



Lehrstuhl für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften

Masterarbeit

Durchführung einer Marktanalyse zur
Einbettung einer Kritikalitätsbeurteilung
von Schieneninfrastrukturanlagen in eine
bestehende Softwareapplikation

Franziska Schneditz-Bolfras, BSc

Oktober 2023

Aufgabenstellung

Frau Schneditz-Bolfras wird das Thema

Durchführung einer Marktanalyse zur Einbettung einer Kritikalitätsbeurteilung von Schieneninfrastrukturanlagen in eine bestehende Softwareapplikation

zur Bearbeitung in einer Masterarbeit gestellt.

Im ersten Abschnitt der Masterarbeit sind die theoretischen Grundlagen zur Bearbeitung der beschriebenen Themenstellung herauszuarbeiten. Hierzu ist das System Schieneninfrastruktur und die Herausforderungen des Instandhaltungsmanagements in diesem System zu definieren. Dabei sollen die wesentlichen Begriffe des Instandhaltungsmanagements und zur -strategieanpassung definiert und abgegrenzt werden. Ein weiterer Bestandteil der Arbeit liegt in der theoretischen Behandlung des Vorgehens- und Entscheidungsmodells zur Kritikalitätsbeurteilung. Für die Themenbearbeitung sind Kenntnisse über die im Praxisteil durchzuführende Delphi-Befragung zu gewinnen.

Die Schwerpunkte des praktischen Teils bilden die Durchführung einer Analyse der relevanten Normen zur Risikobetrachtung der Schieneninfrastruktur und die Durchführung einer Delphi-Befragung zur Erhebung des Status Quos des Instandhaltungsmanagements im Schieneninfrastrukturbereich. Außerdem sollen ein bestehendes Tool zur Kritikalitätsbeurteilung von Produktionsanlagen analysiert und Anpassungsmaßnahmen für die Schieneninfrastruktur erarbeitet werden. Des Weiteren sind die Herausforderungen, Chancen und der Mehrwert der Implementierung einer Kritikalitätsbeurteilung aufzuzeigen.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Hubert Biedermann', is written in a cursive style.

Leoben, März 2023

em.o. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Hubert Biedermann



EIDESSTÄTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt, und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfsmittel bedient habe.

Ich erkläre, dass ich die Richtlinien des Senats der Montanuniversität Leoben zu "Gute wissenschaftliche Praxis" gelesen, verstanden und befolgt habe.

Weiters erkläre ich, dass die elektronische und gedruckte Version der eingereichten wissenschaftlichen Abschlussarbeit formal und inhaltlich identisch sind.

Datum 18.10.2023

Unterschrift Verfasser/in
Franziska Schneditz-Bolfras

Gleichheitsgrundsatz

Aus Gründen der Lesbarkeit wurde in dieser Arbeit darauf verzichtet, geschlechtsspezifische Formulierungen zu verwenden. Es wird ausdrücklich festgehalten, dass die bei Personen verwendeten maskulinen Formen für beide Geschlechter zu verstehen sind.

Danksagung

Zuallererst gebührt mein Dank Herrn em.o.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Hubert Biedermann für die Ermöglichung und Betreuung meiner Masterarbeit. Vielen Dank für die Hilfestellungen und die konstruktiven Anregungen.

Ein besonderer Dank gilt weiters meiner Betreuerin Dr. mont. Dipl.Ing. Theresa Passath von der vaDTM. Danke Theresa für deinen Zuspruch, deine Unterstützung und deine kompetenten fachlichen Impulse in den letzten Monaten.

Weiters möchte ich mich bei allen Kolleginnen und Kollegen der vaDTM für die freundliche Aufnahme ins Team und die spannenden Gespräche danken.

Einen weiteren Dank richte ich an meine lieben Eltern, ohne deren Unterstützung ich mein Studium wohl nie bestreiten hätte können. Danke für die Möglichkeiten, die ihr mir geboten habt und die emotionale und finanzielle Unterstützung!

Weiters danke ich meiner Tante Lilly und meinen Onkeln Gi und Li für die Unterstützung in den letzten Jahren. Besonderer Dank gilt dabei dir Li, für das aufmerksame Korrekturlesen meiner Arbeit und die wertvollen Inputs und Anregungen.

Weiters gilt mein Dank meinen Freundinnen, Freunden und meinem Partner. Danke für eure Unterstützung in den letzten Monaten!

Kurzfassung

Die Schieneninfrastruktur stellt ein komplexes System dar, das durch hochsicherheitskritische Bestandteile und sein Potenzial im Bereich der Nachhaltigkeit gekennzeichnet ist. Als größte Schwachstelle des Systems kann die unzureichende Digitalisierung der Komponenten und die erschwerte Datenverfügbarkeit durch teilweise fehlende Datenerfassung oder statische Regulierungen genannt werden. Deshalb müssen vor allem durch die fortschreitende Liberalisierung des Marktes Lösungen gefunden werden, wobei die Instandhaltung der Infrastrukturanlagen einen einflussreichen Hebel darstellt. Als Kostentreiber und Einflussnehmer auf den Betrieb und somit auf den Erfolg der Unternehmen in der Eisenbahnbranche, gilt es Optimierungslösungen für bestehende Instandhaltungsprozesse zu finden. Die dynamische Kritikalitätsbeurteilung stellt eine Möglichkeit dar, um die vorhandenen Digitalisierungspotenziale zu nutzen und die Dynamik des Marktes beherrschbar zu machen, indem basierend auf Anlagendaten eine verlässliche Prognose der komponentenspezifischen Anlagenzustände abgegeben wird. Auf Basis der Anlagenkomplexität, Datenverfügbarkeit und den Umfeldbedingungen wird dabei eine Priorisierung der Anlagen durchgeführt und Handlungsempfehlungen (zur Instandhaltungsstrategieanpassung) generiert. Sie bietet also das Fundament für die dynamische und datenbasierte Instandhaltungsstrategieanpassung.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Status Quo des Instandhaltungsmanagements von Unternehmen im Bereich der Schieneninfrastruktur und der Erhebung der Potenziale der Implementierung einer dynamischen Kritikalitätsbeurteilung in eine bestehende Asset- und Maintenance Management Softwareapplikation. Um die Fragestellungen bezüglich der relevanten Einflusskriterien zur Identifikation kritischer Assets im Schieneninfrastrukturbereich und der Entwicklung eines Konzepts zur Einführung einer Kritikalitätsbeurteilung zu beantworten, teilt sich die Arbeit in zwei Schwerpunkte auf. Den Ersten stellt der theoretische Teil dar, welcher sich mit den wissenschaftstheoretischen Grundlagen beschäftigt. Dabei wurde das vorliegende System der Schieneninfrastruktur abgegrenzt und die Herausforderungen und allgemeinen Grundlagen des Instandhaltungsmanagements erarbeitet. Weiters wurden die Grundlagen und der Ablauf der Kritikalitätsbeurteilung und die Erarbeitung von Erfolgsfaktoren und -kriterien behandelt. Der zweite Schwerpunkt liegt im praktischen Teil, wobei eine umfassende Normenanalyse bezüglich relevanter Normen zur Risikobetrachtung der Schieneninfrastruktur und ein Experten-Delphi mit ausgewählten Experten aus dem Bereich Instandhaltungsmanagement im Eisenbahnwesen durchgeführt wurden. Neben der Beschreibung des Aufbaus und der Durchführung der Befragung werden die Ergebnisse in diesem Teil vorgestellt. Den Abschluss der Arbeit bildet ein Anpassungskonzept eines bestehenden Kritikalitätsbeurteilungstools für die produzierende Industrie, welches auf die Eignung zur Anwendung in der Infrastrukturbranche untersucht wurde.

Abstract

The rail infrastructure represents a complex system characterised by highly safety-critical components and its potential in the area of sustainability. The greatest weakness of the system can be named as the insufficient digitalisation of the components and the impeded availability of data due to the partial lack of data collection and static regulations. Due to the progressive liberalisation of the market, solutions must be found, whereby the maintenance of infrastructure assets is an influential lever. As a cost driver and influencer on the operation and thus on the success of companies in the railway industry, it is necessary to find optimisation solutions for existing maintenance processes. Dynamic criticality assessment is one way of exploiting the existing digitalisation potential and making the dynamics of the market controllable by providing a reliable forecast of component-specific plant conditions based on plant data. Based on the plant complexity, data availability and the environmental conditions, a prioritisation of the plants is carried out and recommendations for action (for the adjustment of the maintenance strategy) are generated. It thus provides the foundation for dynamic and data-based maintenance strategy adaptation.

This thesis deals with the status quo of maintenance management of companies in the rail infrastructure sector and the survey of the potentials of implementing a dynamic criticality assessment into an existing asset and maintenance management software application. In order to answer the questions regarding the relevant influencing criteria for the identification of critical assets in the rail infrastructure sector and the development of a concept for the introduction of a criticality assessment, the work is divided into two focal points. The first is the theoretical part, which deals with the scientific-theoretical foundations. The present system of rail infrastructure was delimited and the challenges and general principles of maintenance management were elaborated. Furthermore, the basics and the process of criticality assessment and the development of success factors and criteria were dealt with. The second focus is on the practical part, whereby a comprehensive analysis regarding relevant standards for the risk assessment of rail infrastructure and an expert Delphi with selected experts from the field of maintenance management in the railway sector were carried out. In addition to a description of the structure and implementation of the survey, the results are presented in this part. The thesis concludes with an adaptation concept of an existing criticality assessment tool for the manufacturing industry, which was examined for its suitability for application in the infrastructure sector.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangssituation und Problemstellung	1
1.2	Zielsetzung und Forschungsfrage	3
1.3	Methodische Vorgehensweise	4
1.4	Aufbau der Arbeit	5
2	Theoretischer Teil	6
2.1	Systemabgrenzung	6
2.1.1	Definition der Begriffe System, Systemtheorie und Komplexität	6
2.1.2	System Schieneninfrastruktur	10
2.2	Instandhaltungsmanagement im Bereich der Schieneninfrastruktur	15
2.2.1	Definition Instandhaltungsmanagement	15
2.2.2	Herausforderungen im vorliegenden System	16
2.2.3	Allgemeine Definition von Normung und Normen im Eisenbahnwesen	19
2.2.4	Instandhaltungsstrategien	21
2.2.5	Auswahl der Instandhaltungsstrategie	24
2.2.6	Lean Smart Maintenance (LSM)	26
2.3	Kritikalitätsbeurteilung	30
2.3.1	Definition des Begriffs Kritikalität	30
2.3.2	Beschreibung des Ablaufs der Kritikalitätsbeurteilung	32
2.3.3	Erfolgsfaktoren	36
2.4	Zusammenfassung	42
3	Praktische Fallstudie	43
3.1	Vorstellung des Unternehmens und Aufgabenstellung	43
3.2	Erhebung normativer Anforderungen an das Instandhaltungsmanagement	44
3.3	Analyse des bestehenden Kritikalitätsbeurteilungs-Tools	53
3.4	Allgemeine Definition der Delphi-Methode	56
3.4.1	Definition	56
3.4.2	Experteninterviews	58
3.4.3	Fragebogen	59
3.5	Vorgehensweise der Delphi-Befragung	61
3.5.1	Durchführung Delphi-Befragung	61
3.5.2	Aufbau Fragebogen	64
3.6	Ergebnisse der Delphi-Befragung	67
3.6.1	Auswertung Fragegruppe Demografische Fragen (Teil A)	67

3.6.2	Auswertung Fragegruppe Erfolgsfaktoren und Einflusskriterien (Teil B)	67
3.6.3	Auswertung Fragegruppe Anlagenbewertung und Instandhaltungsstrategie (Teil C)	71
3.6.4	Auswertung Fragegruppe Neuanschaffung von Anlagen (Teil D)	79
3.6.5	Auswertung der Interviews	80
3.6.6	Zusammenfassung der Ergebnisse der Befragung	83
3.7	Konzept zur Anpassung des bestehenden Tools	85
4	Zusammenfassung und Ausblick	88
	Literaturverzeichnis	91
	Anhang A: Kennzahlenkatalog	a
	Anhang B: Normensammlung	c
	Anhang C: Fragebogen	e
	Anhang D: Transkription Interview Teilnehmer 7	t
	Anhang E: Transkription Interview Teilnehmer 11	ii
	Anhang F: Transkription Interview Teilnehmer 15	ss
	Anhang G: Transkription Interview Teilnehmer 22	aaa
	Anhang H: Transkription Interview Teilnehmer 33	lll
	Anhang I: Transkription Interview Teilnehmer 46	qqq
	Anhang J: Antworten Fragebogen	yyy

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Visualisierung der Phasen der methodischen Vorgehensweise	4
Abbildung 2: Konzepte der Systemtheorie nach ROPOHL	7
Abbildung 3: Infrastrukturnetzkarte 2022	11
Abbildung 4: Prozessmodell des dynamischen, lern- und wertschöpfungsorientierten Instandhaltungsmanagementsystems nach KINZ	22
Abbildung 5: Instandhaltungsstrategien.....	24
Abbildung 6: Vorgehensmethodik zur Kritikalitätsableitung und -anpassung	28
Abbildung 7: Prozess der Kritikalitätsbeurteilung.....	32
Abbildung 8: Morphologische Kästen zur Komplexitätsanalyse nach PASSATH (2022)	33
Abbildung 9: zweiter Schritt der Kritikalitätsbeurteilung	34
Abbildung 10: Anlagenprioritätsportfolio	34
Abbildung 11: Aggregationsmethodik zur Beschreibung des Anlageverhaltens der ÖBB.....	36
Abbildung 12: Konzept der Verfügbarkeit nach OVE EN 50126-1	41
Abbildung 13: Zusammenhang der RAMS - Parameter.....	49
Abbildung 14: V-Darstellung des Lebenszyklus von Systemen	50
Abbildung 15: Vorgehen zur Kritikalitätsbeurteilung mit dem Criticality and Asset Priority (CAP) Modul	54
Abbildung 16: Klassifizierung der Delphi-Befragung nach Abschnitt 3.4.....	62
Abbildung 17: Fragebogen-Teilnehmer nach Unternehmensart gegliedert.....	63
Abbildung 18: Unternehmensarten der Interviewpartner.....	64
Abbildung 19: Frage B1 und B2 aus dem Fragebogen	66
Abbildung 20: Frage B1 - Erfolgsfaktoren der Unternehmen	67
Abbildung 21: Frage B2 - Erfolgsfaktoren der Instandhaltung.....	68
Abbildung 22: Frage B3 - Bedeutung der Erfolgsfaktoren.....	69
Abbildung 23: Kritikalität der einzelnen Bereiche der Schieneninfrastruktur	72
Abbildung 24: Reihung der Schieneninfrastrukturbestandteile nach ihrer Kritikalität	72
Abbildung 25: Frage C3 - eingesetzte Methoden zur Identifikation kritischer Assets	75
Abbildung 26: Frage C8 - Gründe für die Implementierung einer dynamischen Risikobewertung	76
Abbildung 27: Frage C 15 - Stellenwert der Risikobewertung im Zuge der Instandhaltungsstrategieanpassung.....	78
Abbildung 28: Gegenüberstellung der Reihungen der Erfolgsfaktoren des Unternehmens und der Instandhaltung	83

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Merkmale komplexer Systeme	8
Tabelle 2: Ursachen für die zunehmende Komplexität von Systemen	9
Tabelle 3: Relevante Bestandteile des Systems Schieneninfrastruktur.....	11
Tabelle 4: wesentliche Bestandteile der LSM-Philosophie.....	27
Tabelle 5: Faktoren des Kritikalitätsindex	31
Tabelle 6: Vergleich der PIMS-Erfolgsfaktoren 1977 und 2020	38
Tabelle 7: Arten von Messungen des menschlichen Urteilsvermögens	56
Tabelle 8: Klassifizierung von Interviews nach ihrer Standardisierung.....	59
Tabelle 9: Einflussfaktoren auf die Qualität von Fragebögen.....	60
Tabelle 10: Auflistung der Fragentypen des Fragebogens.....	65

Formelverzeichnis

Formel 1: Zuverlässigkeitsfunktion	25
Formel 2: Basis für das technische Verhalten des Fahrwegs über seine gesamte Nutzungsdauer	28

Abkürzungsverzeichnis

ÖBB	Österreichische Bundesbahnen
vaDTM	voestalpine Digital Track Management
GST	General System Theory
BEV	Bahnenergieversorgung
CEN	European Committee for Standardization
MTTR	Mean Time to Repair
WBI	wissensbasierte Instandhaltung
LSM	Lean Smart Maintenance
LCC	Lebenszykluskosten
IRGC	International Risk Governance Council
APCIP	österreichisches Programm zum Schutz kritischer Infrastrukturen
FMECA	Failure Mode, Effect, and Criticality Analysis
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
ASI	Austrian Standards Institute
ÖVE	österreichische Verband für Elektrotechnik
CENLEC	europäisches Institut für Telekommunikationsnormen
ETSI	europäische Komitee für Telekommunikationsnormen
ISO	International Organization for Standardization
IEC	International Electrotechnical Commission
ITU	International Telecommunication Union
AG	Aktiengesellschaft
EisbG	Eisenbahngesetz (Österreich)
AEG	Allgemeines Eisenbahngesetz (Deutschland)
TSI	Technische Spezifikationen für die Interoperabilität
RAMS	Reliability (Zuverlässigkeit), Availability (Verfügbarkeit), Maintainability, (Instandhaltbarkeit) und Safety (Sicherheit)
RAP	Risikoakzeptanzprinzip
CST	Sicherheitsziele
CSM	Sicherheitsmethoden
CSI	Sicherheitsindikatoren
SMS	Sicherheitsmanagementsystem
RL762	Richtlinie (EU) 2018/762
RL797	(EU) 2016/797
SchIV	Schienenverkehrslärm-Immissionsverordnung
MUT	Mittlere Klardauer

1 Einleitung

Diese Arbeit setzt sich mit dem Status Quo und dem Stellenwert der Risikobewertung von Assets der Schieneninfrastruktur auseinander und behandelt die Möglichkeit der Implementierung einer digitalisierten, standardisierten und dynamischen Kritikalitätsbeurteilung in bestehende Softwareapplikationen. In diesem Kapitel werden zunächst die Ausgangssituation und die Problemstellung vorgestellt, um die Relevanz dieser Arbeit zu erläutern. Basierend darauf wird die Zielsetzung definiert und die Forschungsfragen abgeleitet. Die Vorstellung der gewählten methodischen Vorgehensweise zur Erreichung der definierten Ziele, die Beantwortung der Forschungsfrage und der Aufbau der Arbeit schließen das Kapitel ab.

1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Klimakrise, Energieversorgung, gestörte Lieferketten und die damit einhergehenden wachsenden Anforderungen an die Mobilität sind die zentralen Problemfelder der heutigen Zeit. Das Eisenbahnwesen bietet hierfür Lösungen, da es durch die technischen Gegebenheiten die besten Voraussetzungen für „Digitalisierung, Automatisierung, E-Mobilität und Energieeffizienz“¹ mit sich bringt. Um diese Wettbewerbsvorteile vor allem in puncto Nachhaltigkeit langfristig auszunutzen, bedarf es einer entsprechenden Ausgestaltung des Instandhaltungsprozesses.

