm (Zustandspolygon), dessen Vektoren den festgelegten Komponenten entsprechen. Dabei liegt der Soll – Einsatzbereich für technische Ausrüstungen zwischen dem Wert „3“ (Soll - Minimum) und „1“ (Soll – Maximum).

Die in den Tabellen 4 und 5 aufgeführten Kenngrössen können nach einem relativ einfachen Schema (Tabelle 6) in das Polygonraster überführt werden. Dazu werden drei Gruppen gebildet.

Die erste Gruppe umfasst alle Kenngrössen, die sich direkt aus den Normen ableiten und mittels Messen/ Prüfen erhoben werden. Hier müssen die ermittelten Kenngrössenwerte durch eine spezifische Skalierung den Soll – Werten zugeordnet werden. Ein mögliches Verfahren ist die Berechnung der prozentualen Erfüllung der Normenanforderung bezogen auf den erreichten Messwert. So könnten Erfüllungsgrade von $\geq 95\%$ dem Wert 0, von $\geq 80\%$, jedoch $< 95\%$ dem Wert 1 usw. zugeordnet werden.

Die zweite Gruppe umfasst Kenngrössen mit drei Bewertungsstufen. Hier wird vorgeschlagen, für jede Bewertungsstufe jeweils zwei Werte zuzulassen (0 und 1, 2 und 3, 4 und 5). Mit der Zuordnung der Prüfergebnisse zu einem niedrigeren oder höheren Wert ist die Möglichkeit gegeben, Trends zu berücksichtigen.

Die dritte Gruppe beinhaltet Kenngrößen, für die lediglich zwei Bewertungsaussagen getroffen werden. Diese sollten im positiven Fall dem Wert 1 und im negativen Fall dem Wert 4 zugeordnet werden. Damit wird in gewisser Weise der praktischen Realität entsprochen, die eher selten ganz eindeutig positive oder negative Beurteilungen erlaubt.

Im Übrigen bleibt es den für die Zustandserhebung/-bewertung Verantwortlichen überlassen, auch andere Zuordnungen der Bewertungsergebnisse zu den Werten des Zustandspolygons zu wählen.

Wert	Messung/ Prüfung nach Norm	Dreierbewertung	Duale Bewertung	Wert
0	Wertzuordnung ergibt sich aus Skalierung der ermittelten Mess-/Prüfergebnisse	Ohne Mängel Vollständig Hoch	Optimal Geeignet Vorhanden Plankonform Erfüllt Eindeutig Nicht anlagenbedingt	0
1				
2		Partielle Mängel Nicht vollständig Mittel		2
3				
4		Erhebliche Mängel unvollständig gering	Nicht optimal Nicht geeignet Nicht vorhanden Nicht plankonform Nicht erfüllt Nicht eindeutig Anlagenbedingt	4
5				

Tabelle 6 Zuordnung der Kenngrößen zu dimensionslosen Werten

Der nächste Arbeitsschritt besteht in der gewichteten Zusammenführung der Bewertungsergebnisse von Einzelkenngrößen. Das mögliche Vorgehen ist in der Tabelle 7 dargestellt.

Für die Komponente Steuergerät gibt es die Elemente Gehäuse, Hardware und Software, deren Kenngrößen zunächst einzeln und dann für die gesamte Komponente zusammenzuführen sind. Dabei wird für die Kenngrößen ein Gesamtanteilsfaktor von 1,0 zugrunde gelegt. Die Aufteilung dieses Faktors auf die einzelnen Kenngrößen und Elemente ist dann zugleich deren Gewichtung. Die in der Tabelle 7 eingetragenen Werte sind Vorschläge, die aus praktischen Erfahrungen und aus der Relevanz entstanden sind, die den jeweiligen Kenngrößen im Rahmen des Erhaltungsmanagements zukommen dürfte. Sie sollten nicht dogmatisch betrachtet, sondern wie die Ersteinstellung von Parametern behandelt werden.

Beim Element Hardware der Komponente Steuergerät ist die Kenngröße „Zusammenwirken mit Verkehrsrechnern“ als Variable eingestellt worden. Wird sie aufgrund der örtlichen Bedingungen nicht benötigt, so teilen sich die Gewichte der übrigen Kenngrößen anders auf.

Für die Darstellung der Zustandsbewertung im Polygonzug sollte jede der behandelten Komponenten berücksichtigt werden.

Es gibt Komponenten, die an einer LSA in der Regel nur einmal vorhanden sind (z.B. Steuergerät), und solche, die mehrfach auftreten (z.B. Maste, Signalgeber, Detektoren). Für die letztgenannten ist eine zusammengefasste Aussage sinnvoll, wenn der Gesamtzustand einer LSA bewertet wird. Mathematisch lässt sich das über die Mittelwertbildung erreichen. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass die Berechnung eines Durchschnittwertes dazu führen kann, einzelne auffällige Werte zu verdecken.

Ein Beispiel soll das verdeutlichen: Von 10 Masten erreichen 8 Masten den Wert 2 und 2 Masten den Wert 4. Das ergibt einen rechnerischen Mittelwert von 2,4, den man nach der üblichen Methode auf 2 abrunden kann. Die so gewonnene Aussage, dass die LSA hinsichtlich der Komponente Maste nur partielle Mängel aufweist, ignoriert den schwer wiegenden Sachverhalt von zwei Masten mit erheblichen Mängeln.

Eine Lösung für das Problem bei der Mittelwertbildung besteht darin, weitere statistische Kenngrößen zu berechnen, z.B. Standardabweichungen. Praktisch zweckmässig ist es, bei grösseren Abweichungen zwischen dem Mittelwert und einzelnen Komponentenbewertungen, das zusammengefasste Bewertungsergebnis für diese Komponente eine Stufe höher zu setzen, im Beispiel auf den Wert 3.

Komponente		Kenngössenzusammenführung			
		Kenngrossen	Gewichtungs-faktor	Element-faktor	Komponenten-faktor
Steuergerät	Gehäuse	Schutzarten	0,3	0,3	0,15
		Zugangsbedingungen	0,3		
		Äusserer Zustand	0,3		
		Standort	0,1		
	Hardware	Elektrische Grössen Fehleridentifikation	0,2 0,25	0,4	
		Normenkompatibilität	0,2 0,25		
		Eignung für verkehrsabhängige Steuerungen	0,2 0,25		
		Zusammenwirken mit Verkehrsrechnern	0,2 ----		
	Software	Kapazitätsreserven für Ausgangsbaugruppen, Detektoren	0,2 0,25	0,3	
		Normenkompatibilität	0,3		
Aktualität und Gültigkeit der Programme		0,4			
		Aktuelle und vollständige Dokumentation	0,3		
Maste		Statik, Materialbeschaffenheit	0,2		0,1
		Standicherheit	0,2		
		Ausrichtung	0,2		
		Oberflächenqualität	0,2		
		Korrosionsbefall	0,2		
		Standort	0,2		
Signalgeber		Elektrische und lichttechnische Grössen	0,1		0,1
		Energieverbrauch	0,1		
		Äusserer Zustand	0,2		
		Optische bzw. akustische Erkennbarkeit	0,2		
		Einhaltung der Installationsmasse	0,2		
		Signalgeberanordnung	0,2		
Detektoren		Elektrische und mechanische Grössen	0,2		0,1
		Äusserer Zustand	0,2		
		Einhaltung der Installationsmasse	0,2		
		Spezifische Funktionstüchtigkeit	0,2		
		Zusammenwirken mit Steuerung	0,2		
Kabelanlagen		Elektrische Grössen	0,4		0,1
		Zustand an Übergangsstellen	0,4		
		Normenkompatibilität	0,2		
Markierung		Regelgemässe Ausstattung	0,3		0,05
		Physischer Zustand	0,4		
		Plankonformität	0,3		
Signale		Regelgemässe Ausstattung	0,3		0,05
		Physischer Zustand	0,4		
		Plankonformität	0,3		
Baukörper Strasse		Fahr- und Gehbahnbeschaffenheit	0,5		0,05

Tabelle 7 Kenngössenzusammenführung Komponenten

In der Tabelle 8 ist die Kenngössenzusammenfassung für die Kenngrossengruppen Betriebssicherheit, Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf dargestellt. Dazu müssen noch einige Festlegungen getroffen werden. Der Einzelwert für die Kenngrosse „Ausfallursache“ (zwischen 0 und 5) errechnet sich aus dem Anteil der anlagenbedingten Ausfälle an der Zahl der Gesamtausfälle pro Jahr. Bei der Kenngrosse „Unfallursache“ wird der Anteil der anlagenbedingten Unfälle an der Gesamtunfallzahl ermittelt.

Der Einzelwert für die Kenngrösse „Unfallzahl“ wird durch Vergleich bestimmt. Bezugsgrösse ist der Durchschnittswert aller LSA im Verantwortungsbereich (z.B. örtliche Unfallzahl niedriger als der Durchschnitt: Wert 2, gleich dem Durchschnitt: Wert 3, höher als der Durchschnitt: Wert 4). Trat kein Unfall auf, ist der Wert 0 zu setzen. Unfalltypen und Unfallschwere sollten nicht in die unmittelbare Berechnung aufgenommen, sondern als erläuternde Aussagen verwendet werden.

In Ergänzung zur Komponenten(-gruppen)-bewertung wird es oft sinnvoll sein, pro LSA den erreichten Gesamtbewertungsstand zu ermitteln. Dieser benötigt wiederum Gewichte für die einzelnen Komponenten bzw. Komponentengruppen. Dafür ist in den Tabelle 7 und 8 eine Spalte mit dem Titel Komponenten(-gruppen)-faktor eingefügt worden. Auch das ist ein erster Vorschlag und in der Praxis zu überprüfen.

Kenngrössengruppe	Kenngrössenzusammenführung		
	Kenngrössen	Gewichtungs-faktor	Komponenten-gruppenfaktor
Betriebssicherheit	Ausfallrate	0,5	0,1
	Ausfallursache	0,5	
Verkehrssicherheit	Unfallzahl	0,5	0,1
	Unfalltypen	-	
	Unfallschwere	-	
	Unfallursache	0,5	
Verkehrsablauf	Vollständige, aktuelle Unterlagen	0,1	0,1
	Programmaktualität	0,1	
	Vollständige Erfassung aller Verkehrsströme	0,2	
	Einhaltung Freigabe-, Sperrzeiten	0,3	
	Wartezeiten, Halte, Staulängen	0,3	

Tabelle 8 Kenngrössenzusammenführung für Anlage

Auf Grundlage der vorgängigen Berechnungen und Festlegungen lässt sich nunmehr ein allgemeines Zustandspolygon für LSA darstellen (Abbildung 5).

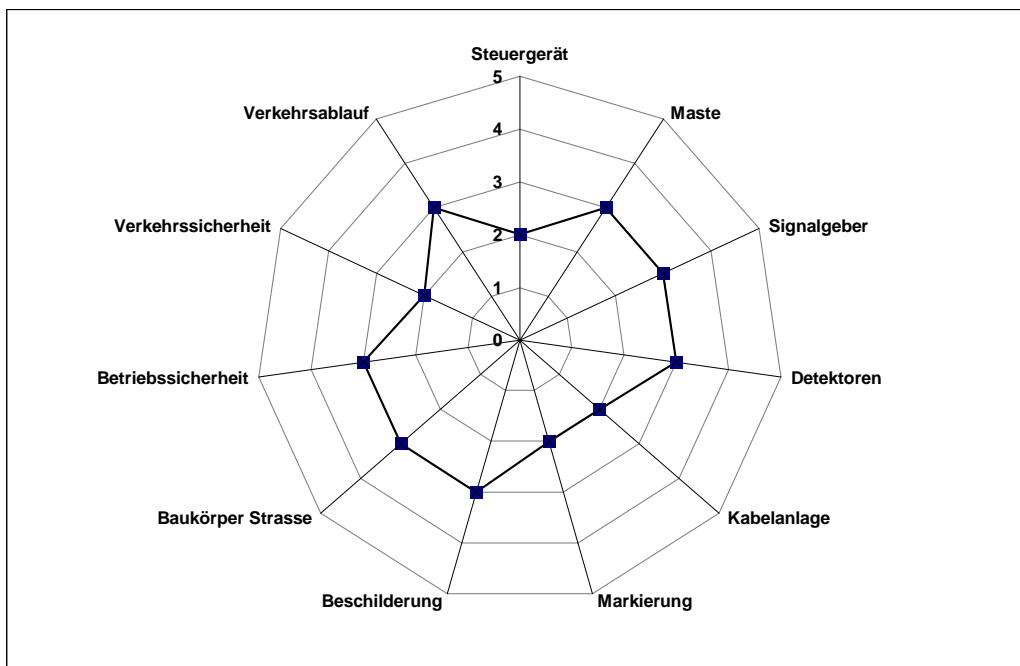


Abbildung 5 Zustandspolygon LSA

Das Polygon enthält als Vektoren sämtliche LSA – Komponenten und Kenngrössengruppen mit jeweils einer Achse, die von 0 bis 5 skaliert ist.

Der blaue Polygonzug stellt ein Beispiel für das Ergebnis einer LSA - Zustandsbewertung dar. Danach erreicht das Steuergerät einen guten Zustand (Wert 2). Kabelanlage und Maste wurden mit gut bis befriedigend bewertet (Wert 2 bzw.3). Die Betriebssicherheit erreicht einen nur befriedigenden Wert 3, was auf den ungenügenden Zustand der Signalgeber und Detektoren (ebenfalls Wert 3) zurückzuführen sein kann. Das wirkt sich offensichtlich nur bedingt auf die Verkehrssicherheit aus (Wert 2). Hinsichtlich des erfassten Verkehrsablaufs ist der Anlagenzustand befriedigend (Wert 3). Mängel treten bei den Signalen auf (Wert 3).

Die Markierung ist als eher gut (Wert 2) einzuschätzen, der strassenbauliche Zustand als befriedigend (Wert 3). Der Mittelwert für die LSA nach den Faktoren in Tabelle 7 und 8 beträgt 2,6. Es wären einige Erhaltungsmassnahmen notwendig.

8.5 Typenregeln

Die Umsetzung der Aufgaben des Erhaltungsmanagements erfolgt über Typenregeln. Dabei werden gleichartige Anlagen und Komponenten zu so genannten Erhaltungstypen zusammengefasst und die für sie erforderlichen Erhaltungstätigkeiten festgelegt (Typenregeln).

Nach SN 640962 „EMT Methodik Typenregeln“ gibt es drei Klassen von Typenregeln, u. zw. für die Bestimmung von Prüfungen, zur Definition von Erhaltungstätigkeiten und zur Erfassung von Zustandskenngrössen. Typenregeln sind dann erforderlich, wenn eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

- Die Prüfung der Funktionstüchtigkeit einer Anlage oder Komponente weist eine sicherheitstechnische Relevanz auf.
- Eine Anlage oder Komponente bedarf Tätigkeiten zur Erhaltung oder technischen Kontrolle.
- Die Zustandsdarstellung verlangt die Erhebung von Kenngrössen einer Anlage oder Komponente.

Für LSA und ihre Komponenten treffen alle drei Bedingungen zu. Folglich sind Typenregeln für die Zustandserhebung/-bewertung und die Durchführung von Erhaltungstätigkeiten aufzustellen.

Die im Abschnitt 8.1 vorgenommene Komponentenfestlegung für LSA wird auch für die Erstellung von Typenregeln angewendet. Daraus ergeben sich die Erhaltungstypen

- Steuergerät
- Maste
- Signalgeber
- Detektoren
- Kabelanlagen

Es ist sinnvoll, die mittelbar mit den technischen Ausrüstungen einer LSA verbundenen Komponenten Markierung, Signale und Baukörper Strasse ebenfalls als Erhaltungstypen festzulegen. Die hierfür geltenden Typenregeln werden aber nur insoweit erstellt, wie es für das Erhaltungsmanagement LSA von Bedeutung ist. Weitergehende Untersuchungen zu den Aufgaben des Erhaltungsmanagements für die drei letztgenannten Komponenten sind nicht Gegenstand dieser Forschungsarbeit. Ausserdem wird vorgeschlagen, Markierung und Signale zu einem Erhaltungstyp zusammenzufassen.

Entsprechend der im Abschnitt 8.3 beschriebenen Zustandserhebung/-bewertung für die Kenngrössengruppen Betriebssicherheit, Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf wird vorgeschlagen, diese als eigenständigen Erhaltungstyp zu definieren und dafür eine Typenregel aufzustellen. Das entspricht dem Grundanliegen der verkehrstechnischen Erhaltung.

In der Tabelle 9 Vorschläge gemacht, wofür Typenregeln zu generieren sind Jede Typenregel selbst wird als eine Tabelle dargestellt, die folgende Gliederung aufweist:

- Typenregelbezeichnung und Erhaltungstyp
- Tätigkeit
- Beschrieb
- Intervall
- Randbedingungen
- Verkehr während Durchführung der Tätigkeiten

Die Typenregeln 1 bis 8 sind als Anlagen beigefügt. Die darin getroffenen Festlegungen stammen aus Normen und anderen Vorschriften und berücksichtigen ausserdem viele praktische Erfahrungen der Betreiber, die in die Antworten zum Fragebogen eingeflossen sind.

