

Zusammenfassung

Systemgrenzen	In der Grundnorm SN 640 900a „Erhaltungsmanagement (EM)“ sind die Teilsysteme und Teilprozesse definiert. Der Forschungsauftrag befasst sich mit den Teilprozessen „Erhebung und Bewertung des Zustands“ und „Massnahmenplanung“. Konkretisierung der Ziele, Massnahmenmanagement und Baustellenplanung wird nicht berücksichtigt.
Struktur der technischen Ausrüstung	Für die technische Ausrüstung wird eine Struktur mit drei Ebenen definiert: Objekt-, Anlage- und Komponentenebene. Diese Struktur dient der klaren Zuweisung der Kenngrössen zu einer Erhebungs- und Darstellungsebene.
Kenngrössen	Es werden allgemein gültige Kenngrössen definiert, welche auf sämtliche Komponenten angewendet werden. Bei Bedarf sollen auch komponentenspezifische Kenngrössen definiert werden.
Transformation über Ebenen	Damit aus der Transformation von Kenngrössen auf übergeordneten Ebenen interpretierbare Werte resultieren, müssen für die Transformation, abhängig von der jeweiligen Kenngrösse, unterschiedliche Funktionen angewendet werden.
Transformation in dimensionslose Indexwerte	Durch die Transformation von Kenngrössen in dimensionslose Indexwerte können unterschiedliche Kenngrössen in einem einheitlichen Massstab dargestellt werden.
Darstellung	Zur Darstellung mehrerer unterschiedlicher Kenngrössen in einem Diagramm eignen sich Radialdiagramme. Für die Darstellung der Verteilung und der zeitlichen Entwicklung von Einzelwerten eignen sich beispielsweise Kuchendiagramme oder Balkendiagramme.
Bestimmung von Massnahmen	Die Bestimmung von Massnahmen für die einzelne Komponente erfolgt direkt aufgrund der erhobenen Kenngrössen der Komponente. Dazu müssen komponentenspezifische Massnahmen zur Verfügung gestellt werden. (Für EMF ist das z.B. definiert in SN 640 730 [5] Massnahmenkonzept)
Automatische Erfassung	Die automatische Erfassung von Kenngrössen wurde in der Praxis erfolgreich erprobt. Es wurde erkannt, dass die gewünschten Informationen aber bereits während der Planung der Automationseinrichtung definiert werden müssen.
Mobile Datenerfassung	Der Einsatz mobiler Datenerfassungsgeräte (MDE) für die Zustandserhebung wurde erfolgreich erprobt. Der Einsatz von MDE macht den Erhebungsprozess, dank gezielter Benutzerführung, einfach und zuverlässig.
Empfehlung für das weitere Vorgehen	<p>Für die Bildung von Massnahmen muss der Teilprozess „Konkretisierung der Ziele und Randbedingungen“ für das Teilsystem Technische Ausrüstung definiert werden.</p> <p>Gemäss SN 640 900a werden im Teilprozess „Massnahmenplanung in den Teilsystemen“ zur Bestimmung von wirtschaftlich optimalen Massnahmen teilsystemspezifische Verfahren angewendet. Diese Verfahren müssen für das Teilsystem Technische Ausrüstung definiert werden.</p> <p>Zur Definition des relevanten Inventars sollten Richtlinien erstellt werden, welche dem Betreiber eines EMT-Systems konkrete Hilfestellungen anbieten.</p>

Résumé

Limites du système	Les systèmes partiels et les processus partiels sont définis dans la norme de base SN 640 900a «Gestion de l'entretien» (GE). L'objet de recherche concerne les processus partiels «Relevé et évaluation de l'état» et «Planification de mesures». La concrétisation des objectifs, la gestion des mesures et la planification des chantiers n'entrent pas en considération ici.
Structure des installations électromécaniques	Pour les installations électromécaniques, une structure à trois niveaux est définie: niveau de l'objet, de l'installation et des composants. Cette structure facilite l'attribution claire des indicateurs à un niveau d'étude et de présentation.
Indicateurs	Des indicateurs de validité générale sont définis, qui devront être appliqués à tous les composants. Le cas échéant, des indicateurs spécifiques aux composants doivent être définis.
Transformation à travers les niveaux	Pour que des valeurs susceptibles d'interprétation résultent de la transformation d'indicateurs à des niveaux supérieurs, diverses fonctions doivent être utilisées pour cette transformation, selon les indicateurs en cause.
Transformation en valeurs d'indice sans dimension	Grâce à la transformation d'indicateurs en valeurs d'indice sans dimension, divers indicateurs peuvent être présentés sur une échelle unifiée.
Présentation	Pour la présentation de plusieurs indicateurs à la fois, la méthode la plus convenable est le diagramme radial. Pour la présentation de la distribution et de l'évolution dans le temps de valeurs individuelles, la méthode la plus convenable est le diagramme à secteurs ou le bloc-diagramme.
Identification de mesures	L'identification de mesures à prendre pour les composants particuliers se fait directement à partir des indicateurs identifiés pour les composants. En outre, des mesures spécifiques aux composants doivent être mises en place. (Ce qui est défini pour la GEC en SN 640 730 [5] Concept de mesures)
Enregistrement automatisé	L'enregistrement automatisé des indicateurs a été essayé avec succès dans la pratique. On a constaté toutefois que les renseignements désirés doivent être définis déjà au stade de la planification du dispositif d'automatisation.
Enregistrement mobile de données	L'utilisation de dispositifs d'enregistrement mobile de données (DEMD) pour le relevé de l'état a été essayée avec succès. L'utilisation des DEMD rend le processus de relevé simple et fiable, grâce à l'assistance fournie aux utilisateurs.
Recommandations pour les prochaines étapes	<p>Partant des mesures concernant les composants, le processus partiel «Concrétisation des objectifs et des contraintes» doit être défini pour l'élaboration de mesures selon SN 640 00a pour les installations électromécaniques.</p> <p>Selon SN 640 900a, dans le processus partiel «Planification de mesures dans les systèmes partiels» des procédures spécifiques au système partiel sont utilisées pour l'identification de mesures économiquement optimales. Ces procédures doivent être définies pour le système partiel «installations électromécaniques».</p> <p>Pour définir l'inventaire convenable, des règles devraient être mises en place qui assurent un soutien concret à l'opérateur d'un système GEI.</p>

Summary

System limits	The sub-systems and the sub-processes are defined in the basic standard SN 640 900a “Maintenance Management” (MM). The research mandate concerns itself with the sub-processes “Data gathering and evaluation of state” and “Action planning”. Concretising goals, action management and construction planning are not taken into account.
Structure of electromechanical equipment	For electromechanical equipment, a structure with three levels is defined: Object, Installation and Component level. This structure enables the clear assignment of indicators to a data-gathering and presentation level.
Indicators	Generally valid indicators are defined which are to be applied to all components. Where necessary, component-specific indicators should be defined.
Transformation across levels	In order that interpretable values may result from the transformation of indicators onto higher levels, different functions must be used for the transformation, depending on the indicator involved.
Transformation into dimensionless index values	Transformation of indicators into dimensionless index values means that the different indicators can be presented on a uniform scale.
Presentation	For presentation of several different indicators in a single diagram, a radial diagram is most suitable. For presentation of the distribution and development over time of particular values, pie charts or bar charts are suitable.
Determination of action to be taken	Determination of action to be taken with regard to particular components results directly from the indicators gathered for the components. Also, component-specific actions must be available. (Example: for RMM, this is defined in SN 640 730 [5] Action plan)
Automated recording	Automated recording of indicators has been successfully put into practice. It was recognized, however, that the information desired needs to be defined at the stage of planning for implementation of automation.
Mobile data capture	The use of mobile data capture devices (MDCD) for gathering data on state was tried out successfully. The use of MDCD makes the process of data gathering simple and reliable, thanks to the guidance provided to the user.
Recommendations for the next stage	<p>On the basis of the action taken with regard to components, for the development of actions under SN 640 00a with regard to electromechanical equipment, the sub-process “Concretising of goals and constraints” needs to be defined.</p> <p>According to SN 640 900a, in the sub-process “Planning for action to be taken at sub-system level”, determination of the most economical actions requires that procedures be applied on a sub-system basis. These procedures need to be defined for the sub-system electromechanical equipment.</p> <p>For defining the relevant inventory, guidelines should be established which provide concrete assistance to the operator of an MME system.</p>

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1.	Erhaltungsmanagement (EM)	1
1.2.	Erhaltung von technischen Ausrüstungen	1
1.3.	Stand der Forschung	1
2	Zielsetzungen	2
3	Vorgehen bei der Methodenentwicklung	2
3.1.	Vergleich der Normen für technische Ausrüstung und Fahrbahnen	2
3.2.	Forschungsbericht Relevanz der Kenngrößen	5
3.3.	Systemgrenzen Forschungsauftrag Zustandsbewertung EM-Anlagen	6
3.4.	Folgerungen für das Vorgehen im Forschungsauftrag	6
4	Methode für die Zustandserhebung mittels Kenngrößen	7
4.1.	Zweck der Kenngrößen	7
4.2.	Strukturierung der technischen Ausrüstung	7
4.3.	Definition der Kenngrößen	8
4.4.	Definition der Kenngrößen-Typen	8
4.5.	Objekt-Kenngrößen	8
4.6.	Anlagen-Kenngrößen	9
4.7.	Komponenten-Kenngrößen	10
4.8.	Kenngrößen und Unterhaltsstrategie	12
5	Verfahren zur Erhebung von Kenngrößen	13
5.1.	Ebenen zur Erhebung von Kenngrößen	13
5.2.	Informationsquellen zur Erhebung von Kenngrößen	14
5.3.	Erhebung und Erfassung von Kenngrößen	14
5.4.	Umfang der Erhebung von Kenngrößen	14
6	Methoden zur Transformation von Kenngrößen	15
6.1.	Transformation über Ebenen	15
6.2.	Transformation von Kenngrößen in dimensionslose Indexwerte	18
7	Darstellungsarten für die Kenngrößen	19
7.1.	Darstellung von Kenngrößen im Radialdiagramm	19
7.2.	Darstellung der Kenngrößen im Kreisdiagramm	20
7.3.	Darstellung der Kenngrößen im Säulendiagramm	20

8	Verfahren zur Definition von Massnahmen	21
8.1.	Bestimmung von Massnahmen am Beispiel der Komponente Leuchte	21
8.2.	Bestimmung der optimalen Massnahme	22
9	Automatische Erfassung von Kenngrössen mit dem Leitsystem	23
9.1.	Zielsetzung bei der Nutzung des Leitsystems	23
9.2.	Prinzip für die Datenerfassung und die Verbindung zum Inventar	23
9.3.	Ausgewählte Messgrössen	24
9.4.	Beurteilung der Verwendbarkeit von Messwerten	24
9.5.	Beurteilung der Verwendbarkeit von Meldungen	25
9.6.	Fazit zum Einsatz der Leitsysteme für die Zustandsbewertung	25
10	Erfassung von Kenngrössen mit mobilem Datenerfassungsgerät	26
10.1.	Zielsetzung bei der Nutzung mobiler Datenerfassungsgeräte (MDE)	26
10.2.	Umsetzung der Anforderungen und Einsatz des MDE im Tunnel	26
11	Anwendung der Methoden und Verfahren an der Leuchte	27
11.1.	Erhebung der Kenngrössen am Beispiel der Leuchte	27
11.2.	Transformationen über Ebenen am Beispiel Leuchte	29
11.3.	Indexbildung am Beispiel Leuchte	32
11.4.	Bestimmung von Massnahmen am Beispiel der Komponente Leuchte	34
12	Vorschläge ergänzende Forschungsberichte	37
13	Glossar	38
14	Literaturverzeichnis	39
15	Anhang	40
15.1.	Verfahren zur Erhebung von Kenngrössen	40
15.2.	Bezeichnung und Kennzeichnung von Komponenten	40
15.3.	Zustandserhebung mittels Mobilem-Daten-Erfassungsgerät (MDE)	41
15.4.	Beispiele für Fragestellungen bei der Zustandserhebung/Kontrolle	43



Impressum

Auftraggeber Vereinigung Schweizerischer
Strassenfachleute (VSS)
Seefeldstrasse 9
8008 Zürich

Auftragnehmer **vico group**
Poststrasse 3
CH-7000 Chur
Fon +41 (0)81 257 06 90
Fax +41 (0)81 257 06 91
E-Mail info@vico.ch

Verfasser Rico Frischknecht
Markus Nigg

Begleitende Kommission EK 7

1 Einleitung

1.1. Erhaltungsmanagement (EM)

Übergeordnetes System Die Teilsysteme des Erhaltungsmanagements Fahrbahnen (EMF), Erhaltungsmanagement Kunstbauten (EMK) und Erhaltungsmanagement technische Ausrüstung (EMT) müssen zur Erreichung der gesetzten Ziele jeweils optimale Massnahmen oder Massnahmenfolgen planen. Die Ergebnisse der Planungsprozesse in den Teilsystemen gelten für Koordination und Optimierung im Gesamtsystem EM als Grundlage zur Bildung von Erhaltungsabschnitten. Während in den Teilsystemen EMF und EMK die Verfahren zur systematischen Erhebung und Bewertung der Zustandsdaten der Anlagen weitgehend entwickelt und zum Teil normiert wurden, fehlt dies noch für das EMT.

Das zu entwickelnde Verfahren für das Teilsystem EMT sollte einerseits zur höheren Verträglichkeit der Bewertungsdaten im Gesamtsystem EM und andererseits zur Effizienzsteigerung des Planungsprozesses im Teilsystem selbst führen.