Der Schienenverkehr hat im Vergleich mit anderen Verkehrsträgern den geringsten CO₂-Fußabdruck, dennoch kommt es bei der Errichtung und Instandhaltung von Schieneninfrastruktursystemen zu größeren Kohlenstoffemissionen als bei anderen Verkehrsinfrastruktursystemen.² Die Instandhaltung stellt einen wesentlichen Hebel im Zusammenhang mit den hohen Anforderungen an Zuverlässigkeit und Sicherheit der Schieneninfrastruktur dar.³ Vor allem normative Anforderungen, die sich aus den EU-Klimazielen und gesetzlichen Bestimmungen ergeben, setzen Infrastrukturbetreiber vor große Herausforderungen.⁴ Ein weiterer Punkt ist hierbei, dass der Bereich des Datenaustauschs und der Datenverfügbarkeit einen zu schwach regulierten Rechtsrahmen aufweist und die Notwendigkeit der Kategorisierung, Klärung und transparenteren Gestaltung von Daten aufzeigt.⁵

Die genannten Herausforderungen der Schieneninfrastruktur sind darauf zurückzuführen, dass sie ein System technisch komplexer, hochsicherheitskritischer Bestandteile darstellt, in welchem die Potenziale der Digitalisierung vor allem im Bereich der Instandhaltung noch nicht voll genutzt werden. Laut BERGER können durch den Einsatz von Digitalisierungslösungen 20% an Instandhaltungskosten eingespart

¹ Stühr, H. et al. (2023), S. V.

² Vgl. Kaewunruen, S. et al. (2015), S. 1.

³ Vgl. Lidén, T. (2015), S. 574.

⁴ Vgl. Biedermann, H. (2022), S. 11.

⁵ Vgl. UNIFE - The European Rail Supply Industry Association (2019), S. 18.

werden.⁶ Allein im Jahr 2021 hätte somit das Einsparungspotenzial für die Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB) durch beispielsweise den möglichen Einsatz von Cybersecurity-Systemen, AI im Zuge von prädiktiven Instandhaltungskonzepten oder Big Data⁷ bis zu 61,6 Mio. EUR⁸ entsprochen.

Die fehlende Digitalisierung im Bereich der Instandhaltung wird durch die Ergebnisse der Benchmarkstudie der österreichischen Vereinigung für Instandhaltung und Anlagenwirtschaft verdeutlicht, wonach die Wahl der Instandhaltungsstrategie zumeist auf analogen Methodiken wie Erfahrungswerten (89%), basiert und nur in wenigen Fällen eine Anlagen- (34%) oder Risikobewertung (53%) herangezogen wird. Eine dynamische Anpassung der Instandhaltungsstrategie ist bei 47% der befragten Unternehmen nicht vorhanden.⁹ Die reaktive, teilweise präventive Instandhaltungsstrategie stellt überwiegend den Status Quo dar¹⁰, welche bei der wachsenden Bedeutung der ganzheitlichen Life-Cycle-Orientierung und der dynamischen Instandhaltungsstrategieanpassung im Bereich des Asset Managements reflektiert gehört.¹¹ Die genannten Werte stellen Richtwerte dar, da die Studie überwiegend Teilnehmer aus dem produzierenden Sektor betrachtete. Studien zur Instandhaltungsstrategie, der Anpassung dieser und der Risikobewertung von Schieneninfrastrukturanlagen sind in der Literatur nicht vorhanden. Diese Tatsache unterstreicht den Bedarf weiterer Forschung, Studien und wissenschaftlicher Auseinandersetzung mit Instandhaltungskonzepten im System Schieneninfrastruktur.

Das Unternehmen voestalpine Digital Track Management GmbH (vaDTM) hat sich zur Aufgabe gemacht, dieses Digitalisierungspotenzial der Instandhaltung im Bereich der Schieneninfrastruktur zu nutzen und ein ganzheitliches Instandhaltungs-Tool für Infrastrukturbetreiber anzubieten. Derzeit ist in der Software noch keine Risikobetrachtung der Assets enthalten, welche aber unerlässlich ist, um das Produkt in Zukunft zu einem präskriptiven Instandhaltungstool weiterzuentwickeln. Um diesen Entwicklungsschritt zu machen und für ihre Kunden eine anlagenbezogene, dynamische Instandhaltung zu gewährleisten, werden konkrete Ergebnisse zu den branchenspezifischen Einflusskriterien und Erfolgsfaktoren der Kritikalitätsbeurteilung benötigt, um das bestehende Beurteilungstool des Joint Venture Partners Boom Software AG, welches auf die Instandhaltung von Schienenfahrzeugbestand (Rolling Stock) ausgelegt ist, anzupassen.

Die konkrete Problemstellung dieser Arbeit ergibt sich daraus, dass im Bereich der Kritikalitätsbeurteilung zahlreiche erfahrungsbasierte, von der Datenqualität unabhängige Methoden (qualitative Methoden wie die ABC-Klassifikation, Event Tree Analysen - ETA und Fehlerbaumanalysen - FTA) existieren¹², aber nur wenige Methoden, die Dynamisierung in ihrer Vorgehensweise implementiert haben und eine ganzheitliche Systembetrachtung ermöglichen. Die Kritikalitätsbeurteilung nach KINZ¹³

⁶ Vgl. Schwilling, A. et al. (2016), S. 2.

⁷ Vgl. UNIFE - The European Rail Supply Industry Association (2019).

⁸ Vgl. ÖBB-Infrastruktur AG (2022a), S. 152.

⁹ Vgl. Kinz, A. (2018), S. 70f.

¹⁰ Vgl. Biedermann, H. (2018), S. 23.

¹¹ Vgl. Passath, T.; Huber, C. (2019), S. 7.

¹² Vgl. Crespo Márquez, A. (2007), S. 108

¹³ Vgl. Kinz, A. (2017).

und das darauf aufbauende Vorgehens- und Entscheidungsmodell zur dynamischen Kritikalitätsbeurteilung nach PASSATH¹⁴ bilden eine wissenschaftliche Grundlage für die Erarbeitung des Potenzials der Implementierung einer standardisierten und dynamischen Risikobewertung im Bereich der Schieneninfrastruktur.

Zusammenfassend wird festgehalten, dass aktuell im Bereich der Schieneninfrastruktur kaum eine wissenschaftliche Auseinandersetzung mit den Erfolgskriterien in Zusammenhang mit einer Risiko- bzw. Anlagenbewertung zur Identifikation kritischer Assets besteht.

1.2 Zielsetzung und Forschungsfrage

Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit ist es eine Marktanalyse im Bereich der Schieneninfrastruktur durchzuführen, um den Status Quo im Instandhaltungsmanagement im Bereich der Schieneninfrastruktur mit besonderem Fokus auf die Kritikalitätsbeurteilung zu erheben. Weitergehend soll darauf basierend ein Anpassungskonzept für die Einführung einer dynamischen, standardisierten Kritikalitätsbeurteilung in die bestehende Softwareapplikation der voestalpine Digital Track Management GmbH entwickelt werden.

Daraus leiten sich die folgenden Zielsetzungen ab. Zum einen soll die wissenschaftstheoretische Grundlage, für die im praktischen Teil aufgegriffenen Themen erarbeitet werden. Untergeordnete Ziele sind die systemtheoretische Aufarbeitung der Schieneninfrastruktur, eine Literaturrecherche bezüglich Instandhaltungsstrategien, der Anpassung dieser und die Erarbeitung des Zusammenhangs, der Bedeutung und der Herausforderungen der Kritikalitätsbeurteilung und des Instandhaltungsmanagements im komplexen System Schieneninfrastruktur. Weiters stellt die Aufbereitung relevanter Normen, Richtlinien und Gesetzesschriften ein wesentliches Ziel dar, um die Forschungsfrage:

„Welches sind die entscheidenden Einflusskriterien zur Identifikation kritischer Assets in der Schieneninfrastruktur?“

zu beantworten.

Das Ziel des praktischen Teils der Arbeit ist, durch die gewählte methodische Vorgehensweise (vgl. Abschnitt 1.3) die folgenden Fragestellungen zu beantworten:

„Was ist der Status Quo im Instandhaltungsmanagement im Bereich der Schieneninfrastruktur und welchen Mehrwert bietet die Kritikalitätsbeurteilung in diesem?“

„Wie kann ein Vorgehens- und Entscheidungsmodell in eine bestehende Softwareapplikation eingebettet werden?“

¹⁴ Vgl. Passath, T. (2022).

1.3 Methodische Vorgehensweise

Die gewählte methodische Vorgehensweise zur Erstellung der vorliegenden Arbeit gliedert sich in drei, teilweise parallel durchgeführte, Teile (vgl. Abbildung 1). Die erste Phase der Vorgehensweise ist eine systematische Literaturrecherche nach TRANFIELD ET AL.¹⁵ bezüglich der Instandhaltungsmanagement Grundlagen, der Kritikalitätsbeurteilung, Instandhaltungsstrategien, Möglichkeiten der Instandhaltungsstrategieanpassung und der nationalen und europäischen Gesetzeslage, um normative Anforderungen hinsichtlich Risikobetrachtung zu identifizieren.

Parallel dazu wurde die zweite Phase gestartet, die Durchführung einer Delphi-Befragung. Unter dem Delphi-Verfahren wird eine der „subjektiv-intuitiven Methoden der Vorausschau“¹⁶, wobei Fachexperten in einem mehrstufigen, strukturierten Prozess befragt werden (vgl. Abschnitt 3.4), verstanden. Im Zuge dieser Arbeit wurde ein zweistufiges Verfahren gewählt, wobei ein Fragebogen die erste Stufe darstellte. Basierend auf den Ergebnissen des Fragebogens wurden in einem zweiten Schritt Interviews durchgeführt. Das Delphi-Verfahren wurde gewählt, da es die Hauptfunktion hat Entwicklungen einzuschätzen, zu bewerten und Daten zu liefern, die als Basis für Entscheidungen dienen.¹⁷

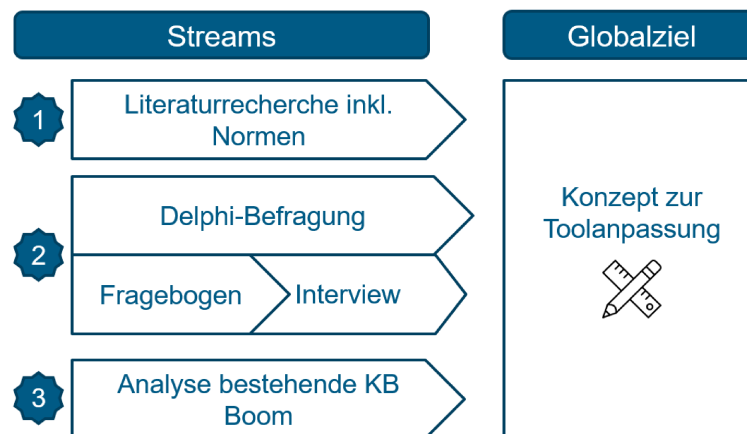


Abbildung 1: Visualisierung der Phasen der methodischen Vorgehensweise¹⁸

Die dritte und letzte Phase stellte die Analyse des bestehenden Kritikalitätsbeurteilungstools der Boom Software AG dar, welche die Einarbeitung in die Funktionalitäten, eine Schulung und Interviews mit Experten der Boom Software AG inkludiert.

¹⁵ Vgl. Tranfield, D. et al. (2003).

¹⁶ Cuhls, K. (2019), S. 5.

¹⁷ Vgl. Cuhls, K. (2019), S. 13.

¹⁸ Quelle: Eigene Darstellung

1.4 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Diplomarbeit unterteilt sich in 4 Kapitel, wobei das erste Kapitel die Ausgangssituation und Problemstellung, die Zielsetzung und Forschungsfrage, die methodische Vorgehensweise und den Aufbau der Arbeit beschreibt.

Im zweiten Kapitel der Arbeit, dem theoretischen Teil, wird die wissenschaftstheoretische Grundlage, für die im praktischen Teil aufgegriffenen Themen, erarbeitet. Dabei wird zuerst eine Abgrenzung des für diese Arbeit relevanten Systems durchgeführt und weiters die Bestandteile des Systems „Schieneninfrastruktur“ vorgestellt. Weiters werden die Besonderheiten, Merkmale und Problemfelder im vorliegenden System beschrieben. Darauf folgt in Abschnitt 2.2 die Erarbeitung der Grundlagen des Instandhaltungsmanagement, beginnend mit einer Definition der Begriffe, der Beschreibung der Instandhaltungsstrategien, der Vorstellung der Lean Smart Maintenance-Philosophie und der Methodik zur dynamischen Instandhaltungsstrategieanpassung. Ein wesentlicher Bestandteil dieses Abschnitts ist die Erarbeitung der Herausforderungen des Instandhaltungsmanagements im vorliegenden System. Die normativen Anforderungen stellen dabei eine wesentliche Herausforderung dar und werden in Abschnitt 2.2.3 allgemein vorgestellt um auf die Bedeutung der Risikobetrachtung im vorliegenden System hinzuführen. Darauf aufbauend wird die Kritikalitätsbeurteilung in Abschnitt 2.3 erläutert. Schließlich werden in Abschnitt 2.4 die Erfolgsfaktoren und ihre Bedeutung zuerst allgemein beschrieben und folgend die Wichtigsten im Detail vorgestellt. Der theoretische Teil der Arbeit wird durch die Zusammenfassung der Erkenntnisse abgerundet. Der theoretische Teil liefert Erklärungen und Einordnungen bezüglich des Instandhaltungsmanagements im vorliegenden System, der Bedeutung einer dynamischen Risikobetrachtung und den wesentlichen Erfolgsfaktoren, welche die Basis für das Vorgehen im praktischen Teil und die durchgeführte Studie bilden.

Im dritten Kapitel der Arbeit wird die praktische Fallstudie behandelt. Dabei wird zunächst das Unternehmen, welches die Aufgabenstellung der vorliegenden Arbeit stellte, sowie die Problemstellung vorgestellt. Darauf folgend werden in Abschnitt 3.2 eine umfangreiche Normenanalyse durchgeführt und wesentliche Anforderungen an das Instandhaltungsmanagement im Bereich der Schieneninfrastruktur erarbeitet. In Abschnitt 3.3 werden die Analyseergebnisse eines bestehenden Kritikalitätsbeurteilungstools vorgestellt, wobei zunächst die Funktionalitäten beschrieben und folgend einer kritischen Auseinandersetzung unterzogen werden. In Abschnitt 3.4 wird zunächst die Delphi-Methode allgemein vorgestellt und anschließend in Abschnitt 3.5 die durchgeführte Delphi-Befragung anhand der Beschreibung der Durchführung und des Aufbaus vorgestellt. In Abschnitt 3.6 werden die Ergebnisse einer Analyse unterzogen und im Detail vorgestellt. In Abschnitt 3.7 werden die Erkenntnisse der Delphi-Befragung und der Analyse des bestehenden Kritikalitätsbeurteilungstools zusammengetragen. Dabei werden die wichtigsten Anpassungspunkte und die zu beachtenden Themen vorgestellt.

Im vierten Kapitel folgt die Zusammenfassung der Ergebnisse aus dem theoretischen Teil und der Delphi-Befragung und ein Ausblick auf den zukünftigen Forschungsbedarf.

2 Theoretischer Teil

In diesem Teil der Arbeit werden die wissenschaftstheoretischen Grundlagen erläutert. Zuerst wird das für diese Arbeit relevante System mit dessen systemtheoretischen Hintergründen beschrieben. Folgend wird auf die Rolle und die Bedeutung des Instandhaltungsmanagements im Bereich der Schieneninfrastruktur eingegangen und die Kritikalitätsbeurteilung beschrieben. Die Erarbeitung der Erfolgsfaktoren inklusive Kriterien und normativen Anforderungen schließen dieses Kapitel.

2.1 Systemabgrenzung

Um die für diese Arbeit relevanten Systemgrenzen zu definieren erläutert dieses Kapitel die theoretischen Grundlagen der Systemtheorie und der Komplexität von Systemen, welche folgend auf das vorliegende System Schieneninfrastruktur angewendet werden. Weiters werden die Bestandteile der Schieneninfrastruktur zusammengefasst und deren Merkmale und Problemfelder erarbeitet.

2.1.1 Definition der Begriffe System, Systemtheorie und Komplexität

In diesem Abschnitt folgen die Definition und Einordnung der Begriffe System, Systemtheorie und Komplexität.

System

Laut HALL UND FAGEN ist ein System die Menge von Objekten zusammen mit deren Beziehungen untereinander und den Beziehungen zwischen ihren Attributen. Objekte sind dabei unbegrenzt in ihrer Vielfalt und können physische Teile, wie Atome, Sterne oder Weichen oder abstrakte Objekte, wie Prozesse, Gleichungen, Regeln oder Gesetze, sein. Unter Attributen versteht man die Eigenschaften der Objekte. Die Beziehungen zwischen den Objekten bzw. Attributen sind das, was die Systembegriffe nützlich und notwendig machen.¹⁹

ROPOHL beschreibt ein „System“ als Zusammenspiel dreier Aspekte bzw. Konzepte (vgl. Abbildung 2) und verdeutlicht, dass für eine ganzheitliche Systembetrachtung keinesfalls ein Aspekt in den Vordergrund gestellt werden kann. Das strukturelle Konzept beschreibt ein System als untereinander verbundener Elemente, die als Gesamtheit betrachtet werden. Es ist durch die Vielfalt der möglichen Beziehungen zwischen den Elementen und den Eigenschaften dieser geprägt. Im funktionalen Konzept wird das System von außen betrachtet. Dabei werden die Eigenschaften des Systems anhand der Inputs, Outputs und Zustände beschrieben. Die funktionale Denkweise beschränkt sich bewusst auf die Betrachtung des inneren Aufbaus und sieht davon ab, die inneren Zusammenhänge zu beschreiben. Im hierarchischen Konzept werden die Elemente

¹⁹ Vgl. Hall, A. D.; Fagen, R. E. (2009), S. 81f.

eines Systems als eigenständige Systeme beschrieben und zur Unterscheidung werden diese in Subsysteme und Supersysteme eingeteilt. Diesem Konzept liegt eine Art Stufendenken (Hierarchie) zugrunde, wobei jeder Teil eine Ganzheit der nächstniedrigeren Stufe bzw. jede Ganzheit einen Teil der nächsthöheren Stufe bildet.²⁰ Für diese Arbeit wird das davon abgeleitete Systemmodell verwendet, wobei die drei Systemkonzepte (funktionales, struktureles und hierarchisches) miteinander verbunden betrachtet werden. Ein System ist demnach „das Modell einer Ganzheit, die (1) Beziehungen zwischen Attributen (Inputs, Outputs, Zustände etc.) aufweist, die (2) aus miteinander verbundenen Teilen bzw. Subsystemen besteht, und die (3) von ihrer Umgebung bzw. von einem Supersystem abgegrenzt wird“²¹ (vgl. Abbildung 2).