Die Aufstellung der Typenregeln erfolgt zunächst schwerpunktmässig für den Aufgabenbereich Überwachung, Kontrolle und Wartung sowie für dringliche Instandsetzungen. Der Einbezug weiterer Unterhaltstätigkeiten (Werterhaltung, Erneuerung) ist abhängig von den Erhaltungsstrategien gemäss Abschnitt 9.1. Hierfür sind zeitaufwändige Abklärungen mit einer grossen Zahl von Betreibern notwendig, die über den Rahmen des Forschungsprojekts hinausgehen.

Erhaltungstyp (Komponente)	Typenregeln für			Typenregel
	Zustandskenngrössen	Prüfungen	Erhaltungstätigkeiten	
Steuergerät	x	x	x	1
Maste	x	x	x	2
Signalgeber	x	x	x	3
Detektoren	x	x	x	4
Kabelanlagen	x	x	x	5
Markierung	x	x	x	6
Signale	x	x	x	
Baukörper Strasse	x	x		7

Erhaltungstyp (LSA)	Typenregeln für			Typenregel
	Zustandskenngrössen	Prüfungen	Erhaltungstätigkeiten	
Betriebssicherheit	x	x	x	8
Verkehrssicherheit	xxx	xxx	xxx	
Verkehrsablauf	x	x	xxx	

Anmerkung:
Die Kennung mit „xxx“ weist darauf hin, dass die entsprechenden Zustandskenngrössen, Prüfungen oder Erhaltungstätigkeiten bei der Zustandserhebung/-bewertung sowie bei der Massnahmenplanung/-realisierung zu berücksichtigen sind, jedoch nicht direkt zum Erhaltungsmanagement für LSA gehören.

Tabelle 9 Generierung von Typenregeln für das Erhaltungsmanagement von LSA

9. Erhaltungsplanung

9.1 Erhaltungsstrategien

Im Führungsprozess des Erhaltungsmanagements nach SN 640 900a bilden die Massnahmenplanung und das Massnahmenmanagement die nächsten Stufen nach der Zustandserhebung/-bewertung. Aus den bewerteten Zustandskenngrössen werden diejenigen Massnahmen abgeleitet, die für den sicheren und nachhaltigen Anlagenbetrieb erforderlich sind. In diesem Kapitel liegt der Schwerpunkt auf der Erhaltungsplanung. Das Massnahmenmanagement wird unter dem Aspekt der Erhaltungsszenarien beschrieben. Es kann davon ausgegangen werden, dass die praktische Umsetzung der Erhaltungsplanung in Form von Ausführungsplanungen, Aufträgen und deren Realisierung im Rahmen bestehender Abläufe erfolgt.

Die Erhaltungsplanung umfasst neben den verkehrlichen und technischen Aspekten auch die Fragen der Finanzierung, der personellen Absicherung und des verfügbaren Zeitrahmens.

Damit dieser Prozess zielstrebig, kontinuierlich und ergebniswirksam gestaltet werden kann, braucht es der vorgängigen Definition von Erhaltungsstrategien. Sie leiten sich aus den allgemeinen Zielen des Erhaltungsmanagements, den spezifischen Bedingungen der Verkehrsregelungssysteme sowie den Handlungsgrundsätzen der jeweiligen Betreiber ab und werden sicher stark von praktischen Gegebenheiten im jeweiligen Verantwortungsbereichen beeinflusst. Erhaltungsstrategien können nicht losgelöst betrachtet werden vom aktuellen Gesamtzustand der LSA und der bisherigen Vorgehensweise beim Unterhalt.

Für die Einführung des Erhaltungsmanagements LSA dürfte es ausserdem von Bedeutung sein, wie diese Aufgabe den politischen Entscheidungsträgern begründet werden kann. Auf der einen Seite wird durch regelmässige Erhaltungstätigkeiten eine höhere Sicherheit und Qualität im Verkehrsablauf erreicht. Auf der anderen Seite ist zunächst ein finanzieller Mehraufwand gegenüber den bisherigen Unterhaltskosten zu erwarten. Der wirtschaftliche Nutzen wird aber erst mittel- bis langfristig deutlich. Deshalb wäre es förderlich, Normen für das EM LSA zu schaffen und für verbindlich zu erklären. Darüber hinaus sollten gute praktische Erfahrungen im Sinne von Benchmarking aufbereitet und den Entscheidungsträgern vermittelt werden.

Für die Definition von Erhaltungsstrategien sind nachfolgende Kriterien bzw. Zielgrössen wichtig. Die Reihenfolge der Aufzählung stellt keine Wertung dar.

- Zustand und Funktion aller LSA im Verantwortungsbereich sollen jederzeit eine betriebs- und verkehrssichere Steuerung gewährleisten;
- Der technisch sichere und der verkehrlich optimale Anlagenbetrieb bilden eine Einheit;
- Anlagenbedingte Ausfälle sollen durch präventive Erhaltungsmassnahmen minimiert werden;
- Die Ablösung von LSA mit langer Betriebsdauer kann nur etappenweise erfolgen und verlangt auch weiterhin werterhaltende Massnahmen.
- Betriebs- und Unterhaltskosten sollen durch den Einsatz von energie- und wartungsarmen Anlagenkomponenten gesenkt werden;
- Die Verfügbarkeit von Ersatzteilen ist über die durchschnittliche nominale Lebensdauer der Anlagenkomponenten sicherzustellen;
- Der Anlagegebrauchswert ist über die gesamte nominale Lebensdauer der LSA aufrechtzuerhalten;
- Erneuerungsmassnahmen werden so geplant und realisiert, dass der Anlagenwert und die nominale Lebensdauer wieder steigen;
- Die Durchführung von Erhaltungsmassnahmen erfolgt so, dass das notwendige Zusammenwirken von LSA untereinander und mit Zentralen gesichert bleibt,
- Im Rahmen des EM LSA werden qualitätssteigernde Massnahmen dann durchgeführt, wenn sie
 - sich aus steigenden Umweltschutzanforderungen ergeben,
 - im Zusammenhang mit anderen Verkehrsbaumassnahmen erforderlich sind,
 - der Verbesserung des öffentlichen und Langsamverkehrs dienen.

Die vorgängige Aufzählung enthält kein Kriterium, das die Planung von Erhaltungsmassnahmen ausschliesslich aus dem technischen Fortschritt heraus begründet. Damit soll nicht der Zusammenhang von Erhaltungsmanagement und Modernisierung negiert, sondern nur nicht zustandsbedingte Erneuerungen vermieden werden. Es soll jedoch möglich bleiben, mit Hilfe der vorgängig aufgeführten Kriterien auch Erhaltungsstrategien für die Erneuerung von Komponenten (z.B. Steuergeräte, Detektoren) zu definieren, wenn der Markt hierfür qualitativ neue Produkte offeriert (z.B. Hard- und Software, Kommunikationstechnik).

9.2 Technische Massnahmenplanung

Anhand der Ergebnisse der Kenngrössenerfassung und der Zustandsbewertung müssen die erforderlichen technischen Erhaltungsmassnahmen festgelegt werden.

Die im Abschnitt 8.4 beschriebene Zustandsbewertung und die Darstellung der Ergebnisse im Polygonzug sollten in eine Grobunterteilung nach drei Kategorien münden:

Zustandskategorie 1 (Werte 0,1)	Keine Erhaltungsmassnahmen erforderlich
Zustandskategorie 2 (Werte 2,3)	Planbare Erhaltungsmassnahmen durchführen
Zustandskategorie 3 (Werte 4,5)	Sofort Erhaltungsmassnahmen durchführen

Es werden vor allem Massnahmen betrachtet, die im Rahmen planbarer Erhaltungstätigkeiten ausgeführt werden sollen. Das ist der bauliche und betriebliche Unterhalt in Form der Werterhaltung und Erneuerung sowie notwendige Veränderungen. Nach SN 640 900a soll die Werterhaltung vor allem bei Komponenten angewendet werden, die Erneuerung und Veränderung bei Gesamtanlagen. Diese

Unterscheidung lässt sich bei LSA nicht durchgängig aufrechterhalten. Deshalb sollten, wo es zweckmässig erscheint, Erneuerungen und Veränderungen auch für Komponenten geplant werden.

Die technische Massnahmenplanung muss so erfolgen, dass alle Massnahmen berücksichtigt werden, die im festgelegten Erhaltungszyklus erforderlich sind. Damit sollen der Arbeitsaufwand minimiert und die Auswirkungen auf den Verkehrsablauf möglichst gering gehalten werden.

Die technische Massnahmenplanung steht in Verbindung mit den Typenregeln. Gemäss der Beschreibung im Abschnitt 8.5 beinhalten diese vor allem Massnahmen der Überwachung, Kontrolle und Wartung sowie der Instandsetzung. Das wird oft nicht ausreichen, um den Anlagenzustand zu verbessern. Deshalb werden in der Tabelle 10 weitergehende Massnahmen des Unterhalts und der Veränderung aufgelistet.

Ausser den genannten Massnahmen, gibt es solche, die sich auf die LSA insgesamt beziehen. Sie können von neuen Signalprogrammen bis hin zur Veränderung oder Erweiterung der LSA – Ausstattung mit Signalgebern und Detektoren, inkl. der zugehörigen Maste und Kabel, reichen. Ebenso sind Veränderungen in der Markierung und bei den Signalen möglich, um den Verkehrsablauf sicherer und flüssiger zu gestalten. Eine Auswahl möglicher Erhaltungsmassnahmen für die Gesamtanlage enthält die Tabelle 11.

Komponente		Erhaltungsmassnahmen			
		Werterhaltung	Erneuerung	Veränderung (s. auch Tab. 11)	
Steuergerät	Gehäuse	Reparatur, Oberflächenbehandlung, Austausch Schliessvorrichtung, Fundamentstabilisierung,		Austausch des Steuergerätes	
	Hardware		Einsatz neuer elektronischer Bauelemente		Aufrüstung für zusätzliche Erfassungs- und Anzeigeelemente
	Software	Updates für Betriebssysteme; Anpassung von Signalprogrammen			Programmierung zusätzlicher Signalprogramme
Maste		Reparatur, Oberflächenbehandlung, Fundamentstabilisierung	Austausch einzelner Maste	Montage zusätzlicher Maste	
Signalgeber		Austausch von Bauteilen und einzelner Signalgeber, Lampenwechsel	Signalgeberaustausch an LSA	Installation zusätzlicher Signalgeber	
Detektoren		Austausch von Bauteilen und einzelner Detektoren	Verlegung neuer IS anstelle der alten	Installation zusätzlicher Detektoren	
Kabelanlagen		Klemmleisten erneuern, Reparatur Kabelbruch	Teiltrassen ersetzen und neu verlegen	Zusätzliche Kabelverbindungen herstellen	
Markierung		De- und Remarkierung			
Signale		Austausch einzelner Schilder			
Baukörper Strasse		Mit Erhaltungsmanagement Strasse verbinden			

Tabelle 10 Übersicht zu technischen Erhaltungsmassnahmen bei Komponenten

	Erhaltungsmassnahmen
Verkehrstechnik	Anpassung von Zwischenzeiten Optimierung der Signalprogramme Erstellung neuer Signalprogramme
Anlagentechnik	Nachrüstung von Detektoren Nachrüstung von Signalgebern Aufrüstung des Steuergeräts (Hard-, Software) Updates für Software Standortanpassung von Steuergerät und Masten Fernüberwachung herstellen
Verkehrsorganisation	Veränderung der Spuraufteilung Anpassung von Haltelinien und Furtmarkierungen Verbesserung der Vorwegweisung

Tabelle 11 Auswahl anlagenbezogener Erhaltungsmassnahmen

Es kann aber im Ergebnis der Zustandsbewertung einer LSA auch dazu kommen, dass ihr Rückbau und der Einsatz anderer Lösungen, z.B. Überweg oder Kreisel, als zweckmässiger anzusehen wären.

Hierbei handelt es sich immer um Einzelfallentscheide, weshalb auf eine allgemeine tabellarische Übersicht verzichtet wird.

9.3 Finanzielle Massnahmenplanung

Die finanzielle Planung von Erhaltungsmaßnahmen hängt von der gewählten Erhaltungsstrategie und der technischen Massnahmenplanung ab. Das ist ein sehr komplexer Zusammenhang, auf den im Abschnitt 9.5 bei der Entwicklung von Erhaltungsszenarien weiter eingegangen wird. Zunächst werden die erforderlichen Einzelarbeitsschritte aufgeführt.

Für die erforderlichen technischen Massnahmen ist eine Kostenermittlung bzw. Kostenschätzung vorzunehmen. Das sollte je Erhaltungstyp (Komponente) geschehen. Weiterhin ist eine Differenzierung in Pflegearbeiten (z.B. Anstrichleistungen), Reparatur, Teileaustausch oder Komponentenersatz notwendig. Erforderlich sind spezifische Preis- bzw. Kostangaben für Material und Leistung. Diese können aus vorhandenen Preislisten, Rechnungen oder Kosten für vergleichbare Tätigkeiten (z.B. der LSA - Errichtung) ermittelt werden. Zu berücksichtigen sind vertragliche Vereinbarungen, die mit dem Ersteller der Anlage bzw. einer Wartungsfirma abgeschlossen wurden, wenn darin Angaben für werterhaltende Leistungen enthalten und kostenmässig beziffert sind.

Sollen die technischen Erhaltungsmaßnahmen mit eigenem Personal des Betreibers durchgeführt werden, so ist der erforderliche Zeitaufwand einzuschätzen und Materialkosten zu ermitteln.

Erweist sich die Kostenermittlung/-schätzung in der vorgängig genannten Form als nicht durchführbar oder zu aufwändig, dann wäre eine direkte Anfrage zu den benötigten Lieferungen und Leistungen an Dritte in Betracht zu ziehen. Allerdings erfordert das einen möglichst genauen Leistungsbeschreibung.

Im Anschluss an die Kostenermittlung/-schätzung für die einzelnen Komponenten kann überschläglich der monetäre Aufwand für die einzelnen LSA und anschließend die Gesamtsumme für alle Anlagen im jeweiligen Verantwortungsbereich berechnet werden. Das gilt für jeweils einen Erhaltungszyklus.

Die vorgängig beschriebenen Arbeitsschritte zur finanziellen Planung von Erhaltungsmaßnahmen und die überschlägliche Gesamtkostenberechnung bedürfen einer Interpretation.

Erstens ist festzustellen, dass es sich um eine stichtagsbezogene Kostenermittlung/-schätzung handelt. Sie beruht auf den Ergebnissen der letzten Zustandserhebung/-bewertung und der daraus abgeleiteten technischen Massnahmenplanung. Das bedeutet, bisher durchgeführte oder unterlassene Erhaltungsmaßnahmen werden nur indirekt berücksichtigt.

Zweitens kann sich das Ergebnis in einer Von – Bis – Spanne bewegen. Das wird sehr häufig der Fall sein, weil noch nicht entschieden ist, welche Art der Leistungen zur Ausführung kommen soll, z.B. die Reparatur eines Bauteils oder dessen Ersatz.

Drittens sagt das Ergebnis der Kostenermittlung/-schätzung noch nichts darüber aus, zu welchem Zeitpunkt innerhalb des Erhaltungszyklus mit welchen Kosten zu rechnen ist. Das wird später festgelegt.

Viertens muss der geplante finanzielle Aufwand für Erhaltungstätigkeiten mit zwei weiteren Kriterien im Zusammenhang gesehen werden. Das sind die insgesamt für das Ressort verfügbaren Budgets und die bisherige Kostenentwicklung der LSA seit ihrer Errichtung, einschliesslich des Vergleichs mit den Investitionskosten. Hierauf wird im Abschnitt 9.4 eingegangen.

9.4 Anlagenwert und Kostenentwicklung

Für den effizienten Einsatz von Haushaltbudgets sind neben den Kostenaufwendungen für Bau, Betrieb und Unterhalt von LSA auch die Anlagenwerte zu berücksichtigen. Es geht darum, den Substanzerhalt im Sinne von Vermögenswert sicherzustellen. Die finanziellen Mittel sollen nachhaltig, d.h. auch zum Nutzen der nachfolgenden Generationen eingesetzt werden. Diese Forderung spiegelt sich auch im Neuen Finanzausgleich (NFA) zwischen dem Bund und den Kantonen wieder.

In Deutschland werden seit dem Jahre 2003 Anlagenbewertungen für die Verkehrsinfrastruktur durchgeführt. Abschreibungen berücksichtigen den gesamten Werteverzehr von Sachanlagen und Gebäuden. Darüber hinaus werden Rückstellungen gebildet, um Belastungen, die erst in späteren Jahren zu Auszahlungen führen, der verursachenden Generation anzulasten. Diese Rückstellungen können als Abschreibungsbudgets bezeichnet werden. In der Regel gehen sie von den Anschaffungswerten aus.

Wegen der inflationsbedingten Preissteigerung sollten allerdings Wiederbeschaffungswerte verwendet werden, die auch den Produktwandel während der Anlagenlebensdauer besser widerspiegeln.

Im Unterschied zu Investitionen in Wirtschaftsgüter kann beim Gebrauch von Verkehrsregelungssystemen kein direkt erzielbarer betriebswirtschaftlicher Nutzen ausgewiesen und mit den Investitionskosten verglichen werden. Dennoch ist es möglich, mit Hilfe von Aussagen über Investitionskosten, Abschreibungen und Zeitwerten die Entscheidungen zum Zeitpunkt und Umfang von Erhaltungsmaßnahmen zu unterstützen.