1.2. Erhaltung von technischen Ausrüstungen

Komplex und kostenintensiv Bei den technischen Ausrüstungen im Strassennetz, mit ihren sicherheits- und betriebs-technisch wichtigen Aufgaben, handelt es sich um Einrichtungen, die aus der Sicht der Erhaltung komplex und kostenintensiv sind. Vor diesem Hintergrund ist es klar, dass dem Management zur Erhaltung der technischen Ausrüstungen eine grosse Bedeutung zukommt.

1.3. Stand der Forschung

Grundlagen In mehreren Kantonen sind für das Management zur Erhaltung der technischen Ausrüstungen gewisse Grundlagen erarbeitet und in die Praxis umgesetzt worden. Ein Teil dieser Arbeiten ist auch dokumentiert und interessierten Kreisen zugänglich.

Methoden Bis heute fehlen aber pragmatische Methoden, die sich zur Zustandsbewertung umfangreicher technischer Ausrüstungen eignen. Dasselbe gilt auch für die Ableitung von Erhaltungsmassnahmen, welche in direktem Zusammenhang mit dem Zustand der technischen Ausrüstungen stehen.

Relevanz von Kenngrössen Im Forschungsauftrag "Relevanz der Kenngrössen" sind die Grundlagen für die Zustandsbewertung von EM-Anlagen erarbeitet worden. Damit sind die Voraussetzungen geschaffen worden, dass Methoden und Verfahren entwickelt werden können, welche die Erfassung des Zustandes und die Darstellung der Zustandsentwicklung ermöglichen.

2 Zielsetzungen

Zustandsentwicklung	Entwicklung und Überprüfung von Methoden und Verfahren zur Erfassung des Zustandes und zur Darstellung der Zustandsentwicklung.
Automatische Erfassung	Entwicklung und Überprüfung von Methoden und Verfahren zur automatisierten Erfassung von Zustandskenngrössen unter Einbezug der vorhandenen Leitsysteme.
Erhaltungsmassnahmen	Entwicklung und Überprüfung von Bewertungsmassstäben, die es ermöglichen aufgrund der Zustandsentwicklung Erhaltungsmassnahmen auszulösen.
Praxistauglichkeit	Alle im Rahmen des Forschungsprojekts entwickelten Methoden sollen in einem realen Umfeld erprobt und auf ihre Praxistauglichkeit überprüft werden.

3 Vorgehen bei der Methodenentwicklung

3.1. Vergleich der Normen für technische Ausrüstung und Fahrbahnen

Durch den Vergleich der Normen der Teilsysteme Technische Ausrüstung und Fahrbahnen sollen Erkenntnisse gewonnen werden, welche direkt in die Entwicklung der Methoden zur Zustandserhebung der technischen Ausrüstung einfließen können.

3.1.1 Zustandserhebung im Teilsystem Technische Ausrüstung

Die Norm SN 640 964 „Zustandserhebung und Zustandsbewertung der technischen Ausrüstungen“ [1] ist das zentrale Dokument für die Zustandserhebung der technischen Ausrüstung. In dieser Norm sind keine Kenngrössen (Zustandsmerkmale) definiert. Bezüglich der Kenngrössen erfolgt dort lediglich der Verweis auf die Norm SN 640 962 „EMT Methodik der Typenregeln“ [2].

In der Norm SN 640 962 [2] „EMT Methodik der Typenregeln“ sind drei Klassen von Typenregeln definiert:

- Typenregeln zur Bestimmung von Prüfungen
- Typenregeln zur Definition von Erhaltungstätigkeiten
- Typenregeln zur Erfassung von Zustandsgrössen

Für die Zustandserhebung sind gemäss dieser Definition Typenregeln zur Erfassung der Zustandskenngrössen notwendig.

Über die Notwendigkeit zur Bestimmung von Typenregeln wird bezüglich der Erfassung von Zustandskenngrössen in der Norm SN 640 962 „EMT-Methodik der Typenregeln“ [2] festgehalten: Typenregeln sind dann erforderlich, wenn die Zustandsdarstellung die Erhebung von Kenngrössen für eine Anlage oder eine Komponente verlangt.

3.1.2 Zustandserhebung im Teilsystem Fahrbahnen

Die Norm SN 640 925b „Zustandserhebung und Indexbewertung der Fahrbahnen“ [3] ist das zentrale Dokument für die Zustandserhebung der Fahrbahnen.

Für Fahrbahnen sind fünf Zustandsmerkmale definiert:

- Oberflächenschäden
- Ebenheit in Längsrichtung
- Ebenheit in Querrichtung
- Griffbarkeit
- Tragfähigkeit

Zum Zustandsmerkmal Oberflächenschäden existiert ein Anhang zur Norm SN 640 925b „Zustandserhebung und Indexbewertung“ [4]. Sie enthält eine Anleitung zur visuellen Zustandserhebung und Indexbewertung mit Schadenkatalog.

Für die Erhebung der weiteren vier Zustandsmerkmale existieren separate Normen, in denen Methoden und Verfahren zur Erhebung Zustandswerte definiert sind. Die Indexbewertung dieser vier Zustandsmerkmale ist ebenfalls in der Norm SN 640 925b „Zustandserhebung und Indexbewertung der Fahrbahnen“ [3] definiert.

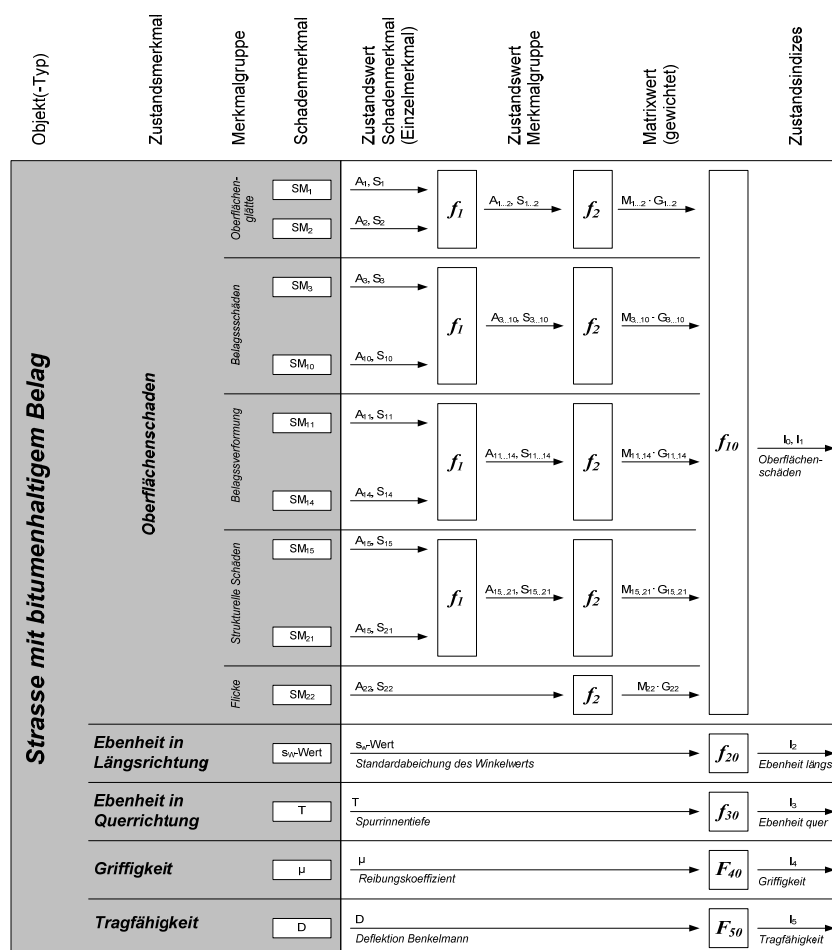


Abbildung 1: Zustandserhebung und Indexbewertung der Fahrbahnen

Als Grundlage für die Massnahmenplanung ist zudem in der Norm SN 640 730 [5] und folgende ein Massnahmenkonzept zur Erhaltung der Fahrbahnen definiert.



3.1.3 Gegenüberstellung Fahrbahn und Technische Ausrüstung

Teilsystem	Fahrbahnen	Technische Ausrüstung
Komponenten	Im Teilsystem Fahrbahnen muss der Zustand nur für eine Komponente erhoben werden, nämlich für die Fahrbahn.	Im Teilsystem Technische Ausrüstung muss der Zustand für verschiedene Anlagen mit mehreren unterschiedlichen Komponenten erhoben werden, z.B. für die Anlagen Energieversorgung, Beleuchtung, Lüftung etc.
Kenngrossen	In den Normen zum Teilsystem Fahrbahnen sind Zustandsmerkmale, Merkmalgruppen und Schadenmerkmale definiert.	In der Norm zum Teilsystem Technische Ausrüstung sind keine Kenngrossen definiert.
Indexbildung	In den Normen zum Teilsystem Fahrbahn sind zur Bildung von Zustandsindizes Funktionen definiert.	In den Normen zum Teilsystem Technische Ausrüstung sind zur Bildung von Zustandsindizes keine Funktionen definiert.
Massnahmen	In den Normen zum Teilsystem Fahrbahn ist ein Massnahmenkonzept zur Erhaltung der Fahrbahnen definiert.	In der Norm zum Teilsystem Technische Ausrüstung existieren zum Thema Massnahmen keine Definitionen.

3.2. Forschungsbericht Relevanz der Kenngrößen

3.2.1 Zielsetzung Forschungsprojekt Relevanz der Kenngrößen

Im Forschungsprojekt „21/98 Management der Erhaltung elektromechanischer Ausrüstung von Strassenverkehrsanlagen, Relevanz von Kenngrößen“ sind als Ziele definiert worden:

Evaluierung von Kenngrößen zur allgemein gültigen Beurteilung von elektromechanischen Anlagen. Relevanz der Kenngrößen der elektromechanischen Ausrüstung hinsichtlich der

- sicherheitstechnischen und risikobezogenen Beurteilung des Systems
- Zustandsbewertung der Ausrüstung
- Erhaltungsmassnahmen

Entwicklung von Algorithmen betreffend der Zustandsbewertung

- Geeignete Modelle und Algorithmen für die stufengerechte Zustandsdarstellung und Zustandsbewertung.

3.2.2 Zusammenfassung Forschungsbericht Relevanz der Kenngrößen

- Im Forschungsprojekt wurde festgestellt, dass die Zustandsbeurteilung mittels empirischer Kenngrößen (technische und physikalische Messgrößen, Umweltbedingungen, statistische Werte) für einen Grossteil der elektromechanischen Anlagen korrekt ist und zu richtigen Beurteilungen führt.
- Es ist für jedes EM-System ein anlagenspezifischer Satz von Kenngrößen in enger Zusammenarbeit mit Lieferant und Betriebspersonal zusammenzustellen. Allgemeingültige Kenngrößen gibt es nicht.
- Durch kontinuierliche Erfassung der Kenngrößen sowie deren graphische Aufarbeitung und Darstellung ist eine empirische Zustandseinschätzung mit hoher Aussagekraft möglich.
- Die Relevanz der Kenngrößen wird auf der Ebene „System Strasse“ und der Ebene „EM-Anlage“ diskutiert. Es wird gezeigt, dass nur Kenngrößen, die alle Aspekte des Systems Strasse berücksichtigen relevant sind und über die Zustandsbewertung zu tragfähigen Entscheiden führen.
- Für bestimmte EM-Systeme, insbesondere elektronische, die nicht dem Verschleiss unterworfen sind, ist durch die Anwendung der Zuverlässigkeitstheorie eine statistische Zuverlässigkeitsbeurteilung möglich.
- Für einfach strukturierte Systeme oder Teile von EM-Anlagen ist eine Modellierung mit Markow-Prozessen möglich. Der Vorteil einer rechnerischen Bewältigung eines Modells besteht darin, dass Wartungsstrategien aufgrund der errechneten Verfügbarkeit optimiert werden können.

3.2.3 Bemerkungen Forschungsbericht Relevanz der Kenngrößen

- Im Forschungsbericht fehlt eine einheitliche Definition der Betrachtungseinheit, was die Interpretation der Aussagen erschwert. (EM-System, EM-Anlagen, etc.).
- Bezüglich der Kenngrößen für die Definition der Erhaltungsmassnahmen wird im Forschungsprojekt als Voraussetzung die Definition der Unterhaltsstrategie gefordert.

3.3. Systemgrenzen Forschungsauftrag Zustandsbewertung EM-Anlagen

Im Forschungsauftrag „Zustandsbewertung von EM-Anlagen“ werden nur die Teilprozesse 1 bis 3 des Teilsystems Technische Ausrüstung behandelt.

Die Teilprozesse 4 und 5 Massnahmenmanagement und Baustellenplanung sind nicht Gegenstand des Forschungsauftrags.

Erhaltungsmanagement Strassenverkehrsanlagen		Teilsysteme				
		Fahrbahnen (EMF)	Kunstabauten (EMK)	Technische Ausrüstung (EMT)	Werkleitungen (EMW)	Nebenanlagen und sonstige Objekte (EMN)
Teilprozesse	1. Erhebung und Bewertung von Zustand und Beanspruchungen					
	2. Konkretisierung der Ziele und der Randbedingungen					
	3. Massnahmenplanung (Teilsystem)					
	4. Massnahmenmanagement, Koordination (Gesamtsystem)					
	5. Baustellenplanung (Bauprogramm)					

Abbildung 2: Matrix der Teilsysteme und der Teilprozesse mit Systemgrenzen des Forschungsauftrags

3.4. Folgerungen für das Vorgehen im Forschungsauftrag

- Damit die Erhebung der Kenngrößen möglich wird, muss für die technische Ausrüstung eine klare Struktur definiert werden.
- Es müssen Kenngrößen definiert werden.
- Zur Indexierung der Zustandswerte müssen Funktionen definiert werden.
- Es muss ein Konzept zur Bildung von Massnahmen definiert werden.