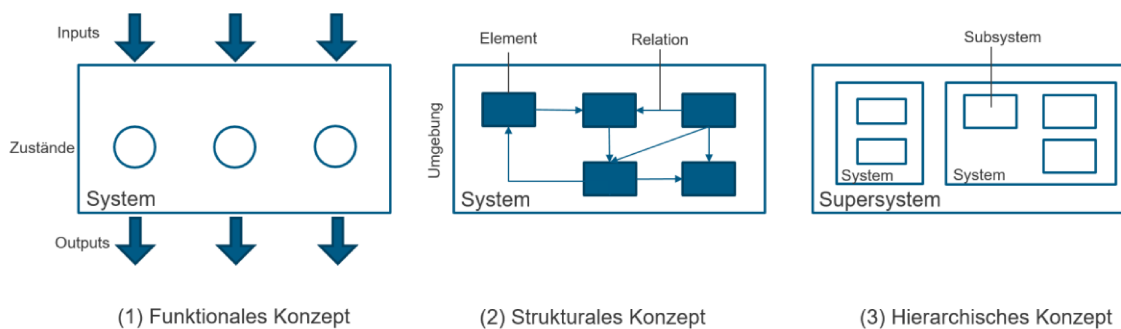


Abbildung 2: Konzepte der Systemtheorie nach ROPohl²²

Systeme können weiters als Netz dargestellt werden. Zum Beispiel dient die graphische Darstellung von U-Bahn-Netzen zur Orientierung im städtischen Bereich. Netze bestehen aus Kanten und Knoten und dabei stellen die Knoten die Systemelemente und die Kanten zwischen den Knoten die Wechselwirkungen zwischen den Systemelementen dar, womit das gesamte Wirkungsgefüge dargestellt werden kann.²³

Systemtheorie

Die Anfänge der Systemtheorie liegen in der allgemeinen Systemtheorie von BERTALANFFY, die Problemstellungen aller Disziplinen behandeln konnte. Mit der General System Theory (GST) entwickelte er um 1950 ein Instrument, welches Modelle für verschiedenste Bereiche liefert und Analogien vermeidet, die den Fortschritt in diesen oft beeinträchtigen.²⁴ Die Theorie lieferte einen Lösungsansatz für zwei Probleme der damaligen „modernen“ Wissenschaft, welche auch sieben Jahrzehnte später noch von Bedeutung sind. Zum einen für *organized complexity*, auf welche die Regeln der konventionellen Physik nicht anwendbar sind. Sobald lebende Organismen in Abhängigkeit mit sozialen Gruppen beschrieben werden, sind Begriffe wie Organisation, Ganzheitlichkeit, Gerichtetheit und Differenzierung zu behandeln. Zum anderen für die allgemeine Theorie der Organisation, wobei die GST insofern Lösungsansätze liefert, dass sie in der Lage ist exakte Definitionen für Begriffe zu liefern und sie einer

²⁰ Vgl. Ropohl, G. (2009), S. 75ff.

²¹ Ropohl, G. (2009), S. 77.

²² Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an: Ropohl, G. (2009), S. 76

²³ Vgl. Suter, G. (2014), S. 35.

²⁴ Vgl. Bertalanffy, L. v. (1972) und Bertalanffy, L. v. (1948)

quantitativen Analyse zu unterziehen.²⁵ Die Probleme der organisierten Komplexität und Organisationstheorie sind zwar heute noch gültig, dennoch dienen Theorien wie BERTALANFFYS GST nur als Grundlage bzw. Ausgangspunkt der fachübergreifenden Komplexitäts- und Systemforschung, da sie keine rein empirische oder mathematische Theorie darstellt. Es bestehen zahlreiche systemtheoretische Ansätze, weshalb CASTELLANI UND GERRITS eine Karte entwickelt haben, die grafisch die Entwicklungen im Bereich der Komplexitätswissenschaften darstellt. Darauf ist zu erkennen, dass der Begriff Komplexität in Zusammenhang mit der Systemtheorie erstmals um 1990 auftrat.²⁶

Komplexität von Systemen / Komplexe Systeme

Komplexität liegt vor, wenn in Systemen bestimmte Merkmale auftreten (vgl. Tabelle 1). Systemtheoretisch wird der Begriff durch die Anzahl an Elementen und der Anzahl an Relationen (vgl. Merkmal 1 in Tabelle 1) zwischen den Elementen und der Funktionalität der Verknüpfungen definiert.²⁷ SUTER definiert komplexe Systeme als „Gesamtheit von variablen Einzelementen, die untereinander in variabler Wechselbeziehung stehen (entspricht Merkmal 1 in Tabelle 1), welche nicht oder nicht abschließend kalkulierbar sind (entspricht Merkmal 2 in Tabelle 1) und in unvorhersehbarer Weise (entspricht Merkmal 3 in Tabelle 1) auf das System selbst zurückwirken können“²⁸.

Tabelle 1: Merkmale komplexer Systeme²⁹

Merkmal	Beschreibung
1	Anzahl und Art der Elemente und deren Relationen untereinander ist endlich
2	Komplexe Prozesse haben eine gewisse Eigendynamik und sind irreversibel
3	Intransparenz für die entscheidende Person

Nach BANDTE treten bei dem Begriff „Komplexität“ zwei Paradoxien auf. Zum einen das Informationsparadoxon, welches mangelnde (vollständige) Information als Ursache für die Komplexität eines Systems bezeichnet. Zum anderen das Begriffsparadoxon, wobei BANDTE die Erfassung des Begriffs als „Einheit in *in*em Kontext“ als Widerspruch zu den inhärenten Eigenschaften des Komplexitätsbegriffs sieht.³⁰ Systeme zeigen grundsätzlich eine Tendenz zu steigender Komplexität, wofür DITTES fünf wesentliche Gründe nennt (vgl. Tabelle 2). Weiters stellen Netze das „einfachste System, das komplexes Verhalten zeigen kann“³¹ dar. Um die Komplexität von Netzen zu bestimmen dient die Valenz. Der Begriff Valenz kommt aus der Chemie, wobei damit die Anzahl von Bindungselektronen, also die Anzahl von möglichen Bindungen eines Atoms, gemeint

²⁵ Vgl. Bertalanffy, L. v. (1968), S. 34f.

²⁶ Vgl. Castellani, B.; Gerrits, L., https://www.art-sciencefactory.com/complexity-map_feb09.html, (Zugriff: 05.06.2023).

²⁷ Vgl. Milling, P. (1981); zitiert nach: Dittes, F.-M. (2021), S. 2.

²⁸ Suter, G. (2014), S. 42.

²⁹ Vgl. Prof. Dr. Eberhard Feess, <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/komplexitaet-39259>, (Zugriff: 23.05.2023).

³⁰ Vgl. Bandte, H. (2007), S. 72f.

³¹ Dittes, F.-M. (2021), S. 109.

ist. In Zusammenhang mit der Komplexität beschreibt die Valenz die Anzahl von Kanten, die von einem Knoten ausgehen. In zufälligen Netzen, als welches auch das Schienennetz gilt (vgl. Abschnitt 2.1.2), ist die Bestimmung der Valenz nicht trivial, da einem Knoten keine vorgegebene Anzahl von Kanten zugewiesen werden kann. Netze dieser Art entstehen durch den Mechanismus bevorzugter Anlagerung, wobei die Verknüpfung eines neuen Knotens im System bestimmten Vorschriften folgt. Knoten werden mit höherer Wahrscheinlichkeit mit Knoten verbunden, die eine hohe Valenz aufweisen, also eine hohe Attraktivität haben. Um die Komplexität solcher Netze zu beschreiben, dient die Verteilungsfunktion von Valenzen.³²

Tabelle 2: Ursachen für die zunehmende Komplexität von Systemen³³

Grund	Erklärung
Funktionalität	Funktionalität von Systemen wird verbessert, um die Qualität zu verbessern.
Differenziertheit und Flexibilität	Um der differenzierten Realität angepasst zu werden, werden Systeme differenzierter und flexibler gestaltet. So können z.B. verschiedene Nutzergruppen bedient werden.
Red Queen Effect	Im Zuge des Wettbewerbs werden Systeme um weitere Funktionalitäten aufgerüstet.
Vernetzung	Die Verflechtung von verschiedenartigen Systemen durch beispielsweise die Kopplung von Erzeugung und Verbrauch.
Frustration	Systeme streben den optimalen Kompromiss zwischen gegensätzlichen Anforderungen an.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Begriffsdefinition vielseitig und je nach Bereich unterschiedlich ist. Grundsätzlich geht es aber in allen Definitionen um die Beschreibung der Kriterienstruktur und des Verhaltens, um die Komplexität eines Systems zu verdeutlichen. Bei der Struktur geht es um die Art und Anzahl der Elemente und deren Verbindungen, also den Aufbau des Systems. Unter komplexem Verhalten hingegen wird die „Vielfalt von Reaktionsmöglichkeiten“³⁴, wobei jede einzelne eine notwendige und andere Adaption des Verhaltens mit sich zieht, verstanden. Weiters weist das Verhalten von komplexen Systemen eine Art Unvorhersehbarkeit auf, was vor allem bei technischen Systemen auffällt.³⁵

³² Vgl. Dittes, F.-M. (2021), S. 111f.

³³ Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Dittes, F.-M. (2021), S. 88ff.

³⁴ Dittes, F.-M. (2021), S. 3f.

³⁵ Vgl. Dittes, F.-M. (2021), S. 3f.

2.1.2 System Schieneninfrastruktur

In der vorliegenden Arbeit ist als „System“ das System „Schieneninfrastruktur“, dessen Bestandteile und Komplexität im Folgenden erläutert werden, gemeint. In Anbetracht des Aspekts „hierarchisches Konzept“ und der Begriffsdefinition nach ROPOHL (vgl. Abschnitt 2.1.1) kann das System wie folgt als Subsystem von seiner Umgebung abgegrenzt werden:

- Supersystem: Eisenbahnverkehr
- System: Rad-Schiene-System
- Subsystem: Schieneninfrastruktur

In der europäischen Richtlinie (EU) 216/797 im Anhang II wird das Eisenbahnsystem in folgende Teilsysteme gegliedert³⁶:

1. Strukturelle Bereiche: Infrastruktur, Energie, streckenseitige und fahrzeugseitige Zugsteuerung/Zugsicherung und Signalgebung und Fahrzeuge
2. Funktionelle Bereiche: Betriebsführung und Verkehrssteuerung, Instandhaltung und Telematik Anwendungen für den Personen- und Güterverkehr

Für die vorliegende Arbeit sind Bestandteile beider Teilsysteme relevant, wobei im strukturellen Bereich die fahrzeugseitige Zugsteuerung/Zugsicherung und Signalgebung und Fahrzeuge nicht behandelt werden und im funktionellen Bereich der Fokus auf der Instandhaltung liegt.

Wenn man, wie in Abschnitt 2.1.1 erwähnt, das vorliegende System als Netz beschreibt, stellen die Eisenbahnstrecken (Schienen) die Kanten dar mit dazwischen liegenden Bahnknoten. Kanten verfügen über gewisse Eigenschaften, wobei im Schienennetz z.B. die maximale Geschwindigkeit, mit der diese Kante befahren werden kann, solch eine Eigenschaft darstellt.³⁷ In Abbildung 3 ist das Infrastrukturnetz der ÖBB abgebildet, wobei Wien, Linz, Wiener Neustadt, Graz, Salzburg und Villach als größte Bahnknoten fungieren. Grafisch ist erkennbar, dass es sich um ein komplexes System handelt. Um diese Tatsache zu unterstreichen folgt eine Auflistung der einzelnen Bestandteile des Systems und deren Abhängigkeiten bzw. Eigenschaften. Das österreichische Schienennetz lässt sich zahlenmäßig wie folgt beschreiben³⁸:

- 9.759 km Gleise inklusive Weichenlänge
- 657 Stellwerke
- 1.032 Bahnhöfe und Haltestellen
- 7 Güterzentren
- 6.605 Brücken
- 251 Tunnel
- 25.398 Signale
- 13.285 Weichen

³⁶ Vgl. Richtlinie (EU) 2016/797:26.05.2016, S. 44.

³⁷ Vgl. Dittes, F.-M. (2021), S. 124.

³⁸ Vgl. ÖBB-Holding AG (2022), S. 13f.

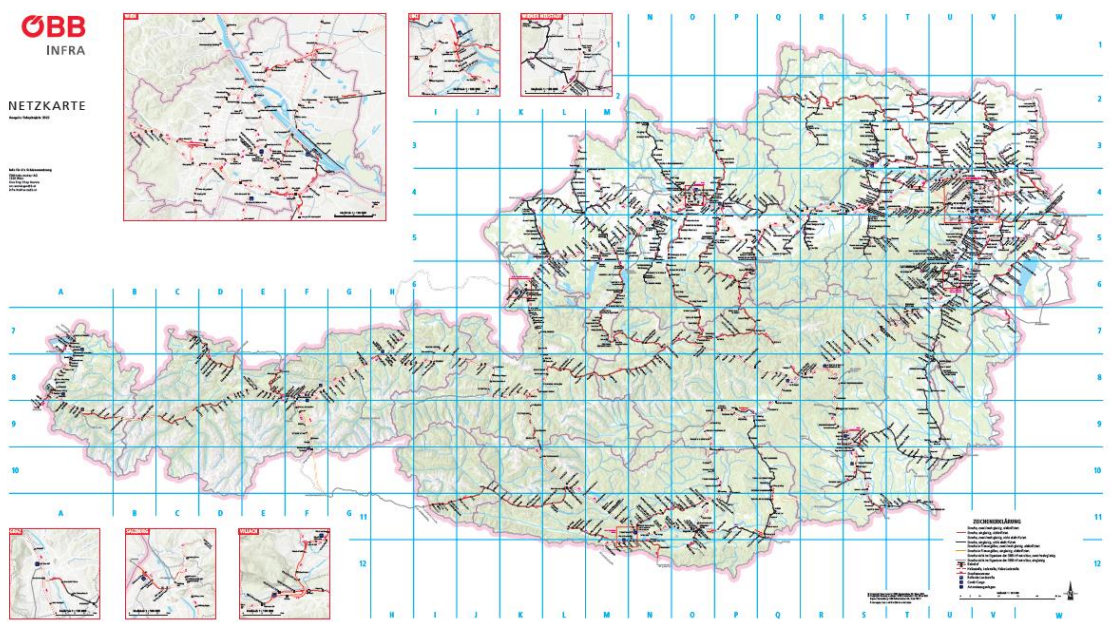


Abbildung 3: Infrastrukturnetzkarte 2022

Neben den oben genannten Bestandteilen gibt es weitere (vgl. Tabelle 3), die für diese Arbeit von Relevanz sind und nachfolgend beschrieben werden.

Tabelle 3: Relevante Bestandteile des Systems Schieneninfrastruktur³⁹

Benennung	Definition
Schiene	Fahrbahn und Führungselement mit den Aufgaben die Radlasten zu übertragen, Räder zu führen und eine glatte Fahrbahn für die Fahrzeuge bereitzustellen.
Schienenbefestigung	Schienenbefestigungen haben die Funktion Lasten (Vertikal-, Längs- und Seitenbelastung) abzutragen und werden in Abhängigkeit von Geschwindigkeit und jährlicher Verkehrsmasse ausgewählt. Dient als Verbindung zwischen Schiene und Schwelle.
Schwellen	Schwellen werden durch Auflagerfläche und Masse charakterisiert und bestehen zumeist aus Beton.
Schotter	Der Schotter dient zur Begrenzung der Kontaktspannung Schotter – Unterbau.
Elastische Elemente im Schotteroberbau	Die Einführung von Betonschwellen machte die Erhöhung der Gleissteifigkeit nötig, was durch den Einbau elastischer Zwischenlagen zwischen Schiene und Schienenbefestigung gelöst wurde. Der Einsatz von elastischen Schwellenbesohlungen kann die Schotterlebensdauer erhöhen.

³⁹ Definitionen in Anlehnung an: Menius, R.; Matthews, V. (2017), 27ff und Fendrich, L.; Fengler, W. (2019), 1ff.

Benennung	Definition
Weichen	Weichen sind Oberbaukonstruktionen, die dazu dienen Fahrzeuge ohne Unterbrechung von einem Gleis auf ein anderes zu leiten. Weichen sind mit Antriebs-, Verschluss- und Sicherungseinrichtungen (genaue Vorgaben im EisbBBV §22 ⁴⁰) ausgestattet, um die richtige Stellung der beweglichen Teile vor jeder Zugfahrt zu gewährleisten.
Kreuzungen	Durchschneidungsstelle von zwei Gleisen, wo sich vier Schienen schneiden. Je nach Schneidungswinkel der Gleise sind einfache Herzstücke oder Doppelherzstücke erforderlich. Hauptsächlich in Bahnhöfen oder Abzweigstellen zu finden.
Ingenieurbauwerke	Laut DIN 1076 ⁴¹ versteht man unter Ingenieursbauwerken Brücken, Trogbauwerke, Stütz- und Lärmschutzbauwerke (Höhe von mind. 2m) sowie jegliche Bauwerke mit mind. 1,5 m sichtbarer Höhe. Sobald ein Einzelstandsicherheitsnachweis im Zuge der Errichtung benötigt wird, spricht man von einem Ingenieurbauwerk.
Eisenbahnbrücken	Eisenbahnbrücken haben den Zweck, eine Eisenbahnstrecke bzw. die auf dieser fahrenden Eisenbahnfahrzeuge über Hindernisse zu befördern. Anforderungen bezüglich Sicherheit, Gebrauchstauglichkeit, Brand-, Umwelt-, Schallschutz, Energieeinsparungen und Nachhaltigkeit sind zu beachten.
Tunnel	Tunnel können in geschlossene und offene Bauweise unterteilt werden, wobei sie weiters eine steigungsarme und niveaugleiche Trassierung ermöglichen. Tunnel können auch bei Lärm- und Umweltschutzanforderungen Abhilfe verschaffen.
Bahnübergänge	Bahnübergänge sind als Kreuzungen definiert, an denen sich die Verkehrssysteme Straßenverkehr und Schienenverkehr mit grundlegend verschiedenen Eigenschaften kreuzen. Weiters treffen an Bahnübergängen auch zwei unterschiedliche Sicherheitsphilosophien aufeinander.
Signale und Signalsysteme bzw. Leit- und Sicherungstechnik	Relevant sind hierbei vor allem die Teilgebiete „Fahrwegsicherung, Zugbeeinflussung und Bahnübergangssicherung“. Durch die langen Bremswege aufgrund geringer Haftreibung und die Spurführung sind die

⁴⁰ Vgl. EisbBBV:17.05.2023, S. 11.

⁴¹ Vgl. DIN 1076:1999-11.

Benennung	Definition
	wichtigsten Aufgaben Kollisionsvermeidung und Entgleisungsvermeidung.
Energieversorgungsanlagen	Aufgaben der Bahnenergieversorgung (BEV) sind die Triebfahrzeuge mit elektrischer Energie zu speisen und die Anforderungen bezüglich Geschwindigkeit und Unterbrechungsfreiheit der Versorgung zu erfüllen.
Bahnbetriebliche Telekommunikationstechnik	Ehemals „Fernmeldetechnik“; Ohne zuverlässige Telekommunikationstechnik bzw. der Kommunikation von Daten und Sprache ist der Eisenbahnbetrieb nicht möglich. Maßgeblich zur Umsetzung der gesetzlichen Vorgaben aus EU-Richtlinien/-Verordnungen zur Interoperabilität des Eisenbahnwesens in der EU.