Anhand einer schematischen Darstellung werden die für das Erhaltungsmanagement wichtigen Zusammenhänge von Investitionen und Abschreibungen sowie Instandhaltungskosten gezeigt (Abbildung 6).

Das Diagramm in der Abbildung 6 zeigt auf der x – Achse die Betriebsjahre und auf der y – Achse den normierten Anlagenwert. Das ist eine theoretische Grösse, die von konkreten Geldwerten abstrahiert. Sie reicht vom Wert 0 bis zum Wert 100. Diese Skalierung wurde gewählt, um das Verständnis zu erleichtern. Das Betriebsjahr 0 steht für den Zeitpunkt der Anlagenerrichtung und Inbetriebnahme.

Zu diesem Zeitpunkt erfolgt eine Investition, die zum normierten LSA - Anlagenwert 100 führt. Dieser Anlagenwert ist die Summe der Kosten aller Komponenten. Es wurden folgende Einzelkosten und damit normierte Anlagenwerte angenommen: Steuergerät und Signalgeber jeweils 20, Detektoren 12, Maste und Kabelanlage jeweils 24. In der Summe ergibt sich der Wert 100.

Die Anlagenlebensdauer (Normative Nutzungsdauer NND) wird für die einzelnen Komponenten differenziert angesetzt. Sie beträgt für Steuergeräte und Signalgeber 25 Jahre, für Detektoren 15 Jahre und für die Maste sowie Kabelanlagen 40 Jahre. Folglich hat die LSA eine Gesamtlebensdauer von 40 Jahren, unbeschadet der Tatsache, dass zu diesem Zeitpunkt alle Komponenten ausser den Masten ihre Lebensdauer überschritten hätten. Vereinfacht wird angenommen, dass es eine lineare Degression beim Anlagenwert in Form der jährlichen Abschreibung gibt.

Aus diesen Prämissen lässt sich die Entwicklung des Anlagenwertes der LSA berechnen. Die schwarze Linie kennzeichnet den Verlauf des normierten Anlagenwerts in 5 – Jahres – Schritten von 100 bis auf 0.

Es liesse sich zeigen, dass die Degression des Anlagenwertes stärker ausfiele, wenn der Kostenanteil der kurzlebigeren Komponenten (z.B. Steuergerät, Detektoren) gegenüber den langlebigeren Komponenten (z.B. Maste, Kabelanlage) höher wäre, als im Beispieldiagramm dargestellt. Diese Aussage ist für die Praxis folgenreich: ein höherer Investitionsanteil leistungsfähigerer Komponenten, z.B. in Form hochwertiger Steuerungs- und Anzeigetechnik, bedeutet nicht einen längerfristigen Wertzuwachs der Anlagen, sondern möglicherweise sogar einen früheren Substanzabbau.

Nunmehr wird, ausgehend von den vorgängig genannten NND und der Auswertung von praktischen Erfahrungen bei einigen Betreibern, für das 20. Betriebsjahr eine Teilerneuerung der LSA angenommen. Diese betrifft Steuergerät, Signalgeber und Detektoren. Vereinfachend wird der Wiederbeschaffungswert für die Komponenten dem ersten Anschaffungswert gleichgesetzt. Der normierte Wert der LSA steigt von 32 auf 84. Die anschliessende Degression entspricht der vorgängigen (als graue Linie gezeichnet). Die Anlage erreicht im 40. Betriebsjahr, in dem die NND für Maste und Kabelanlage endet, immer noch einen Wert von 9.

Werden in Abhängigkeit von der Zustandserhebung/-bewertung nicht alle Komponenten erneuert, sondern nur einzelne, so steigt der Anlagenwert nicht so stark, das Berechnungsprinzip bleibt jedoch das Gleiche.

Im nachfolgenden Abschnitt 9.5 wird der Anteil der Instandhaltungskosten an den Investitionskosten als ein wesentlicher Einflussfaktor für die Bildung von Erhaltungsszenarios genannt. Von den Betreibern wird dieser Anteil mit durchschnittlich 2% pro Jahr beziffert. Darauf basierend ist in der Abbildung 6 eine gestrichelte Linie dargestellt, die die Instandhaltungskosten anzeigt. Sie verläuft bis zum 20. Betriebsjahr als kumulativer Wert in linearer Progression

Mit einem Splitting soll gezeigt werden, wie sich die Instandhaltungskosten mit und ohne Teilerneuerung der LSA entwickeln. Kommt es zur Erneuerung von Steuergerät, Signalgebern und Detektoren, so verringern sich in den Folgejahren zunächst die Instandhaltungskosten (weniger Ausfälle, Garantieleistungen der Lieferanten), danach steigen sie wieder in linearer Progression (gestrichelte Linie).

Unterbleiben die Erneuerungsmassnahmen, so ist mit einem stärkeren Instandhaltungskostenanstieg zu rechnen (Strich- Punkt - Linie).

Es wird darauf hingewiesen, dass sich aus der beispielhaften gemeinsamen Darstellung der Kurvenverläufe für den Anlagenwert und für die Instandhaltungskosten in einem Diagramm noch kein direkter mathematischer Zusammenhang zwischen beiden Grössen herleiten lässt. Dieses zu prüfen und ggf. zu modellieren, geht über den Rahmen der Forschungsarbeit hinaus.

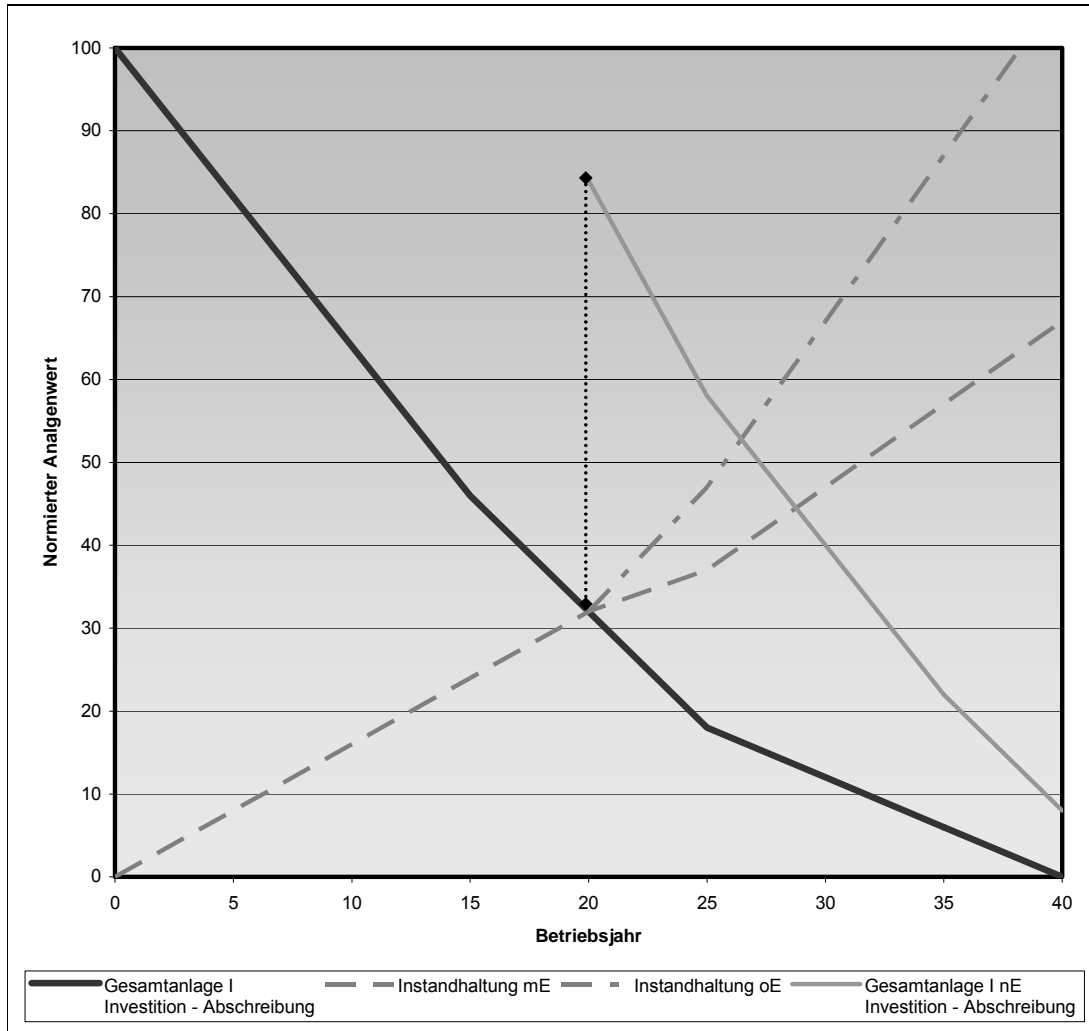


Abbildung 6 Normierter Anlagenwert und Instandhaltungskosten

Es ist jedoch relativ einfach, einen Quotienten Q_{IA} zu bilden, bei dem im Zähler der kumulative Instandhaltungskostenbetrag I steht und im Nenner der Anlagenwert A:

$$Q_{IA} = I : A$$

In der Abbildung 7 wird gezeigt, wie sich dieser Quotient Q_{IA} entwickelt, wenn man die in der vorgängigen Abbildung 6 angenommenen Grössen für die Anlagenwerte und Instandhaltungskosten verwendet.

Zunächst steigt Q_{IA} bis knapp unter den Wert 1, um danach für den Fall, dass im 20. Betriebsjahr Erneuerungsmassnahmen stattfinden, wieder deutlich darunter zu liegen (graue Linie). Das resultiert aus dem gestiegenen Anlagenwert und den vorübergehend geringeren Instandhaltungskosten. Beim Unterlassen von Erneuerungsmassnahmen steigt der Quotient sehr stark an und erreicht nahezu den Wert 15 (schwarze Linie).

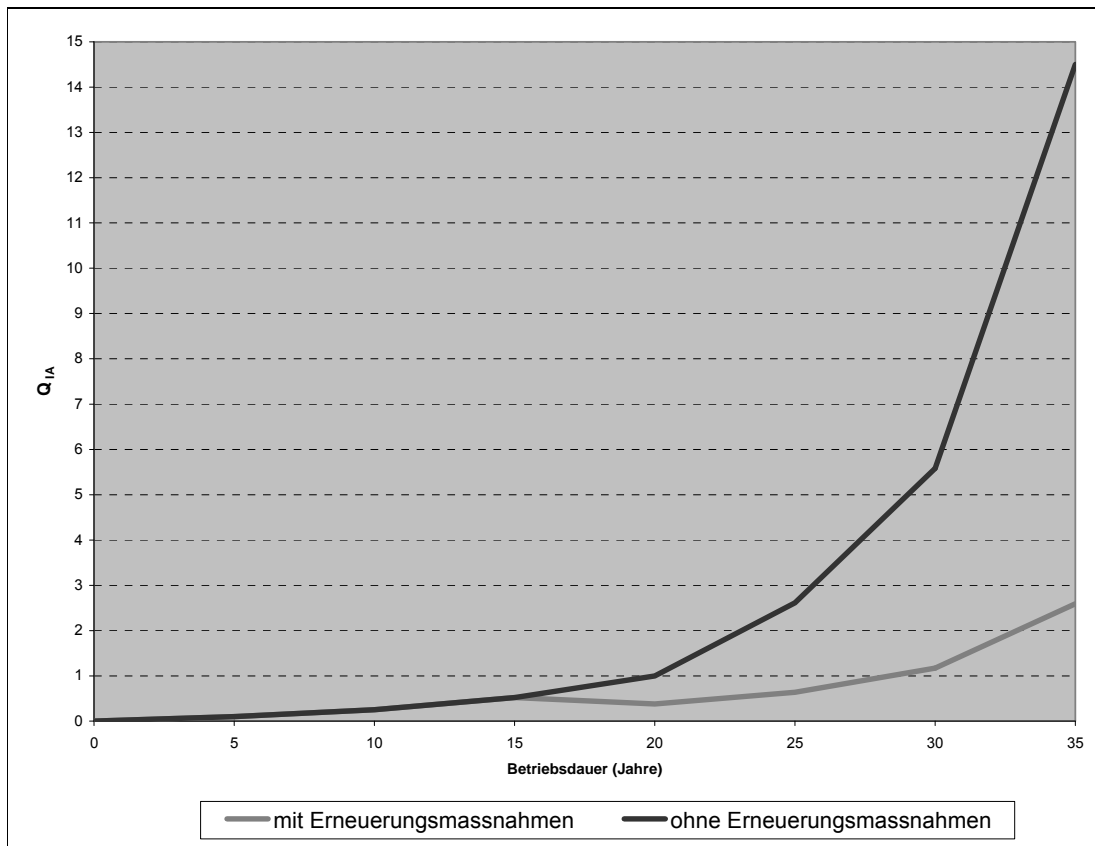


Abbildung 7 Entwicklung Instandhaltungskosten zu Anlagenwert (Quotient Q_{IA})

9.5 Bildung von Erhaltungsszenarien

Mit der technischen und finanziellen Planung der Erhaltungsmassnahmen sind die notwendigen sachbezogenen Grundlagen für das Massnahmenmanagement nach SN 640 900a geschaffen worden. Sie beziehen sich auf das gesamte Inventar im Verantwortungsbereich und je nach Umfang der erforderlichen Leistungen auf mindestens einen Erhaltungszyklus. Im nächsten Schritt ist konkret festzulegen, wann und wo und in welchem Umfang Erhaltungsmassnahmen realisiert werden sollen. Das kann ein sehr komplexer Vorgang sein.

Zur Unterstützung bei der Entscheidungsfindung, wann Massnahmen in welchem Umfang durchgeführt werden sollen, kann die Anwendung der Szenariotechnik hilfreich sein. Szenarien werden von WOLF et. al. definiert als „Beschreibung und Ausarbeitung sowie Diskussion möglicher zukünftiger Situationen und der Wege von heute zu diesen“. Basierend auf gegenwärtigen Kenntnissen und unter Beachtung der Unsicherheit, wie die weitere Entwicklung verläuft, werden verschiedene Einflussfaktoren angenommen und nachvollziehbare alternative Zukunftsbilder entworfen.

Der erste Schritt bei der Szenarientwicklung für das EM LSA ist die klare Beschreibung der Ausgangssituation. Das erfolgt durch die Inventarisierung und die Zustandserhebung/-bewertung.

Daraus ergibt sich der Handlungsbedarf des Betreibers für seinen Verantwortungsbereich. Das durch die technische und finanzielle Massnahmenplanung ermittelte Gesamtvolumen an Lieferungen und Leistungen sowie Finanzen wäre in der Regel innert des Zeitintervalls eines EM – Zyklus

zur Verfügung zu stellen. Es kann u. U. auch sehr gross sein und über den Budgetrahmen eines Zyklus hinausreichen.

Diesen eindeutigen Aussagen steht jedoch eine Reihe von Einflussfaktoren gegenüber, deren künftige Entwicklung im Prognosezeitraum nicht exakt bestimmbar ist. Dazu gehören u. a.:

- die Personalkapazität für Planung, Realisierung, Dokumentation sowie Überwachung der Erhaltungstätigkeiten,

Mancherorts ist festzustellen, dass die Anzahl qualifizierter Mitarbeiter in den Verwaltungen nicht ausreicht. Die Übernahme zusätzlicher Aufgaben, wie sie das Erhaltungsmanagement teilweise erfordern würde, kann an ihre Grenzen stossen. Ein möglicher Weg ist die Einbeziehung Dritter, im Allgemeinen sind das Fachfirmen für Planung bzw. Bau/ Instandhaltung von LSA.

- die jährlich verfügbaren Finanzbudgets

Die Verkehrsinfrastruktur wird im Wesentlichen mit öffentlichen Mitteln, d.h. Steuergeldern, finanziert. Tendenziell ist die Höhe der Budgets rückläufig. Zusätzliche Aufwendungen müssen gut begründet sein. Diese Forderung gilt in der Regel auch dann, wenn in Summe nicht mehr Geld ausgegeben werden soll, jedoch eine „Anschubfinanzierung“ für das Erhaltungsmanagement notwendig wäre.

- die Ersatzteilverfügbarkeit für Komponenten

Je nach Alter und Systemstruktur der LSA kann die allfällige Verfügbarkeit von Ersatzteilen eingeschränkt sein bzw. der Ersatzteilstock Lücken aufweisen. Dadurch entsteht die Notwendigkeit, anstelle von Reparaturen ein Komponentenaustausch durchzuführen.

- die Auswirkungen von technisch – technologischen Innovationen auf die Systemmodernisierung

Einige LSA – Komponenten, z.B. Steuergeräte, Detektoren, Signalgeber, werden durch schnelleren technischen Fortschritt geprägt als andere, z.B. Kabelanlagen und Maste. Ungeachtet vielfältiger Bemühungen zur Standardisierung, z.B. von Schnittstellen, können sich Veränderungen an einzelnen Komponenten auf ihr Zusammenwirken mit anderen und auf die Verbindung mehrerer LSA untereinander auswirken.