4 Methode für die Zustandserhebung mittels Kenngrößen

4.1. Zweck der Kenngrößen

Mit der systematischen Erhebung von Kenngrößen werden im Erhaltungsmanagement der technischen Ausrüstung (EMT) die folgenden Aufgaben unterstützt:

- Einheitliche Beurteilung des Zustandes der technischen Ausrüstung
- Überwachen der Zustandsentwicklung der technischen Ausrüstung
- Begründetes definieren von Massnahmen an der technischen Ausrüstung
- Überprüfen der in der Unterhaltsstrategie definierten Ziele

4.2. Strukturierung der technischen Ausrüstung

SN 640 961 "EMT-Inventar" [6] definiert die Struktur auf drei Ebenen:

- Ort (Abschnitt, Objekt) z.B. Tunnel Chlus
- Anlage z.B. Beleuchtung
- Komponente z.B. Leuchte

Struktur mit drei Ebenen

Ort	Anlage	Komponente
Tunnel Chlus	1. Energieversorgung	Transformator
		Schaltgerät
		etc.
	2. Beleuchtung	Leuchte
		Leistungsregler
		etc.
	3. Lüftung	Ventilator
		Abluftklappe
		etc.
	4. Signalisation	Signalgeber
		Wechselsignal
		etc.
	5. Sicherheits- und Messeinrichtungen	Brandmeldeanlage
		NT-Säule
		etc.
	6. Zentraleinrichtungen	LAN/WAN-Komponente
		SPS-Hardware
		etc.
	7. Kabelanlagen	LWL-Kabel
		Hochspannungskabel
		etc.
	8. Nebeneinrichtungen	Krananlage
		Türen und Tore
		etc.
	9. Baul. Einrichtungen	Brandabschottung
		Tragsystem
		etc.

Strukturierung der technischen Ausrüstung (Fortsetzung)

Auf dieser Grundlage werden für jede Anlage und deren (Installations-)Ort, abhängig von der Unterhaltsstrategie, die für das Erhaltungsmanagement relevanten Komponenten definiert. In diesem Schritt wird das relevante Inventar definiert. Mit der Definition der relevanten Komponenten wird auch der Detaillierungsgrad der Zustandserhebung festgelegt.

4.3. Definition der Kenngrössen

Einleitung Im Rahmen der Forschungsarbeit wurden in Zusammenarbeit mit dem Unterhaltspersonal des Tiefbauamts Graubünden komponentenbezogen Kenngrössen definiert. Dabei hat sich herausgestellt, dass nur wenige komponentenspezifische Kenngrössen notwendig sind, und der grosse Teil der Kenngrössen auf alle Komponenten anwendbar ist. Aufgrund dieses Resultates wurde ein möglichst kleines und einheitliches Kenngrössenset definiert.

Gleichzeitig wurde in diesem Rahmen versucht, bezüglich der Erhebung der Kenngrössen, Aufwand und Nutzen abzuschätzen. Aufgrund dieser Schätzung wurde festgelegt, dass im Rahmen dieser Arbeit exemplarisch, die Komponente Leuchte zu verwenden sei.

Grundsätze Bei der Definition der Kenngrössen werden folgende Ziele angestrebt:

- Es werden nur wenige, aber aussagekräftige Kenngrössen definiert
- Kenngrössen sind verständlich und einfach nachvollziehbar
- Allgemeine Kenngrössen gelten für die gesamte technische Ausrüstung
- Komponentenspezifische Kenngrössen werden nur ganz wenige definiert
- Kenngrössen können mit minimalem Aufwand erhoben werden

4.4. Definition der Kenngrössen-Typen

Die Kenngrössen der technischen Ausrüstung werden in drei Kenngrössen-Typen unterteilt:

- Objekt-Kenngrössen
- Anlage-Kenngrössen
- Komponenten-Kenngrössen
 - Allgemeine Komponenten-Kenngrössen
 - Spezifische Komponenten-Kenngrössen

4.5. Objekt-Kenngrössen

Kenngrössen, die auf der Ebene Ort Verwendung finden, werden Objekt-Kenngrössen genannt. Objekt-Kenngrössen werden entweder auf der Ebene Objekt erhoben oder sie werden aus Anlagen- oder Komponenten -Kenngrössen ermittelt.

Beispiele für typische Objekt-Kenngrössen sind:

- Unterhaltskosten des Objekts
- Unterhaltseinsätze des Objekts
- Energieverbrauch des Objekts

Objekt-Kenngrößen (Fortsetzung)

Objekt-Kenngrößen	Ort	Anlage	Komponente
Tunnel Chius	1. Energieversorgung	1. Energieversorgung	Transformator
			Schaltgerät
			etc.
		2. Beleuchtung	Leuchte
			Leistungsregler
			etc.
		3. Signalisation	Ventilator
			Abluftklappe
			etc.
	4. Signalisation	Signalgeber	
		Wechselnsignal	
	5. Sicherheits- und Messeinrichtungen	etc.	
		Brandmeldeanlage	
	6. Zentraleinrichtungen	NT-Säule	
		etc.	
	7. Kabelanlagen	LANWAN-Komponente	
		SPS-Hardware	
	8. Nebeneinrichtungen	etc.	
		LWL-Kabel	
	9. Baul. Einrichtungen	Hochspannungskabel	
		etc.	
8. Nebeneinrichtungen	Krananlage		
	Türen und Tore		
9. Baul. Einrichtungen	etc.		
	Brandabschottung		
Tragsystem			
etc.			

4.6. Anlagen-Kenngrößen

Kenngrößen, die auf der Ebene Anlage Verwendung finden, werden Anlagen-Kenngrößen genannt. Anlagen-Kenngrößen werden entweder auf der Ebene Anlage erhoben oder sie werden aus Komponenten-Kenngrößen ermittelt.

Beispiele für typische Anlagen-Kenngrößen sind:

- Unterhaltskosten der Anlage
- Unterhaltseinsätze für die Anlage
- Energieverbrauch der Anlage

Anlagen-Kenngrößen	Ort	Anlage	Komponente
Tunnel Chius	1. Energieversorgung	1. Energieversorgung	Transformator
			Schaltgerät
			etc.
		2. Beleuchtung	Leuchte
			Leistungsregler
			etc.
		3. Beleuchtung	Unterhaltskosten der Beleuchtung
			Unterhaltseinsätze für die Beleuchtung
			Energieverbrauch der Beleuchtung
	4. Signalisation	4. Signalisation	Wechselnsignal
		etc.	
	5. Sicherheits- und Messeinrichtungen	5. Sicherheits- und Messeinrichtungen	Brandmeldeanlage
		etc.	
	6. Zentraleinrichtungen	6. Zentraleinrichtungen	NT-Säule
		etc.	
	7. Kabelanlagen	7. Kabelanlagen	LANWAN-Komponente
		etc.	
	8. Nebeneinrichtungen	8. Nebeneinrichtungen	SPS-Hardware
		etc.	
	9. Baul. Einrichtungen	9. Baul. Einrichtungen	LWL-Kabel
		etc.	
8. Nebeneinrichtungen	8. Nebeneinrichtungen	Hochspannungskabel	
	etc.		
9. Baul. Einrichtungen	9. Baul. Einrichtungen	Krananlage	
	etc.		
8. Nebeneinrichtungen	8. Nebeneinrichtungen	Türen und Tore	
	etc.		
9. Baul. Einrichtungen	9. Baul. Einrichtungen	Brandabschottung	
	Tragsystem		
etc.			

4.7. Komponenten-Kenngrößen

Auf der untersten Ebene der technischen Ausrüstung fallen Komponenten-Kenngrößen an. Auf dieser Ebene ist das Unterhaltspersonal an der technischen Ausrüstung tätig, z.B. beim Ersetzen des Leuchtmittels der Komponente Leuchte.

Typische Komponenten sind:

- Transformatoren (Anlage Energieversorgung)
- Leuchten (Anlage Beleuchtung)
- Ventilatoren (Anlage Lüftung)

4.7.1 Allgemeine Komponenten-Kenngrößen

Durch die Verwendung weniger allgemeiner Komponenten-Kenngrößen wird deren Erhebung einfach, und sie können vom Anlagenbetreiber problemlos interpretiert werden. Allgemeine Komponenten-Kenngrößen werden auf alle Komponenten angewendet. Als allgemeine Komponenten-Kenngrößen definieren wir:

- Betriebsdauer
- Störungen und Ausfälle
- Ersatzteilverfügbarkeit
- Supportverfügbarkeit
- Unterhaltskosten
- Unterhaltseinsätze

Allgemeine
Komponenten-
Kenngrößen

Ort	Anlage	Komponente
Tunnel CHus	1. Energieversorgung	Transformator
		Schaltgerät
		etc.
	2. Beleuchtung	Leuchte
		Leuchte
		etc.
	3. Lüftung	Ventilator
		Abluft
		etc.
	4. Signalisation	Signal
		Wechsel
		etc.
	5. Sicherheits- und Messeinrichtungen	Brandmelder
		NT-Säule
		etc.
	6. Zentraleinrichtungen	LAN/WAN-Komponente
		SPS-Hardware
		etc.
	7. Kabelanlagen	LWL-Kabel
		Hochspannungskabel
etc.		
8. Nebeneinrichtungen	Krananlage	
	Türen und Tore	
	etc.	
9. Baul. Einrichtungen	Brandabschottung	
	Tragsystem	
	etc.	

Betriebsdauer

Störungen und Ausfälle

Ersatzteilverfügbarkeit

Supportverfügbarkeit

Unterhaltskosten

Unterhaltseinsätze

Allgemeine Komponenten-Kenngrößen (Fortsetzung)

Betriebsdauer, Ausfälle, Störungen und die Ersatzteil- und Supportverfügbarkeit sind allgemeine Komponenten-Kenngrößen, welche direkt an der Komponente erhoben werden.

Unterhaltskosten und die Anzahl der Unterhaltseinsätze sind allgemeine Komponenten-Kenngrößen, die indirekt über die Rapportierung von Massnahmen an der Komponente erhoben werden.

Abhängig vom Verwendungszweck können aus den allgemeinen Komponenten-Kenngrößen zusätzliche Kenngrößen berechnet werden. Auf der Ebene Komponente kann so z.B. aus der Betriebsdauer eine Prognose über die erwartete Restlebensdauer oder den erwarteten Ausfallzeitpunkts gestellt werden.

4.7.2 Spezifische Komponenten-Kenngrößen

Um auf spezielle Eigenschaften von Komponenten eingehen zu können, werden neben den allgemeinen Komponenten-Kenngrößen zusätzlich spezifische Komponenten-Kenngrößen definiert.

Für die Komponente Leuchte sind das z. B.

- Zustand der Aufhängung gehäuseseitig
- Zustand von Glas und Dichtungen
- Zustand von Gehäuse und Reflektor (Korrosion)

Spezifische
Komponenten-
Kenngrößen
der Leuchte

Ort	Anlage	Komponente
Tunnel Chius	1. Energieversorgung	Transformator
		Schaltgerät
		etc.
	2. Beleuchtung	Leuchte
		Leistungsreg
		etc.
	3. Lüftung	Ventilator
		Abluftklappe
		etc.
	4. Signalisation	Signalgeber
		Wechselsignal
		etc.
	5. Sicherheits- und Messeinrichtungen	Brandmeldeanlage
		NT-Säule
		etc.
	6. Zentraleinrichtungen	LAN/WAN-Komponente
		SPS-Hardware
		etc.
	7. Kabelanlagen	LWL-Kabel
		Hochspannungskabel
		etc.
	8. Nebeneinrichtungen	Krananlage
		Türen und Tore
		etc.
	9. Baul. Einrichtungen	Brandabschottung
		Tragsystem
		etc.

Aufhängung gehäuseseitig
Glas und Dichtung
Gehäuse und Reflektor

Pro Komponente sollten nicht mehr als fünf spezifische Kenngrößen definiert werden, weil die Erhebung der Kenngrößen, bei der Vielzahl unterschiedlicher Komponenten, zu aufwendig wird.

Wenn detaillierte komponentenspezifische Informationen benötigt werden, können diese aus der Instandhaltungs-Dokumentation entnommen werden.

4.8. Kenngrössen und Unterhaltsstrategie

Definition der Kenngrössen Die Definition von Kenngrössen ist unabhängig von der Unterhaltsstrategie. Aus der Definition der Kenngrössen resultiert ein komplettes Kenngrössenset.

Wahl der Kenngrössen Im Gegensatz zur Definition der Kenngrössen ist die Wahl der Kenngrössen abhängig von der Unterhaltsstrategie des Betreibers der Strassenverkehrsanlage. Weil im Rahmen des Forschungsauftrags nicht auf die Unterhaltsstrategie eingegangen wird, soll die Abhängigkeit nur an einem Beispiel erläutert werden.

Beim Unterhalt der Tunnelbeleuchtung können bezüglich der Leuchtmittel folgende Strategien angewendet werden:

- a) Ersetzen der Leuchtmittel am Ende der erwarteten Lebensdauer, z.B. 25'000 Std.
- b) Ersetzen der Leuchtmittel nach einer fixen Betriebsdauer, z.B. 4 Jahre

Im Fall a) wird die Kenngrösse Betriebsdauer benötigt

Im Fall b) wird keine Kenngrösse benötigt

5 Verfahren zur Erhebung von Kenngrößen

Die Erhebung der allgemeinen und der spezifischen Komponenten-Kenngrößen erfolgt auf der Ebene Komponente oder Teilkomponente.

Falls die Erhebung Komponenten-Kenngrößen aus technischen oder organisatorischen Gründen nicht möglich ist, beschränkt sich die Erhebung von Kenngrößen auf die Anlagen- und Objekt-Kenngrößen.