Einschränkende Eigenschaften der Schieneninfrastrukturbestandteile, vor allem in Bezug auf Instandhaltungstätigkeiten, sind die folgenden⁴²:

1. Interdependenz zwischen Infrastruktur und Fahrzeugen
2. Geografischer Aufbau des Schienennetzes und seiner Komponenten
3. Sicherheit
4. Organisation und Deregulierung

Problemfeld 1, der Interdependenz zwischen Infrastruktur und Fahrzeug, wirkt sich in hohen Anforderungen und Toleranzen hinsichtlich Tragfähigkeit, Nivellierung, Spurweite und Verschiebung für das Gleis aus. Die Qualität der Schienenoberfläche ist von entscheidender Bedeutung, da diese einen direkten Einfluss auf Fahrkomfort, Verschleißgeschwindigkeit (Zug und Schiene) und Sicherheit hat. Problemfeld 2, also die Art und Weise, wie die verschiedenen Teilsysteme aufgeteilt sind, haben einen großen Einfluss auf die Wartbarkeit und Instandhaltbarkeit. Das ist darauf zurückzuführen, dass die Ausrüstung (Werkzeug und Material) und das Personal auf der Infrastruktur selbst zu abgelegenen Orten transportiert werden müssen, um bestimmte Wartungsarbeiten durchzuführen. Somit können Instandhaltungsmaßnahmen die gesamte Verkehrskapazität der Infrastruktur mindern. Ein weiterer wesentlicher Punkt ist die unterschiedliche geografische Anordnung von Teilsystemen, z.B. entsprechen Signalstellwerke nicht immer dem Elektrifizierungssystem. Dadurch kann bei Instandhaltungsmaßnahmen die Abschaltung eines Abschnitts der Elektrifizierung oder des Stellwerks erforderlich sein. Der vierte Punkt, Organisation und Deregulierung, ist ein Komplexitätstreiber. Um den Schienenverkehr zu ermöglichen sind die Funktionseinheiten Gesetzgebung, Entwurf, Planung, Beschaffung, Instandhaltung, Marketing, Verkauf, Betrieb, Service und Ausbildung involviert, welche unterschiedliche Interessen und wirtschaftliche Anreize haben. Einige Infrastrukturbetreiber decken innerhalb ihres Unternehmens alle Funktionseinheiten ab, wobei der daraus resultierende Koordinations- und Kooperationsaufwand sowie die interne Organisation den Einfluss auf die Komplexität begründen.⁴³

⁴² Vgl. Lidén, T. (2014), S. 4ff.

⁴³ Vgl. Lidén, T. (2014), S. 5f.

Ein weiteres wesentliches Problemfeld, welches sich aus der Komplexität des Systems und seinen technischen Gegebenheiten ergibt sind die Herausforderungen in der Digitalisierung und die dafür benötigten Daten. Aktuell sind viele unterschiedliche technische Lösungen in Verwendung, welche nicht miteinander kompatibel sind. Zur Vereinheitlichung der Kommunikationsstrukturen und zukünftigen Ermöglichung des Datenaustausches bedarf es einer Systemintegration in beiden Dimensionen (Hardware und Software). Als größte Herausforderung wird in der Literatur hierbei die Validierung hochintegrierter, komplexer Systeme mit einer hohen Anzahl an Schnittstellen und sicherheitskritischer Komponenten, wie es im vorliegenden System der Fall ist, beschrieben.⁴⁴ Grundsätzlich sind die benötigten Technologien zur Sicherheit bei Datenübertragungen zwar vorhanden, die Etablierung dieser im Eisenbahnwesen ist noch nicht gegeben. Um dies zu ändern bedarf es eine IT-Sicherheitsarchitektur inklusive dazugehöriger Prozesse zu entwickeln, wobei auf Lösungen und Ideen aus anderen Industriebranchen zurückgegriffen werden kann. Als Beispiel dafür wird in einer Studie des Fraunhofer-Instituts für offene Kommunikationssysteme zu den Trends und Herausforderungen in der Software-Entwicklung im Eisenbahnbereich (2019) die Open Platform Communications Unified Architecture (OPC UA) genannt. Die OPC UA stellt eine Sammlung von Standards zur Kommunikation und zum Austausch von Daten im Bereich der Industrieautomation dar.⁴⁵ Diese Studie zeichnet den Trend der Entwicklung des Systems Bahn in Richtung des Aufbaus von Charakteristiken eines IT-Produkts ab. Damit steigt das Bedürfnis bei Herstellern und Betreibern von Bahninfrastruktur nach IT-Spezialisten und klaren Strukturen in der technischen Architektur von Eisenbahn-IT-Systemen.⁴⁶

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit dem Instandhaltungsmanagement im Bereich der Schieneninfrastruktur. Dabei werden beispielweise die Herausforderungen, die sich aus der beschriebenen Komplexität und den Merkmalen des vorliegenden Systems ergeben, erläutert.

⁴⁴ Vgl. Schlingloff, H. et al. (2019), S. 29 und S. 44ff.

⁴⁵ Vgl. Schlingloff, H. et al. (2019), S. 10 und S. 29.

⁴⁶ Vgl. Schlingloff, H. et al. (2019), S. 52f.

2.2 Instandhaltungsmanagement im Bereich der Schieneninfrastruktur

In diesem Kapitel wird die Bedeutung des Instandhaltungsmanagements im Bereich der Schieneninfrastruktur erarbeitet. Aus den wesentlichen Herausforderungen im vorliegenden System wird die Bedeutung einer Risikobetrachtung erarbeitet. Weiters werden die allgemeinen Instandhaltungsstrategien und die Lean Smart Maintenance-Philosophie erläutert.

2.2.1 Definition Instandhaltungsmanagement

Nach der Definition des European Committee for Standardization (CEN) versteht man unter Instandhaltungsmanagement (Maintenance Management) alle Aktivitäten, die die Instandhaltungsziele bzw. -prioritäten, -strategien und Verantwortlichkeiten festlegen und diese durch Werkzeuge wie der Instandhaltungsplanung, -kontrolle und -überwachung oder Verbesserungsmethoden einschließlich wirtschaftlicher Aspekte in der Organisation umsetzen.⁴⁷ Bezogen auf das vorliegende System wird im Bundesgesetz zur Neuordnung der Rechtsverhältnisse der Österreichischen Bundesbahnen (Bundesbahngesetz) der Begriff „instandhalten“ als die Wartung, Inspektion, Entstörung, Instandsetzung und Reinvestition der Schieneninfrastruktur definiert.⁴⁸ Die Ziele des Instandhaltungsmanagements fokussieren sich auf die Nutzungsphase und können in Sachziele und Formalziele unterteilt werden. Die Sachziele greifen drei Aspekte der Definition im Bundesbahngesetz auf und decken die klassischen Aufgabenfelder Wartung, Inspektion und Instandsetzung ab. Die Formalziele dienen zur Konkretisierung der Sachziele. Neben Sicherheit, Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und minimalen Kosten werden die unternehmensspezifischen ökonomischen, ökologischen und sozialen Zieldimensionen in den Formalzielen miteinbezogen. Das Instandhaltungsmanagement trägt somit wesentlich zur Erreichung der strategischen Erfolgsfaktoren, einer Effizienz- und einer Effektivitätssteigerung bei.⁴⁹ Im Vergleich dazu setzt das Asset Management bei der Optimierung des gesamten Lebenszyklus von Anlagen an und beschäftigt sich mit der Auswahl der passenden Anlagenausprägung. BIEDERMANN definiert den Begriff Asset Management als „eine Kombination von Managementaktivitäten, die die Ressource Anlage in einer lebenslauforientierten Betrachtung ressourcenschonend und -erhaltend [...] konzipiert, bereitstellt und betreibt.“⁵⁰ BIEDERMANN verbindet in der Definition der Aufgabe des Instandhaltungsmanagements die beiden Ansätze und formuliert diese einerseits als Optimierung der Instandhaltbarkeitseigenschaften von neu zu beschaffenden Betriebsmitteln und andererseits als die laufende Verbesserung dieser bei bestehenden Anlagen.⁵¹ Er beschreibt weiters die, durch die Dynamik von Umweltveränderungen und die steigende Bedeutung der Wertschöpfungsorientierung,

⁴⁷ Vgl. EN 13306:2001 (2001); zitiert nach Crespo Márquez, A. (2007), S. 8.

⁴⁸ Vgl. Nationalrat, S. 5.

⁴⁹ Vgl. Weninger-Vycudil, A. et al. (2021).

⁵⁰ Biedermann, H. (2022), S. 13.

⁵¹ Vgl. Biedermann, H. (2008), S. 50.

der Ressourceneffizienz und -effektivität begründete, notwendige Entwicklung des Instandhaltungsmanagements zum ganzheitlichen Asset Management.⁵² Im Zusammenspiel gelten das Instandhaltungs- und Asset Management als Key-Enabler im Zeitalter der Digitalisierung.⁵³

2.2.2 Herausforderungen im vorliegenden System

Instandhaltungstätigkeiten im Bereich der Schieneninfrastruktur sind durch herausfordernde Eigenschaften für das Instandhaltungsmanagement gekennzeichnet. Der Grund dafür ist, dass die meisten Tätigkeiten *exklusiv* sind. Es ist in der Regel nicht möglich die Wartungsarbeiten an Komponenten oder Teilsystemen (Gleis, Stellwerk, Stromversorgung, etc.) während des laufenden Betriebes durchzuführen. Wenn Redundanzen vorliegen, z.B. parallele Gleise, sind Wartungsarbeiten mit Einschränkungen des betrieblichen Leistungsniveaus (geringere Geschwindigkeiten, folglich längere Fahrzeiten, veränderte Streckenführung, etc.) auch im laufenden Betrieb möglich.⁵⁴ Wie Wartungsarbeiten durchgeführt werden ist länderspezifisch durch Gesetze und Vorschriften geregelt.

LIDÉN teilt die Herausforderungen in der Planung von Instandhaltungsmaßnahmen im Bereich der Schieneninfrastruktur in drei Gruppen mit individuellen Problemfeldern ein. Zum einen die *strategischen Herausforderungen*, wobei es sich hierbei um Probleme mit einem Zeithorizont von einem bis mehrere Jahre handelt. Das erste fundamentale Problem in dieser Gruppe ist die Festlegung der Qualitätsniveaus für die Instandhaltung inklusive der Festlegung, mit welchen Methoden diese zu erreichen sind. Es geht dabei darum, unter Berücksichtigung von Verkehrsaufkommen, Sicherheit, Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit das Instandhaltungsvolumen zu dimensionieren und auf das Infrastrukturnetz zu verteilen. Ein weiteres Problem ist die Vertragsgestaltung, die Einfluss auf Kosten, Qualität und Effizienz hat. Infrastrukturbetreiber müssen nach nationalen, regionalen und internationalen Vorgaben alle Aufgaben der Instandhaltung bündeln. Das dritte Problem dieser Gruppe ist die Dimensionierung und Lokalisierung von Wartungsressourcen, wobei die Ressourcen so effizient wie möglich verteilt werden sollten, um das Serviceniveau, z.B. Reaktionszeit oder Mean Time to Repair (MTTR) zu erhalten.⁵⁵

Die zweite Gruppe an Herausforderungen ist auf die Systemeigenschaft Interdependenz zwischen Infrastruktur und Fahrzeugen (vgl. Abschnitt 2.1.2) zurückzuführen und werden von LIDÉN als *taktische Probleme* bezeichnet. Grundlegend in dieser Gruppe ist das sogenannte *possession scheduling*, also die Problematik der effizienten Planung von Instandhaltungsmaßnahmen auf bestimmten Fahrstreckenabschnitten in Einklang mit definierten Betriebsfahrplänen (vgl. exklusive Tätigkeiten). Diese Art von Planungsproblemen sind von wesentlicher Bedeutung, da sie grundlegenden Einfluss

⁵² Vgl. Biedermann, H. (2022), S. 19.

⁵³ Vgl. Kovacs, K., <https://www.fraunhofer.at/de/zusammenarbeit/produktionsmanagement/instandhaltung.html>, (Zugriff: 07.06.2023).

⁵⁴ Vgl. Lidén, T. (2014), S. 4.

⁵⁵ Vgl. Lidén, T. (2015), S. 576.

auf die Verkehrskapazität haben, die Arbeitsplanung und Kosten bestimmt und von Güterverkehrskorridor- bis hin zur Fahrplanrevisionsplanung reicht.⁵⁶ Vor allem bei stark frequentierten Schieneninfrastruktursystemen stellt die Fahrstraßenzuteilungs- und Instandhaltungsmaßnahmenplanung eine große Herausforderung dar, da die Vorgabe die Betriebszeit zu maximieren die für die Instandhaltung zugängliche Zeit der Infrastruktur reduziert. DAO ET AL. haben ein Optimierungsmodell für die Instandhaltungsplanung als ganzzahliges IP-Modell erstellt, das genau in diesem Problempunkt ansetzt. Es bietet eine Möglichkeit die Kosten, die sich aus den Auswirkungen der Sperrung auf den Betrieb ergeben, zu modellieren. Es kann dazu dienen, den kosteneffizientesten Instandhaltungs- und Erneuerungsplan für mehrere Komponenten desselben Gleises zu ermitteln.⁵⁷

Die dritte Gruppe stellen *operationale Probleme* dar, die die Planung von Wartungsprojekten, Arbeitszeiten, Ressourcen und die Gleisbelegungsplanung umfassen. Im Gegensatz zum zuvor beschriebenen Problemfeld geht es bei operationalen Problemen nicht um die langfristige Besetzungsplanung in Abstimmung mit Verkehrsmustern, sondern um die Bündelung von Inspektions- und Instandhaltungsmaßnahmen oder kurzfristige Fahrstraßen-Umplanungen, welche im Zuge unplanbarer Vorkommnisse wie starkem Schneefall, erforderlich sind.⁵⁸ Dabei ist die Herausforderung der Automatisierung und Digitalisierung in der Planung des Betriebs und Fahrplans anzumerken. Zwar gibt es bereits Ideen, wie beispielsweise künstliche Intelligenz das Personal in Stellwerken bei der Überwachung von Betrieb und dem Umgang mit Ausnahmesituationen unterstützen kann, die technischen Möglichkeiten (z.B. dynamische Fahrpläne durch Zug-zu-Zug-Kommunikation) sind allerdings erst in der Entwicklung.⁵⁹

Auch die vergleichsweise lange Nutzungsdauer der Anlagen von bis zu 100 Jahren⁶⁰ und die Mischung von alten und neu gebauten Anlagen, die unterschiedliche Instandhaltungsbedarfe aufweisen, gelten als wesentliche Herausforderungen im Instandhaltungsmanagement im Schieneninfrastrukturbereich.⁶¹ Dabei ist die Notwendigkeit eines geeigneten Obsoleszenz Managements zu erwähnen. Die Herausforderung der langen Nutzungsdauern einzelner Elemente im Vergleich zur Nutzungsdauer elektronischer Bauteile und Komponenten mündet in dem „Problem der Bauartzulassung nachträglich veränderter Hard- und Softwaresysteme“⁶². Dieses Problem tritt beispielsweise auch in der Luftfahrt auf, wobei dieses durch Line-Replaceable Units oder integrierte modulare Avionik abgemindert wird.⁶³

Weitere in der Literatur genannte allgemeine Herausforderungen der Instandhaltung stellen die steigende Anlagenkomplexität, technologischer Wandel, organisationale Strukturen und der fehlende Mitarbeiterfokus dar. Die organisationalen Strukturen sind deshalb eine Schwierigkeit, da sich die Aufbau- und Ablauforganisation auf die

⁵⁶ Vgl. Lidén, T. (2015), S. 576f.

⁵⁷ Vgl. Dao, C. et al. (2018).

⁵⁸ Vgl. Lidén, T. (2015), S. 576f.

⁵⁹ Vgl. Schlingloff, H. et al. (2019), S. 35.

⁶⁰ Vgl. Veit, P. (2019), S. 1003.

⁶¹ Vgl. Dao, C. et al. (2018), S. 2.

⁶² Schlingloff, H. et al. (2019), S. 34.

⁶³ Vgl. Schlingloff, H. et al. (2019).

Finanzierungsströme, Zuständigkeiten und Kompetenzen auswirken.⁶⁴ Im Zusammenhang mit der fehlenden Mitarbeiterorientierung kann der vorherrschende Fachkräftemangel genannt werden, welchem durch Ausbildung und Lernmodelle, also durch entsprechende Qualifikationen, begegnet werden kann.⁶⁵ Die Mitarbeitenden bilden das Humankapital eines Unternehmens und deshalb ist die Weiterentwicklung von Mitarbeitenden eine Form der Wertschöpfung für das Unternehmen. Es müssen langfristige und bereichsübergreifende Strategien zur Personalqualifikation und -entwicklung konzipiert werden.⁶⁶ Dabei sind in der Instandhaltung die folgenden Anforderungen wesentlich⁶⁷: Kompetenz zur Schwachstellenanalyse, Informationstechnologien und Digitalisierung, soziale Kompetenz und methodische Kompetenzen, wie Fähigkeiten, Kenntnisse und Fertigkeiten zur Anwendung von Problemlösungs- und Moderationstechniken. Neben der ständigen Weiterentwicklung und der Motivation der Mitarbeitenden für diese⁶⁸ ist ein nachhaltiges Wissensmanagement von gleicher Wichtigkeit. Für ein effizientes und effektives Wissensmanagement müssen die Rahmenbedingungen, also die Verankerung einer Lernkultur in den Normen und Werten, welche langfristig auf normativer Ebene geprägt werden, geschaffen werden.⁶⁹ Neben der Etablierung einer Lernkultur müssen für ein lernorientiertes Instandhaltungsmanagement verschiedene Anforderungen erfüllt sein. Dazu zählen die zur Verfügungstellung von benötigtem Wissen an die Instandhaltungsmitarbeitenden, die Verarbeitung und Weitergabe von empfangenem und erlerntem Wissen im Sinne eines gezielten, definierten Wissenstransfers und der Externalisierung von Erfahrungswissen einzelner Experten durch geeignete Maßnahmen und Technologien.⁷⁰

In Abschnitt 2.1.2 wurde das vorliegende System als komplex eingestuft. Vor allem in komplexen Systemen ist es von großer Bedeutung die Instandhaltung nicht als Subbereich zu betrachten, da jede Entscheidung und Maßnahme für ein Asset Auswirkungen auf das Gesamtsystem haben.⁷¹ Die Instandhaltung sollte in diesem Zusammenhang als lernfähige Organisation betrachtet werden⁷², wobei das Konzept der wissensbasierten Instandhaltung (WBI) eine Rolle spielt. Die WBI streicht hervor, dass für die systemorientierte Erarbeitung von Zusammenhängen nicht nur digitale Daten aus beispielsweise dem unternehmensinternen EDV-System, sondern vor allem „das im Unternehmen verteilte Wissen der Mitarbeiter und Führungskräfte“⁷³ genutzt werden sollte.

Um das komplexe System des Instandhaltungsmanagement zu beherrschen, gilt es diese Herausforderungen inklusive Ursache- und Wirkungszusammenhänge zu

⁶⁴ Vgl. Biedermann, H. (2008), S. 73 und Veit, P. (2019), S. 1004.

⁶⁵ Vgl. Kinz, A. (2017) und Velmurugan, R. S.; Dhingra, T. (2015), S. 1648f.

⁶⁶ Vgl. Kinz, A. (2017), S. 111.

⁶⁷ Vgl. Kinz, A. (2017), S. 75 und Kinz, A. (2017), S. 111.

⁶⁸ Vgl. Kinz, A. (2017), S. 112.