- die verkehrlichen und baulichen Rahmenbedingungen im Territorium,

LSA sind integraler Bestandteil der Strassenverkehrsinfrastruktur. Strassenbauliche Veränderungen haben oft Auswirkungen auf die Verkehrssteuerung. Umgekehrt sollten Erhaltungsmassnahmen an LSA nach Möglichkeit mit geplanten Veränderungen im Strassenraum abgestimmt sein. Schliesslich können sich ändernde verkehrliche Bedingungen auch zur Frage führen, ob der Einsatz einer LSA noch zweckmässig ist oder andere Lösungen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit und des Verkehrsablaufs beitragen.

- die Verlässlichkeit der Datenbasis während der Massnahmenrealisierung

Die Dokumentation von Anlagen und Tätigkeiten ist ein sehr komplexer Vorgang und wird in der Praxis recht unterschiedlich gehandhabt. Die Beteiligung unterschiedlicher Akteure an Betrieb und Unterhalt von LSA kann zu (partiellen) Informationsdefiziten führen. Vollständigkeit und Aktualität der Datenbasis entscheiden wesentlich mit über die Effizienz von Erhaltungsmassnahmen.

- das Verhältnis von Unterhaltskosten zu Investitionskosten.

Mit zunehmendem Lebensalter von LSA und in Abhängigkeit des Anlagenzustands steigen die laufenden Unterhaltskosten. Ein Kriterium für den Entscheid, welche Erhaltungsmassnahmen (noch) zweckmässig sind, ist der Vergleich von Betriebs-/ Unterhaltskosten mit den Investitionskosten. Dieses Verhältnis sollte sich auf die ursprünglichen Beschaffungskosten und auf aktuelle Wiederbeschaffungskosten beziehen.

Für die vorgängig genannten sieben Einflussfaktoren müssen die verschiedenen möglichen Entwicklungen für die nächsten Jahre abgeschätzt werden. Das kann durch quantitative Aussagen (z.B. Budgetsummen) oder qualitative Bewertungen (z. B. Ersatzteile verfügbar/ nicht verfügbar) erfolgen.

Wichtig ist, dass für jeden Einflussfaktor mehrere mögliche Entwicklungen aufgezeigt werden, auch förderliche und hemmende. So entsteht ein Bündel von denkbaren Varianten, wie sich die Dinge entwickeln könnten. Nach den Regeln der Szenariotechnik werden anschliessend alle Varianten miteinander kombiniert. Ein solches Vorgehen ergäbe selbst bei nur zwei Bewertungen je Einflussfaktor eine sehr grosse Zahl von Kombinationen. Daraus liessen sich sehr viele mögliche Rahmenbedingungen für das Erhaltungsmanagement ableiten. Würde man diese alle berücksichtigen wollen, so wäre die Bildung von Szenarien sehr aufwändig. Die Lösung der Aufgabe, nämlich zu entscheiden, was wann zu tun ist, würde nicht leichter werden.

Aus diesem Grunde wird vorgeschlagen, nur wenige Szenarien zu bilden, und deren Auswirkungen zu beschreiben. Das sollte nach den Kriterien Betriebszustand/ Betriebssicherheit, Verkehrssicherheit/ Verkehrsablauf und Kosten für den Betreiber erfolgen. Mit diesen Aussagen kann der politische und fachliche Entscheidungsprozess zum EM LSA fundiert werden.

Wie in der Szenario- Technik üblich, werden zuerst so genannte Extremszenarien definiert:

- Szenario 1 Erhaltungsmassnahmen werden bei Bedarf und nicht präventiv durchgeführt. Im Wesentlichen handelt es sich um Reparaturen und wenn diese nicht (mehr) möglich sind, findet Einzellersatz von Komponenten statt.
- Szenario 2 Erhaltungsmassnahmen werden entsprechend der technischen Massnahmenplanung für alle Komponenten und Anlagen vollumfänglich geplant und realisiert.

Die angenommene Entwicklung der Einflussfaktoren bei beiden Szenarien wird im oberen Teil der Tabelle 12 gezeigt.

	Einflussfaktoren	Szenario 1	Szenario 2
Entwicklung der...	Personalkapazität	nicht ausreichend verfügbar	verfügbar
	Finanzbudgets	nicht ausreichend verfügbar	verfügbar
	Ersatzteilverfügbarkeit	gegeben	gegeben
	Technisch - technologische Innovationen	werden eher nicht berücksichtigt	werden nach Möglichkeit angewendet
	Verkehrliche, bauliche Rahmenbedingungen	werden eher nicht berücksichtigt	können berücksichtigt werden
	Datenbasis	nicht ausreichend	Vollständig und aktuell
	Unterhaltskosten zu Investitionskosten	zunächst niedrig, danach stark steigend	anfänglich hoch, danach tendenziell fallend
Auswirkungen auf:	Betriebszustand/ Betriebssicherheit	--	++
	Verkehrssicherheit/ Verkehrsablauf	--	++
	Kosten für Betreiber	+ -	- +

Tabelle 12 Einflussfaktoren und Auswirkungen der Extremszenarien

Im unteren Tabellenteil 12 werden die Auswirkungen der zwei Szenarien dargestellt. Dafür eignen sich die Kriterien Betriebszustand/ Betriebssicherheit, Verkehrssicherheit/ Verkehrsablauf und Kosten für Betreiber.

Beim Szenario 1 ist zu erwarten, dass sich der Anlagenzustand verschlechtert, daraus resultierende Ausfälle zunehmen und sich negativ auf die Verkehrssicherheit und den Verkehrsablauf auswirken können. Anfänglich werden die Kosten geringer sein als bei der Durchführung präventiver Erhaltungsmaßnahmen, jedoch mit zunehmender Zahl von Reparaturen und Einzellersatz steigen und am Ende des Zyklus einen höheren Gesamtbedarfswert haben als am Anfang. Der Quotient Q_{IA} dürfte überproportional ansteigen.

Das Szenario 2 zeigt positive Wirkungen auf die Kriterien Betriebszustand/ Betriebssicherheit, Verkehrssicherheit/ Verkehrsablauf. Die Kosten für den Betreiber können im ersten EM - Zyklus, abhängig vom Anlagen- (ausgangs)zustand, zunächst höher sein. Der Quotient Q_{IA} wird unterproportional ansteigen.

Die Extremszenarien sind in der Praxis eher die Ausnahme. Ihre Beschreibung diene dazu, die Bandbreite der möglichen Entwicklungen zu verdeutlichen.

Es wird nunmehr ein Szenario 3 entwickelt, das in der beschriebenen oder in modifizierter Form für die Mehrzahl der Betreiber anwendbar sein dürfte (Trendszenario). Es geht von folgenden Prämissen aus:

- Betriebs- und Verkehrssicherheit haben hohe Priorität. Es gibt kein „Laissez faire“, das ggf. zur Abschaltung von Anlagen führt;
- Präventive Erhaltungsmassnahmen dienen der Vorbeugung zunehmender Ausfälle infolge Komponentenverschleiss und zur Senkung von Energie- und Wartungskosten;
- Massnahmen zur Verbesserung des Verkehrsablaufs werden realisiert, wenn ein quantifizierbarer Nutzen für die betroffenen Verkehrsströme ausgewiesen werden kann;

Das Szenario 3 beruht auf einer turnusmässigen Zustandserhebung/-bewertung. Die Ergebnisse führen zu genauen Aussagen, welche LSA und welche Komponenten sofort oder mittelfristig Massnahmen erfordern.

Für die Entwicklung der sieben Einflussfaktoren gelten die in Tabelle 13 beschriebenen Sachverhalte.

Einflussfaktoren	Entwicklung
Personalkapazität	Alle Stufen des Erhaltungsmanagements werden in Verantwortung des Betreibers durchgeführt. Support für die Zustandserfassung und die Massnahmenrealisierung ist durch die Hinzuziehung Dritter möglich.
Finanzbudgets	Es werden jährliche Finanzbudgets geplant. Sie basieren auf Kostenschätzungen, die aus der technischen und finanziellen Massnahmenplanung stammen. Berücksichtigt werden Massnahmen des baulichen Unterhalts und verkehrstechnische Optimierungen. Veränderungen sind bei Bedarf zusätzlich zu planen.
Ersatzteilverfügbarkeit	Die Ersatzteilversorgung ist gesichert, andernfalls erfolgt ein Komponentenersatz.
Technisch - technologische Innovationen	Neue technische Lösungen werden dann angewendet, wenn ohnehin Handlungsbedarf für den Ersatz von Komponenten besteht.
Verkehrliche, bauliche Rahmenbedingungen	Die Erhaltungsmassnahmen an LSA werden mit strassenbaulichen Vorhaben koordiniert.
Datenbasis	Eine vollständige Anlagenbestandsdokumentation und ein bestehendes bzw. aufzubauendes Kostencontrolling (nach Möglichkeit einschliesslich der Bau- und Wartungskosten) stellen sicher, dass die Massnahmen nach tatsächlichen technischen Erfordernissen und nachvollziehbaren wirtschaftlichen Kriterien geplant werden.
Unterhaltskosten zu Investitionskosten	Die durchschnittliche Anlagenlebensdauer soll verlängert werden, ohne dass die hierfür erforderliche Kostensumme pro LSA den aktuellen Wiederbeschaffungswert übersteigt.

Tabelle 13 Trendszenario für das EM LSA

Sofortmassnahmen (Zustandskategorie 1) werden im Rahmen des verfügbaren Budgets mit realisiert. Das kann allerdings bei der erstmaligen Durchführung einer Zustandserhebung/-bewertung recht umfangreich ausfallen und zusätzliche Mittel erfordern.

Mittelfristmassnahmen (Zustandskategorie 2) werden so geplant, dass ihre Realisierung mit dem festgelegten Zeitintervall der turnusmässigen Zustandserhebung/-bewertung konform geht. Die Massnahmen sollten also bis zur nächsten Überprüfung umgesetzt worden sein. Praktisch wäre es daher zweckmässig, die EM - Zyklen in gewisser Weise flexibel zu handhaben und nicht an starren Zeitschienen festzuhalten.

Es wird erwartet, dass mit der Zeit aufgrund der Präventivmassnahmen die Zahl der erforderlichen Sofortmassnahmen zurückgeht. Die Kosten für Erhaltungsmassnahmen werden wie bei Szenario 2 anfänglich steigen, um danach tendenziell auf ein niedrigeres Niveau zu sinken und zu bleiben. Allerdings lassen sich auch bei Szenario 3 unvorhersehbare Entwicklungen nicht ganz ausschliessen, vor allem dann nicht, wenn es sich um externe Ursachen handelt (z.B. Energiefragen und Umweltschutz, Verkehrspolitik).

Das Szenario 3 wirkt sich mittelfristig positiv auf Betriebszustand/ Betriebssicherheit, Verkehrssicherheit/ Verkehrsablauf aus und wird mit zunehmender Zeit dem Szenario 2 entsprechen.

Mit der Beschreibung des Szenarios 3 wurde für die Betreiber eine notwendige und zweckmässige Begrenzung des Handlungsrahmens beim EM LSA vorgenommen. Dennoch bleibt die konkrete Ableitung von Massnahmen ein sehr komplexer Vorgang. Hier können mathematische Methoden weiterhelfen.

Für die Lösung von Entscheidungs- und Optimierungsproblemen sind mathematische Modelle von besonderer Bedeutung, da sie die Vorstufe zur rechnergestützten Problemlösung sind. Im Rahmen einer Optimierung bei mehrfacher Zielsetzung sollen die Entscheidenden bei der Suche nach einer Lösung unterstützt werden. Eine solche Lösung ist meist eine Kompromisslösung, d.h. es können nicht alle Ziele optimal erreicht werden, sondern der Zielerreichungsgrad einiger Ziele wird besser, der anderer Ziele schlechter sein.

Das PROJEKTTEAM OPTIMIERUNG IM VERKEHR hat hierfür vielfältige Möglichkeiten zusammengestellt, von denen nur einige genannte werden:

- Pareto- optimale Lösung: Bei einer Verbesserung in einem Ziel kann sich die Erfüllung in den anderen Zielen nur noch verschlechtern. Die meisten Probleme unter mehreren Zielen besitzen eine große Zahl solcher Pareto- optimalen Lösungen. Ziel dieses Lösungsverfahrens ist es, die Pareto- optimale Lösung zu finden, welche die Zielpräferenzen am besten widerspiegelt.
- Durch die Bestimmung von so genannten funktional-effizienten Lösungen können in einigen Entscheidungsproblemen den Entscheidenden Lösungsalternativen zur Auswahl angeboten werden. In seltenen Fällen besitzt das Problem eine perfekte Lösung, bei der alle optimalen Lösungen der einzelnen Zielfunktionen zusammenfallen. Dies führt auf ein Kompromissmodell bei dem die einzelnen Ziele gewichtet und zu einer Kompromisszielfunktion zusammengefasst werden. Diese Zielfunktion hat den Vorteil, dass sie immer zu einer effizienten Lösung führt.
- Bei interaktiven Verfahren mit Trade- off gibt der Entscheidungsträger iterativ über seine Zielvorstellungen Auskunft. Sind diese ausreichend um eine optimale oder eine Kompromisslösung berechnen zu können, so bricht das Verfahren ab. Im anderen Fall muss der Entscheidende weitere Informationen einbringen.

Eine Anwendung der vorgängig genannten mathematischen Methoden ist im Rahmen dieses Forschungsprojekts nicht möglich und wird als eine nachgängige Option für weitere Bearbeitungen angesehen. Es folgen deshalb im Weiteren funktionale Beschreibungen bzw. Anforderungen zu den erforderlichen Optimierungsschritten. Diese können auch als Aufgabenstellung für eine spezielle mathematische und IT - Lösung des Problems genutzt werden.

Für die praktische Planung der Erhaltungsmassnahmen ist ein schrittweises Vorgehen zweckmässig.

- Im ersten Schritt wird die technische und finanzielle Planung der Erhaltungsmassnahmen für jede LSA und ihre Komponenten im Einzelnen durchgeführt.
- Im zweiten Schritt wird die technische und finanzielle Planung und Realisierung von Massnahmen LSA – übergreifend konzipiert und bezieht sich auf den gesamten Verantwortungsbereich eines Betreibers. Dazu werden vier Handlungsebenen gebildet (Abbildung 8):

Zeitraumen	Die Erhaltungsmassnahmen werden in Jahresscheiben J eingeteilt. Die Anzahl der Jahre entspricht dem festgelegten Turnus für die Zustandserhebung/-bewertung, z.B. fünf Jahre.
Ortsbezug	Die Erhaltungsmassnahmen werden nach örtlichen Bereichen eingeteilt. In Abhängigkeit von den Standorten der LSA und ihrer verkehrlich – technischen Verbindung können Teilgebiete TG für die Erhaltung festgelegt werden. Das entspricht der aus dem EM Strasse bekannten Bildung von Erhaltungsabschnitten.
Erhaltungstätigkeiten	Die Erhaltungsmassnahmen werden nach den auszuführenden Erhaltungstätigkeiten eingeteilt. Hierbei ist eine Unterscheidung nach Reparaturen, Instandsetzungen und Erneuerungen möglich.

Komponenten

Die Erhaltungsmaßnahmen werden nach den einzelnen Komponenten gegliedert. Anhand der Ergebnisse der Zustandsbewertung werden die Dringlichkeiten für alle Komponenten bestimmt, z.B. kann die Instandsetzung von Fahrzeugdetektoren an erster Stelle stehen vor dem Austausch von Signalgebern. Dabei sind die Kompatibilität der Komponenten untereinander und die LSA- Schnittstellen zu berücksichtigen.

Es wird deutlich, dass die vier Handlungsebenen miteinander in Verbindung stehen und folglich kombinierbar sein müssen. Das kann wie folgt ablaufen:

Auf der Grundlage einer Verortung der LSA, die durch die Inventarisierung gegeben ist, werden die Teilgebiete TG i mit den zugehörigen Anlagen festgelegt. Die Anzahl und Grösse der Teilgebiete hängt von der Zahl der LSA und ihrer räumlichen Verteilung ab. Nach Möglichkeit sollten bestehende Teilgebiete genutzt werden, z.B. die einer Zentrale bzw. einem Gebietsrechner zugehörigen LSA.

Als nächstes werden für jedes Teilgebiet die Komponenten aller LSA mit ihren Zustandsbewertungen aufgelistet. Damit sind die Handlungsbereiche Ortsbezug und Komponenten bereits kombiniert worden. Es können erste Aussagen zu Erhaltungsprioritäten zwischen den Teilgebieten und innerhalb dieser getroffen werden.

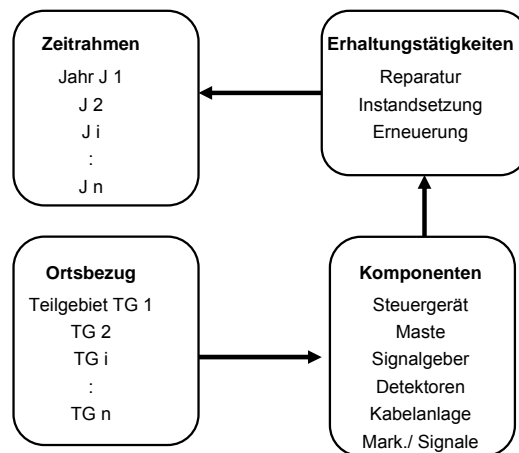


Abbildung 8 Handlungsbereiche LSA – übergreifende Massnahmenplanung

Ausgehend von der technischen Massnahmenplanung für jede einzelne LSA und ihre Komponenten wird festgelegt, welche Erhaltungstätigkeit erforderlich ist. An dieser Stelle ist zu entscheiden, ob eine Komponente repariert, teilersetzt oder erneuert werden muss. Man kann davon ausgehen, dass diese Entscheidungen nicht immer einfach zu treffen sind, sondern von verschiedenen Faktoren abhängen. An erster Stelle dürfte der finanzielle Aufwand stehen, der bei den einzelnen Erhaltungstätigkeiten unterschiedlich ausfällt. So kann eine Reparatur zwar schneller erledigt sein, aber teurer kommen als eine Ersatzbeschaffung.