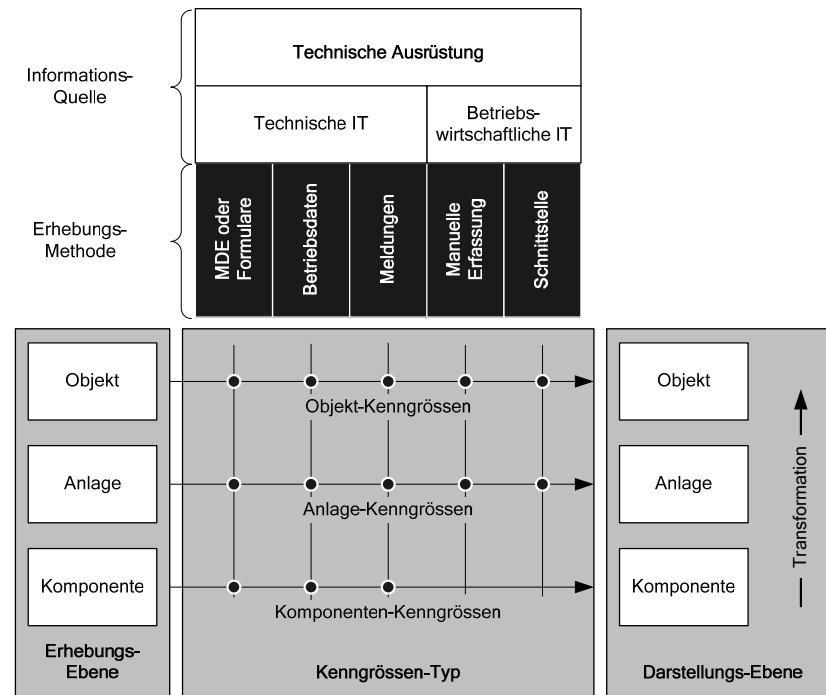


Abbildung 3: Übersicht Erhebung von Kenngrößen

5.1. Ebenen zur Erhebung von Kenngrößen

Die Erhebung der Kenngrößen der technischen Ausrüstung erfolgt auf den Ebenen:

- Objekt z.B. Tunnel Chlus
- Anlage z.B. Beleuchtung
- Komponente z.B. Leuchte

Die Festlegung der Erhebungstiefe steht in einem direkten Zusammenhang mit der Verwendung der Kenngrößen.

Sollen die Kenngrößen im Rahmen des Erhaltungsmanagements der technischen Ausrüstung zur Planung von Sofortmassnahmen, Instandhaltungs- oder Instandsetzungsmassnahmen verwendet werden, ist die Erhebung auf der Ebene Komponente sinnvoll. Aus dem aus der Kenngrösse abgeleiteten Zustand der Komponente kann direkt eine Massnahme für die betroffene Komponente bestimmt werden.

Falls die Erhebung der Kenngrößen auf die Ebene Anlage beschränkt wird, fehlt für die Festlegung von Massnahmen auf Komponenten-Ebene der direkte Bezug zu den zu reparierenden oder zu ersetzenden Komponenten.



5.2. Informationsquellen zur Erhebung von Kenngrössen

Die Erhebung der Kenngrössen der technischen Ausrüstung erfolgt aus drei Informations-Quellen:

- | | |
|------------------------------|--|
| - Technische Ausrüstung | Komponenten der technischen Ausrüstung |
| - Technische IT | Leitsystem (Uels), Instandhaltungs-Applikation |
| - Betriebswirtschaftliche IT | Rapportwesen und Kostenrechnung |

5.3. Erhebung und Erfassung von Kenngrössen

5.3.1 Erhebungsmethode von Kenngrössen

- | | |
|-----------------------------------|--|
| - MDE ¹ oder Formulare | Datenerfassung an der technischen Ausrüstung |
| - Betriebsdaten | Messwerte aus Leitsystem (Uels) und Instandhaltung |
| - Meldungen | Meldungen aus Leitsystem (Uels) |
| - Manuelle Erfassung | Datenerfassung aus Rapportwesen und Kostenrechnung |
| - Schnittstellen | Datenübernahme aus Rapportwesen und Kostenrechnung |

¹MDE - Mobiles Datenerfassungsgerät

5.3.2 Erfassung von Kenngrössen

- | | |
|------------------------|--|
| - Messung | Messen physikalischer oder monetärer Grössen, z.B. Anzahl Stunden, Unterhaltskosten etc. |
| - Visuelle Beurteilung | Festlegen von Kenngrössen durch Vergleich einer Komponente mittels Schadenkatalog, z.B. Zustand der Aufhängung gehäuseseitig tragbar |
| - Herstellerangaben | Übernahme von Kenngrössen der Hersteller, z.B. erwartete Lebensdauer 25'000 Stunden |

5.4. Umfang der Erhebung von Kenngrössen

Die Erhebung der Kenngrössen kann zu 100% oder mittels Stichproben erfolgen. Der Entscheid für den Umfang der Erhebung wird durch die gewählte Unterhaltsstrategie bestimmt.

Wenn in der Strategie das gezielte Auswechseln von Komponenten vorgesehen ist, muss die Überprüfung der Funktionsfähigkeit dieser Komponenten zu 100% erfolgen.

Wenn alle Komponenten, unabhängig von ihrer Funktionsfähigkeit, nach einer fixen Betriebsdauer ausgewechselt werden, kann auf die Überprüfung der Funktionsfähigkeit gänzlich verzichtet werden.



6.1.2 Transformation der Kenngrößen unterschiedlicher Komponenten

Das Zusammenziehen der Kenngrößen von unterschiedlichen Komponenten auf eine übergeordnete Ebene ist hauptsächlich für allgemeine Komponenten-Kenngrößen sinnvoll.

Beispiele dafür sind:

- Summe der Unterhaltskosten mehrerer unterschiedlicher Komponenten
- Summe der Unterhaltseinsätze mehrerer unterschiedlicher Komponenten
- Summe der Ausfälle mehrerer unterschiedlicher Komponenten
- Summe der Störungen mehrerer unterschiedlicher Komponenten

Es ist aber auch denkbar, dass spezielle Komponenten-Kenngrößen von unterschiedlichen Komponenten auf eine übergeordnete Ebene zusammengezogen werden. Sinnvoll ist das in Fällen, in welchen ähnliche spezifische Komponenten-Kenngrößen vorkommen, beispielsweise Kenngrößen zum mechanischen Zustand von Komponenten.

6.1.3 Darstellung der Transformation über Ebenen

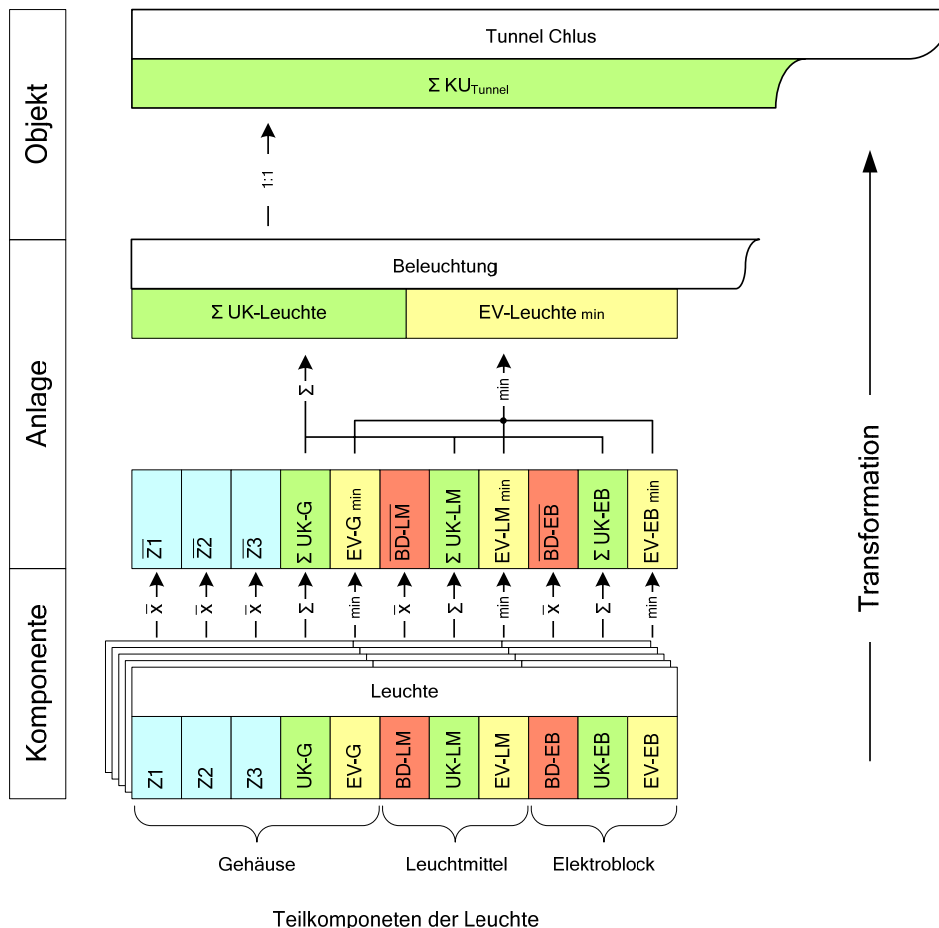


Abbildung 6: Beispiel einer Transformation

Objekt Auf die Ebene Objekt können die Unterhaltskosten der Ebene Anlage, Σ UK-Leuchte, direkt übernommen werden.

Anlage Auf der Ebene Anlage wird ein neuer Satz Kenngrößen gebildet.

Summe Unterhaltskosten der Komponente (Leuchte)	Σ UK - L
Minimale Ersatzteilverfügbarkeit der Komponente (Leuchte)	EV-L min
Mittelwerte mechanischer Zustand der Komponente	$\bar{Z}_1 \quad \bar{Z}_2 \quad \bar{Z}_3$
Mittelwerte Betriebsdauer pro Teilkomponente	$\overline{BD-G} \quad \overline{BD-LM} \quad \overline{BD-EB}$
Summen Unterhaltskosten pro Teilkomponente	Σ UK - G Σ UK - LM Σ UK - EB
Minimale Ersatzteilverfügbarkeit pro Teilkomponente	EV-G min EV-LM min EV-EB min

Komponente Auf Ebene Komponente fällt pro Teilkomponente ein Satz Kenngrößen an.

Zustandsgrößen	Teilkomponenten der Leuchte		
	Gehäuse (G)	Leuchtmittel (LM)	Elektroblock (EB)
Mech. Zustand (Zx)	Z1, Z2, Z3	Keine	Keine
Unterhaltskosten (UK)	UK-G	UK-LM	UK-EB
Betriebsdauer (BD)	BD-G	BD-LM	BD-EB
Ersatzteilverfügbarkeit (EV)	EV-G	EV-LM	EV-EB

6.2. Transformation von Kenngrößen in dimensionslose Indexwerte

Kenngrößen der technischen Ausrüstung haben ihren Ursprung in

- der Messung physikalischer oder monetärer Größen
- der visuellen Beurteilung
- Herstellerangaben

Messwerte und Herstellerangaben fallen als dimensionsbehaftete Größen an.

Aus der visuellen Erhebung von Kenngrößen fallen dimensionslose Indexwerte an.

In der Norm SN 640 904 „Gesamtbewertung von Fahrbahnen, Kunstbauten und technischen Ausrüstungen“ [7] ist definiert, dass die Bewertung auf Projektebene mittels Indexwerten in einer Skalierungsbreite von 0 bis 5 zu erfolgen hat. Damit die Darstellung aller Kenngrößen in Form von Indexwerten erfolgen kann, müssen für die Bildung von Indexwerten der Zustandswerte aus Messungen und aus Herstellerangaben Umrechnungsregeln definiert werden.

Auf welcher Ebene die Bildung der Indexwerte erfolgt, ist abhängig von der Verwendungsart der Kenngrößen.

Bezüglich der Indexbildung definieren wir:

Zustandswert Zustandswerte sind das Resultat der Zustandserhebung. Zustandswerte können dimensionslose oder dimensionsbehaftete Größen sein.

Zustandsklasse Zustandsklassen sind das Resultat der Normierung von Zustandsgrößen. Zustandsklassen sind dimensionslose Größen mit einem Wertebereich 0 bis 5.

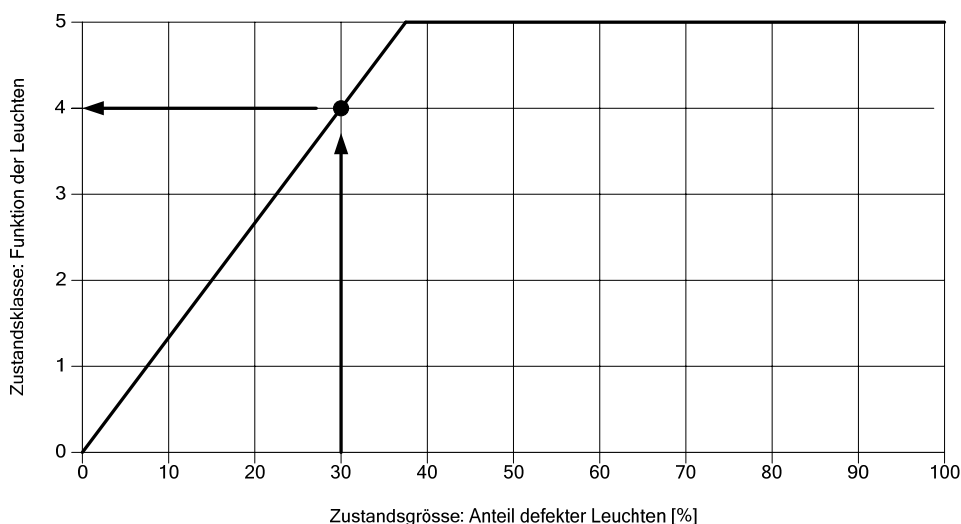


Abbildung 7: Beispiel zur Transformation der Zustandsgröße in die Zustandsklasse

7 Darstellungsarten für die Kenngrößen

Abhängig vom Verwendungszweck können Kenngrößen auf unterschiedliche Arten dargestellt werden.