⁶⁹ Vgl. Kinz, A. (2017), S. 113.

⁷⁰ Vgl. Biedermann, H.; Kinz, A. (2021), S. 113.

⁷¹ Vgl. Nemeth, T. (2020), S. 22.

⁷² Vgl. Biedermann, H. (2015), S. 204 zitiert nach: Nemeth, T. (2020), S. 22.

⁷³ Pawellek, G. (2016), S. 9.

erkennen und Entscheidungen wissenschaftlich vorzubereiten.⁷⁴ Zusammenfassend können aus den beschriebenen Herausforderungen die drei wesentlichen Anforderungen an das moderne Instandhaltungsmanagement formuliert werden⁷⁵:

- Dynamik
- Lernorientierung
- Wertschöpfungsorientierung

2.2.3 Allgemeine Definition von Normung und Normen im Eisenbahnwesen

In der europäischen Verordnung Nr. 1025/2012 ist das Ziel der europäischen Normung festgelegt. Normung hat das Ziel Spezifikationen festzulegen, welche die Qualität bereits existierender oder zukünftiger Produkte, Verfahren oder Dienstleistungen betreffen. Die Bereiche, über die sich Normung erstreckt, sind vielseitig. Normen können beispielsweise Empfehlungen bezüglich der Ausführung oder Größe von Produkten oder Spezifikationen bezüglich Produkt- und Dienstleistungsmärkten, in denen die Interoperabilität mit anderen Systemen/Produkten verlangt wird, enthalten.⁷⁶ In dieser Verordnung wird weiters der Nutzen von Normung als Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen genannt, indem der „freie Verkehr von Waren und Dienstleistungen, die Interoperabilität von Netzwerken, Kommunikationsmitteln sowie die technologische Entwicklung und die Innovation vereinfacht“⁷⁷ werden. Im Bundesgesetz über das Normenwesen, dem Normengesetz 2016 (NormG 2016), wird zwischen nationalen, internationalen und europäischen Normen unterschieden. Bei nationalen Normen wird zwischen innerstaatlich erarbeiteten Normen und aus einer anderen Normenorganisation übernommenen Normen unterschieden.⁷⁸

Die relevanten Normungsorganisationen in Österreich sind das Austrian Standards Institute (ASI) und der österreichische Verband für Elektrotechnik (ÖVE), in Europa das CEN, das europäische Komitee für elektrotechnische Normung (CENELEC) und das europäische Institut für Telekommunikationsnormen (ETSI). International existieren die International Organization for Standardization (ISO), die International Electrotechnical Commission (IEC) und die International Telecommunication Union (ITU).⁷⁹ Im Normengesetz 2016 ist festgelegt, dass der Bundesminister für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft eine Normungsorganisation zu benennen hat, welche laut §3 Abs. 1 „die Befugnis zur Schaffung und Veröffentlichung von Normen zukommt.“⁸⁰ Diese Befugnis ist dem ASI übertragen worden. Dieses ist somit in Österreich für jegliche Arbeit rund um Normung verantwortlich (Entwicklung, Entwürfe, Zugang, Zertifizierung,

⁷⁴ Vgl. Passath, T. (2022), S. 57.

⁷⁵ Vgl. Biedermann, H.; Kinz, A. (2021), S. 5.

⁷⁶ Vgl. Verordnung (EU) Nr.1025/2012:25.10.2012, S. 1.

⁷⁷ Verordnung (EU) Nr.1025/2012:25.10.2012, S. 1.

⁷⁸ Vgl. Bundesgesetz NormG:24.07.2023, S. 1.

⁷⁹ Vgl. Verordnung (EU) Nr.1025/2012:25.10.2012, S. 1 und ; Bundesministerium für Arbeit und Wirtschaft, <https://www.bmaw.gv.at/Themen/Technik-und-Vermessung/Normung.html>, (Zugriff: 24.07.2023).

⁸⁰ Bundesgesetz NormG:24.07.2023, S. 1.

Information und Weiterbildung) und stellen jegliche Normen, Gesetze und Regelwerke digital und als Ausdruck zur Verfügung.⁸¹

Normen im Eisenbahnwesen

Das aktuelle, hochkomplexe Eisenbahnnetzwerk hat sich durch die Verschmelzung einzelner „Inseln“⁸² gebildet. Aufgrund dieser Verschmelzung von Netzen über Ländergrenzen kann in diesem System ein lokaler Geltungsbereich nicht ausreichen. Deshalb existieren keine rein nationalen Eisenbahnnormen in Österreich, was die folgenden Forderungen ergibt⁸³:

1. Forderung nach einer Marktöffnung – einem einheitlichen europäischen Eisenbahnraum (Single European Railway Area)
2. Forderung nach Interoperabilität – Fähigkeit der Fahrzeuge (Züge) technisch, rechtlich und betrieblich über die Grenzen der Nationalstaaten eingesetzt zu werden

Die größte Herausforderung bildet hierbei die enge Verzahnung von Infrastruktur und Fahrzeug.⁸⁴ Bei den für das vorliegende System relevanten Normen handelt es sich um Europäische Standards (ÖNORMEN EN), welche durch das CEN, CENLEC und ETSI erarbeitet wurden und in unveränderter Form ins österreichische Normenwerk übernommen wurden.

Risikobetrachtung im Zusammenhang mit normativen Anforderungen

Vor allem in Bezug auf die Dynamisierung der Instandhaltungsstrategie ist eine ganzheitliche Risikobetrachtung von großer Bedeutung. In vielen für den Eisenbahnbereich relevanten Normen wird die Wichtigkeit bereits erkannt und gefordert (vgl. Abschnitt 3.2). Von besonderer Bedeutung im Zusammenhang mit der Risikobetrachtung im Eisenbahnwesen ist die CSM-RA-Verordnung (Common Safety Method for Risk Assessment) der europäischen Kommission und die Richtlinie EN 50126. Diese werden im praktischen Teil, in Abschnitt 3.2, mit dem Ziel normative Anforderungen abzuleiten genauer analysiert. An dieser Stelle gilt es, die wesentliche Bedeutung der Risikobetrachtung von Anlagen im vorliegenden System der Schieneninfrastruktur hervorzuheben, welche beispielsweise durch die erwähnten Verordnungen noch mehr an Wichtigkeit gewinnen. Grundlegend ist hierbei, dass jegliche Änderungen von Prozessen oder Systembestandteilen, somit auch jeglichen Änderungen im bzw. durch das Instandhaltungsmanagement, strengen Sicherheitsauflagen unterliegen. Die genaue Vorgehensweise bei der Implementierung von Änderungen sind dabei nicht konkret vorgegeben.⁸⁵ Der Risikomanagementprozess wird in beiden genannten Dokumenten dargestellt. Das V-Modell der EN 50126 wird in Abschnitt 3.2 genauer definiert. Unabhängig von der Darstellungsform gilt es, dass

⁸¹ Vgl. Austrian Standards Institute, https://www.oesterreich.gv.at/themen/dokumente_und_recht/normen/Seite.2560000.html, (Zugriff: 24.07.2023).

⁸² Beispiele für Inseln in Österreich: Pferdeeisenbahn Linz-Budweis; Eisenbahnstrecke Floridsdorf-Deutsch Wagram.

⁸³ Vgl. Endlicher, K.-O.; Rischaneck, A. (2017), S. 19.

⁸⁴ Vgl. Endlicher, K.-O.; Rischaneck, A. (2017), S. 195.

⁸⁵ Vgl. Bosse, G. (2013), S. 19.

Risiken identifiziert, eingestuft und behandelt werden müssen, um dem Versagen von für den Betrieb erforderlichen Funktionen vorzubeugen. OSTERMANN UND SCHÖBEL stufen das Eisenbahnwesen als verhältnismäßig sicheren Verkehrsträger ein, zeigen aber auf, dass der Zustand unter dem tolerierten Grenzzisiko liegt. Sie sehen eine dringende Notwendigkeit in der Nachweiserbringung und Nachvollziehbarkeit bei jeglichen systemverändernden Entscheidungen.⁸⁶ PETREK stellt in diesem Zusammenhang weiters fest, dass eine Definition des Begriffs „Änderung“ von Nöten ist, da dieser in keiner der Richtlinien oder Normen festgelegt wird. Es geht dabei darum, dass nicht ausnahmslos alle technischen, betrieblichen und organisatorischen Änderungen nach dem vorgegebenen Prozess durchlaufen werden können, da dadurch ein immenser, nicht zu bewältigender Aufwand entstehen kann. Dabei sind vor allem Änderungen wie beispielsweise Dienstplanänderungen für das Personal, die sicherheitstechnisch zunächst irrelevant erscheinen, gemeint. Im Zusammenhang mit technischen Änderungen wie einer Instandhaltungsstrategieanpassung oder RAMS-verbessernden Maßnahmen, ist der Nutzen einer strukturierten Risikobetrachtung unbestritten.⁸⁷ Der Wert der Risikoanalyse wird u.A. in der Unterstützung von bewussten und nachvollziehbaren Entscheidungen genannt. In der Literatur werden der Mehrwert und die Bedeutung einer strukturierten Risikobetrachtung mehrfach anerkannt und durch gesetzliche Bestimmungen und Richtlinien von den verschiedenen Akteuren im Eisenbahnwesen gefordert. In Abschnitt 2.3 im Zuge der Erläuterung der Kritikalitätsbeurteilung und im Kapitel der praktischen Fallstudie in Abschnitt 3.2, in welchem die Normenanalyse beschrieben wird, wird die Wichtigkeit der Risikobetrachtung im vorliegenden System vertieft. In Abschnitt 3.6 werden weiters die Erkenntnisse, welche durch die Durchführung der Delphi-Befragung zum Thema „Risikobetrachtung im Bereich der Schieneninfrastruktur“ erhoben wurden, erläutert und der Mehrwert dieser abermals unterstrichen.

2.2.4 Instandhaltungsstrategien

Unter Instandhaltungsstrategien versteht man nach BIEDERMANN „Vorgehensweisen (Regeln), die objektbezogen angeben, welche einzelnen Instandhaltungsmaßnahmen inhaltlich, methodisch und umfangmäßig in bestimmter zeitlicher Folge durchzuführen sind“⁸⁸. Der Begriff ist in der DIN 13306 als „Vorgehensweise des Managements zur Erreichung der Instandhaltungsziele“⁸⁹ festgelegt. Welche Strategie ausgewählt wird, ergibt sich aus dem Instandhaltungszielsystem durch die Instandhaltungsstrategieplanung und erfolgt im strategischen Regelkreis des Instandhaltungs-Controllings (vgl. Abbildung 4). Die Strategie dient als Werkzeug zur Erreichung der durch das Zielsystem bestimmten Ziele der Instandhaltung und Steigerung der Effektivität.⁹⁰

⁸⁶ Vgl. Ostermann, N.; Schöbel, A., S. 30ff.

⁸⁷ Vgl. Petrek, N. (2014), S. 32.

⁸⁸ Biedermann, H. (2008), S. 52.

⁸⁹ DIN EN 13306:2018-02, S. 9 zitiert nach: Nemeth, T. (2020), S. 20.

⁹⁰ Vgl. Kinz, A. (2017), S. 102.

Das Prozessmodell in Abbildung 4 nach KINZ orientiert sich am Regelkreis der Instandhaltung nach BIEDERMANN. Darin sind die folgenden vier Regelkreise zu erkennen: der normative, der strategische, der operativ-strategische und der operative Regelkreis. Die vier Regelkreise bilden die Verantwortungsgrundlage für das Instandhaltungscontrolling, welches die Koordination der Teilsysteme⁹¹ und die Steuerung und Kontrolle der Umsetzung der auf normativer Ebene definierten Ziele zur Aufgabe hat.⁹² Die Aufgabe der Instandhaltungsstrategiefestlegung ist zentral im Aufgabenbereich des strategischen Instandhaltungsmanagements enthalten. Um sich an die schnell ändernden Rahmenbedingungen und steigende Dynamik anzupassen, ist spezifisch für die vorliegenden Anlagen ein Strategiemix aus den im folgenden beschriebenen Strategien (vgl. Abbildung 5) festzulegen (vgl. Abschnitt 2.2.5).⁹³

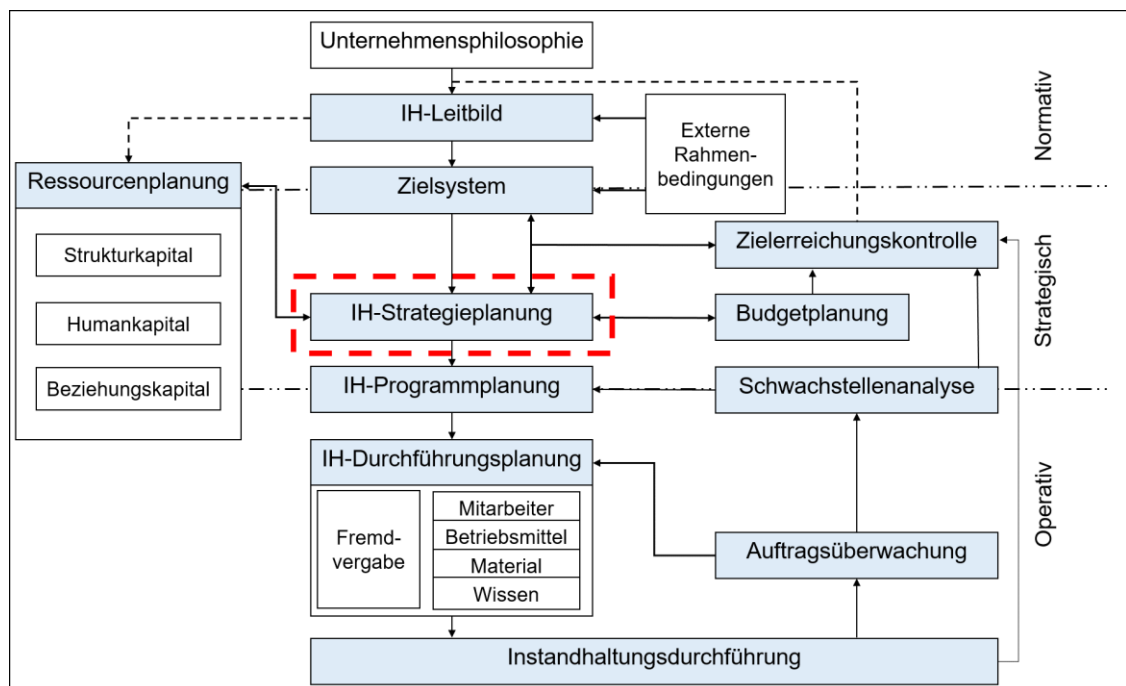


Abbildung 4: Prozessmodell des dynamischen, lern- und wertschöpfungsorientierten Instandhaltungsmanagementsystems⁹⁴

Reaktive Instandhaltung

Diese Strategie, in der Literatur auch ausfallorientierte oder korrigierende Instandhaltung genannt, ist durch die ausfallorientierte Charakteristik geprägt. Der Ausfall des instandzuhaltenden Objektes wird abgewartet und erst dann wird die Anlage wieder instandgesetzt.⁹⁵

⁹¹ Vgl. Kinz, A. (2017), S. 125.

⁹² Vgl. Biedermann, H.; Kinz, A. (2021), S. 119.

⁹³ Vgl. Biedermann, H.; Kinz, A. (2021), S. 119.

⁹⁴ Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Kinz, A. (2017), S. 124; Biedermann, H. (1987a), S. 410; Biedermann, H. (1987b), S. 177

⁹⁵ Vgl. Kinz, A. (2018), S. 68.

Vorbeugende Instandhaltung

Bei der vorbeugenden bzw. präventiven Instandhaltungsstrategie erfolgt der Tausch einer Anlagenkomponente vor einem Ausfall, wodurch Informationen über das Ausfallverhalten bzw. den Ausfallzeitpunkt erforderlich sind.⁹⁶ Präventive Maßnahmen können fallweise, periodisch, alter-, betriebs- oder leistungsabhängig durchgeführt werden.⁹⁷

Zustandsorientierte Instandhaltung

Die zustandsorientierte bzw. prädiktive Instandhaltung hat das Ziel, den Abnutzungsvorrat einer Komponente so weit wie möglich auszunutzen und gleichzeitig zu gewährleisten, dass die Komponente rechtzeitig vor einem ungeplanten Ausfall ausgetauscht wird.⁹⁸ Dabei stützt sich die prädiktive Instandhaltung auf die Überwachung und Diagnosedaten von Systemkomponenten und Prozessen in Echtzeit. Die Strategie zielt darauf ab, Maßnahmen zu ergreifen, sobald Komponenten ein bestimmtes Verhalten aufzeigen, welches in der Vergangenheit zu einem Anlagenausfall, verminderter Anlagenleistung, -qualität oder Verfügbarkeitseinschränkungen geführt hat.⁹⁹ Im Sinne der WBI ist die Entdeckung von neuem Wissen ein Subziel und die Echtzeitfähigkeit und die gute horizontale Systemvernetzung Charakteristika der prädiktiven Instandhaltung.¹⁰⁰

Präskriptive Instandhaltung

Das Ziel dieser Strategie ist es, automatisierte Entscheidungsalternativen zu generieren. Dabei soll die Leistungsfähigkeit des Systems verbessert werden. Basis für die Alternativen bilden Prognoseergebnisse zum Anlagenzustand, womit sich die Orientierung der Strategie an Prognosedaten ergibt.¹⁰¹ Diese Orientierung hat zur Folge, dass ein wesentlicher Erfolgsfaktor dieser Strategie der Datenqualitätsgrad ist.¹⁰² FRANZEN UND KUHLENKÖTTER beschreiben die präskriptive Instandhaltung als Suche nach Antworten auf die Frage (a) „Was ist das Beste, das passieren kann?“¹⁰³. Auf das vorliegende System bezogen ist hierauf die Antwort, den Betrieb ohne Einschränkungen und Ausfälle mit niedrigsten Kosten zu gewährleisten. Die Leitfrage der präskriptiven Instandhaltung wird im Konzept der WBI als (b) „Was soll getan werden?“ definiert, was als Folgefrage bzw. Detailfrage auf FRANZEN UND KUHLENKÖTTERS definierte Frage gesehen werden kann. Durch die Ermittlung des anzustrebenden Zustands (Antwort auf Frage (a) – das Beste, was passieren kann) und des Weges zu diesem Zustand (Antwort auf Frage (b) – was getan werden muss) kann das übergeordnete Ziel dieser Strategie, der automatischen Generierung von Empfehlungen für Instandhaltungsmaßnahmen, erreicht werden.¹⁰⁴

⁹⁶ Vgl. Kinz, A. (2018), S. 68.

⁹⁷ Vgl. Biedermann, H. (2008), S. 61.

⁹⁸ Vgl. Kinz, A. (2018), S. 68.

⁹⁹ Vgl. Levitt, J. (2011) zitiert nach: Lughofer, E.; Sayed-Mouchaweh, M. (2019), S. 1.

¹⁰⁰ Vgl. Nemeth, T. (2020), S. 25.

¹⁰¹ Vgl. Nemeth, T. (2020), S. 1.

¹⁰² Vgl. Biedermann, H.; Kinz, A. (2021), S. 120.

¹⁰³ Franzen, J.; Kuhlenkötter, B. (2018), S. 65.