Bei der Vielzahl von LSA und Komponenten ist schnell der Punkt erreicht, an dem Entscheidungen über die anzuwendenden Massnahmen manuell kaum noch getroffen werden können. Zur Lösung dieses Problems kann ein Variantenvergleich beitragen. So könnte eine Variante darin bestehen, zunächst für alle zutreffenden Fälle nur Reparaturen vorzusehen. Eine andere Variante würde die Erneuerung der betroffenen Komponenten beinhalten. Beide Varianten sind kostenmässig zu vergleichen. Im Ergebnis gelangt man zu Aussagen über die zu wählende Art der Erhaltungstätigkeiten.

Nachdem die drei Handlungsebenen Ortsbezug, Komponenten und Erhaltungstätigkeiten verbunden wurden, muss noch der Zeitrahmen für die Umsetzung der Massnahmen abgesteckt werden. Hierfür sind die jährlichen Budgets und das Baustellenmanagement wichtige Eckpunkte.

Aufgrund der mit dem vorgängigen Variantenvergleich präzisierten finanziellen Massnahmenplanung ist der Finanzbedarf mit den jährlich verfügbaren bzw. realistisch planbaren Budgets abzugleichen. Daraus werden jährliche Massnahmenpakete geschnürt.

Die Durchführung von Erhaltungstätigkeiten stellt hohe Anforderungen an die Projektorganisation. Zugleich werden Erhaltungsmassnahmen an LSA in der Regel unter Bedingungen des laufenden Verkehrs realisiert. Deshalb hat das Baustellenmanagement eine grosse Bedeutung. Eine gute örtliche und zeitliche Planung, die bei Bedarf mit dem EM anderer Teilsysteme abzustimmen ist, minimiert die verkehrlichen Auswirkungen des EM LSA und trägt zu seiner effektiven Durchführung bei.

Die beschriebenen Schritte des Massnahmenmanagements haben den Ablauf transparent gemacht und zugleich verdeutlicht, dass das EM LSA ohne geeignete Softwarelösungen kaum optimal sein wird.

Andererseits haben die praktischen Untersuchungen im Rahmen des Forschungsprojekts gezeigt, dass neben einer guten IT – Lösung für die Optimierung der Erhaltungsmassnahmen die Kenntnisse und Erfahrungen der Mitarbeiterinnen/ Mitarbeiter unabdingbar sind. So wenig, wie die Einzelnen alle komplexen Zusammenhänge gleichzeitig erfassen können, vor allem bei einem grösseren LSA – Bestand, so wenig ist das mathematische Modell allein in der Lage, die realen Bedingungen des sich täglich ändernden Betriebsablaufs widerzuspiegeln.

10. Vorschläge zur Organisation des Erhaltungsmanagements

10.1 Einführung

Die Norm SN 640 960 „Erhaltungsmanagement der technischen Ausrüstung“ beschreibt in allgemeiner Form die notwendigen Schritte zur Einführung des EMT – Systems. Dazu gehören

- die Konzeption und Implementierung,
- der Ersteinstieg in das EMT – System,
- Betrieb und Überwachung des EMT – Systems,
- EMT – System und EDV – Abstützung

In den vorgängigen Kapiteln wurden bereits wesentliche Inhalte dieser Norm auf das EM VRS übertragen. Im Kapitel 11 wird im Zusammenhang mit künftigen VRS – Normen noch einmal darauf Bezug genommen.

Die Ergebnisse der Befragung von Betreibern zeigen, dass sehr unterschiedliche Voraussetzungen für das Erhaltungsmanagement von LSA gegeben sind. Das betrifft vor allem die Art und Weise, wie Erhaltungstätigkeiten durchgeführt und dokumentiert werden. Ausserdem sind die Zuständigkeiten für Betrieb und Unterhalt jeweils verschieden geregelt.

Es wird deshalb als zweckmässig angesehen, für die Konzeption und Implementierung sowie den Betrieb und die Überwachung des Erhaltungsmanagements, keine allzu starren Strukturen vorzuschlagen. Es kommt vielmehr darauf an, unter Beachtung der realen örtlichen Bedingungen so vorzugehen, dass die Erreichung der Erhaltungsziele bestmöglich gewährleistet wird.

Bei der Planung und Durchführung von Erhaltungsmassnahmen an LSA ist der Zusammenhang mit dem Erhaltungsmanagement der anderen Teilsysteme (Fahrbahnen und Wege, Kunstbauten, Werkleitungen) zu berücksichtigen. Der Unterhalt und die Veränderung von Anlagen bzw. Komponenten sollten nach Möglichkeit mit geplanten strassenbaulichen Massnahmen abgestimmt werden. Dadurch lassen sich Kosten minimieren und Auswirkungen auf die Verkehrsteilnehmenden geringer halten.

In der Norm SN 640 900a geht man davon aus, dass zunächst Massnahmepläne für die Teilsysteme Fahrbahn, Kunstbauten, technische Ausrüstungen usw. erarbeitet werden. Diese werden anschliessend unter einen einheitlichen Zeitraum und Ortsbezug gestellt. Damit lässt sich die Baustellenplanung optimieren. Diese Baustellenplanung fusst auf den Plänen der optimalen Massnahmen in den Teilsystemen und führt über deren örtliche, zeitliche und finanzielle Koordination zu Bauprogrammen.

Es handelt sich hierbei um eine anspruchsvolle Organisationsaufgabe, die klare Strukturen und Entscheidungskompetenzen erfordert. Im Rahmen des Forschungsvorhabens soll auf diesen wichtigen Aspekt hingewiesen, im Detail jedoch nicht weiter eingegangen werden.

Für das Teilsystem EM LSA werden nachfolgend einige wesentliche Organisationsaufgaben beschrieben:

10.2 Festlegung der Verantwortlichkeit für das Erhaltungsmanagement

Die Zuständigkeit für das Erhaltungsmanagement, d.h. für alle damit verbundenen Führungsaufgaben, sollte im Rahmen der jeweiligen Aufbau- und Ablauforganisation geregelt sein. Dabei ist es sinnvoll, die bereits festgelegten personellen, organisatorischen und finanziellen Kompetenzen der (leitenden) Mitarbeiter auch auf die Aufgaben beim Erhaltungsmanagement zu beziehen. Das ergibt sich nahezu zwangsläufig aus der Tatsache, dass bereits heute Erhaltungstätigkeiten durchgeführt werden, wenn auch in unterschiedlichem Umfang und Zyklus.

Ausserdem wird durch eine solche Festlegung der Verantwortlichkeit für das Erhaltungsmanagement sichergestellt, dass bei seiner Einführung und anschliessenden permanenten Durchführung keine zusätzlichen Verwaltungsfunktionen benötigt werden.

In der Praxis besteht teilweise eine Trennung der Zuständigkeiten für den Betrieb der LSA auf der einen Seite, z.B. ist dafür die Polizei zuständig, und dem Unterhalt auf der anderen Seite, für den z.B. das Tiefbauamt die Verantwortung trägt. Hier ist eine verwaltungsübergreifende verbindliche Abstimmung und Entscheidung notwendig, welche Dienststelle für welche Erhaltungsaufgaben und deren Dokumentation zuständig ist.

Unabhängig davon, in welcher konkreten Form die Organisation besteht, kommt es darauf an, die Führungsaufgaben im Erhaltungsmanagement als reguläre Bestandteile der täglichen Arbeit zu verstehen, gleichbedeutend mit anderen, z.B. der Neubauplanung von LSA oder dem Verkehrsmanagement.

10.3 Personelle Voraussetzungen

Die erfolgreiche Durchführung des Erhaltungsmanagements erfordert eine ausreichend grosse Zahl von fachlich gut qualifiziertem Personal.

Die Befragung von Betreibern hat gezeigt, dass die personellen Ressourcen sehr unterschiedlich ausfallen. Während in den Städten aufgrund der Grösse der LSA – Systeme und der damit verbundenen höheren Anforderungen an Betrieb und Unterhalt eher von guten bis ausreichenden personellen Bedingungen gesprochen werden kann, sind die Voraussetzungen auf kantonaler Ebene mitunter begrenzt. Das hängt teilweise damit zusammen, dass hier das gleiche Personal umfänglichere Aufgaben zu erfüllen hat, z.B. auch den Betrieb und Unterhalt von elektromechanischen Systemen auf Hochleistungsstrassen.

Es ist aber notwendig, bei allen Betreibern von LSA eine gute Qualifikation der Mitarbeiter/innen anzustreben. Das resultiert aus ihrer hoheitlichen Verantwortung für die Infrastrukturbewirtschaftung und das Verkehrsmanagement und schliesst die teilweise neuen Aufgaben im Erhaltungsmanagement ein.

Die realistische Beurteilung der politischen, finanziellen und personellen Rahmenbedingungen in Gegenwart und Zukunft lässt jedoch eine ausschliessliche Zuordnung der Aufgaben des Erhaltungsmanagements bei den Verwaltungen als weniger zielführend erscheinen. Aus diesem Grund ist die Mitwirkung fachlich geeigneter Dritter erforderlich und zweckmässig.

Ausgehend von der Verantwortung der Betreiber für die Verkehrsinfrastruktur können durch private Unternehmungen, z.B. Ingenieurbüros, Erhaltungsaufgaben erbracht werden. Dazu gehören die Zustandserhebung/-bewertung, die Dokumentation und die technische Erhaltungsplanung. Dabei muss sichergestellt sein, dass diese Arbeiten zuverlässig, sachkundig und unabhängig von Lieferanteninteressen erledigt werden.

Allerdings gibt es in der Praxis genügend Beispiele für die Einbindung von Systemlieferanten und Servicefirmen in die Zustandserhebung/-beurteilung und Dokumentation. Oft beruht das auf langjähriger Zusammenarbeit, die sich zu einer Art von Arbeitsteilung entwickelt hat und hilft, personelle und technische Engpässe bei den Betreibern auszugleichen, z.B. bei der Datenspeicherung und -pflege. Im Sinne der erforderlichen Objektivität des Erhaltungsmanagements sollte geprüft werden, ob diese Abläufe mittelfristig auf eine andere Grundlage gestellt werden können. Dabei spielt weniger das Misstrauen in mögliche Manipulationen zu Gunsten umfänglicherer Leistungen (als erforderlich) eine Rolle,

als die Notwendigkeit, die LSA als Sicherheitseinrichtungen einer zusätzlichen Prüfung durch den Betreiber zu unterziehen.

Unstrittig hingegen ist die Hinzuziehung von Lieferanten und anderen Firmen für die Durchführung von Erhaltungstätigkeiten entsprechend der Massnahmenplanung. Das kann sowohl im Rahmen von Dienstleistungsverträgen erfolgen, die z. B. für die Wartung und Störungsbeseitigung angeschlossen werden, als auch durch Einzelbeauftragung von Erneuerungen oder Veränderungen.

10.4 Ausführung von Erhaltungstätigkeiten

Unter dem Begriff Wirkungsweise des EMT – Systems werden in der Norm SN 640 960 einige Hinweise zur praktischen Durchführung der Erhaltungstätigkeiten gegeben. Daran wird im Folgenden angeknüpft.

Zunächst ist davon auszugehen, dass die technische und finanzielle Massnahmenplanung, wie im Kapitel 9 beschrieben, durchgeführt und ein mehrjähriges Erhaltungsprogramm aufgestellt worden sind.

Auf dieser Grundlage kann die Ausführungsplanung der Einzelmassnahmen veranlasst und durchgeführt werden. Sie entspricht im Wesentlichen den allseits bekannten Planungsabläufen für LSA und braucht deshalb hier nicht weiter behandelt werden.

Daran schliesst sich die Durchführung der Massnahmen an. Hierfür sollten spezielle Auftragsformulare verwendet werden, die in Anlehnung an vorhandene Wartungs- und Instandsetzungsaufträge entwickelt werden können. Das gilt für die Erledigung der Arbeiten durch eigenes Personal des Betreibers ebenso wie für die Hinzuziehung Dritter. Zweckmässigerweise sollte mit dem gleichen Formular eine Tätigkeitserfassung möglich sein.

Hintergrund für diese Forderung nach exakten Unterlagen ist die Notwendigkeit, die sich bei der Durchführung von Erhaltungstätigkeiten ergebenden Daten in ein DV – System aufzunehmen (siehe Abschnitt 10.5).

Der Betreiber soll in der Lage sein, jederzeit den Stand der Abarbeitung des Erhaltungsprogramms zu kennen und ggf. bei sich abzeichnenden Abweichungen einzugreifen. Hierfür eignet sich ein Auftragscontrolling, das Tätigkeiten, Termine und Kosten umfasst.

Neben der Auftrags- und Tätigkeitsüberwachung durch den Betreiber spielen die Erstellung und Verarbeitung von Zustandsberichten eine weitere wichtige Aufgabe dar.

Entsprechend des im Abschnitt 7.2 vorgeschlagenen Rahmenablaufs für das EM LSA werden Zustandsdaten bei Inspektionen, aber auch bei turnusmässigen Kontroll- und Instandhaltungsarbeiten erhoben. Deshalb kann es praktisch sinnvoll sein, die Tätigkeitserfassung mit Zustandsberichten zu kombinieren.

Im Ergebnis dieser Arbeit soll der Betreiber in der Lage sein, ständig einen umfassenden und zugleich detaillierten Überblick über den Anlagenzustand in seinem Verantwortungsbereich und über den Planungs- und Realisierungsstand des Erhaltungsprogramms zu besitzen.

10.5 Unterstützung durch Informationstechnologien (IT – Support)

Das Erhaltungsmanagement benötigt vollständige und systematisch erhobene Daten. Angesichts des Umfangs und der stetigen Veränderung der Datenbasis ist es erforderlich, hierfür moderne Informationstechnologien anzuwenden.

Gegenwärtig reicht die Spannweite der Datenverarbeitung von systemintegrierten LSA - Datenbanken über die Nutzung von PC – Standardsoftware bis hin zur manuellen Erfassung und Ablage.

Es ist nicht realistisch, die Einführung des EM LSA vom IT – Support direkt abhängig zu machen, wenn hierfür die personellen und materiellen Voraussetzungen fehlen. Es sollten jedoch alle Organisationsabläufe und deren Dokumentation so gestaltet werden, dass ihre spätere Einbindung in ein modernes Datenverarbeitungssystem mit niedrigem Aufwand möglich wird. Hierfür ist die Kenntnis grundlegender Entwicklungen auf diesem Gebiet erforderlich und im Rahmen von Weiterbildungen zu vermitteln.

Gegenwärtig gibt es bzw. zeichnen sich zwei Möglichkeiten für den IT – Support beim EM – LSA ab:

- Einbindung in das Managementinformationssystem Strasse (MISTRA)

Das beim ASTRA in Aufbau befindliche Managementinformationssystem Strasse (MISTRA) soll auch von den Kantonen, Städten und Agglomerationen genutzt werden können. Es handelt sich um eine Strassendatenbank, mit deren Hilfe die Inventarisierung möglich wird. Inwieweit dieses System bereits in der Lage ist, Daten der technischen Ausrüstungen aufzunehmen, und ob es Schnittstellen zu anderen DV – Programmen für die spezifische Datenauswertung gibt, muss nachfolgend weiter untersucht werden.

- LSA – Datenbanken

Beim Einsatz von LSA – Zentralen, z.B. Gebietsrechner, ist die Einrichtung und Nutzung von Datenbanken ein geeignetes Instrument, sowohl die zugehörigen Ausrüstungen zu inventarisieren als auch die Anlagenchronik aktuell zu halten. Hieraus können schnell und effektiv Daten für die Zustandserhebung/-bewertung generiert werden. Das betrifft insbesondere Kenngrößen der Betriebssicherheit und des Verkehrsablaufs.

Einen Schritt weiter gehen die modernen Systeme, bei denen die LSA – Feldebene mit den Zentralen so zusammenwirkt, dass Komponenten- und Anlagenausfälle erkannt und beseitigt werden können. Zugleich besteht eine Archivierungsmöglichkeit für sämtliche damit verbundene Daten und Meldungen, die wiederum für das Erhaltungsmanagement nutzbar sind.

Es ist daher eine Frage des effektiven Mitteleinsatzes bei der Infrastrukturbewirtschaftung, Anwenderforderungen zum Erhaltungsmanagement bei der Konzipierung und Implementierung von Zentralen zu berücksichtigen.