Darstellungsart	Typische Verwendung	Beispiel
Numerische Grösse	Einzelwert oder Tabelle auf beliebiger Ebene	Unterhaltskosten
Radialdiagramm	Darstellung normierter Werte mehrerer unterschiedlicher Grössen auf beliebiger Ebene	Zustand Aufhängung, Korrosion Gehäuse, Ersatzteilverfügbarkeit, etc.
Kreisdiagramm	Darstellung der prozentualen Verteilung einer Grösse auf beliebiger Ebene	Prozentuale Verteilung der Restbetriebsdauer der Leuchtmittel
Säulendiagramm	Darstellung der zeitlichen Entwicklung einer Grösse auf beliebiger Ebene	Entwicklung der Unterhaltskosten der Beleuchtung über die letzten 5 Jahre

7.1. Darstellung von Kenngrößen im Radialdiagramm

In der SN-Norm 640 964 „Zustandserhebung und Zustandsbewertung“ wird zur grafischen Darstellung der Kenngrößen das Radialdiagramm (Zustandspolygon) empfohlen. In dieser Darstellungsform können in einem Diagramm unterschiedliche Kenngrößen dargestellt werden, z.B. fünf Kenngrößen einer Komponente. Die dargestellten Kenngrößen müssen zu diesem Zweck normiert werden.

Für die Kenngrößen wird ein Wertebereich von 0 bis 5 vorgeschrieben. Der Wert 0 steht für den optimalen Zustand, der Wert 5 für den schlechtesten Zustand.

In der SN-Norm 640 964 wird der Wertebereich 3 bis 1 als Soll-Einsatzbereich der technischen Einrichtung definiert.

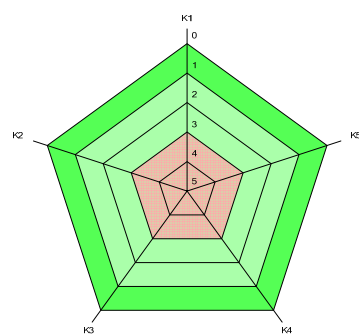


Abbildung 8: Radialdiagramm

Interpretation des Radialdiagramms

- Werte zwischen 0 und 3 liegen innerhalb des Soll-Einsatzbereichs
- Werte zwischen 3 und 5 liegen ausserhalb des Soll-Einsatzbereichs
- Je länger der Vektor desto besser die Kenngrösse.
- Je grösser die Fläche desto besser der Zustand der beurteilten Einheit.

7.2. Darstellung der Kenngrößen im Kreisdiagramm

Die Darstellung der Verteilung der Kenngrößen in Form eines Kreisdiagramms verfügt über eine hohe Aussagekraft. Beispiel: Verteilung des Zustandes der gehäuseseitigen Aufhängung der Leuchten.

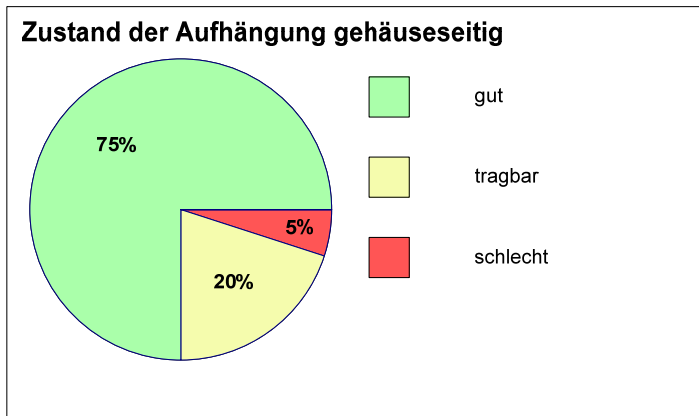


Abbildung 9: Zustandsdarstellung

7.3. Darstellung der Kenngrößen im Säulendiagramm

Die Darstellung der zeitlichen Entwicklung der Kenngrößen in Form eines Säulendiagramms hat eine hohe Aussagekraft. Beispiel: Entwicklung Summe der Unterhaltskosten einer Anlage über die letzten drei Jahre.

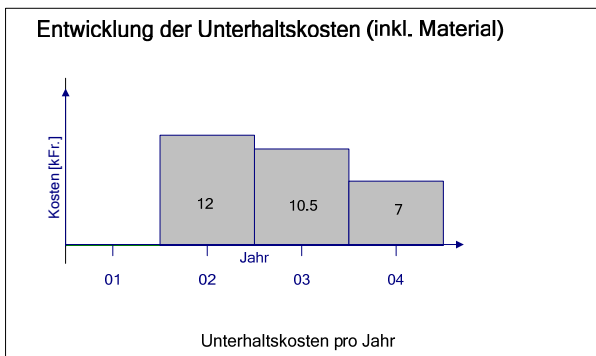


Abbildung 10: Entwicklung der Unterhaltskosten

8 Verfahren zur Definition von Massnahmen

Es wurde aufgezeigt, wie der Zustand einer Komponente mittels mehrerer unterschiedlicher Kenngrössen beschrieben werden kann. Aus den einzelnen Kenngrössen der Komponenten können bei der technischen Ausrüstung direkt Massnahmen an der Komponente abgeleitet werden.

Zur Bestimmung der Massnahmen auf Projektebene muss für jede Komponente eine Matrix mit Kenngrössen (Ursachen) und Massnahmen erstellt werden.

Daraus kann pro Objekt eine Liste aller Massnahmen erstellt werden. Diese Massnahmenliste bildet die Grundlage für die nachfolgende Massnahmenplanung auf Projektebene.

8.1. Bestimmung von Massnahmen am Beispiel der Komponente Leuchte

In der Tabelle Ursachen und Massnahmen wird anhand der Komponente Leuchte aufgezeigt, wie Massnahmen direkt aus Kenngrössen abgeleitet werden können.

Ursachen		Massnahmen									
		Gehäuse			Leuchtmittel		Elektroblock		Leuchte		
		M 1 Ersatz Gehäuse	M 2 Gehäuse revidieren	M 3 Alternativprodukt bestimmen	M 4 Ersatz Leuchtmittel	M 5 Alternativprodukt bestimmen	M 6 Ersatz Elektroblock	M 7 Alternativprodukt bestimmen	M 8 Instandsetzung Leuchte	M 9 Ersatz Leuchte	M 10 Alternativprodukt bestimmen
Kenngrössen	Funktion der Leuchte								↗		
	Betriebsdauer	↗			↗		↗			↗	
	Mech. Zustand Gehäuse	↗	↗								
	Ersatzteilverfügbarkeit	↗		↗		↗	↗	↗		↗	↗

Abbildung 11: Ursachen und Massnahmen

Massnahmen-
konzept

Für das Teilsystem EMT muss ein System zur Bildung von Massnahmen entwickelt werden. Für das Teilsystem EMF existiert dieses in Form der SN 640 730 [5] „Massnahmenkonzept“.

8.2. Bestimmung der optimalen Massnahme

Für jede Komponente werden mehrere Kenngrössen erhoben. Aufgrund der Zustandswerte oder Zustandsklassen dieser Kenngrössen können für eine Komponente aufgrund der Matrix Ursache/Massnahme gleichzeitig mehrere Massnahmen zutreffen.

Am Beispiel der Leuchte:

- Zustandsklasse Aufhängung gehäuseseitig > 3
- Lebensdauer Elektroblick > 3

Im Beispiel stellt sich die Frage, ob die Teilkomponenten Gehäuse und Elektroblick ersetzt werden sollen, oder ob die Komponente Leuchte ersetzt werden soll. Die optimale Massnahme muss bestimmt werden.

Zur systematischen Bestimmung optimaler Massnahmen existieren heute im EMT keine Methoden. Es existieren jedoch Normen, die in diesem Zusammenhang zur Anwendung gebracht werden müssen.

Im Wesentlichen sind das die Normen SN 640 901 [8] „Zielsystem“ und SN 640 908 [9] „Funktionale Bewertung“.

9 Automatische Erfassung von Kenngrössen mit dem Leitsystem

Die hier erwähnten Messungen wurden im Tunnel Chlus durchgeführt.

9.1. Zielsetzung bei der Nutzung des Leitsystems

Die umfassende Automation der technischen Ausrüstung und die Integration dieser Automationseinrichtungen in das Leitsystem ermöglichen einen einfachen Zugriff auf Informationen zur technischen Ausrüstung der Strassenverkehrsanlagen.

Es ist deshalb sinnvoll, wenn die bestehende Infrastruktur auch für die Zustandserhebung der technischen Ausrüstung genutzt wird, weil der Aufwand für die Datenerfassung dadurch massgeblich reduziert werden kann.

Dank der automatisch erhobenen Daten stehen für die Zustandsbewertung, ohne speziellen Aufwand, Informationen in grosser Menge zur Verfügung.

9.2. Prinzip für die Datenerfassung und die Verbindung zum Inventar

Die Automation der technischen Ausrüstung erfolgt über den Austausch und die Verarbeitung von Datenpunkten. Einfache Datenpunkte können Informationen zum aktuellen Zustand einer Komponente beinhalten, z.B. zum Zustand einer Schutzeinrichtung. Datenpunkte können aber auch komplexere Informationen beinhalten, wie z.B. die berechnete Betriebsdauer einer Komponente für einen bestimmten Zeitraum.

Damit die Datenpunkte für die Zustandserhebung genutzt werden können, müssen diese periodisch gelesen und gespeichert werden. Das Lesen und Speichern erfolgt im Tiefbauamt Graubünden mit einem Betriebsdatenserver, welcher auf die oben erwähnten Datenpunkte zugreift. Zur Konfiguration des Betriebsdatenservers sind nur wenige Definitionen notwendig. Im Wesentlichen sind das die Datenpunkt-Nummer, der Lesezyklus, die Masseinheit und der Bezug zum Inventar.

Beispiele:

Definition	Brenndauer Durchfahrtsbeleuchtung	Störung Leuchtdichtemessung
Datenpunkt-Nr.	125908	125709
Objekt	Tunnel Chlus	Tunnel Chlus
Anlage	Durchfahrtsbeleuchtung	Beleuchtung Allgemein
Komponente	Leuchten zur Stufe 1	Leuchtdichtemessung West
Beschreibung	Brenndauer Stufe 1	Störung Leuchtdichtemessung
Masseinheit	Brenndauer in Stunden	Anzahl Störungen
Zyklus	24 Stunden	24 Stunden

9.3. Ausgewählte Messgrößen

Aufgrund der Definition der Komponenten-Kenngrößen (Kapitel 4.7) und der Beschränkung auf die Untersuchung der Leuchte reduzierte sich bezüglich der automatischen Erfassung von Kenngrößen die Auswahl auf die Betriebsdauer. Untersucht wurden die Daten der Durchfahrtsbeleuchtung im Tunnel Chlus aus dem Jahr 2003.

Die Durchfahrtsbeleuchtung im Tunnel Chlus wird in drei Stufen geschaltet. Der Wert für die Betriebsdauer wird deshalb für jede der drei Stufen separat gemessen.

Aus dem Inventar ist ersichtlich, bei welchen Stufen die einzelne Leuchte in Betrieb ist. Dadurch kann die Betriebsdauer der einzelnen Leuchte korrekt zugewiesen werden.

9.4. Beurteilung der Verwendbarkeit von Messwerten

Aus den Vorbereitungen für die Messungen von Kenngrößen mit dem Leitsystem können folgende Erkenntnisse gewonnen werden:

- Messwerte (Betriebsstunden, Anzahl Schaltungen etc.) konnten „einfach“ definiert und mit dem Leitsystem zuverlässig erfasst werden.
- Messwerte können den einzelnen Komponenten direkt zugewiesen werden. Die Zuweisung der Messwerte an die einzelnen Komponenten erfolgt im Inventar der technischen Ausrüstung.
- Bei der Analyse der Betriebsdaten hat sich gezeigt, dass nur eine exakte Definition und eine vollständige Beschreibung der Datenpunkte zu klar interpretierbaren Daten führen.

Die Messergebnisse für die Betriebsdauer der Durchfahrtsbeleuchtung konnten der einzelnen Leuchte zugewiesen werden. Die gemessenen Werte wurden durch das Unterhaltspersonal des Tiefbauamts einer Plausibilitätskontrolle unterzogen und als korrekt beurteilt.

Anlage	Ort	L-Nr.	Brenndauer [Std]	Schaltungen	Stufe	Herst.	Typ		Leistung [W]
B.E.L	TCLU.N.2	1	4010	449	1	STR	Gedral - G	HST (NaH-T)	400
B.E.L	TCLU.N.2	2	3776	489	2	STR	Gedral - G	HST (NaH-T)	400
B.E.L	TCLU.N.2	3	3191	566	3	STR	Gedral - G	HST (NaH-T)	400
B.E.L	TCLU.N.2	46	4010	449	1	STR	Gedral - G	HST (NaH-T)	250
B.E.L	TCLU.N.2	47	3776	489	2	STR	Gedral - G	HST (NaH-T)	250
B.E.L	TCLU.N.2	48	3191	566	3	STR	Gedral - G	HST (NaH-T)	250
B.E.L	TCLU.N.2	67	4010	449	1	STR	Gedral - G	HST (NaH-T)	150
B.E.L	TCLU.N.2	68	3776	489	2	STR	Gedral - G	HST (NaH-T)	150
B.E.L	TCLU.N.2	69	3191	566	3	STR	Gedral - G	HST (NaH-T)	150

Abbildung 12: Ausschnitt Brenndauer Durchfahrtsbeleuchtung für den Zeitraum vom 1.1.2003 – 31.12.2003

9.5. Beurteilung der Verwendbarkeit von Meldungen

Störungen und Ausfälle sind als allgemeine Komponenten-Kenngrößen definiert worden (Kapitel 4.7). Störungen und Meldungen werden durch Automationseinrichtungen generiert und dem Leitsystem zur Darstellung und zur Weiterverarbeitung zur Verfügung gestellt.