¹⁰⁴ Vgl. Ansari, F. et al. (2019), S. 490 zitiert nach: Nemeth, T. (2020), S. 25.

Perfektive Instandhaltung

Das Ziel der perfektiven oder auch anlagenverbessernden Instandhaltung ist es, den Funktionsumfang einer Anlage im Sinne der nachhaltigen Schwachstellenbeseitigung zu erweitern und zu verbessern. Diese Strategie ist keine Alternative zu den anderen genannten Strategien, sondern ist als Ergänzung zu diesen zu verstehen.¹⁰⁵



Abbildung 5: Instandhaltungsstrategien¹⁰⁶

Die beschriebenen Instandhaltungsstrategien bilden gemeinsam mit dem übergeordneten Managementkonzept die Basis für die Koordination der Instandhaltungsaktivitäten, also der inhaltlichen, zeitlichen und umfänglichen Festlegung von Maßnahmen.¹⁰⁷

2.2.5 Auswahl der Instandhaltungsstrategie

Basis für die Auswahl der optimalen Instandhaltungsstrategie bilden das auf normativer Ebene festgelegte Instandhaltungsleitbild und das davon abgeleitete Zielsystem inklusive der ergebnisorientierten Kennzahlen (vgl. Abbildung 4).¹⁰⁸ Das strategische Management hat bei der Auswahl der geeigneten Strategie nach BIEDERMANN vier wesentliche Einflussgrößen zu beachten. Zum einen spielt das *Ausfallverhalten* eine wichtige Rolle, wobei die Ursachen von Anlagenausfällen herauszufinden und zu untersuchen sind. Bei Ausfällen wird zwischen durch Alterung oder durch Abnutzung hervorgerufenen Ausfällen unterschieden. Bei ersteren handelt es sich um leicht zu überwachende und zu messende Schäden. Bei den durch Abnutzung im Betrieb hervorgerufenen Ausfällen sind die mechanischen, chemischen und thermischen Einwirkungen zu beachten. Beim Verlauf des Abnutzungsvorrates handelt es sich allerdings zumeist um einen linearen bzw. progressiven Verlauf, welcher sich als stetige

¹⁰⁵ Vgl. u.A. Behrenbeck, K. R. (1994), 216f zitiert nach: Kinz, A. (2018), S. 69.

¹⁰⁶ Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Biedermann, H.; ÖIVA (2016), S. 27.

¹⁰⁷ Vgl. Nemeth, T. (2020), S. 20.

¹⁰⁸ Vgl. Biedermann, H. (2016), S. 13.

Funktion beschreiben lässt. Auch die Wahrscheinlichkeit einmalig auftretender Ereignisse ist hierbei zu beachten.¹⁰⁹ Technisch kann das Ausfallverhalten mithilfe der Ausfallswahrscheinlichkeit $F(t)$, also der Beschreibung des Risikos eines Ausfalls nach t Zeiteinheiten mit Wahrscheinlichkeitswerten, beschrieben werden. Dazu können Verteilungsfunktionen wie die Gamma-, Erlang-, Exponential-, Normal- oder Weibull-Verteilung gewählt werden.¹¹⁰ Die Lebensdauer T der Systembauteile ist dabei eine reelle Zufallsgröße. Aus der Ausfallswahrscheinlichkeit $F(t)$ kann die Zuverlässigkeitsfunktion $R(t)$ definiert werden.

$$R(t) = 1 - F(t)$$

Formel 1: Zuverlässigkeitsfunktion¹¹¹

Eine weitere wichtige Einflussgröße stellt die *Struktur der maschinellen Ausrüstungen* dar, also der Anzahl an Elementen und Komponenten im System (vgl. Abschnitt 2.1.2). Hierbei ist es wichtig, die Anlagen zu strukturieren und zu untersuchen, wobei die Einzelkomponenten auf funktioneller Ebene nach paralleler Verbundenheit, Verbundenheit in Serie oder in Kombination eingeteilt werden. Diese Strukturuntersuchung wird nicht nur für die Auswahl der geeigneten Strategie herangezogen, sondern ist beispielsweise auch für die Abschätzung der Anlagenzuverlässigkeit relevant. Weiters definiert BIEDERMANN die *Anforderungen an die Zuverlässigkeit* und die *Informationsmöglichkeiten über den Anlagenzustand* als Einflussgrößen in der Strategieauswahl, welche im vorliegenden System besondere Relevanz haben.¹¹² Die Anforderungen an die Zuverlässigkeit werden im Schieneninfrastrukturbereich durch externe Faktoren wie Fahrpläne, Kundenbedürfnisse und Marktdynamiken geprägt und die Zuverlässigkeit stellt für das Transportsystem einen hohen ökonomischen Wert dar.¹¹³ Diese vier Einflussgrößen, welche Informationen über die Schädigung von Assets bereitstellen, können im Sinne der WBI um das *im Unternehmen verteilte Wissen* erweitert werden, um eine wissens- und datenbasierte Instandhaltungsstrategieauswahl zu ermöglichen.¹¹⁴

Eine korrekte Strategie existiert nicht, weshalb eine anlagenspezifische Mischung aus den verschiedenen Strategien empfohlen wird.¹¹⁵ Grundsätzlich gilt die Auswahl der richtigen Instandhaltungsstrategie als zentraler Erfolgsfaktor und bildet ein mehrdimensionales Entscheidungs- und Optimierungsproblem. Externe Einflüsse auf das Zielsystem stellen auch Einflüsse auf die Instandhaltungsstrategie dar. Da diese einer ständigen Veränderung unterliegen, wird daher nach einer ständigen Anpassung der Instandhaltungsstrategie verlangt.¹¹⁶

¹⁰⁹ Vgl. Biedermann, H. (2008), S. 52.

¹¹⁰ Vgl. Meyna, A.; Pauli, B. (2003), 51ff; 90ff und Heinhold, J.; Gaede, K.-W. (1979), 165ff zitiert nach: Biedermann, H. (2008), S. 54.

¹¹¹ Vgl. Biedermann, H. (2008), S. 53.

¹¹² Vgl. Biedermann, H. (2008), S. 53ff.

¹¹³ Vgl. Ahrens, A. et al. (2008), S. 2.

¹¹⁴ Vgl. Pawellek, G. (2016), S. 10.

¹¹⁵ Kinz, A. (2017), S. 102.

¹¹⁶ Vgl. Kuhn, A. et al. (2006), S. 56f., Biedermann, H.; Kinz, A. (2021), S. 168 und Kinz, A. (2018), S. 69f.

2.2.6 Lean Smart Maintenance (LSM)

LSM stellt ein ganzheitliches Konzept der Führung und des Managements in der Instandhaltung dar und bündelt die in Abschnitt 2.2.4 beschriebenen Instandhaltungsstrategien. Es verfolgt das Ziel, Verluste in der Instandhaltungsplanung, -durchführung und -organisation zu minimieren und dadurch die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit zu verbessern. Unter der LSM-Philosophie wird die Gesamtheit von vier, in Tabelle 4 dargestellten Bestandteilen verstanden. Es erfüllt die Anforderungen an eine agile, lern- und wertschöpfungsorientierte Instandhaltung.¹¹⁷ Der Begriff setzt sich einerseits aus „lean“, welches die schlanke Instandhaltung zur Steigerung der Effizienz und Optimierung von Prozessen betont, und andererseits aus „smart“, das auf die Wissens- und Lernorientierung der Instandhaltung mit dem Ziel der Effektivitätssteigerung verdeutlicht, zusammen.¹¹⁸ Übergeordnete Ziele der LSM-Philosophie sind z.B. die „Quantifizierung des Wertschöpfungsbeitrages“¹¹⁹ und lebenszyklusorientiert die folgenden Visionen zu verfolgen¹²⁰:

- Maximaler Wertschöpfungsbeitrag
- Zero-Failure Philosophie
- 100% geplante Instandhaltungsmaßnahmen
- Mitarbeiterengagement gepaart mit hoher Motivation
- Lernkultur und permanenter Fehler- und Verlustbeseitigung

Die LSM-Philosophie orientiert sich an dem St. Galler Managementkonzept nach ULRICH UND KRIEG. Das Konzept dient dazu, Herausforderungen und Probleme durch Reflexion zu erkennen und zu meistern, wobei das Unternehmen als Zusammenspiel von Organisation, Umwelt und Management betrachtet wird.¹²¹ Wesentlich im Zusammenhang mit dem LSM-Managementsystem und dieser Arbeit ist die Unterteilung der Managementprozesse in drei Ebenen: die normative, strategische und operative Ebene. Das LSM-Managementsystem wirkt sich positiv auf den Wettbewerbsvorteil des Unternehmens aus, indem der Wertschöpfungsbeitrag der Instandhaltung maximiert wird und dadurch die strategischen Erfolgsfaktoren (vgl. Abschnitt 2.3.3) optimiert werden.¹²²

¹¹⁷ Vgl. Biedermann, H.; Kinz, A. (2021), S. 110.

¹¹⁸ Vgl. Biedermann (2016), S. 20 ff.; Kinz, A.; Bernerstätter, R. (2016), S. 61. zitiert nach: Passath, T. (2022), S. 80.

¹¹⁹ Huber, C. et al. (2021), S. 199.

¹²⁰ Vgl. Biedermann, H. (2016), S. 12.

¹²¹ Vgl. Rüegg-Stürm, J.; Grand, S. (2017), S. 33 zitiert nach: Passath, T. (2022), S. 43.

¹²² Vgl. Biedermann, H.; Kinz, A. (2021), S. 115f.

Tabelle 4: wesentliche Bestandteile der LSM-Philosophie¹²³

Bestandteil	Erklärung
LSM-Managementsystem	Das System orientiert sich an den von ULRICH definierten Managementstufen und ermöglicht es, den Wertschöpfungsbeitrag der Instandhaltung zu maximieren.
Prozessmodell	Das Modell orientiert sich am Regelkreismodell nach BIEDERMANN (vgl. Abbildung 4 und Abschnitt 2.2.4)
Methodik zur dynamischen Instandhaltungsstrategieanpassung	Die Methodik berücksichtigt die sich ständig ändernden Rahmenbedingungen und fokussiert die dynamische Adaption der Strategie.
Vorgehensmethodik zur Einführung des Instandhaltungsmanagementsystems	Einführung der Methodik führt zu Umstrukturierungen und wesentlichen Veränderungen, weshalb dabei der Fokus auf einem funktionierenden Change Management liegt.

Methodik zur dynamischen Instandhaltungsstrategieanpassung

Ein wesentlicher Bestandteil des LSM stellt die dynamische Instandhaltungsstrategieanpassung dar. Die in Abbildung 6 dargestellte Methode geht von einer bestehenden Instandhaltungsstrategie aus und dient somit zur laufenden Anpassung. Die Methode ermöglicht eine zielgerichtete Optimierung der Strategie an Anlagen mit größtmöglichem Optimierungs- oder Risikopotenzial und entspricht den Ansprüchen der LSM-Philosophie (Agilität, Lern- und Wertschöpfungsorientierung). Der dargestellte Prozess kann in die Instandhaltungsstrategieplanung im Regelkreis (vgl. Abbildung 4) integriert werden. Dieser Prozess bietet somit eine Möglichkeit durch eine zyklische Wiederholung die Effektivität der Instandhaltung zu verbessern und diese durch die dynamische Adaption der Strategie laufend an die sich ebenfalls dynamisch verändernden Rahmenbedingungen anzupassen.¹²⁴ Die Kritikalitätsbeurteilung liefert die Entscheidungsgrundlage für den Prozess der Instandhaltungsstrategieanpassung (vgl. Abschnitt 2.3). Grundlegend für die Wirksamkeit der dynamischen Anpassung ist die Inkludierung der normativen Managementebene, um die Erfolgsfaktoren Kosten, Qualität, Zeit, Flexibilität, etc. (vgl. Abschnitt 2.3.3) positiv zu beeinflussen.¹²⁵

¹²³ Eigene Darstellung in Anlehnung an Biedermann, H.; Kinz, A. (2021), 115ff.

¹²⁴ Vgl. Biedermann, H.; Kinz, A. (2021), S. 168f.

¹²⁵ Vgl. Biedermann (2018) und Passath, T.; Mertens, K. (2019), S. 364.

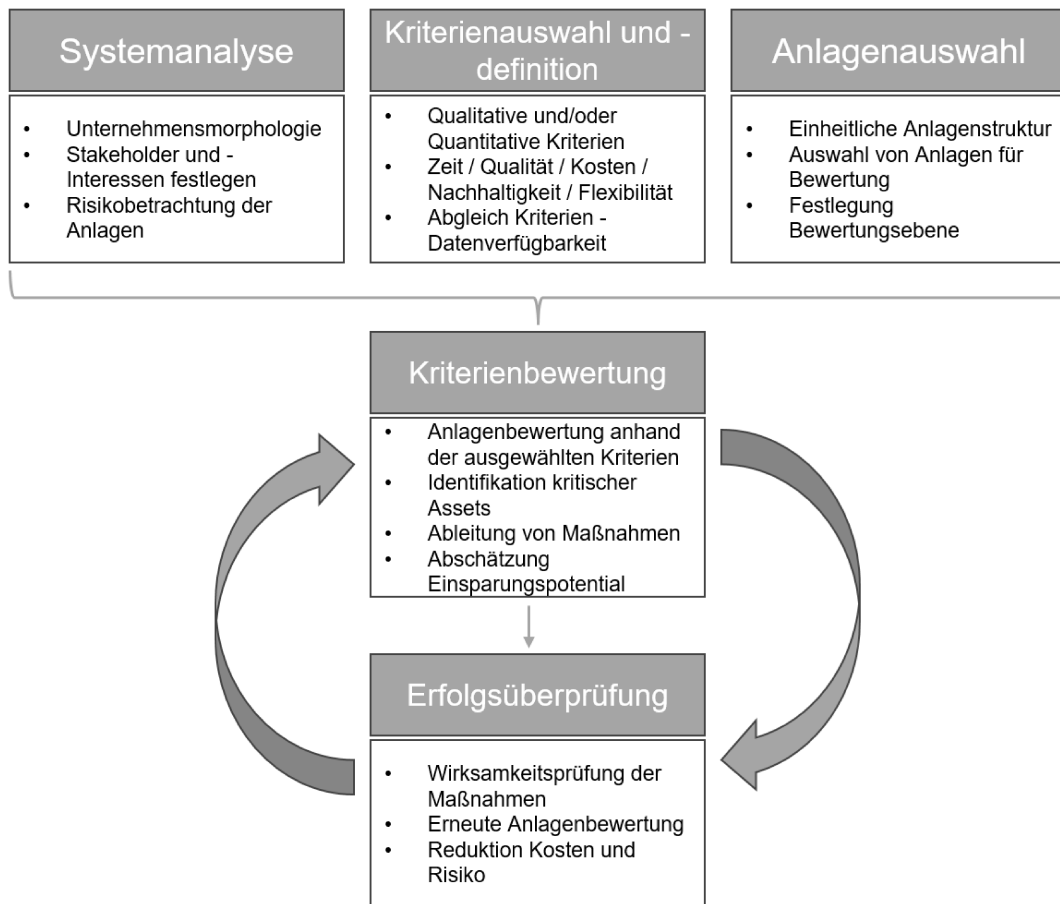


Abbildung 6: Vorgehensmethodik zur Kritikalitätsableitung und -anpassung¹²⁶

Das Asset Management hat bei der Anpassung zu beachten, dass die angepasste Strategie eine Optimierung der bisher gewählten Instandhaltungsstrategie bedeutet. Für das vorliegende System nennt VEIT für den Fahrweg der Eisenbahnen die dringende Notwendigkeit des Nachweises der verbesserten Wirtschaftlichkeit der neuen Strategie, wobei auch festgestellt wird, dass diese Notwendigkeit auf die gesamte Schieneninfrastruktur erweitert werden kann. In diesem Zusammenhang ist für den Optimierungsnachweis die Betrachtung der gesamten Lebenszykluskosten (LCC) notwendig. Diese Notwendigkeit wird mit der hohen Nutzungsdauer von Schieneninfrastrukturbestandteilen (vgl. Abschnitt 2.2.2) und bezogen auf den Fahrweg (Schwellen, Schotter und Unterbau) mit dem in Formel 2 beschriebenen fundamentalen technischen Zusammenhang begründet.¹²⁷

$$Q = Q_0 * e^{b*t}$$

Formel 2: Basis für das technische Verhalten des Fahrwegs über seine gesamte Nutzungsdauer¹²⁸

Q steht dabei für die aktuell bestehende Qualität, der Term Q_0 beschreibt die technische Auswirkung der Investition und e^{b*t} die Verschlechterung der Qualität und gleichzeitig

¹²⁶ Eigene Darstellung in Anlehnung an: Passath, T.; Huber, C. (2020), S. 14, Passath (2022), S. 90; und Passath, T. et al. (2020b), S. 205.

¹²⁷ Vgl. Veit, P. (2019), S. 1006.

¹²⁸ Vgl. Veit, P. (2019), S. 1006.

die Ursache von Instandsetzungsmaßnahmen. Dieser Zusammenhang erklärt, dass Instandhaltungs- und Investitionsstrategien in Wechselwirkung stehen. Investitionen ermöglichen bestimmte potentielle Nutzungsdauern, aber nur durch eine gezielte, dynamische Instandhaltung können diese auch verwirklicht werden. Falsche Instandsetzungsmaßnahmen führen langfristig zu einer Abwertung der Investition im Nachhinein. Veit nennt die Kenntnis der technisch wirtschaftlichen Zusammenhänge als wesentlich, um die organisatorischen Schnittstellen bestmöglich zu gestalten. Dabei ist vor allem der Fokus auf den Zusammenhang der Investition, Instandhaltung und der Festlegung der passenden Strategie zu legen.¹²⁹

Aufbauend auf der LSM-Philosophie hat PASSATH ein Vorgehens- und Entscheidungsmodell zur dynamischen Kritikalitätsbeurteilung im Asset Management erarbeitet. Dieses berücksichtigt die Erfolgsfaktoren des Unternehmens und der Instandhaltung, die sich aus dem unternehmensinternen Zielsystem ergeben, im Prozess der Kritikalitätsbeurteilung. Damit bietet das Modell eine Möglichkeit auf die jeweiligen Marktanforderungen und dynamischen Rahmenbedingungen zu reagieren. Dadurch wird der Bezug zum normativen Management im Prozess der Kriterienauswahl hergestellt und das Asset als strategischer Erfolgsfaktor wahrgenommen. Mithilfe des genannten Modells können Einflussfaktoren auf Assets identifiziert, Kriterien daraus abgeleitet und diese folglich als Input für eine dynamische Instandhaltungsstrategieanpassung genutzt werden.¹³⁰ Das Modell zur dynamischen Kritikalitätsbeurteilung wird im folgenden Abschnitt im Detail vorgestellt.

¹²⁹ Vgl. Veit, P. (2019), S. 1007.

¹³⁰ Vgl. Passath, T. (2022), S. 203.

2.3 Kritikalitätsbeurteilung

In diesem Kapitel wird die Kritikalitätsbeurteilung, beginnend mit der Definition des Begriffs Kritikalität über die Vorstellung ihrer Potenziale bis zur Beschreibung des Ablaufs vorgestellt.