Neben diesen beiden Möglichkeiten des IT – Supports sollte ein weiterer Aspekt bei künftigen Anwenderforderungen beachtet werden, nämlich ITS – Applikationen für das Erhaltungsmanagement zu entwickeln. Künftige LSA – Steuergeräte sollten in der Lage sein, mittels eines eigenen dynamischen Datenspeichers alle angeschlossenen Komponenten und soweit möglich, deren Zustand zu erfassen sowie sämtliche Änderungen infolge Reparatur, Austausch oder Erneuerung im Detail zu registrieren. Daraus ergäben sich für die Aufgabenorganisation im Erhaltungsmanagement erhebliche Rationalisierungsmöglichkeiten, die zugleich die Qualität dieser Arbeit verbessern könnten.

10.6 Systemauditierung

Nach der Konzipierung und Implementierung geht das EM LSA in die Betriebsphase über. Neben den im Abschnitt 10.4 beschriebenen Überwachungsaufgaben, die den Betreibern bei der Durchführung von Erhaltungstätigkeiten obliegen, ist eine Systemauditierung erforderlich.

Vergleichbar den Qualitätsmanagementsystemen nach ISO 9000 ff. kommt es darauf an, in bestimmten Zeitabständen die Einhaltung der aufgestellten Regeln und die Wirksamkeit des EMT – Systems insgesamt zu überprüfen. Es handelt sich dabei um einen neuen und noch nicht genauer untersuchten Aspekt des Erhaltungsmanagements. Hierfür wird in Anlehnung an das Qualitätsmanagement zunächst der Begriff Systemauditierung verwendet (vorbehaltlich der Ergebnisse künftiger oder der Forschungsstelle zurzeit nicht bekannter Untersuchungen).

Aufgaben bei der Systemauditierung können u. a. die Typenregelüberwachung und die Definition von Korrekturmaßnahmen nach SN 640 960 sein. So beruht die Aufstellung von Typenregeln, wie sie mit dieser Forschungsarbeit für LSA erfolgt, auf aktuellen Kenntnissen. Es ist deshalb periodisch und anhand praktischer Erfahrungen zu prüfen, ob Typenregeln weiterverwendet oder modifiziert werden sollten. Dabei spielen auch neue technische Anforderungen und der allgemeine Anlagenzustand eine Rolle. Ebenso ist mit dem Systemaudit zu prüfen, ob die Zeitintervalle für das EM LSA optimal sind oder angepasst werden müssen.

Der Prozessablauf beim Erhaltungsmanagement ist in einer Grafik zusammengefasst worden (Abbildung 9).

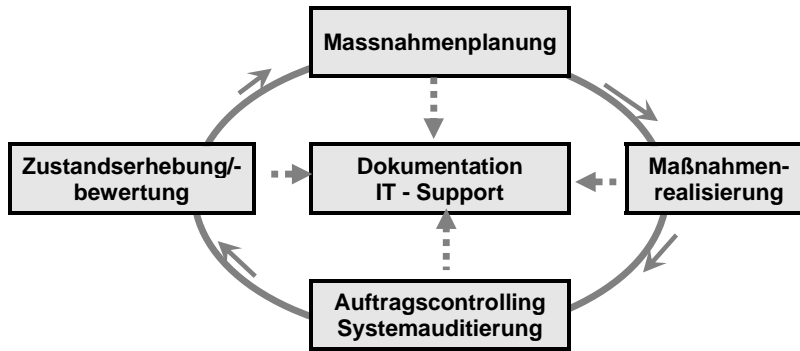


Abbildung 9 Prozessablauf beim Erhaltungsmanagement

11. Strukturvorschlag für neue Norm

Ein Ziel der Forschungsarbeit besteht darin, Grundlagen für die Normierung zu schaffen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die in den Normen getroffenen Festlegungen zu praktischen Konsequenzen führen und neue Normen in das VSS – Normenwerk zu integrieren sind.

Nachstehend wird das Konzept für eine Normengruppe zum Erhaltungsmanagement bei Verkehrsregelungssystemen erarbeitet. Entsprechend den VSS - Festlegungen sind folgende Punkte zu beachten:

- Das Konzept ist auf die Bedürfnisse des Normenanwenders auszurichten.
- Alle Teilaspekte eines Themengebietes müssen erfasst und abgedeckt werden.
- Thematische Überschneidungen mit anderen Normen sind mit entsprechenden Hinweisen oder durch Referenzierung zum komplementären Dokument zu lösen.
- Eine Aufteilung auf einzelne Normen hat nur zu erfolgen, sofern dies sinnvoll erscheint.
- Das Normenkonzept beschreibt Ziel und Zweck sowie den Aufbau der Norm(en) mit allen Haupt- und Unterkapiteln, den Gegenstand und den Anwendungsbereich. Für die zu definierenden Begriffe ist ein Glossar zu erstellen.

Im aktuellen VSS – Normenwerk bildet das Erhaltungsmanagement eine spartenübergreifende Normengruppe. Das gilt auch für den Bereich der Technischen Ausrüstungen.

Im Ergebnis der vorgängigen Untersuchungen wird vorgeschlagen, neue spezifische Normen zum EM VRS im Rahmen der Fachnormen für Verkehrsregelungssysteme zu erstellen. Dabei muss der Bezug zu Begriffen, Strukturen und Festlegungen in den EMT – Normen hergestellt und eindeutig dokumentiert werden.

Aufgrund der Vielfalt der Verkehrsregelungssysteme und der sich daraus ableitenden unterschiedlichen Bedingungen für das Erhaltungsmanagement sollte eine Normengruppe gebildet werden. Zu ihr gehören eine Grundnorm sowie weitere systemspezifische Normen.

In der Tabelle 14 wird der Vorschlag für das Normenkonzept EM VRS dargestellt.

Wegen der sehr differenzierten Bedingungen in der Praxis wird eingeschätzt, dass der wirksamste Beitrag, den die Normen leisten können, in der Prozessunterstützung liegt. Darüber hinausgehende definitive Regelungen zu Organisationsstrukturen dürften weniger hilfreich sein.

Im Zusammenhang mit der geplanten Erstellung eines Fachkonzepts EMS CH sollte ein inhaltlicher Austausch zu den möglichen Normeninhalten für VRS auf Nationalstrassen stattfinden.

Normenbezeichnung	Gliederung (Kapitel)	Inhalt
EM VRS Grundnorm	Geltungsbereich	Verkehrsregelungssysteme Strasse
	Gegenstand	Erhaltung der strassenseitigen verkehrstechnischen Ausrüstungen über ihren Lebenszyklus
	Zweck	Leitfaden für Betreiber, Lieferanten und Dienstleistungserbringer zur Konzeption, Implementierung, Betrieb und Überwachung des EM VRS - Systems
	Begriffe	Siehe Glossar
	Übersicht Einzelnormen	EM LSA, EM FLS, EM WS
	Erhaltungsmanagement – Stufen (Bezug zu SN 640 900a)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bestandserfassung und Inventarisierung ▪ Zustandserhebung und Zustandsbewertung ▪ Massnahmenplanung in den Teilsystemen ▪ Massnahmenmanagement ▪ Baustellenplanung
	Grundlagen der Inventarisierung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Steuer-/überwachungseinrichtungen ▪ Tragekonstruktionen (Maste, Brücken) ▪ Aktorik ▪ Sensorik ▪ Energie- und Datenleitungen ▪ Sonstige Ausrüstungen
	Grundlagen der Zustandserhebung/-bewertung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anlagentechnische Kenngrössen ▪ Verkehrstechnische Kenngrössen ▪ Kenngrössenverknüpfung ▪ Zustandsdarstellung
	Massnahmenplanung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Technische Massnahmenplanung ▪ Finanzielle Massnahmenplanung ▪ Optimierung der Erhaltung
	Massnahmenrealisierung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Planung, Ausführung und Überwachung ▪ Dokumentation
	Wirksamkeitsanalyse	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Typenregelüberprüfungen ▪ Anpassung von Erhaltungszyklen
	Literaturverzeichnis	

Normenbezeichnung	Gliederung (Kapitel)	Inhalt
EM VRS LSA	Geltungsbereich	Lichtsignalanlagen, Zentralen
	Gegenstand	Betriebs- und verkehrssichere Erhaltung der Ausrüstungen über ihren Lebenszyklus
	Zweck	Leitfaden für Betreiber, Lieferanten und Dienstleistungserbringer zur Konzeption, Implementierung, Betrieb und Überwachung des EM LSA
	Begriffe	Siehe Glossar
	Rahmenmethodik	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erhaltungstätigkeiten ▪ Erhaltungszyklen
	Inventarisierung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Steuergeräte (Zentralen) ▪ Maste ▪ Signalgeber ▪ Detektoren ▪ Kabel ▪ Markierung ▪ Signale
	Kenngrössen	Inhalt entsprechend Abschnitte 8.2 und 8.3
	Typenregeln	Inhalt entsprechend Abschnitt 8.5
	DV - Unterstützung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Systemintegrierter IT – Support ▪ Externe Datenbanken
	Literaturverzeichnis	

EM VRS FLS	Geltungsbereich	Fahstreifen – Lichtsignal – Systeme (FLS)
	Gegenstand	Betriebs- und verkehrssichere Erhaltung der Ausrüstungen über ihren Lebenszyklus
	Zweck	Leitfaden für Betreiber, Lieferanten und Dienstleistungserbringer zur Konzeption, Implementierung, Betrieb und Überwachung des EM FLS
	Begriffe	Siehe Glossar
	Rahmenmethodik	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erhaltungstätigkeiten ▪ Erhaltungszyklen
	Inventarisierung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Steuergeräte (Zentralen) ▪ Tragekonstruktionen ▪ Signalgeber ▪ Kabel ▪ Markierung ▪ Signale
	Kenngrossen	Inhalt analog Abschnitte 8.2 und 8.3 erarbeiten
	Typenregeln	Inhalt analog Abschnitt 8.5 erarbeiten
	DV - Unterstützung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Systemintegrierter IT – Support ▪ Externe Datenbanken
	Literaturverzeichnis	
EM VRS WS	Geltungsbereich	Wechselsignale (WS)
	Gegenstand	Betriebs- und verkehrssichere Erhaltung der Ausrüstungen über ihren Lebenszyklus
	Zweck	Leitfaden für Betreiber, Lieferanten und Dienstleistungserbringer zur Konzeption, Implementierung, Betrieb und Überwachung des EM WS
	Begriffe	Siehe Glossar
	Rahmenmethodik	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erhaltungstätigkeiten ▪ Erhaltungszyklen
	Inventarisierung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Steuergeräte (Zentralen) ▪ Tragekonstruktionen ▪ Wechselsignale ▪ Detektoren ▪ Kabel ▪ Signale
	Kenngrossen	Inhalt analog Abschnitte 8.2 und 8.3 erarbeiten
	Typenregeln	Inhalt analog Abschnitt 8.5 erarbeiten
	DV - Unterstützung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Systemintegrierter IT – Support ▪ Externe Datenbanken
	Literaturverzeichnis	

Tabelle 14 Vorschlag für eine Normengruppe EM VRS

12. Schlussfolgerungen und Ausblick

Das Erhaltungsmanagement für die verkehrstechnischen Ausrüstungen zur Lenkung, Leitung und Steuerung des Strassenverkehrs ist ein komplexer Prozess. Seine Ziele sind der Substanz- und Funktionserhalt der Anlagen auf einem hohen Niveau. Neben den unmittelbar beteiligten Baulastträgern gibt es zahlreiche weitere mitwirkende Akteure und Betroffene.

Auf der Grundlage vergleichbarer Anwendungen für den Erhalt von Strassen und Kunstbauten sowie der generellen Vorgaben für die Erhaltung von technischen Ausrüstungen (EMT) wurden erstmals wissenschaftlich fundierte und in der Praxis anwendbare Methoden für das Erhaltungsmanagement von Verkehrsregelungssystemen (VRS) entwickelt. Das geschieht exemplarisch für die Lichtsignalanlagen als grösste Gruppe innert der verkehrstechnischen Infrastruktur.

Die wesentlichen Arbeitsergebnisse bestehen in

- der Definition von Erhaltungstätigkeiten, insbesondere der verkehrstechnischen Erhaltung,
- der Entwicklung einer Rahmenmethodik für das Erhaltungsmanagement LSA (EM LSA),
- der Bestimmung von Kenngrössen für die Zustandserhebung/-bewertung,
- der Erarbeitung von Typenregeln für die Zustandserhebung/-bewertung und die Durchführung von Erhaltungstätigkeiten,
- der strukturierten Darstellung der Erhaltungsplanung mit Erhaltungsstrategien, technischer und finanzieller Massnahmenplanung sowie der Anwendung von Erhaltungsszenarien,
- der Darstellung des Zusammenhangs von Anlagenwert und Kostenentwicklung,
- der Erarbeitung von Vorschlägen zur Organisation des Erhaltungsmanagements, insbesondere zur Festlegung von Verantwortlichkeiten, den personellen Voraussetzungen, zur Ausführung von Erhaltungstätigkeiten und zur Unterstützung durch Informationstechnologien,
- dem Vorschlag für ein Normenkonzept EM VRS.

Die Arbeitsergebnisse werden durch eine umfangliche Literaturanalyse abgestützt. Für die Bearbeitung des Forschungsvorhabens war es wichtig, die praktischen Gegebenheiten bei Betrieb und Instandhaltung von LSA zu berücksichtigen. Dafür erfolgte eine Befragung von Betreibern.

Die vorgeschlagene Rahmenmethodik für das EM LSA beruht auf der Tatsache, dass in der Praxis bereits Erhaltungsmassnahmen durchgeführt werden. Auch wenn das in sehr unterschiedlicher Ausprägung erfolgt, ist es sinnvoll, dass die Einführung oder Weiterentwicklung des Erhaltungsmanagements organisatorisch, technisch und funktional daran anknüpft.

Nach seiner Einführung sollte die Wirksamkeit des Erhaltungsmanagements regelmässig überprüft werden. Hierfür wird eine Systemauditierung vorgeschlagen, die sich am Qualitätsmanagement orientieren kann.

Das vorgeschlagene Normenkonzept EM VRS umfasst neben den LSA auch andere Verkehrsregelungssysteme, insbesondere die für die Lenkung, Leitung und Steuerung des Verkehrs auf den Hochleistungsstrassen eingesetzten Anlagen. Hier besteht ein Zusammenhang mit dem künftigen Fachkonzept EMS CH.

Die Forschungsarbeit ist entsprechend des Auftrages bearbeitet worden und bringt sofort nutzbare Ergebnisse. Während der Bearbeitung sind neue Themenstellungen erkannt worden, die weiterverfolgt werden sollten, um den Gesamtkomplex EM VRS theoretisch fundiert und praxiswirksam aufbauen zu können.

Es werden folgende Vorschläge für weiterführende Arbeiten abgeleitet:

1. In der Forschungsarbeit wurden für Betrieb und Instandhaltung die Begriffe der europäischen Normung eingeführt. Dieser Vorgang sollte bei der Revision bestehender Normen fortgesetzt und eine Anpassung der Schweizer Begriffsdefinitionen abgeklärt werden.
2. Die Aufstellung von Typenregeln für das EM LSA basiert auf den Erhaltungstätigkeiten der Kontrolle und Überwachung sowie Instandhaltung. Im Rahmen weitergehender praktischer Untersuchungen sollte geprüft werden, ob Typenregeln auch für die Erneuerung und Veränderung festgelegt werden können. Das ist angesichts der zu erwartenden umfangreichen mittel- bis langfristigen Modernisierungen des LSA – Feldbestandes von grossem wirtschaftlichem und technischem Interesse.

Grahl – Beratender Ingenieur

3. Nach Abstimmung mit dem ASTRA und den zuständigen VSS – Gremien sollten Normen-
grundlagen für das Erhaltungsmanagement bei weiteren VRS, z.B. FLS und Wechselsignalen,
geschaffen werden. Einen Schwerpunkt dabei bilden die verkehrstechnischen Kenngrößen,
mit denen die Entscheidungen über Erhaltungsmaßnahmen unterstützt werden können. Hier
besteht noch Forschungsbedarf.
4. In einer interdisziplinären Arbeit unter Einschluss von Mathematikern und Ökonomen sollte
der Zusammenhang von Anlagenwert und Erhaltungskosten zu einem praktisch anwendbaren
Planungstool entwickelt werden. Damit könnte die bislang auf technischen Kenntnissen und
einfachen Budgetierungen beruhende Erhaltungsplanung optimiert und die mit dem NFA ver-
bundene Forderung nach substanzieller Anlagenbewertung erfüllt werden.
5. Es sind weitergehende Untersuchungen zur Auditierung des EMT – Systems erforderlich.
Hierbei sind Verfahren aus dem Qualitätsmanagement zu adaptieren bzw. neu zu entwickeln.
Das Ziel besteht darin, die Wirksamkeit des Erhaltungsmanagements unter sich ständig ver-
ändernden Rahmenbedingungen zu überprüfen und ggf. Korrekturmaßnahmen einzuleiten.
Letztendlich trägt ein solches Audit zur realen Verbesserung des Zustandes der Verkehrsinf-
rastruktur bei.
6. Der rasante Fortschritt im IT – Bereich auf der einen Seite und die begrenzten personellen
und finanziellen Ressourcen auf der anderen Seite verlangen nach systemintegrierten techni-
schen Lösungen für das Erhaltungsmanagement. Deshalb sollten Anforderungen ermittelt und
beschrieben werden, wie durch „intelligente Technik“ Teilfunktionen des EM VRS übernom-
men werden können. So könnten z.B. Datenbanken in Steuergeräten und erweiterte Selbstdi-
agnosemöglichkeiten der Anlagen zu einer schnelleren, genaueren, umfassenderen und per-
manent aktuellen Zustandserhebung/-bewertung beitragen. Mittels geeigneter Software und
Schnittstellen zum externen IT – Support würde die Dokumentation von Tätigkeiten und Zu-
standsbewertungen erheblich vereinfacht werden. Die Beschreibung solcher Anforderungen
könnte als Grundlage für Lastenhefte dienen, mit denen Betreiber an Hersteller von VRS he-
rantreten.