Die Analyse der zur Verfügung stehenden Meldungen hat gezeigt, dass Meldungen der Ebene Komponente nur rudimentäre Informationen liefern, z.B. Störung LD-Messung, Störung CO-Messung.

Diese Meldungen sind als Kenngrößen zur Beurteilung des Zustandes von Komponenten nur beschränkt nutzbar. Sie können z.B. als Indikator für die Störungsanfälligkeit einer Komponente verwendet werden. Es muss dabei aber beachtet werden, dass die Ursachen für die Störung vielfältig sein können und nicht nur direkt von der Komponente, sondern auch von deren Umfeld ausgehen können.

In den untersuchten Meldungen konnte zwischen Störung und Ausfall kein klarer Unterschied erkannt werden. Eine Störung des Live-Zero-Pegels im Bereich der Sensorik bedeutet, dass die Automationseinrichtung von einem Ausfall ausgehen muss und den Betrieb der Anlage unabhängig von der Sensorik sicherstellen muss. Weil die Meldung aber auch durch einen Defekt an Zuleitung des Sensors ausgelöst werden kann, ist es fragwürdig, ob solche Meldungen zur Beschreibung des Zustandes der Komponente geeignet sind.

- Falls die Begriffe Störung und Ausfall nicht explizit als separate Meldungstypen definiert sind, sollte auf der Ebene der Komponente nur der Begriff Störung verwendet werden.
- Wenn Meldungen für die Zustandsbewertung verwendet werden, muss bei der Definition darauf geachtet werden, dass die gewünschten Information bereits bei der Erstellung der Datenpunktliste genau definiert und beschrieben wird.

9.6. Fazit zum Einsatz der Leitsysteme für die Zustandsbewertung

Das Leitsystem eignet sich sehr gut für die Erhebung von Kenngrößen und sollte bei der Einführung der Zustandserhebung genutzt werden.

Für eine erfolgreiche Erhebung von Messwerten und Meldungen mit dem Leitsystem sind die folgenden Teilschritte notwendig:

- Komponenten, Anlagen, Objekte definieren
- Kenngrößen definieren
- Kenngrößen auswählen, die mit dem Leitsystem erhoben wurden
- Datenpunkte für die ausgewählten ? definieren und beschreiben
- Datenpunkte implementieren
- Verbindung vom Leitsystem zum Inventar sicherstellen
- Kenngrößen in Typenregeln integrieren

10 Erfassung von Kenngrößen mit mobilem Datenerfassungsgerät

Die Erfassung der Kenngrößen erfolgt durch Messung, visuelle Beurteilung oder aufgrund von Herstellerangaben. Das mobile Datenerfassungsgerät (MDE) wurde im Tunnel Chlus zur Erfassung visuell beurteilter Kenngrößen eingesetzt.

10.1. Zielsetzung bei der Nutzung mobiler Datenerfassungsgeräte (MDE)

Visuelle Beurteilung Kenngrößen, die mittels visueller Beurteilung erhoben werden, fallen immer vor Ort direkt auf der Komponente an. Die Zustandswerte müssen anhand einer Checkliste für jede Komponente erhoben werden. Die erhobenen Daten müssen in Formulare eingetragen und dann zur Zustandsbewertung in eine geeignete Applikation übernommen werden:

- Komponenten müssen vor Ort identifiziert werden
- Zustand muss vor Ort anhand spezifischer Kenngrößen beurteilt werden
- Zustandswerte müssen vor Ort erfasst werden
- Zustandswerte müssen zur Auswertung erfasst werden

Anforderungen an das MDE Das Erheben von Kenngrößen durch visuelle Beurteilung kann durch den Einsatz eines mobilen Datenerfassungsgeräts optimal unterstützt werden. Dadurch sollen folgende Ziele erreicht werden:

- Einfache und sichere Erfassung von Kenngrößen vor Ort
- Direkte Datenübergabe vom und zum Inventar

Anforderungen an das MDE:

- Komponenten müssen vom Inventar an das MDE übergeben werden
- Checklisten müssen aus der Typenregel an das MDE übergeben werden
- Das MDE muss die Komponente mittels Barcodeleser identifizieren
- Zustandswerte müssen im MDE erfasst und der Komponente zugewiesen werden
- Zustandswerte müssen zur Auswertung ins Inventar übergeben werden

10.2. Umsetzung der Anforderungen und Einsatz des MDE im Tunnel

Umsetzung Zum Einsatz kam ein MDE der Firma Psion. Für das MDE wurde eine Applikation realisiert, welche die oben aufgeführten Anforderungen erfüllt.

Einsatz und Erfahrungen Das MDE wurde im Tunnel Chlus zur Erhebung des mechanischen Zustandes der Leuchten eingesetzt. Dabei hat sich gezeigt, dass das Gerät auch unter erschwerten Bedingungen erfolgreich eingesetzt werden kann.

Als besonders Hilfreich wurden vom Unterhaltspersonal genannt:

- Direkte Identifizierung der Komponente durch Barcodeleser
- Geführter Dialog beim Erfassen der Zustandswerte
- Der Vorteil papierloser Erfassung (v.a. auf der Hebebühne)
- Dank Datenübernahme/-übergabe keine doppelte Datenerfassung

11 Anwendung der Methoden und Verfahren an der Leuchte

11.1. Erhebung der Kenngrößen am Beispiel der Leuchte

11.1.1 Visuelle Bewertung der Funktion der Leuchte

Erhebungstiefe und –umfang			Zustandswert auf Erhebungsebene	
Komponente	Teilkomponente	Erhebungsumfang	Kenngrösse	Zustandswert
Leuchte		Erhebung pro Komponente	Funktion der Leuchte (brennt die Leuchte)	0 oder 5

11.1.2 Visuelle Bewertung des Zustands des Gehäuses

Erhebungstiefe und –umfang			Zustandswert auf Erhebungsebene	
Komponente	Teilkomponente	Erhebungsumfang	Kenngrösse	Zustandswert
Leuchte	Gehäuse	Erhebung pro Komponente	Mech. Zustand Aufhängung gehäuseseitig	0 - 5
Leuchte	Gehäuse	Erhebung pro Komponente	Glas und Dichtung	0 - 5
Leuchte	Gehäuse	Erhebung pro Komponente	Korrosion an Gehäuse und Reflektor	0 - 5

11.1.3 Messung der Betriebsdauer der Leuchte

Var. 1: Die Erhebung erfolgt einzeln für jede Teilkomponente

Erhebungstiefe und –umfang			Zustandswert auf Erhebungsebene	
Komponente	Teilkomponente	Erhebungsumfang	Kenngrösse	Zustandswert
Leuchte	Leuchtmittel	Eine Erhebung pro Komponente	Brenndauer des Leuchtmittels	Stunden
Leuchte	Elektroblock	Eine Erhebung pro Komponente	Betriebsdauer des Elektroblocks	Stunden
Leuchte	Gehäuse	Eine Erhebung pro Komponente	Betriebsdauer des Gehäuses	Stunden

Var. 2: Die Erhebung erfolgt global für alle Teilkomponenten (1 Wert für alle)

Erhebungstiefe und –umfang			Zustandswert auf Erhebungsebene	
Komponente	Teilkomponente	Erhebungsumfang	Kenngrösse	Zustandswert
Leuchte	Leuchtmittel	Eine Erhebung für alle Komponenten	Brenndauer des Leuchtmittels	Stunden
Leuchte	Elektroblock	Eine Erhebung für alle Komponenten	Betriebsdauer des Elektroblocks	Stunden
Leuchte	Gehäuse	Eine Erhebung für alle Komponenten	Betriebsdauer des Gehäuses	Stunden

11.1.4 Messung der Unterhaltskosten und -einsätze für die Leuchte

Var. 1: Die Erhebung erfolgt einzeln für jede Komponente

Erhebungstiefe und -umfang			Zustandswert auf Erhebungsebene	
Komponente	Teilkomponente	Erhebungsumfang	Kenngrosse	Zustandswert
Leuchte		Eine Erhebung pro Komponente	Unterhaltskosten	Franken
Leuchte		Eine Erhebung pro Komponente	Unterhaltseinsätze	Anzahl

Var. 2: Die Erhebung erfolgt global für alle Komponenten (1 Wert für alle)

Erhebungstiefe und -umfang			Zustandswert auf Erhebungsebene	
Komponente	Teilkomponente	Erhebungsumfang	Kenngrosse	Zustandswert
Leuchte		Eine Erhebung für alle Komponenten	Unterhaltskosten	Franken
Leuchte		Eine Erhebung für alle Komponenten	Unterhaltseinsätze	Anzahl

11.1.5 Herstellerangaben zur Ersatzteilverfügbarkeit der Leuchte

Erhebungstiefe und -umfang			Zustandswert auf Erhebungsebene	
Komponente	Teilkomponente	Erhebungsumfang	Kenngrosse	Zustandswert
Leuchte	Leuchtmittel	Eine Erhebung für alle Komponenten	Ersatzteilverfügbarkeit	Jahre
Leuchte	Elektroblock	Eine Erhebung für alle Komponenten	Ersatzteilverfügbarkeit	Jahre
Leuchte	Gehäuse	Eine Erhebung für alle Komponenten	Ersatzteilverfügbarkeit	Jahre

11.2. Transformationen über Ebenen am Beispiel Leuchte

11.2.1 Transformation der Kenngröße „Funktion der Leuchte“

Definitionen zur Kenngröße Funktion der Leuchte:

Erhebungstiefe und -umfang			Zustandswert auf Erhebungsebene	
Komponente	Teilkomponente	Erhebungsumfang	Kenngröße	Zustandswert
Leuchte		Erhebung pro Komponente	Funktion der Leuchte (brennt die Leuchte)	0 oder 5

Transformation: Relative Häufigkeit

Bei der visuellen Bewertung der Funktion der Leuchten werden alle Leuchten erfasst, die nicht brennen. Um eine Aussage über den Erfüllungsgrad der geforderten Beleuchtungsstärke zu erhalten, wird der Anteil defekter Leuchten ermittelt. Diese Berechnung entspricht der Transformation von der Ebene Komponente auf die Ebene Anlage.

Anzahl defekte
Leuchten

Funktion für die Transformation:
$$h_j = \frac{n_j}{n} \cdot (100)$$

h = relative Häufigkeit / n = Anz. Leuchten / j = Anz. defekte Leuchten

11.2.2 Transformation der Kenngröße „Zustand des Gehäuses“

Definitionen zur Kenngröße Zustand des Gehäuses der Leuchte:

Erhebungstiefe und -umfang			Zustandswert auf Erhebungsebene	
Komponente	Teilkomponente	Erhebungsumfang	Kenngröße	Zustandswert
Leuchte	Gehäuse	Erhebung pro Komponente	Mech. Zustand Aufhängung gehäuseseitig	0 - 5
Leuchte	Gehäuse	Erhebung pro Komponente	Glas und Dichtung	0 - 5
Leuchte	Gehäuse	Erhebung pro Komponente	Korrosion (Gehäuse und) Reflektor	0 - 5

Transformation: Mittelwert

Bei der visuellen Bewertung der Funktion der Leuchten werden alle Leuchten erfasst. Um eine Aussage über den Zustand aller Leuchten zu erhalten, wird für jede Kenngröße der Mittelwert ermittelt.

Mech. Zustand
Gehäuse

Funktion für die Transformation:
$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^k n_j \cdot x_j$$

n = Anz. Leuchten / j = 1, 2, 3, 4, 5, 6 / k = Anz. Klassen



11.2.3 Transformation der Kenngrösse „Betriebsdauer“

Definitionen zur Kenngrösse Betriebsdauer der Leuchte:

Erhebungstiefe und -umfang			Zustandswert auf Erhebungsebene	
Komponente	Teilkomponente	Erhebungsumfang	Kenngrösse	Zustandswert
Leuchte	Leuchtmittel	Eine Erhebung pro Komponente	Brenndauer des Leuchtmittels	Stunden

Transformation: Mittelwert

Wertebereich: Lebensdauer , Intervall: Lebensdauer/10

Falls durch die Unterhaltsstrategie gezieltes Auswechseln defekter Leuchten vorgesehen ist, verfügen die Leuchten über unterschiedliche Brenndauer. Damit in diesen Fällen trotzdem eine Prognose bezüglich der erwarteten Restlebensdauer möglich ist, wird für die Betriebsdauer ein gewichteter Mittelwert berechnet. Als Intervall für die Gewichtung kann z.B. 10% der erwarteten Lebensdauer verwendet werden.

Betriebsdauer Funktion für die Transformation: Mittelwert über 10 Gruppen, Intervall Lebensdauer/10

Restlebensdauer Funktion für die Transformation: Erwartete Lebensdauer - Betriebsdauer

11.2.4 Transformation der Kenngrösse „Unterhaltskosten und -einsätze“

Definitionen zur Kenngrösse Unterhaltskosten und Unterhaltseinsätze

Erhebungstiefe und -umfang			Zustandswert auf Erhebungsebene	
Komponente	Teilkomponente	Erhebungsumfang	Kenngrösse	Zustandswert
Leuchte		Eine Erhebung pro Komponente	Unterhaltskosten	Franken
Leuchte		Eine Erhebung pro Komponente	Unterhaltseinsätze	Anzahl

Transformation: Summenbildung

Wenn Unterhaltseinsätze auf der Ebene Komponente dokumentiert werden, ist es sinnvoll die Kosten und die Häufigkeit der Unterhaltseinsätze zu summieren.