2.3.1 Definition des Begriffs Kritikalität

KNIGHT (1921) definiert das Risiko als Zusammenspiel der logischen und empirischen bzw. statistischen Eintrittswahrscheinlichkeit.¹³¹ Das International Risk Governance Council (IRGC) erweitert in der allgemeinen Risiko-Definition die Dimension Wahrscheinlichkeit möglicher Folgen um die Schwere der Folgen von menschlichen Aktivitäten, natürlicher Ereignisse oder einer Kombination von beidem. Der Begriff Kritikalität weist keine eindeutige Definition auf. Grundsätzlich ist der Begriff als weitgreifender als der Begriff „Risiko“ anzusehen. Kritikalität wird als Ergebnis einer Risiko-Prognose-Entscheidung beschrieben.¹³² Das vorliegende System kann nach dem österreichischen Programm zum Schutz kritischer Infrastrukturen (APCIP) als kritische Infrastruktur eingestuft werden, da das System eine „wesentliche Bedeutung für die Aufrechterhaltung wichtiger gesellschaftlicher Funktionen“¹³³ aufweist und Störungen bzw. Zerstörungen des Systems oder Bestandteilen davon Auswirkungen auf das wirtschaftliche Wohl großer Teile der Bevölkerung haben.¹³⁴ MIKKONEN UND LAHDELMA beschreiben die Kritikalität als Eigenschaft einer Anlage, mit welcher das Ausmaß eines Risikos beschrieben wird. Eine Anlage gilt dabei als kritisch, wenn das damit verbundene Risiko, wie Personen-, Sachschäden oder Ausfälle, als nicht akzeptabel eingestuft wird. Der Prozess der Bewertung der Kritikalität (die Kritikalitätsbeurteilung) bestimmt den Kritikalitätsgrad einer Anlage, welcher meist als Index ausgedrückt wird.¹³⁵ Die ÖBB beschreiben kritische Anlagen als jene, die sich in einem Zustand befinden, welcher zu „kritischen“ Situationen in Bezug auf die Faktoren Sicherheit oder Verfügbarkeit führen könnte. Sobald eine Anlage als kritisch eingestuft wird, wird eine Langsamfahrstelle eingerichtet, um das Risiko zu mindern.¹³⁶

Nach LEVITT stellt dieser Kritikalitätsindex das Produkt der in Tabelle 5 zusammengefassten drei Faktoren dar. Der Index dient im Zuge von Zuverlässigkeit-Verbesserungsprogrammen (z.B. Failure Mode, Effect, and Criticality Analysis – FMECA) dazu, Ausfälle nach Ihrer Häufigkeit zu reihen und somit zur Entscheidung, welche Art von Instandhaltung bzw. Instandhaltungsmaßnahme durchgeführt werden muss, beiträgt.¹³⁷

¹³¹ Vgl. Knight, F. H. (2014), S. 224ff.

¹³² Vgl. Passath, T. (2022), S. 86, Mikkonen, H.; Lahdelma, S. (2012), S. 8 und ; Vogel, V.; Ziegler, N. (2023), S. 3.

¹³³ Bundeskanzleramt Österreich und Bundesministerium für Inneres (BM.I) (2015), S. 6.

¹³⁴ Vgl. Bundeskanzleramt Österreich und Bundesministerium für Inneres (BM.I) (2015), S. 6.

¹³⁵ Vgl. Mikkonen, H.; Lahdelma, S. (2012), S. 8.

¹³⁶ Vgl. ÖBB-Infrastruktur AG (2022b), S. 14.

¹³⁷ Vgl. Levitt, J. (2011), S. 266.

Tabelle 5: Faktoren des Kritikalitätsindex¹³⁸

Faktor	Frage
Häufigkeit	Wie oft tritt ein Ausfall auf?
Schwere	Wie schwerwiegend sind die Folgen bei Fehlerauftritt?
Erkennbarkeit	Wie schwer ist der Ausfall zu erkennen und wie weit im Voraus ist der Ausfall erkennbar?

Im Zuge einer Literaturanalyse nach TRANFIELD ET AL. hat PASSATH festgestellt, dass in der Mehrheit der Veröffentlichungen im Bereich der anlagenbezogenen Kritikalitätsbeurteilung eine Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) oder FMECA (52%) zur Anlagenbewertung verwendet wird. PASSATH hat dabei als Problem identifiziert, dass nur drei Kriterien, die Auftretenshäufigkeit (Häufigkeit), das Schadensausmaß (Schwere) und die Entdeckungswahrscheinlichkeit (Erkennbarkeit), zur Bewertung herangezogen werden.¹³⁹

Die dynamische Kritikalitätsbeurteilung bietet eine Lösung für dieses Problem, indem es ein umfangreicheres, unternehmensspezifisches Instrumentenset zur Bewertung liefert. Dadurch kann der Ablauf der Bewertung standardisiert werden, wodurch die Vergleichbarkeit der Bewertungsergebnisse gesteigert wird. Neben der erhöhten Vergleichbarkeit und Anpassungsfähigkeit an ein volatiles Umfeld, nennt PASSATH auch die Flexibilitätssteigerung bei Anlagenentscheidungen und die Zuverlässigkeitsmaximierung als wesentliche Vorteile der dynamischen Kritikalitätsbeurteilung.¹⁴⁰ Weiters ist die Kritikalitätsbeurteilung eine Möglichkeit zur Kosteneinsparung. Beispielsweise können durch die frühzeitige Implementierung der Kritikalitätsbeurteilung in der Planungsphase gesehen bzw. durch präventive Maßnahmen in der Designphase bis zu 20-30% der Gesamtkosten eingespart werden führen. Um langfristig Kosten einzusparen und Risiken zu minimieren ist die dynamische und systematische Analyse, Maßnahmenableitung und Strategieanpassung in der Nutzungs- und Aussonderungsphase von gleicher Wichtigkeit. Von grundlegender Bedeutung sind hierbei Standards und eine ausreichende Datenqualität, um die genannten Potenziale auszunutzen und die Prozesse datenbasiert durchzuführen.¹⁴¹

Ausgangspunkt der dynamischen Kritikalitätsbeurteilung ist eine bestehende Strategie und Ziel ist es, unter Einbeziehung der unternehmerischen Rahmenbedingungen (Philosophie, Erfolgsfaktoren, Umwelteinflüsse) eine Entscheidungsgrundlage zu liefern, die für jegliche Problemstellungen des Asset Managements herangezogen werden kann.¹⁴² Der in Abbildung 7 dargestellte Prozess, stellt die dynamische Kritikalitätsbeurteilung nach dem Vorgehens- und Entscheidungsmodell nach PASSATH und dem Werkzeug für die Wissenserhaltung zur Effizienzsteigerung nach PASSATH, HUBER UND BIEDERMANN dar.

¹³⁸ Eigene Darstellung in Anlehnung an: Levitt, J. (2011), S. 266.

¹³⁹ Vgl. Passath, T. (2022), S. 6f.

¹⁴⁰ Vgl. Passath, T. (2022), S. 90ff.

¹⁴¹ Vgl. Passath, T. et al. (2020b), S. 190f.

¹⁴² Vgl. Passath, T. (2022), S. 89.

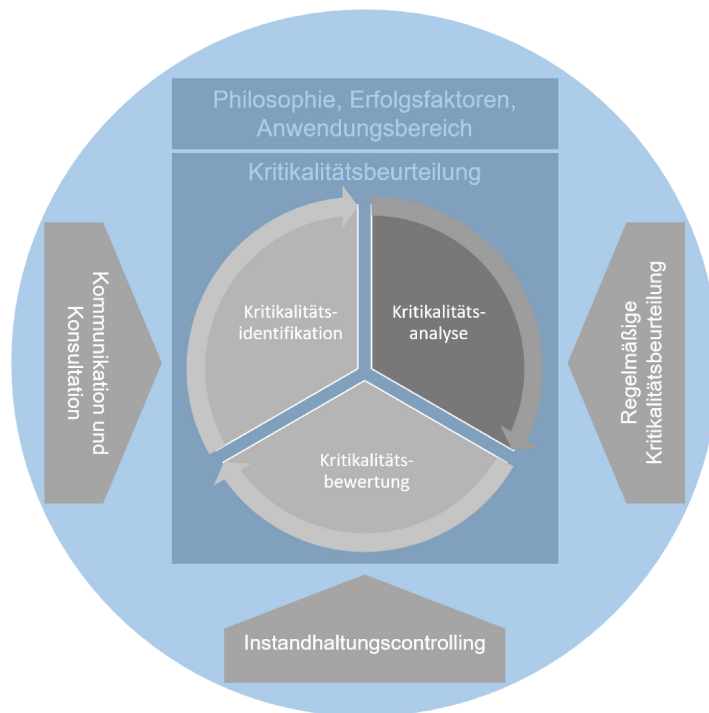


Abbildung 7: Prozess der Kritikalitätsbeurteilung¹⁴³

Im folgenden Abschnitt wird der Prozess der Kritikalitätsbeurteilung durch die Beschreibung des Ablaufs definiert. Dabei werden die drei Schritte Kritikalitätsidentifikation, -analyse und -bewertung im Detail vorgestellt.

2.3.2 Beschreibung des Ablaufs der Kritikalitätsbeurteilung

Der erste Schritt *Kritikalitätsidentifikation* schließt die Analyse des Systems, dessen Komplexität und die Auswahl eines vorläufigen Kriterienkatalogs mit ein (vgl. Systemanalyse und Kriterienauswahl und -definition in Abbildung 6). Die ersten beiden Teilschritte bilden gemeinsam mit der Anlagenauswahl die Basis für die Kriterienauswahl. Zuerst müssen dafür die Stakeholder und deren Anforderungen identifiziert werden, und alle Anlagen bezüglich ihres Einflusses auf die wesentlichen Erfolgsfaktoren (Kosten, Zeit, Qualität, Umwelt, Flexibilität; vgl. Abschnitt 2.3.3) kategorisiert werden. Dabei ist zu beachten, dass je mehr Kategorien eine Anlage beeinflusst, desto relevanter ist diese im Zuge der Bewertung. Dafür müssen im Vorhinein konkrete Richtwerte und Beeinflussungsgrade festgelegt werden, um nach Kategorisierung zu bestimmen, welche der Anlagen für die Kritikalitätsbeurteilung herangezogen werden.¹⁴⁴ Die Kriteriendefinition ist einer der wichtigsten Schritte der Kritikalitätsbeurteilung, da dabei die qualitativen und quantitativen Kriterien basierend auf der Datenverfügbarkeit und -qualität des Unternehmens ausgewählt werden. Wesentlich für den Erfolg ist hierbei nicht nur Kriterien aus der Instandhaltung miteinzubeziehen, sondern den Konnex zur strategischen und normativen Ebene

¹⁴³ Eigene Darstellung in Anlehnung an: Passath, T. (2022), S. 87, S. 90; Passath, T. et al. (2020b), S. 195S. 205.

¹⁴⁴ Vgl. Passath, T. et al. (2020b), S. 206.

herzustellen. Das erfolgt indem Kriterien von den normativen Anforderungen und den unternehmensspezifischen Erfolgsfaktoren abgeleitet werden. Als Instrument dient dazu ein Morphologischer Kasten (vgl. Abbildung 8), in welchem verschiedene Kategorien enthalten sind, die die Instandhaltung beeinflussen. Innerhalb der einzelnen Kategorien bestehen Abstufungen in Form von Elementen, wobei für jedes Element bestimmte Merkmale definiert wurden.¹⁴⁵

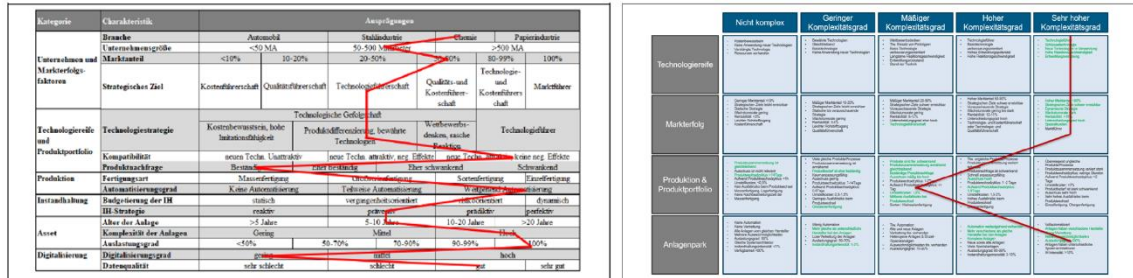


Abbildung 8: Morphologische Kästen zur Komplexitätsanalyse nach PASSATH (2022)¹⁴⁶

Die morphologische Einordnung dient dazu, das Unternehmen anhand der verschiedenen Kategorien nach seiner Komplexität einzustufen, um darüber das Instrumentenset für die Kritikalitätsbewertung festzulegen. Die Einteilung variiert hier von nicht-komplex bis sehr komplex und die Einstufung erfolgt in jene Kategorie, in welcher die meisten Charakteristika zutreffen.¹⁴⁷

Im Zuge der *Kritikalitätsanalyse*, dem zweiten Schritt im Zuge der Kritikalitätsbeurteilung, erfolgt die Auswahl des Instrumentensets, die Analyse der Datenreife, die Auswahl des finalen Kriterienkatalogs und die Gewichtung der Kriterien (vgl. Abbildung 9).¹⁴⁸ Zur Analyse der Datenreife kann als Instrument ein Fragebogen zur Reifegradbewertung dienen. Dieser ermöglicht es, den Reifegrad des Unternehmens zu bestimmen und darauf aufbauend eine Liste von Kriterien für die Bewertung abzuleiten. Bei niedriger Datenqualität sind qualitative Kriterien vorherrschend. Theoretisch ist ein objektives Bewertungsergebnis nur erreichbar, wenn zur Bewertung ausschließlich quantitative Kriterien herangezogen werden. Aufgrund fehlender Datenverfügbarkeit oder der nicht vorhandenen Quantifizierbarkeit mancher Kriterien, lassen sich qualitative Kriterien nicht ausschließen. Eine dynamische Anlagenbewertung bedeutet einen hohen Aufwand und qualitative Kriterien sind bei sich ändernden Kriterien nicht möglich.¹⁴⁹ Anhand der Unternehmenscharakterisierung aus der Morphologie werden jene Kriterien ausgewählt, welche den größten Einfluss auf Effizienz (lean-Forderung) und Effektivität (smart-Forderung) haben. Um den Bewertungsaufwand einzugrenzen liegt die Empfehlung bei maximal 15 Kriterien in Abhängigkeit des Instrumentensets und dem Komplexitäts- bzw. Automatisierungsgrad.¹⁵⁰

¹⁴⁵ Vgl. Passath, T. et al. (2020a), S. 51.

¹⁴⁶ Passath, T. (2022), 128–129.

¹⁴⁷ Vgl. Passath, T. (2022), 129f.

¹⁴⁸ Vgl. Passath, T. (2022), S. 90.

¹⁴⁹ Vgl. Biedermann, H.; Kinz, A. (2021), S. 174.

¹⁵⁰ Vgl. Passath, T. (2022), S. 134ff.

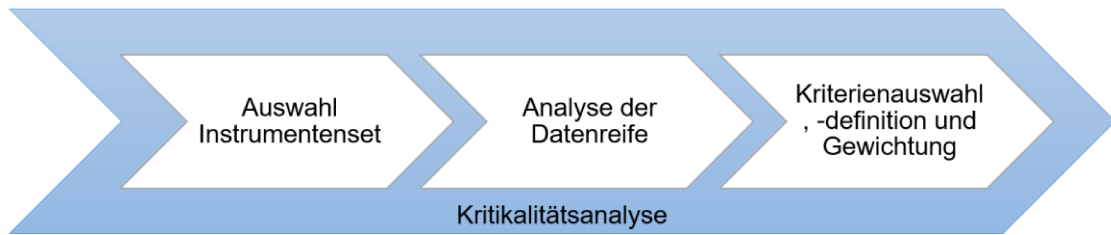


Abbildung 9: zweiter Schritt der Kritikalitätsbeurteilung¹⁵¹

Der dritte Schritt, die *Kritikalitätsbewertung* inkludiert die Kriterienbewertung. Darauf folgt die Erstellung eines Portfolios zur Identifikation kosten- und risikoreicher Anlagen. Die identifizierten kritischen Anlagen werden in einem nächsten Schritt einer detaillierten Analyse unterzogen. Das Ziel der Kritikalitätsbewertung ist es, den Wert des Kritikalitätsindex je Anlage festzulegen. Hierbei gilt: je höher dieser Wert ausfällt, desto kritischer die Anlage. In einem weiteren Schritt dient die Erstellung des Anlagenportfolios (vgl. Abbildung 10) dazu, den ermittelten Index der Anlage mit den Instandhaltungskosten zu verbinden. Dafür wird auf der x-Achse der Kritikalitätswert aufgetragen und mit den direkten Kosten der Instandhaltung auf der y-Achse in Relation gesetzt.¹⁵²

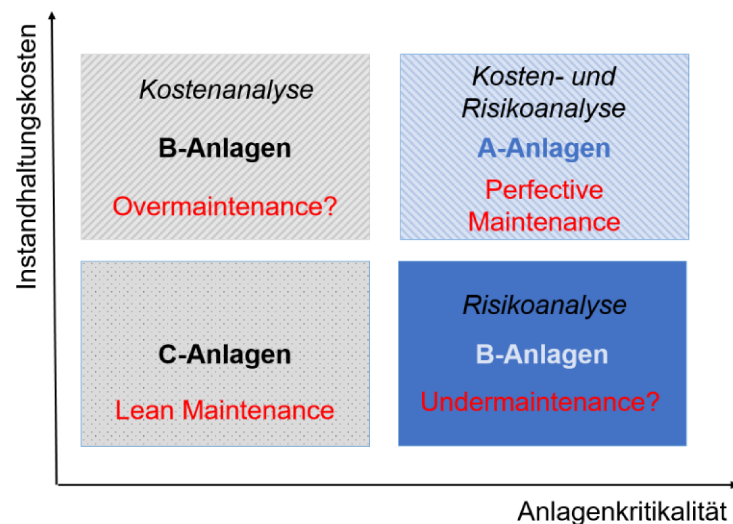


Abbildung 10: Anlagenprioritätsportfolio¹⁵³

Die Positionierung der Anlage im Portfolio ist ausschlaggebend für die Bewertung. Beispielsweise fallen bei B-Anlagen im linken oberen Quadranten zu hohe Instandhaltungskosten hinsichtlich des „niedrigen“ Risikopotenzials an. Im Gegenteil dazu kann man den B-Anlagen im unteren, rechten Quadranten unterstellen, dass für das hohe Risikopotenzial zu geringe Instandhaltungskosten vorliegen, weshalb möglicherweise Undermaintenance bei der entsprechenden Anlage vorliegt.¹⁵⁴ Je nach Positionierung im Portfolio gilt es anhand von weiteren Kostenstrukturanalysen und der

¹⁵¹ Quelle: Eigene Darstellung.

¹⁵² Vgl. Kinz, A. et al. (2016), S. 18; Kinz, A. et al. (2017), S. 193.

¹⁵³ Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an: Kinz, A. et al. (2016), S. 18.; Kinz, A. et al. (2017), S. 193 und ; Passath, T. (2022), S. 160.

¹⁵⁴ Vgl. Kinz, A. et al. (2016), S. 18.