Literaturnachweis

BUNDESAMT FÜR STRASSEN

Berücksichtigung des Unterhalts bei der Projektierung und beim Bau der Nationalstrassen (UPlanS)
Planung und Durchführung des Unterhalts, Richtlinie, 2002

BUNDESAMT FÜR STRASSEN

Absichtserklärung EMS CH, 2007

EIDGENÖSSISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE ZÜRICH, INSTITUT FÜR VERKEHRSPANUNG
UND TRANSPORTSYSTEME

Vorlesung Erhaltungsmanagement (H.P. Lindenmann), 2004

SIGNALISATIONSVERORDNUNG (SSV) vom 6. September 1979

In: Schweizer Gesetzestexte – Online (www.gesetze.ch)

SCHWEIZERISCHER VERBAND DER STRASSEN- UND VERKEHRSFACHLEUTE

SN 640 963: Erhaltungsmanagement der technischen Ausrüstung (EMT),
Planung, Ausführung und Dokumentation der Erhaltungstätigkeiten, 2004

SN 640 964: Erhaltungsmanagement der technischen Ausrüstung (EMT),
Zustandserhebung und Zustandsbewertung, 2006

SN 640 962: Erhaltungsmanagement der technischen Ausrüstung (EMT),
Methodik Typenregeln, 2001

SN 640 961: Erhaltungsmanagement der technischen Ausrüstung (EMT),
EMT Inventar, 2001

SN 640 960: Erhaltungsmanagement der technischen Ausrüstung (EMT),
Grundnorm, 2003

SN 640 900a: Erhaltungsmanagement (EM), 2004

SN 640 842: Lichtsignalanlagen - Abnahme, Betrieb, Wartung, 1998

SN EN 12675: Steuergeräte für Lichtsignalanlagen – Funktionale Sicherheitsanforderungen, 2000

SN EN 12368: Anlagen zur Verkehrssteuerung – Signalleuchten, 2000

SN EN 50293: Elektromagnetische Verträglichkeit - Strassenverkehrs- Signalanlagen, ???

SN 640 836-1: Signale für Behinderte, 2000

SN 671 864-1: Anerkennung EN 13563:2000, Anlagen zur Verkehrssteuerung, Fahrzeugdetektoren,
???

DEUTSCHES INSTITUT FUER NORMUNG

VDE 0832 (HD 638 S1:2001) Straßenverkehrs-Signalanlagen, 2002

DIN 31051 (EN 13306): Grundlagen der Instandhaltung, 2001

FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRAßEN- UND VERKEHRSWESEN KÖLN

Empfehlungen für das Erhaltungsmanagement von Innerortsstraßen (E EMI), 2003

ANGER R.

Erhaltungsmanagement in Brandenburg

Vortrag zum Straßen- und Verkehrskongress, Karlsruhe 2006

BERNHARD, J.; GRAHL, S.

Praktischer Leitfaden zur Beurteilung der Qualität an Lichtsignalanlagen

In: Straßenverkehrstechnik (in Vorbereitung)

BÜTLER, R.; ÄPPLI, K.

Betriebsicherheit von Lichtsignalanlagen, Projektierung, Bau, Betrieb, Unterhalt
MARTY + PARTNER AG, Zollikon, 2006

COSENS, I.; FAVALORO, J.

Some Asset Management Investigations and outcomes, 2005
In: www.vicroads.vic.gov.au (Victoria Roads Corporation Australia)

GRAHL, S.

Erhaltungsmanagement für LSA – eine Einführung (2004)
In: www.stefangrahl.com

KÄSER, CH. E T. AL.

MISTRA – Management - Informationssystem Strasse und Strassenverkehr
In: Geomatik Schweiz 3/2006 s. 179 ff.

LANDESBETRIEB STRASSENBAU NRW

Erhaltungsmanagement
In: www.strassen.nrw.de

NATHANIEL S. BEHURA

A Survey of Maintenance Practices of Light-Emitting Diode Traffic Signals...
In: ITE Journal, April 2007, S. 18ff.

NATIONAL TRANSPORTATION OPERATIONS COALITION (NTOC) WASHINGTON D.C.

National Traffic Signal Report Card, Technical Report, 2005

PROJEKTTEAM OPTIMIERUNG IM VERKEHR

Methoden der Optimierung bei mehrfacher Zielsetzung (2006)
In: www.optiv.de (<http://www.ivh.uni-hannover.de/peb>)

SAG NETZ- UND ENERGIETECHNIK GMBH

„Anti – Aging“ für Lichtsignalanlagen
In: Straßenverkehrstechnik, 5/2005, S. 274

SCHIERENBECK; H.

Grundzüge der Betriebswirtschaftslehre
R. Oldenbourg Verlag München Wien, 16. Auflage 2000

STACEY, G.

Quality of life
In: Think Highways, Volume 2, 2007, S. 96ff.
TRAFFIC INFORMATION AND MANAGEMENT GMBH
Erhaltungsmanagement von kommunalen Straßen
In: www.traffic-tim.de

WOLF, E.; ZERRES, CH.; ZERRES; M.

Szenario – Technik
In: www.studentensupport.de

Glossar

Betriebsbetreuung	Erkennen, Beurteilen und Beheben von Mängeln der Lichtsignalanlage.
Erhaltungsmanagement	Alle Führungsaufgaben, die zur Erhaltung und Bewirtschaftung der Strassenverkehrsanlagen notwendig sind. Dabei werden bautechnische, ökologische und ökonomische Kriterien berücksichtigt.
Erneuerung	Ersatz, Wechsel und Neukonstruktion von ganzen Anlagen nach Ablauf der Lebensdauer bzw. bei Zuständen ausserhalb massgebender Grenzen
Inspektion	Planbare periodische Tätigkeiten zur Grundlagenbeschaffung für eine gesamtheitliche Bewertung der Betriebs- und Funktionssicherheit. Mit den aufbereiteten Grundlagendaten können der Anlagenzustand oder die Zustandsentwicklung beurteilt werden.
Instandhaltung	Kombination aller technischen und administrativen Massnahmen sowie Massnahmen des Managements während des Lebenszyklus einer Anlage zur Erhaltung des funktionsfähigen Zustands oder Rückführung in diesen, so dass sie die geforderte Funktion erfüllen kann.
Inventar	Strukturierung der technischen Ausrüstungen nach den Ebenen Ort, Anlage und Komponente
Szenario	eine modellorientierte Entwicklungstechnik, bei wenig bekannten Eingangsgrößen werden Szenarios entwickelt, die eine plausible und oft vereinfachte Beschreibung der Zukunft darstellen; sie sind damit von eindeutigen Vorhersagen abzugrenzen
Unterhalt	Sorgfältig geplante Massnahmen betrieblicher, technischer und baulicher Art zur dauernden Gewährleistung der Betriebs- und Funktionssicherheit der Anlagen und der langfristigen Werterhaltung
Verkehrstechnische Erhaltung	alle Aufgaben, die mit der Erhebung und Bewertung des verkehrstechnischen Anlagenzustands sowie mit der Planung und Realisierung von Massnahmen zur Qualitätssicherung bei Betrieb und Instandhaltung einschliesslich der Dokumentation verbunden sind.
Wartung	Periodisch durchzuführende Tätigkeiten, die sich aus den Betriebsvorschriften der Anlagenlieferanten ergeben und zur Garantiegewährung unbedingt auszuführen sind.
Walterhaltung	Reparatur, Teilersatz, Auswechslung usw. von Anlagen oder Komponenten innerhalb der Zustandsgrenzen, solange sich dies wirtschaftlich rechtfertigt.
Zustandserhebung	Erheben von Kenngrössenwerten
Zustandsbewertung	Einschätzen des aktuellen Zustands und des Verlaufs der erfassten Kenngrössen über einen bestimmten Zeitraum.

Abkürzungsverzeichnis

AKS	Anlagenkennzeichnungssystem
EM	Erhaltungsmanagement
EMT	Erhaltungsmanagement für technische Ausrüstungen
EN	Europäische Norm
FLS	Fahrstreifensignalisierungsanlage
HD	Harmonisierungsdokument
IT	Informationstechnologie
LSA	Lichtsignalanlage
MIV	Motorisierter Individualverkehr
NFA	Neuer Finanzausgleich
NND	Normative Nutzungsdauer
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PMS	Pavement Management System
QM	Qualitätsmanagement
SN	Schweizer Norm
SSV	Signalisationsverordnung
VRS	Verkehrsregelungssystem
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsingenieure
WS	Wechselsignal

Anhang 1 Übersicht zum Schweizer Normenwerk für das Erhaltungsmanagement (der technischen Ausrüstungen)

Norm	Titel	Hauptinhalt
SN 640 900a	Erhaltungsmanagement (EM)	Aufgabenbereiche des EM, Führungsaspekte des EM, Übersicht zu Strassenverkehrsanlage und deren Teilsysteme, Gesamtprozess EM, Massnahmenmanagement, Baustellenplanung, Kostengliederung, Begriffssystematik
SN 640 960	Erhaltungsmanagement der technischen Ausrüstung (EMT), Grundnorm	Begriffe: - Konzept der Erhaltung - Zustandserhebung - Typenregeln - EMT – Inventar - Erhaltungstypen, Beschreibung EMT - System, Wirkungsweise EMT – System, Zugehörige Normen
SN 640 961	Erhaltungsmanagement der technischen Ausrüstung (EMT), EMT Inventar	Begriffe, Aufbau des EMT – Inventars, Kennzeichnung der Komponenten, Räumliches Bezugssystem, Geografische Gliederung, Technische Gliederung, Vorgehensweise, Anlage und Inventarkennzeichnung,
SN 640 962	Erhaltungsmanagement der technischen Ausrüstung (EMT), Methodik Typenregeln	Begriffe, Typenregeln, Umsetzung, Beispiele
SN 640 963	Erhaltungsmanagement der technischen Ausrüstung (EMT), Planung, Ausführung und Dokumentation der Erhaltungstätigkeiten	Begriffe, Planung: - Planungsgrundlagen - Mittel- und langfristige Planung - Ausführungsplanung, Ausführung, Dokumentation
SN 640 964	Erhaltungsmanagement der technischen Ausrüstung (EMT), Zustandserhebung und Zustandsbewertung	Begriffe, Ablaufprinzip, Zustandserhebung: - Kenngrössen - Zustandsdarstellung, Zustandsbewertung: - durch Fachdienste - Schnittstellen zum Management
SN 640 965	Erhaltungsmanagement der technischen Ausrüstung (EMT), Organisation und Personal	Liegt noch nicht vor.
SN 640 966	Erhaltungsmanagement der technischen Ausrüstung (EMT), Risiko und Sicherheit	Liegt noch nicht vor.
SN 640 970	Erhaltungsmanagement der technischen Ausrüstung (EMT), Energie und Leistung	Liegt noch nicht vor.
SN 640 901	Erhaltungsmanagement der technischen Ausrüstung (EMT), Zielsystem	Liegt noch nicht vor.

Anhang 2 Fragebogen „Betrieb und Unterhalt von Lichtsignalanlagen (LSA)“

Kurzbeschreibung

Mit dem Forschungsprojekt werden erstmals wissenschaftlich fundierte und in der Praxis anwendbare Methoden für das Erhaltungsmanagement von Verkehrsregelungssystemen (VRS) entwickelt. Es handelt sich vorrangig um verkehrs- und anlagentechnische Aspekte bei Lichtsignalanlagen (LSA). Bei der Bearbeitung des Themas werden die VSS – Normen zum Erhaltungsmanagement für technische Ausrüstungen (EMT) als methodische Grundlage und die einschlägigen LSA – Normen berücksichtigt.

Der verantwortliche Bearbeiter ist seit über zwanzig Jahren auf dem Gebiet der Strassenverkehrssteuerung tätig und bringt seine umfangreichen Kenntnisse und Erfahrungen in das Projekt ein. Dennoch ist es sehr wichtig, andere Fachleute aus der Praxis zu ihren konkreten Anwendungen und Problemen zu befragen. Dazu dient der nachstehende Fragenkatalog.

Das Erhaltungsmanagement wird seit einigen Jahren für die Strassen mit ihren Fahrbahnen, Kunstbauten, Werkleitungen usw. entwickelt und angewendet. Dabei geht es um die systematische Prüfung und Bewertung des Anlagenzustands, woraus planmässige, finanziell kalkulierbare Massnahmen zur Erhaltung abgeleitet und realisiert werden.

Auf dem Gebiet der Lichtsignalsteuerung, einschliesslich Zentralen, werden im Rahmen des Betriebs und Unterhalts vielfältige Massnahmen realisiert, damit die Anlagen zuverlässig und effektiv funktionieren. Dazu gehören u. a. Wartungsarbeiten und Reparaturen, aber auch der Austausch von Komponenten und die Modernisierung von Anlagen/-teilen.

Die Art und Weise, wie diese Massnahmen geplant und umgesetzt werden, ist in der Praxis unterschiedlich. Ausserdem weist das verkehrstechnische Equipment in der Regel kürzere Lebensdauern auf als der Baukörper Strasse oder Kunstbauwerke. Vor allem die elektronischen Ausrüstungen haben aufgrund der rasanten technischen Entwicklung sehr kurze Innovationszyklen und verschleissen daher nicht nur physisch sondern auch ideell viel eher. Auf der anderen Seite sind die finanziellen Mittel für Investitionen und Unterhalt beschränkt und müssen effizient eingesetzt werden. Das alles spricht für die Entwicklung einer Rahmenmethodik für das Erhaltungsmanagement LSA.

Die Ergebnisse des Forschungsprojekts sollen auch eine Grundlage für die Normenerstellung zu diesem Arbeitsgebiet bilden. Damit das methodisch ausgereift und zugleich praxistauglich geschieht, ist es erforderlich, bestehende Abläufe des Betrieb und Unterhalts mit einzubinden. Auch hierzu ist die Beantwortung der nachstehenden Fragen sehr hilfreich.

- Der Fragenkatalog hat zwei Bereiche. Im ersten Teil werden Angaben zu den vorhandenen Anlagen und Arbeitsweisen erbeten, im zweiten Teil Hinweise zum Erhaltungsmanagement.
- Die Beantwortung verlangt für die einzelnen Fragen unterschiedlichen Aufwand. Es wird nicht erwartet, ausschliesslich für diesen Zweck umfangreich neue Daten zu erheben. Im Falle der Nichtverfügbarkeit einzelner Angaben sollte dies mitgeteilt werden.
- Reicht der vorgesehene Raum für Eintragungen nicht aus, so wird um Ergänzungen auf formlosen Blättern unter Angabe des Gliederungspunktes gebeten.

Teil I

1. Allgemeine Angaben	
A	Kanton, Stadt
B	Verwaltung
C	Bearbeiter

2. Daten zur verkehrstechnischen Infrastruktur				
Zentralen				
A	Anzahl			
B	Systemlieferant(en)			
C	Kurze Funktionsbeschreibung Zentrale – LSA (Stichworte)			
LSA				
D	Anzahl gesamt			
E	Systemlieferant(en)			
F	- davon > 20 Jahre	Bitte unterteilen in a) gesamte Anlage b) Steuergerät	a:	b:
G	- davon > 15 Jahre (≤ 20)		a:	b:
H	- davon > 10 Jahre (≤ 15)		a:	b:
I	- davon > 5 Jahre (≤ 10)		a:	b:
J	- davon gross (> 15 Signalgruppen)			
K	- davon mittelgross (> 6, ≤ 15 Signalgruppen)			
L	- davon verkehrsabhängig gesteuert			
M	- davon mit ÖV - Priorisierung			
N	- davon Schiene – Strasse			
O	- davon mit LED – Signalgeber (ca. in Prozent angeben)			
P	Detektierungsarten für MIV a) IS b) Infrarot c) Video d) Andere	a: b: c: d:		
Q	Detektierungsarten für Fussgänger a) mit/ohne Quittierung: b) mit/ ohne Akustik/Vibrator:	a: b:		
R	Wie werden die LSA – Bestandsdaten gespeichert und aktualisiert? (Datenbank ja/nein, welche?)			
S	Weitere Angaben			

3. Angaben zu Betrieb und Unterhalt	
A	Erfolgt die Betriebsführung/-überwachung durch eine permanent oder zeitweise mit Personal besetzte Zentrale? (Stichworte)
B	Wer meldet wem Störungen?
C	Wer beseitigt Störungen?
D	Gibt es für die Störungsbeseitigung vertragliche Vereinbarungen?
E	Wer führt Wartungsarbeiten durch (eigenes Personal, Systemlieferant, Dritte)?
F	Gibt es für die Wartung vertragliche Vereinbarungen (wenn ja, bitte ein Muster beifügen)?