Unterhaltskosten Funktion für die Transformation = Summe aller Unterhaltskosten, Summe aller Unterhaltseinsätze

11.2.5 Transformation der Kenngrösse „Ersatzteilverfügbarkeit“

Definitionen zur Kenngrösse Ersatzteilverfügbarkeit:

Erhebungstiefe und -umfang			Zustandswert auf Erhebungsebene	
Komponente	Teilkomponente	Erhebungsumfang	Kenngrösse	Zustandswert
Leuchte	Leuchtmittel	Eine Erhebung für alle Komponenten	Ersatzteilverfügbarkeit	Jahre
Leuchte	Elektroblock	Eine Erhebung für alle Komponenten	Ersatzteilverfügbarkeit	Jahre
Leuchte	Gehäuse	Eine Erhebung für alle Komponenten	Ersatzteilverfügbarkeit	Jahre

Transformation: Minimalwert

Bei der Bestimmung der Ersatzteilverfügbarkeit müssen immer alle Teilkomponenten berücksichtigt werden, welche die Funktionsfähigkeit der übergeordneten Komponente ausmachen.

Funktion für die Transformation: Kleinste Ersatzteilverfügbarkeit bestimmen

11.3. Indexbildung am Beispiel Leuchte

11.3.1 Indexbildung für die Kenngrösse „Funktion der Leuchte“

Die Zustandserhebung an der Leuchte erfolgt pro Leuchte durch visuelle Beurteilung der Funktion. Aus der Erhebung und der Transformation ergibt sich die Zustandsgrösse Anteil defekte Leuchten.

Die Transformation der Zustandswerte in die Zustandsklasse erfolgt über die unten dargestellte Funktion.

Funktion
der Leuchten

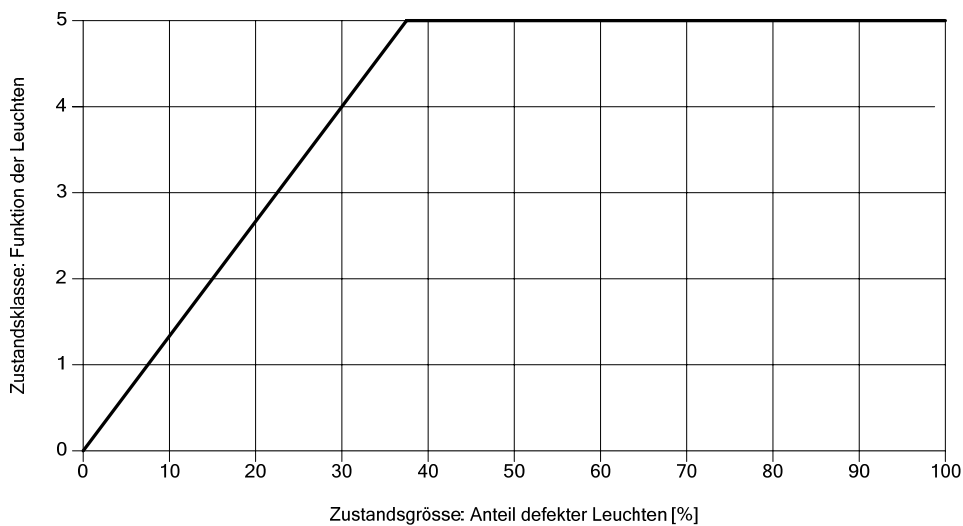


Abbildung13: Indexbildung Funktion der Leuchten

11.3.2 Indexbildung für die Kenngrösse „Zustand des Gehäuses“

Die Zustandserhebung an der Leuchte erfolgt pro Leuchte durch visuelle Beurteilung des mechanischen Zustands. Aus der Erhebung und der anschliessenden Transformation ergibt sich direkt die Zustandsklasse für den Zustand des Gehäuses. Eine Transformation des Zustandswerts in die Zustandsklasse ist deshalb nicht notwendig.

11.3.3 Indexbildung für die Kenngröße „Betriebsdauer“

Eine Transformation des Zustandswerts der Kenngröße Betriebsdauer in eine Zustandsklasse ist nicht sinnvoll, weil eine Normierungsgröße fehlt. Der Wert für die erwartete Restlebensdauer hingegen kann sinnvoll in eine Zustandsklasse umgewandelt werden.

Die Transformation der Zustandswerte in die Zustandsklasse erfolgt über die unten dargestellte Funktion.

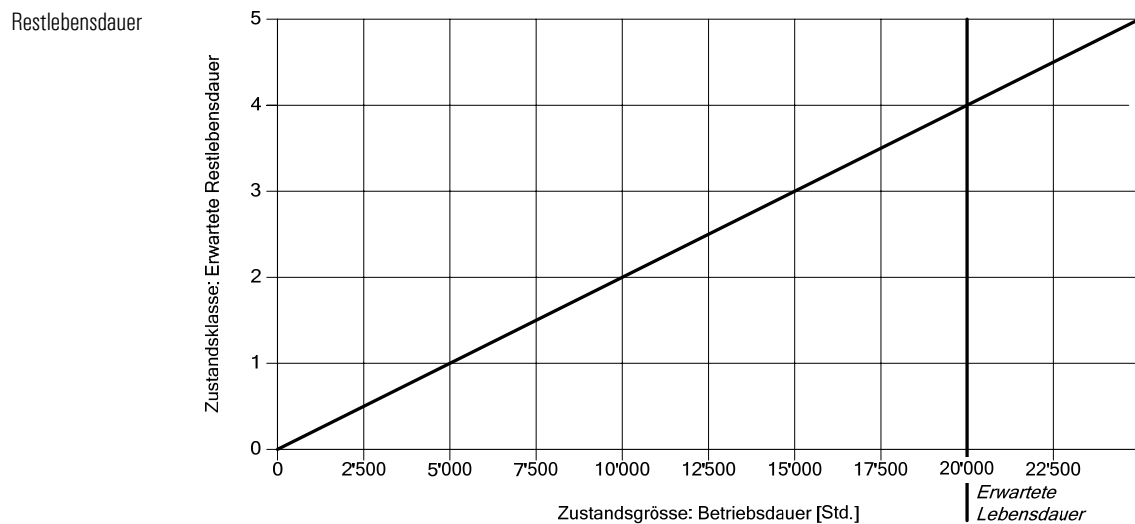


Abbildung14: Indexbildung Betriebsdauer

11.3.4 Indexbildung für die Kenngröße „Unterhaltskosten“

Zur Transformation der Zustandswerte der Kenngrößen Unterhaltskosten und Unterhaltseinsätze können als Normierungsgrößen die budgetierten Werte verwendet werden.

Die Transformation der Zustandswerte in die Zustandsklasse erfolgt über die unten dargestellte Funktion.

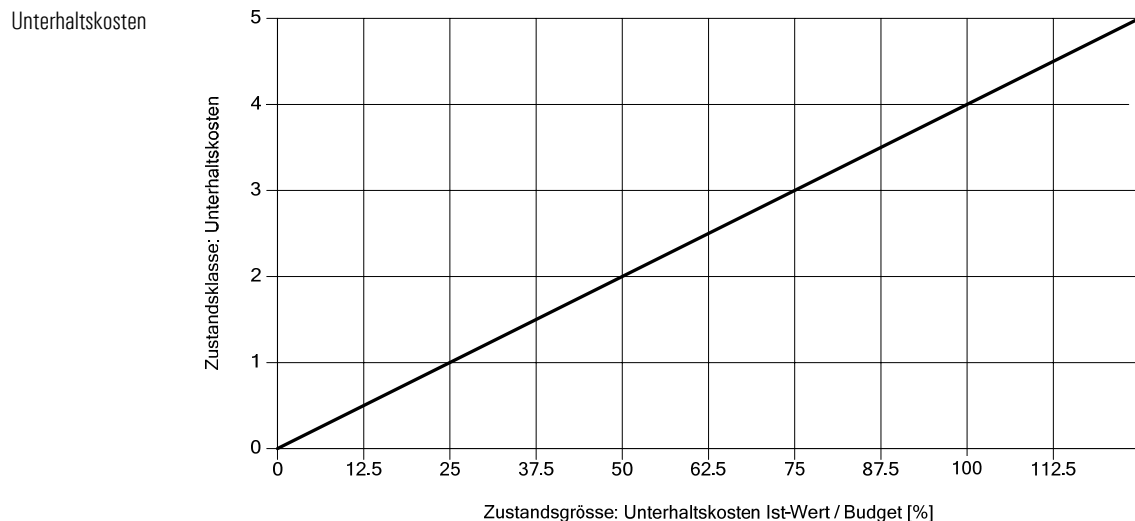


Abbildung15: Indexbildung Unterhaltskosten

11.3.5 Indexbildung für die Kenngrösse „Ersatzteilverfügbarkeit“

Zur Transformation der Zustandswerte der Kenngrösse Ersatzteilverfügbarkeit kann als Normierungsgrösse die minimal geforderte Ersatzteilverfügbarkeit verwendet werden.

Die Transformation der Zustandswerte in die Zustandsklasse erfolgt über die unten dargestellte Funktion.

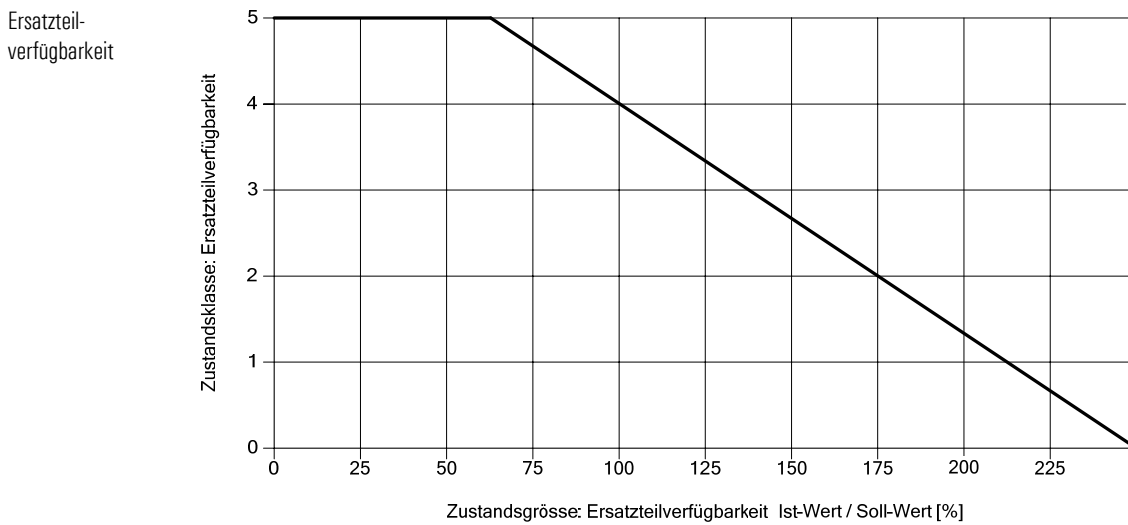


Abbildung16: Indexbildung Ersatzteilverfügbarkeit

11.4. Bestimmung von Massnahmen am Beispiel der Komponente Leuchte

In der Tabelle Ursachen und Massnahmen wird anhand der Komponente Leuchte aufgezeigt, wie Massnahmen direkt aus Kenngrössen abgeleitet werden können.

Massnahmen zur Teilkomponente Gehäuse	
M1: Ersatz Gehäuse	Das Gehäuse der Leuchte muss durch ein neues oder ein neuwertiges Gehäuse ersetzt werden. Nach dem Ersatz muss der neue Zustand des Gehäuses erhoben werden.
Ursache 1	Kenngrösse: Zustand Gehäuse Zustandswert > 3
Ursache 2	Kenngrösse: Ersatzteilverfügbarkeit Die Ersatzteilverfügbarkeit ist unzureichend (Zustandswert > 3)

Bestimmung von Massnahmen (Fortsetzung)

Massnahmen zur Teilkomponente Gehäuse (Fortsetzung)	
M2: Gehäuse revidieren	Das Gehäuse muss aufgrund der bei der Zustandserhebung erkannten Mängel revidiert werden.
Ursache	Kenngrosse: Zustand Gehäuse
	Der mech. Zustand ist ungenügend (Zustandswert > 3)
M3: Alternativprodukt bestimmen	Für das eingesetzte Produkt muss ein Alternativprodukt bestimmt werden, welches den bekannten Ansprüchen genügt und zusammen mit den anderen Teilkomponenten betrieben werden kann.
Ursache	Kenngrosse: Verfügbarkeit Ersatzteile
	Die minimale Verfügbarkeitsdauer ist unterschritten (Zustandswert > 3)

Massnahmen zur Teilkomponente Leuchtmittel	
M4: Ersatz Leuchtmittel	Das Leuchtmittel muss durch ein neues ersetzt werden.
Ursache 1	Leuchtmittel ist ausgefallen
	Bei der Zustandserhebung der Leuchte wird der Ausfall des Leuchtmittels erkannt.
Ursache 2	Kenngrosse: Betriebsdauer Leuchtmittel
	Die erwartete Lebensdauer ist erreicht (Zustandswert > 3)
M5: Alternativprodukt bestimmen	Für das eingesetzte Produkt muss ein Alternativprodukt bestimmt werden, welches den bekannten Ansprüchen genügt und zusammen mit den anderen Teilkomponenten betrieben werden kann.
Ursache	Kenngrosse: Verfügbarkeit Ersatzteile
	Die minimale Verfügbarkeitsdauer ist unterschritten (Zustandswert > 3)