G	Welche Arbeiten werden in welchem Zyklus ausgeführt? (Stichworte)	
H	Wer kontrolliert die ordnungsmässige Durchführung der Arbeiten?	
I	Wer führt Reparaturen oder den Austausch defekter Bauteile aus?	
J	Gibt es dafür vertragliche Grundlagen?	
K	Wann werden welche Messungen/ Prüfungen für Maste durchgeführt?	
L	Wann werden welche Messungen/ Prüfungen für Sensoren durchgeführt?	
M	Wann werden welche Messungen/ Prüfungen für Signalgeber durchgeführt?	
N	Wann werden welche Messungen/ Prüfungen für Kabelanlagen durchgeführt?	
O	Wie werden die Ergebnisse der vorgenannten Messungen/ Prüfungen dokumentiert?	
P	Wann erfolgt ein Austausch/ Ersatz von Ausrüstungsteilen? - nur bei irreparablen Schäden - bei erkennbaren Gefährdungen - generell nach einem Programm (wenn möglich, bitte nach Signalgeber, Sensoren, Maste etc. unterteilen)	
Q	Wann werden Steuergeräte ausgetauscht?	
R	Wie hoch sind die durchschnittlichen jährlichen Unterhaltskosten pro LSA (evtl. unterteilt nach den Punkten 2. J und 2. K)?	
S	Wie viel Prozent der Herstellungskosten betragen die jährlichen Unterhaltskosten? a) für alle LSA b) durchschnittlich pro LSA (von – bis)	a: b:
T	Wie viele interne Mitarbeitende sind für Betrieb und Unterhalt eingesetzt?	

Teil II

4. Anlagenlebensdauer	
A	<p>Welche Lebensdauer erreichen die LSA im Durchschnitt? Bitte Jahre schätzen für:</p> <p>a) Steuergeräte b) Signalgeber c) oberirdische Sensoren d) Sensoren in der Fahrbahn e) Maste (evtl. nach Material) f) Kabelanlagen</p>
B	<p>Wie oft wird eine LSA während ihrer Lebensdauer (ab Ersteinschaltung) baulich angepasst oder erweitert (Einschätzung)?</p>
C	<p>Erfolgen während der Lebensdauer verkehrstechnische Anpassungen (Signalprogramme, Steuerungen) im Ergebnis von planmässigen Prüfungen des Verkehrsablaufs?</p>
D	<p>Weitere Hinweise</p>

6. Rahmenmethodik Erhaltungsmanagement	
A	<p>Sollte die Zustandserhebung/-bewertung für eine LSA (als Teil des Erhaltungsmanagements) mit turnusmässigen Arbeiten (z.B. Wartung, Unterhalt) verbunden werden?</p>
B	<p>Sollte das mit eigenem Personal des Betreibers oder im Auftrag durch Private erfolgen?</p>
C	<p>Sollten dazu Leistungen und Ergebnisdokumentationen derjenigen mit verwendet werden, die vertragliche Wartungsarbeiten ausführen?</p>
D	<p>Wie oft sollte die Zustandserhebung/-bewertung durchgeführt werden (innert 3, 5 oder mehr Jahre)?</p>
E	<p>Sollte eine regelmässige verkehrstechnische Überprüfung der LSA (Verkehrssicherheit, Verkehrsablauf) in das Erhaltungsmanagement einbezogen werden?</p>
F	<p>Weitere Hinweise</p>

Anhang 3 Typenregeln

Typenregel TR 1	Steuergerät
Tätigkeit	Überwachung, Kontrolle und Wartung, Instandsetzung
Beschrieb	<p><u>Überwachung</u></p> <p>Steuergeräte sind Sicherheitseinrichtungen und bedürfen der regelmässigen Überwachung. Die Betriebsüberwachung kann automatisch und/oder manuell erfolgen. Für die Intervention bei Störungen sind durch den Betreiber Festlegungen zu treffen.</p> <p><u>Kontrolle und Wartung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mechanische Kontrolle von Gehäuse aussen, Türen, Dichtungen, Schloss und Gestänge, Schlossabdeckungen, Klapp-tisch, Schraubenkontrolle, Handsteuerung ▪ Elektrische Kontrolle von FI – Schalter, Thermo- und Hydrostat, Heizung, Funkuhr, Spannungen – Speisung, LED – Kontrolllampen, Überwachungen (Rotlichtalarm, Rückspei-sung, Halbwellenüberwachung), Relaiskontakte ▪ Funktionskontrolle von Handsteuerung, Blindschema Schalter, Detektoren (siehe auch TR 3 Sensorik), Dämmerungsschalter, Verbindung zur Zentrale, Spezialausrüstung (Polizei, Feuer-wehr) ▪ Reinigung von Gehäuse innen, Schwenkrahmen, Rückwand, Boden, Heizung, Printplatten ▪ Dokumentation auf Vollständigkeit und Aktualität prüfen <p>Mängelbeseitigung nach Feststellung (<u>Instandsetzungen</u>)</p> <p>Im Rahmen von <u>Inspektionen</u> werden auch der Standort des Schaltschranks, die Normenkompatibilität, die Eignung für ver-kehrersabhängige Steuerung (MIV, ÖV, LV) und Kapazitätsreser-ven (für Signalgruppen, Detektoren) geprüft.</p>
Intervall	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Überwachung: laufend ▪ Kontrollen: jährlich ▪ Reinigung: jährlich ▪ Inspektion: 3 - 5 Jahre ▪ Mängelbeseitigung: sofort
Randbedingungen	Vorgängige Abstimmung mit Polizei und TBA
Verkehr	Abschaltung LSA, ggf. Handregelung, Rückmeldung nach Ab-schluss der Arbeiten

Anhang 3 Typenregeln

Typenregel TR 2	Maste
Tätigkeit	Wartung, Inspektion
Beschrieb	<p>Stahlmaste gehören zu den langlebigen LSA – Komponenten und sollen regelmässig bei <u>Inspektionen</u> auf Standsicherheit, Ausrichtung, Oberflächenqualität und Korrosionsbefall geprüft werden. Vor allem im Übergangsbereich vom unter- zum oberirdischen Raum und in den unteren Mastbereichen ist auf mögliche Schäden hin zu kontrollieren. Ebenso sind die Mastausleger auf ihre sichere Befestigung hin zu prüfen.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bei älteren Masten sollte im Zweifelsfall eine Materialdichteprüfung durchgeführt werden. Das empfiehlt sich für den Zeitpunkt, wenn andere Komponenten ausgetauscht werden. ▪ Bei Bedarf ist im Rahmen der LSA – <u>Wartung</u> eine Reinigung durchzuführen. ▪ Durch Rostentfernungen und Anstricherneuerungen kann der Zustand verbessert werden. <p>Im Zusammenhang mit der <u>verkehrstechnischen Erhaltung</u> (TR 8) werden zusätzlich die Maststandorte auf Plankonformität geprüft (Grundlage für Zeit – Weg - Berechnungen).</p>
Intervall	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wartung: jährlich ▪ Inspektion: 5 Jahre
Randbedingungen	Vorgängige Abstimmung mit TBA
Verkehr	Eventuell Einschränkungen bei Arbeiten im Fahrbahnbereich (z.B. Anstrich an Auslegern)

Anhang 3 Typenregeln

Typenregel TR 3	Signalgeber
Tätigkeit	Überwachung, Kontrolle und Wartung, Instandsetzung, Inspektion
Beschrieb	<p><u>Überwachung</u></p> <p>Die haltzeigenden Signalgeber (Rotsignal) sind permanent auf Ausfall zu überwachen.</p> <p><u>Kontrolle und Wartung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sichtkontrolle der Dichtungen der Signalgeber ▪ Reinigung von Reflektoren, Gläsern, Abschirmblenden, Sichtblenden und Kontrastblenden ▪ Mängelbeseitigung nach Feststellung (<u>Instandsetzungen</u>) ▪ Präventiver Lampenaustausch (nach Herstellerangaben) <p>Im Rahmen der <u>Inspektion</u> sind der äussere Zustand der Signalgeber, die optische und akustische Erkennbarkeit sowie die Einhaltung der vorgeschriebenen Installationsmasse zu prüfen.</p> <p>Im Zusammenhang mit der <u>verkehrstechnischen Erhaltung</u> (TR 8) wird zusätzlich die eindeutige Zuordnung der Signalgeber zu den jeweiligen Verkehrsströmen geprüft.</p>
Intervall	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Überwachung: laufend ▪ Kontrollen: jährlich ▪ Reinigung: jährlich ▪ Inspektion: 3 - 5 Jahre ▪ Mängelbeseitigung: sofort
Randbedingungen	Vorgängige Abstimmung mit Polizei und TBA
Verkehr	Abschaltung LSA, ggf. Handregelung, Rückmeldung nach Abschluss der Arbeiten

Anhang 3 Typenregeln

Typenregel TR 4	Detektoren
Tätigkeit	Überwachung, Kontrolle und Wartung, Instandsetzung, Inspektion
Beschrieb	<p><u>Überwachung</u></p> <p>Detektoren bedürfen der regelmässigen Betriebsüberwachung. Diese kann automatisch oder manuell erfolgen.</p> <p><u>Kontrolle und Wartung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Optische Kontrolle der Detektorschleifen im Fahrbahnbelag ▪ Optische Kontrolle der Detektoranschlussdosen in den Schleifenschächten, speziell auf Nässe oder Kondenswasser ▪ Elektrotechnische Messungen der Detektorschleifen ▪ Kontrolle der ÖV- Detektoren mit dem Prüfsender ▪ Kontrolle der Passivinfrarot (PIR) –Detektoren ▪ Kontrolle der Fussgängeranmelde- und Sehbehinderteneinrichtungen <p>▪ Die Ergebnisse der Messungen/ Prüfungen sind zu protokollieren.</p> <p>Mängelbeseitigung nach Feststellung (<u>Instandsetzungen</u>)</p> <p>Im Rahmen der <u>Inspektion</u> ist, vor allem für ältere Anlagen, die Einhaltung der vorgeschriebenen Installationsmasse zu prüfen.</p> <p>Im Zusammenhang mit <u>der verkehrstechnischen Erhaltung</u> (TR 8) wird zusätzlich die Lage und Anordnung von Detektorschleifen sowie der Ausrüstungsumfang der anderen Anmelde-mittel geprüft.</p>
Intervall	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Überwachung: laufend ▪ Kontrollen: jährlich ▪ Inspektion: 3 - 5 Jahre ▪ Mängelbeseitigung: sofort
Randbedingungen	Vorgängige Abstimmung mit Polizei und TBA
Verkehr	Abschaltung LSA, ggf. Handregelung, Rückmeldung nach Abschluss der Arbeiten

Anhang 3 Typenregeln

Typenregel TR 5	Kabelanlage
Tätigkeit	Überwachung, Kontrolle und Wartung
Beschrieb	<p>Zu den Kabelanlagen gehören die Kabel der Energieeinspeisung, Signalkabel vom Steuergerät zu den Masten, Detektorzuleitungen und Datenleitungen zu Zentralen.</p> <p><u>Überwachung</u></p> <p>Beim Anschluss der LSA an eine Zentrale wird die (Daten-) Kabelverbindung permanent überwacht. Bei unterbrochenen Verbindungen sind die Ursachen zu diagnostizieren und Fehler zu beheben bzw. deren Beseitigung zu veranlassen (Mietkabel).</p> <p><u>Kontrolle und Wartung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Kontrolle der Signalkabel und Detektorzuleitungen wird nach der Niederspannungsinstallationsverordnung durchgeführt. Die Ergebnisse werden mit dem Sicherheitsnachweis (SINA) und einem Mess- und Prüfprotokoll (NIV- Protokoll) festgehalten. ▪ Es ist zweckmässig, die Kontrolle der Detektorzuleitungen zeitgleich mit den in TR 4 (Detektoren) genannten Tätigkeiten durchzuführen. ▪ Prüfung der Isolationswiderstände, der Sondererdungswiderstände und der Netzspannung ▪ Sichtkontrolle der Kabelklemmen und Anschlüsse ▪ Bei Bedarf Nachziehen von Klemmen
Intervall	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kontrolle: nach NIV – Festlegungen
Randbedingungen	Vorgängige Abstimmung mit TBA
Verkehr	Keine besonderen Hinweise

Anhang 3 Typenregeln

Typenregel TR 6	Markierung und Signale
Tätigkeit	Kontrolle und Wartung, Instandsetzung
Beschrieb	<p><u>Kontrolle und Wartung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Auswertung von Mängelmeldungen und Änderungswünschen ▪ Reinigung von Schildern ▪ Ausbessern schadhafter oder unvollständiger Markierungen <p>Im Rahmen von <u>Inspektionen</u> wird der physische Zustand der Markierung und Signale erfasst.</p> <p>Im Zusammenhang mit der <u>verkehrstechnischen Erhaltung</u> (TR 8) wird zusätzlich geprüft, ob die Markierung und Signale den jeweiligen Vorschriften entsprechen und mit den örtlichen Lageplänen übereinstimmen.</p> <p>Abweichungen der vorhandenen Markierung und Signale von den Vorschriften bzw. bestätigten Lageplänen sind kurzfristig zu beseitigen (Verkehrssicherheit)</p>
Intervall	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reinigung: jährlich ▪ Inspektion: 1 – 3 Jahre ▪ Mängelbeseitigung: sofort
Randbedingungen	Vorgängige Abstimmung mit Polizei und TBA
Verkehr	Abschaltung LSA, ggf. Handregelung, Rückmeldung nach Abschluss der Arbeiten

Anhang 3 Typenregeln

Typenregel TR 7	Baukörper Strasse
Tätigkeit	Kontrolle und Wartung
Beschrieb	<p>Kontroll- und Überwachungstätigkeiten den strassenbaulichen Zustand betreffend, gehören in der Regel nicht zu den LSA – Erhaltungstätigkeiten. Es ist jedoch zweckmässig, im Rahmen von Inspektionen bei anderen Komponenten (TR 3, 4, 5, 6) auch die bauliche Beschaffenheit von Fahr- und Gehbahnen in Knotenpunktzufahrten/-querungen optisch zu erfassen.</p> <p>Auftretende Mängel sind den zuständigen Stellen mitzuteilen und nach Möglichkeit der Zeitpunkt ihrer Beseitigung abzuklären.</p> <p>Im Zusammenhang mit der verkehrstechnischen Erhaltung (TR 8) wird zusätzlich geprüft und ggf. gemessen, ob die geometrische Gestaltung des Strassenraums (noch) mit den LSA – Lageplänen übereinstimmt.</p> <p>Bei erkennbaren Abweichungen mit Auswirkungen auf sicherheitsrelevante Kenngrössen (z.B. Zwischenzeiten) sind Sofortmassnahmen erforderlich.</p>
Intervall	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inspektion: 3- 5 Jahre
Randbedingungen	Vorgängige Abstimmung mit Polizei und TBA
Verkehr	Abschaltung LSA, ggf. Handregelung, Rückmeldung nach Abschluss der Arbeiten

Anhang 3 Typenregeln

Typenregel TR 8	Verkehrstechnische Erhaltung
Tätigkeit	Verkehrstechnische Überwachung, Kontrolle und Wartung sowie Inspektion im Hinblick auf - Betriebssicherheit - Verkehrssicherheit - Verkehrsablauf
Beschrieb	<p><u>Überwachung</u></p> <p>Die Art der Betriebsüberwachung (automatisch, permanent oder sporadisch) hängt von der Lage der LSA, ihrer verkehrlichen Bedeutung (Wichtigkeit) und technischen Vernetzung ab.</p> <p><u>Kontrolle und Wartung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Statistische Analyse von Verkehrs- und Betriebsdaten, ▪ Auswertung von Mängelmeldungen und Änderungswünschen, ▪ Beobachtungen des Verkehrsablaufs <p>Die Kontrollergebnisse können bei Bedarf zu Sofortmassnahmen führen und/oder als Grundlage für vertiefende Untersuchungen dienen.</p> <p>Periodisch ist eine verkehrstechnische <u>Inspektion</u> mit folgenden Arbeitsschritten durchzuführen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ermittlung der jährlichen Ausfallrate und der Ausfallursachen, ▪ Auswertung von Kenngrössen des Unfallgeschehens, Erkennen von Unfallhäufungsstellen und möglichen LSA – bedingten Gefährdungen, ▪ Prüfung der verkehrstechnischen Unterlagen auf Vollständigkeit und Aktualität, ▪ Prüfung der vollständigen Erfassung aller Verkehrsströme durch die Signalisierung, ▪ Prüfung der Rot-, Gelb- und Grünzeiten, ▪ Messung von Wartezeiten, Anzahl der Halte und Staulängen <p>Die Ergebnisse der verkehrstechnischen Inspektion sind zu dokumentieren. Soweit sie nicht zu Sofortmassnahmen führen, kann bei Bedarf die Überarbeitung der verkehrstechnischen Unterlagen mit anschliessender Anpassung der Steuerung geplant und realisiert werden. Zweckmässige Veränderungen/ Erweiterungen der Ausrüstungen und/oder bauliche Massnahmen sind abzustimmen und durchzuführen.</p>
Intervall	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Überwachung: laufend ▪ Kontrollen: jährlich ▪ Inspektion: 3 - 5 Jahre ▪ Mängelbehebung: sofort
Randbedingungen	Vorgängige Abstimmung mit Polizei und TBA
Verkehr	Abschaltung LSA, ggf. Handregelung, Rückmeldung nach Abschluss der Arbeiten