Bestimmung von Massnahmen (Fortsetzung)

Massnahmen zur Teilkomponente Elektroblick	
M6: Ersatz Elektroblick	Der Elektroblick muss durch einen neuen ersetzt werden.
Ursache 1	Kenngrosse: Betriebsdauer
	Die erwartete Lebensdauer ist erreicht (Zustandswert > 3)
Ursache 2	Kenngrosse: Ersatzteilverfügbarkeit
	Die Ersatzteilverfügbarkeit ist unzureichend (Zustandswert > 3)
M7: Alternativprodukt bestimmen	Für das eingesetzte Produkt muss ein Alternativprodukt bestimmt werden, welches den bekannten Ansprüchen genügt und zusammen mit den anderen Teilkomponenten betrieben werden kann.
Ursache 1	Kenngrosse: Verfügbarkeit Ersatzteile
	Die minimale Verfügbarkeitsdauer ist unterschritten (Zustandswert > 3)

Massnahmen zur Komponente Leuchte	
M8: Instandsetzung Leuchte	Die Leuchte muss repariert werden
Ursache	Bei der Zustandserhebung der Leuchte wird der Ausfall der Leuchte erkannt. (Grund für den Ausfall ist nicht bekannt)
M9: Ersatz Leuchte	Die Leuchte muss durch eine neue Leuchte ersetzt werden
Ursache 1	Kenngrosse: Betriebsdauer
	Die erwartete Lebensdauer ist erreicht (Zustandswert > 3)
Ursache 2	Kenngrosse: Ersatzteilverfügbarkeit
	Die Ersatzteilverfügbarkeit ist unzureichend (Zustandswert > 3)

Massnahmen zur Komponente Leuchte	
M10: Alternativprodukt bestimmen	Für das eingesetzte Produkt muss ein Alternativprodukt bestimmt werden, welches den bekannten Ansprüchen genügt und zusammen mit den anderen Teilkomponenten betrieben werden kann.
Ursache	Kenngrosse: Verfügbarkeit Ersatzteile
Kriterien	Die minimale Verfügbarkeitsdauer ist unterschritten (Zustandswert > 3)

12 Vorschläge ergänzende Forschungsberichte

Im Rahmen der Forschungsarbeit zur Zustandsbewertung der technischen Ausrüstung wurde festgestellt, dass nur ein kleiner Teil der Betreiber der technischen Ausrüstung über genügend Informationen über die Normen des Erhaltungsmanagements verfügt. Hier besteht Informations- und oder Schulungsbedarf.

Beim Studium der Normen, im Speziellen der Normen zum Erhaltungsmanagement der Fahrbahnen, und in Gesprächen mit Betreibern von EMT-Systemen wurde zudem erkannt, dass im Bereich des EMT Bedarf an konkreten Vorgaben für die Betreiber der EMT-Systeme besteht. Diesem Umstand sollte mit weiteren Forschungsarbeiten begegnet werden.

- Relevantes Inventar** Für die Betreiber von EMT-Systemen sollen Richtlinien erarbeitet werden, welche sie bei der Definition des relevanten Inventars unterstützen. Aufgrund der Forschungsergebnisse kann bei Bedarf die Norm SN 640 86x ergänzt werden, weil dort Vorgaben zur Definition des relevanten Inventars fehlen.
- Voraussetzungen für die Bildung des relevanten Inventars sind das Vorhandensein des Zielsystems (SN 640 901) und einer Unterhaltsstrategie. In der Forschungsarbeit sollen deshalb die Themen Zielsystem und Unterhaltsstrategie für den Bereich des EMT konkret bearbeitet werden.
- Typenregeln** Ausgehend vom relevanten Inventar soll unter Anwendung der Norm SN 640 962 MT-Methodik der Typenregeln aufgezeigt werden, wie Prüfungen, Erhaltungstätigkeiten und die Erfassung von Zustandskenngrößen definiert werden.
- Wie bei der Definition des relevanten Inventars ist auch hier aufzuzeigen, wie das Zielsystem und die Unterhaltsstrategie die Bildung der Typenregeln beeinflusst.
- Kenngrößen** Für das relevante Inventar soll ein Kenngrössenset definiert werden.
- Massnahmenplanung** Für die Bildung von Massnahmen muss der Teilprozess „Konkretisierung der Ziele und Randbedingungen“ für das Teilsystem Technische Ausrüstung definiert werden.
- Gemäss SN 640 900a werden im Teilprozess „Massnahmenplanung in den Teilsystemen“ zur Bestimmung von wirtschaftlich optimalen Massnahmen teilsystemspezifische Verfahren angewendet. Diese Verfahren müssen für das Teilsystem Technische Ausrüstung definiert werden.
- Im Rahmen dieser Forschungsarbeit soll deshalb ein Schaden- und ein Massnahmenkatalog erarbeitet werden.



13 Glossar

Betriebsdauer	Die Betriebsdauer ist die vom Hersteller vorgegebene Zeit in der die Anlage / System dem Betrieb zur Verfügung steht.
Nutzungsdauer	Die Nutzungsdauer ist der Zeitraum, in dem eine Anlage / System vom Betreiber genutzt werden kann. Die Nutzungsdauer wird von verschiedensten Faktoren (Umwelt, Unterhalt, Wartung, Zuverlässigkeit, Art des Einsatzes) beeinflusst.
Lebensdauer	Die Lebensdauer ist die Zeit in der die Anlage / System dem Betrieb unabhängig von der Fehlerhäufigkeit zur Verfügung steht. Wird in der Regel durch den Zeitpunkt begrenzt, wenn die Anlage / System nicht mehr repariert werden kann.
Kenngrossen	Klar definierte, quantifizierbare Grösse, die eine wichtige Eigenschaft eines Objekts wiedergibt und sich dazu eignet, dieses Objekt als Ganzes zu beurteilen.
Messgrössen	Zu messende physikalische Grösse; Wert der durch eine Messung erhalten wird.

14 Literaturverzeichnis

- [1] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)
SN 640 964 Erhaltungsmanagement der technischen Ausrüstung (EMT).
Zustandserhebung und Zustandsbewertung, 2004.
- [2] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)
SN 640 962 Erhaltungsmanagement der technischen Ausrüstung (EMT).
EMT-Methodik der Typenregeln, 2001.
- [3] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)
SN 640 925b Erhaltungsmanagement der Fahrbahnen (EMF).
Zustandserhebung und Indexbewertung, 2003.
- [4] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)
SN 640 925b Anhang Erhaltungsmanagement der Fahrbahnen (EMF).
Anleitung zur visuellen Zustandserhebung und Indexbewertung mit
dem Schadenkatalog, 2003.
- [5] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)
SN 640 730 Erhaltung von Fahrbahnen.
Massnahmenkonzept, 1997.
- [6] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)
SN 640 961 Erhaltungsmanagement der technischen Ausrüstung (EMT).
EMT-Inventar, 2001
- [7] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)
SN 640 904 Erhaltungsmanagement (EM).
Gesamtbewertung von Fahrbahnen, Kunstbauten und technischen Aus-
rüstungen: Substanz- und Gebrauchswerte, 2003
- [8] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)
SN 640 901 Zielsystem
- [9] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)
SN 640 908 Erhaltungsmanagement, Bewertung von Strassenabschnitten
im Netz – Funktionelle Bewertung

15 Anhang

15.1. Verfahren zur Erhebung von Kenngrößen

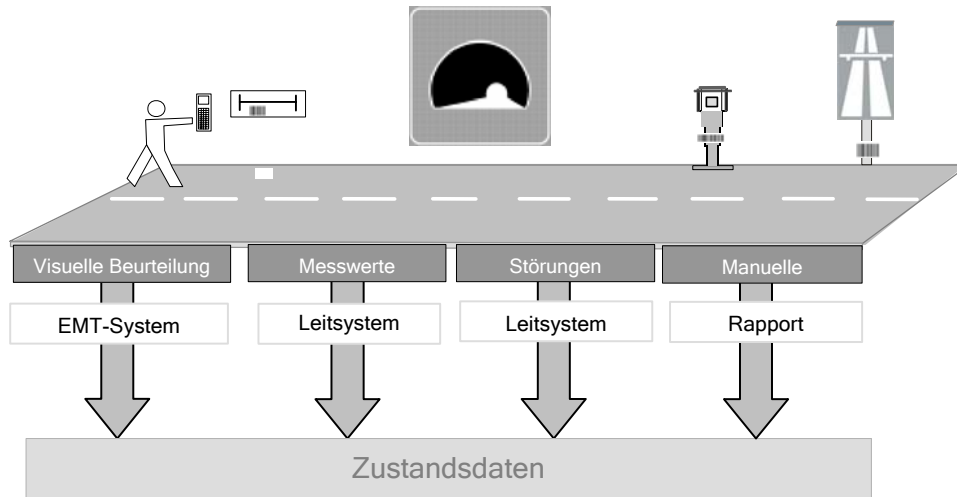


Abbildung17: Übersicht Erhebung von Kenngrößen

15.2. Bezeichnung und Kennzeichnung von Komponenten

Bezeichnung



Abbildung 18: Bezeichnung Ventilator LLS 14



Abbildung 19: Bezeichnung Signalisation 278056

Kennzeichnung



Abbildung 18: Kennzeichnung Ventilator LLS 14



Abbildung 19: Kennzeichnung Signalisation 278056

15.3. Zustandserhebung mittels Mobilem-Daten-Erfassungsgerät (MDE)

Vorbereitungs-
arbeiten

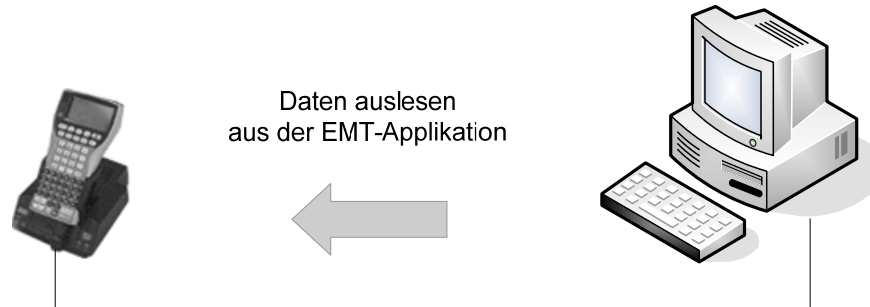


Abbildung 21: Daten auslesen



Abbildung 22: Zustand erheben

Fragestellungen
Beleuchtung

Typ	Fragestellung	Resultat	Sofortmassnahmen / planen MS
Zustand	Gehäuse	gut	
		tragbar	
		schlecht	Beleuchtungsarmatur ersetzen
Zustand	Glas und Dichtung	gut	
		tragbar	
		schlecht	Glas und Dichtung ersetzen
Zustand	Reflektor	gut	
		tragbar	
		schlecht	Reflektor ersetzen
Zustand	Aufhängung in Ordnung	Ja	
Zustand	Leuchtmittel funktioniert	Nein	Halterung/Auslegr reparieren
		Ja	
		Nein	Leuchtmittel ersetzen
		Ja	
Leuchtmittel funktioniert nicht ->			
Zustand	Vorschaltgerät funktioniert	Ja	
		Nein	Vorschaltgerät ersetzen
Kontrolle	Beleuchtung kontrolliert	Ja	
		Nein	
Unterhalt	Beleuchtungskörper gereinigt	Ja	
		Nein	

Schadenkatalog
Beleuchtung



Abbildung 22: Schadenkatalog für Zustandserhebung

Erhobene Daten
einlesen

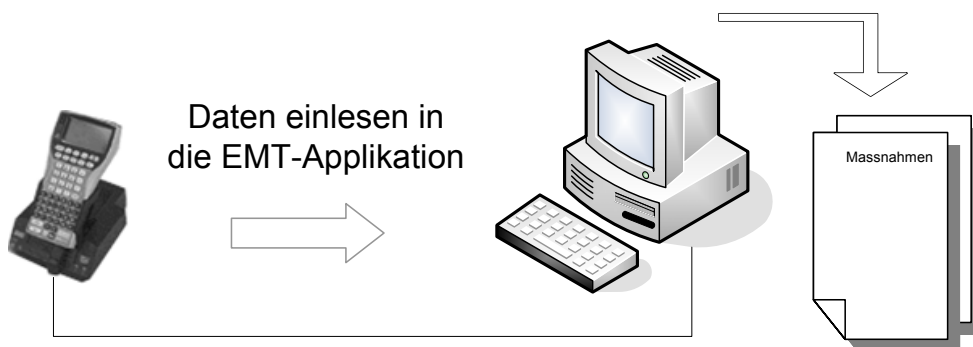


Abbildung 23: Daten einlesen

15.4. Beispiele für Fragestellungen bei der Zustandserhebung/Kontrolle

EM-Schacht

F-Typ	Fragestellung	Resultat
Zustand	Schachtabdeckung	gut
		tragbar
		schlecht
Zustand	Entwässerung	gut
		tragbar
		schlecht
Zustand	Beton	gut
		tragbar
		schlecht
Zustand	Rost	gut
		tragbar
		schlecht
Kontrolle	Kabelbefestigung vorhanden	Ja
		Nein
Kontrolle	Muffenbefestigung vorhanden	Ja
		Nein
Kontrolle	Erdung in Ordnung	Ja
		Nein
Unterhalt	Schacht gereinigt	Ja
		Nein

Feuerlöscher

F-Typ	Fragestellung	Resultat
Zustand	Mech. Zustand des Behälters	gut
		tragbar
		schlecht
Zustand	Korrosion am Behälter	gut
		tragbar
		schlecht
Zustand	Wandbefestigung in Ordnung	Ja
		Nein
Zustand	Pistollengriff in Ordnung	Ja
		Nein
Kontrolle	Plombe vorhanden	Ja
		Nein