Risikoidentifikation (Detailanalysen) Maßnahmen zur Instandhaltungsstrategieanpassung abzuleiten. Bei den Detailanalysen werden die Ursachen für hohe Instandhaltungskosten und/oder für einen hohen Kritikalitätswert identifiziert. Bei Anlagen im kostenintensiven Bereich (obere B- und A-Anlagen) werden die Instandhaltungskosten analysiert und in Einzelkostenarten zerlegt, um Kostenfaktoren zu identifizieren und folgend Maßnahmen zur Reduktion der Kosten abzuleiten. Bei risikointensiven Anlagen (A- und B-Anlagen im rechten Bereich) werden detaillierte Schwachstellenanalysen durchgeführt, um die Kriterien zu identifizieren, die für die hohe Kritikalität verantwortlich sind. Darüber werden dann Maßnahmen zur Senkung der Kritikalität abgeleitet.¹⁵⁵

Auf die Kritikalitätsbeurteilung folgt die Instandhaltungsstrategieanpassung bei jenen Anlagen, bei denen die Detailanalysen eine suboptimale Strategie bestätigt haben. Bei der Maßnahmenplanung sollten die strategischen Erfolgsfaktoren miteinbezogen werden und in jenen Bereichen gestartet werden, welche konkrete Auswirkungen auf priorisierte Faktoren haben. Ist z.B. der Erfolgsfaktor Umwelt hoch priorisiert, sollten zuerst Maßnahmen zur Emissionseinsparung bzw. Senkung der Umwelteinflüsse definiert werden. Die Umsetzung der einzelnen Maßnahmen erfolgt anhand der Einstufung nach dem Einsparungspotenzial. Jene Maßnahmen mit dem höchsten bewerteten Potenzial sollten demnach zuerst umgesetzt werden.¹⁵⁶ Neben der Anpassung der Instandhaltungsstrategie, kann stattdessen bzw. zusätzlich die Anpassung der Instandhaltungsressourcen, des Human-, Struktur- oder Beziehungskapitals, notwendig sein.¹⁵⁷

Netzzustandsbeurteilung im Bereich der Schieneninfrastruktur

Jährlich veröffentlicht die ÖBB einen Netzzustandsbericht, wobei auf Basis des Verhaltens aller Anlagen der Netzzustand durch eine Note ausgedrückt wird. Dabei wird ein Bewertungssystem mit den Noten von eins bis fünf angewandt. Der Notenschlüssel lautet dabei 1 bis 1,6 „sehr gut“, 1,6 bis 2,6 „gut“, 2,6 bis 3,6 „befriedigend“, 3,6 bis 4,6 „schlecht ohne Einschränkung“ und 4,6 bis 5 „Nachholbedarf“. Je Anlagentyp kommt dabei eine eigene Notenmetrik zur Anwendung und insgesamt werden 20 Kennzahlen miteinbezogen. Jede Anlage wird also bewertet und die Einzelnoten je Anlagentyp und Gewerk durch Aggregation der Teilnoten zusammengefasst. Dabei werden Teilnoten für die Gruppen Funktionalität, Sicherheit & Qualität und Zustand & Substanz gebildet, wobei in jeder Gruppe die entsprechenden Kennzahlen bewertet werden (z.B. Anzahl anlagenbedingter sicherheitsrelevanter Ereignisse für die Gruppe Sicherheit & Qualität). Damit wird jedes Gewerk und jeder Anlagentyp bewertet und weist eine bestimmte Anlagenverhaltensnote auf. Zur Gewichtung der einzelnen Anlagen wird der Wiederbeschaffungswert als Faktor herangezogen.¹⁵⁸ (vgl. Abbildung 11)

¹⁵⁵ Vgl. Kinz, A. et al. (2017), S. 195ff.

¹⁵⁶ Vgl. Kinz, A. et al. (2017), S. 202ff.; Passath, T. et al. (2020b), S. 211.

¹⁵⁷ Vgl. Biedermann, H.; Kinz, A. (2021), S. 192.

¹⁵⁸ Vgl. ÖBB-Infrastruktur AG (2022b), S. 8ff.

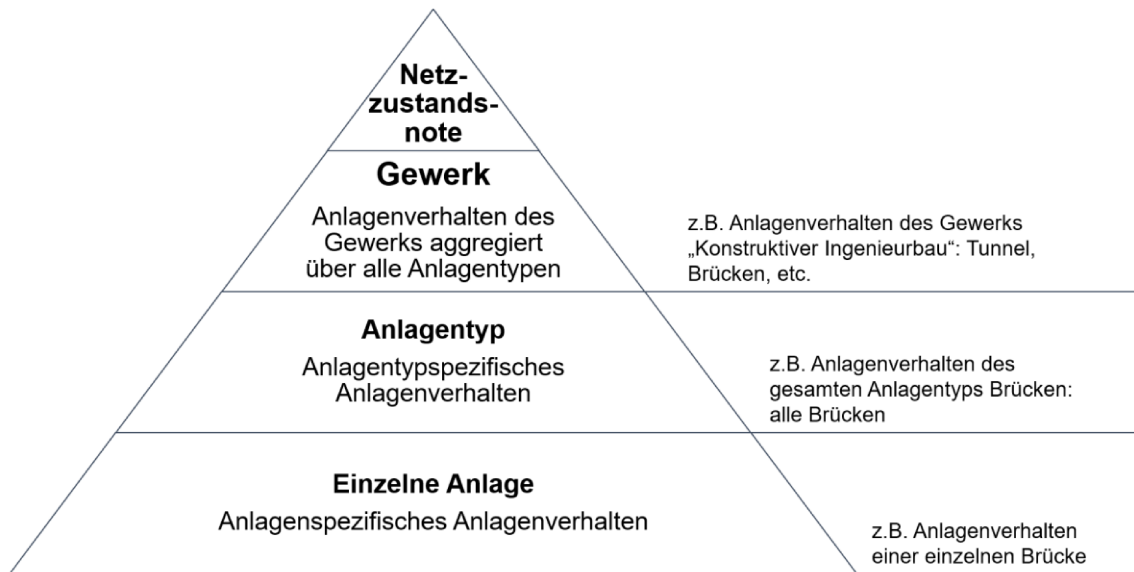


Abbildung 11: Aggregationsmethodik zur Beschreibung des Anlageverhaltens der ÖBB¹⁵⁹

Es ist anzumerken, dass im Bericht zwar die aktuell kritischen Anlagen angeführt werden, aber keine genauere Erläuterung des Bewertungsprozesses dieser angeführt ist.¹⁶⁰ Weiters bilden systemtechnisch auswertbare Daten aus den Anlagendatenbanken die Bewertungsgrundlage für die Netzzustandsermittlung. Messdaten oder Validierungen an der Anlage werden nicht miteinbezogen¹⁶¹ und die Bewertung erfolgt nicht dynamisch, sondern im Zuge der Berichterstattung für den verpflichtenden Geschäftsbericht. In der Bewertung fehlt weiters der Bezug zur normativen Ebene durch Einbeziehung der strategischen Erfolgsfaktoren, welche im folgenden Abschnitt erläutert werden.

2.3.3 Erfolgsfaktoren

In diesem Kapitel wird der Begriff Erfolgsfaktor allgemein definiert und im Folgenden die Bedeutung des Begriffs für diese Arbeit abgegrenzt. Weiters werden die wesentlichen Erfolgsfaktoren erläutert. Die Dynamik in der Bewertung fehlt.

Definition

1979 wurde der Begriff Erfolgsfaktor (engl. critical success factor) durch ROCKART erstmals geprägt und als Aspekte innerhalb jedes Unternehmens definiert, in denen zufriedenstellende Ergebnisse erzielt werden müssen, um eine erfolgreiche Wettbewerbsleistung zu gewährleisten.¹⁶² KLENTER prägt den Begriff Erfolgsfaktor auch über den Einfluss auf den Wettbewerbsvorteil. Demnach handelt es sich um Faktoren, durch dessen gezielten Einsatz der Erfolg eines Unternehmens langfristig bestimmt und

¹⁵⁹ Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an ÖBB-Infrastruktur AG (2022b), S. 9.

¹⁶⁰ Vgl. ÖBB-Infrastruktur AG (2022b), S. 14f.

¹⁶¹ Vgl. ÖBB-Infrastruktur AG (2022b), S. 10.

¹⁶² Vgl. Rockart, J. F. (1979).

sichergestellt werden kann. Um den Erfolg zu messen ist die Auswahl von Erfolgskriterien notwendig.¹⁶³

Der Ausdruck strategischer Erfolgsfaktor basiert auf der Existenz von Größen, die direkten Einfluss auf den Erfolg/Misserfolg des Unternehmens haben.¹⁶⁴ Welche strategischen Erfolgsfaktoren für ein Unternehmen von Relevanz sind, hängt von der Ausrichtung und der gewählten Wettbewerbsstrategie ab. PORTER definiert drei Haupt-Strategieguppen, welche allein oder in Kombination angepeilt werden können¹⁶⁵: Umfassende Kostenführerschaft, Differenzierung und Konzentration auf Schwerpunkte. Grundsätzlich kann man zwischen unternehmensinternen und branchenspezifischen Erfolgsfaktoren unterscheiden.¹⁶⁶ Eine der bekanntesten Studien der Erfolgsfaktorenforschung stellt das PIMS-Projekt (Profit Impact of Market Strategies) dar, welche durch umfangreiche, empirische Untersuchungen die folgenden wesentlichen Erfolgsfaktoren in der Umsetzung der Wettbewerbsstrategie identifiziert haben¹⁶⁷: relativer Marktanteil, Kapitalintensität und Produktqualität. Die Bestimmung der relevanten Erfolgsfaktoren erfolgt in der strategischen Planung und diese hat die Aufgabe herauszufinden, welche Faktoren wesentlich das Erfolgspotenzial von strategischen Erfolgsobjekten, den Geschäftsfeldern, beeinflussen. Unter Erfolgspotenzial versteht sich die Ausprägung, die ein einzelnes Unternehmen im Vergleich zu allen Marktkonkurrenten hat und es beschreibt die Ausprägung eines Erfolgsfaktors des einzelnen Unternehmens. Erfolgsfaktoren sind allgemein für alle Konkurrenten gültig.¹⁶⁸ Die Ermittlung erfolgt über theoretische Erkenntnisse, Plausibilitätsüberlegungen, Erfahrungswissen oder aus empirischen Untersuchungen. Nach der Identifikation und Analyse der Erfolgsquellen ist nachfolgend die langfristige Sicherung dieser durch Planung nachhaltiger Konzepte gefragt.¹⁶⁹

Strategische Erfolgsfaktoren von Unternehmen

Im Zuge der bereits erwähnten PIMS-Studie wurde das Ziel verfolgt die Zusammenhänge zwischen den strategischen Größen (abhängige Variablen, wie der Return on Investment oder Cash Flow) und den Zielen eines Unternehmens zu identifizieren. Es wurden dabei im Laufe der Veröffentlichungen von PIMS-Forschern neun wesentliche Erfolgsfaktoren, deren Einfluss auf den Unternehmenserfolg als wesentlich gelten, identifiziert.¹⁷⁰ 2020 haben die PIMS-Verantwortlichen diese neun überarbeitet (vgl. Tabelle 4).

¹⁶³ Vgl. Klenter, G. (1995), S. 17.

¹⁶⁴ Vgl. Krechting, M. J. (2000), S. 75.

¹⁶⁵ Vgl. Porter, M. E. (2013), S. 73ff.

¹⁶⁶ Vgl. Rudolf Grünig et al. (1996), S. 4.

¹⁶⁷ Vgl. Schröder, W. (2010), S. 36 und ; Buzzell, R. D.; Gale, B. T. (1989).

¹⁶⁸ Vgl. Schröder, W. (2010), S. 5.

¹⁶⁹ Vgl. Bernd Lange (1982), S. 27ff. und Schröder, W. (2010), S. 35

¹⁷⁰ Vgl. Fritz, W. (1993), S. 17f.

Tabelle 6: Vergleich der PIMS-Erfolgsfaktoren 1977 und 2020

1977 ¹⁷¹	2020 (nach Covid) ¹⁷²
Investmentintensität	Anlagennutzung
Produktivität	Management von Komplexität
Marktanteil	Marktposition
Marktwachstum	Marktwachstum
Qualität der Leistung/Produktqualität	Kundenpräferenz für angebotene Produkte und Dienstleistungen
Differenzierung und Innovation	Differenzierung und Innovation
vertikale Integration	vertikale Integration
Kostendruck	Macht der Kunden
aktuelle strategische Bemühung	Menschen

Die Studie gilt als Vorreiter der Erfolgsfaktorenforschung, weist aber auch einige Kritikpunkte auf. Seit Ihren Anfängen in den 1960er Jahren wird der positiv-lineare Zusammenhang von Marktanteil und Rentabilität, die nicht gegebene Repräsentativität der verwendeten Methoden und Konzepte und der Fakt, dass die Ergebnisse nicht für alle Branchen allgemeingültig sind, kritisiert.¹⁷³ Weiters liegt der Fokus des PIMS-Projekts vor allem auf finanziellen Kriterien, was nach SCHRÖDER aber im Zusammenhang mit der Instandhaltung nicht ausreicht, um den Instandhaltungserfolg umfassend zu beurteilen.¹⁷⁴

Um in Abschnitt 3 die grundlegenden Erfolgsfaktoren von Unternehmen im vorliegenden System abzufragen, gilt es eine grobe Gruppierung der wesentlichen Faktoren vorzunehmen. Die geforderten Ansprüche bezüglich Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft aller Stakeholder-Gruppen, vor allem im vorliegenden System, unterstreichen die Bedeutung der Umwelt als Erfolgsfaktor. Relevant in diesem Zusammenhang sind die Effizienzsteigerung bei Material-, Energie-, Human-, Finanzressourcen und auch beim Einsatz von Anlagen.¹⁷⁵ Deshalb bildet dieser in Kombination mit dem „strategischen Viereck“¹⁷⁶ einen der fünf wesentlichen Erfolgsfaktoren: Kosten, Zeit, Qualität, Flexibilität und Umwelt. Unter Kosten sind all jene Kosten einzurechnen, die im System anfallen. Bezüglich der Instandhaltung können hierbei Zielsetzungen zur Minimierung der direkten Instandhaltungskosten, der Anlagenausfallkosten, der bereitchaftsbezogenen Kosten und der Ersatzteilkosten formuliert werden.¹⁷⁷ Im vorliegenden System und in Anbetracht der normativen

¹⁷¹ Vgl. Fritz, W. (1993), S. 17f.

¹⁷² Vgl. PIMS Associates, <https://www.pimsassociates.com/media/pims-nine-basic-findings-on-business-strategy/>, (Zugriff: 02.08.2023).

¹⁷³ Vgl. Fritz, W. (1993), S. 19f.

¹⁷⁴ Vgl. Schröder, W. (2010), S. 35.

¹⁷⁵ Vgl. Kinz, A. (2017), S. 43f.

¹⁷⁶ Werner, H. (2013), S. 41.

¹⁷⁷ Vgl. Schröder, W. (2010), S. 107.

Anforderungen ist in der Instandhaltung die Lebenszykluskostenbetrachtung wesentlich, wobei nicht nur die Instandhaltungskosten während dem Betrieb, sondern bereits ab der Konstruktionsphase bis zur Verschrottung miteinfließen.¹⁷⁸ Zeit stellt eine knappe Ressource dar und spielt eine wesentliche Rolle im Wettbewerbsumfeld. Die zeiteffiziente Prozessgestaltung kann zu einer Steigerung der Produktivität oder Senkung von Kosten führen. KINZ definiert den Einfluss der Instandhaltung auf den Erfolgsfaktor Zeit über den Einsatz vorbeugender Instandhaltung, indem dadurch Anlagenstillstände besser geplant und somit die Anlagenverfügbarkeit verbessert werden kann.¹⁷⁹ Der Erfolgsfaktor Qualität bietet die Möglichkeit für Differenzierung im Marktumfeld und trägt somit maßgeblich zum Markterfolg bei. Mit Flexibilität als Erfolgsfaktor ist im Wesentlichen die Fähigkeit eines Unternehmens, auf Änderungen durch Anpassung zu reagieren und wird in der vorliegenden Arbeit als Synonym für Agilität und Wandlungsfähigkeit verwendet.¹⁸⁰

Als wesentlich im Zusammenhang mit Erfolgsfaktoren gilt die Wahl der Erfolgsindikatoren, welche es möglich machen, den Erfolg zu messen. Vor allem im Zusammenhang mit Verbesserungsmaßnahmen und Zukunftsausblick machen erst diese den Mehrwert in der Optimierung der Erfolgsfaktoren aus.¹⁸¹ SCHRÖDER stellt dabei 4 wesentliche Anforderungen an die Kriterien¹⁸²:

1. Die verwendeten Indikatoren müssen mit den Unternehmenszielen zusammenpassen.
2. Erfolgsindikatoren müssen strategischer Art sein. Die Betrachtung dieser muss somit über einen langfristigen Zeitraum passieren.
3. Bilanzdaten müssen auf ihre Validität überprüft werden, bevor sie als Indikator verwendet werden.
4. Es müssen quantitative und qualitative Größen berücksichtigt werden.

Die Erfolgsfaktorenforschung hat in den letzten Jahrzehnten viel Kritik erfahren, dennoch ist den Faktoren ihre Bedeutung im Erhalt des Unternehmenserfolgs nicht abzuspochen. Dies unterstreicht eine Benchmark-Studie des Lehrstuhls für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften (wBw) der Montanuniversität Leoben zu branchenspezifischen Erfolgsfaktoren der Instandhaltung aus 2022, wobei 72% der 122 Teilnehmer Erfolgsfaktoren als „sehr wichtig“ und 26% der Teilnehmer als „wichtig“ eingestuft haben.

Erfolgsfaktoren der Instandhaltung

Die Benchmark-Studie branchenspezifischer Erfolgsfaktoren (2022) des wBw kam weiter zu dem Ergebnis, dass die fünf identifizierten Erfolgsfaktoren wesentlich für den Erfolg der Instandhaltung sind. Im Zusammenhang mit dem Erfolgsfaktor Kosten wurden dabei die Kennzahl Marktanteil auf geringe Wichtigkeit und der ROI und der Cash Flow auf höchste Priorität eingestuft. Beim Erfolgsfaktor Zeit sind vor allem die Verfügbarkeit der Anlagen und die Ausfallszeit ausschlaggebend. Im Zusammenhang mit dem Faktor

¹⁷⁸ Vgl. Reichel, J. et al. (2018), S. 40.

¹⁷⁹ Vgl. Kinz, A. (2017), S. 34f.

¹⁸⁰ Vgl. Kinz, A. (2017), S. 33ff.

¹⁸¹ Vgl. Krechting, M. J. (2000), S. 83.

¹⁸² Vgl. Schröder, H. (1994), S. 89ff.

Qualität spielen vor allem die Kundenzufriedenheit, -treue und der Erhalt von Zertifikaten eine tragende Rolle. Für den Erfolgsfaktor Umwelt gilt es vor allem, Energieverbrauch und Emissionsausstoß zu minimieren bzw. die Energieeffizienz zu optimieren. Abschließend kam die Studie zu dem Ergebnis, dass im Zuge des Erfolgsfaktors Flexibilität die Qualifikation und mögliche Trainings für Mitarbeitende von Relevanz sind.¹⁸³

Die fünf wesentlichen Erfolgsfaktoren können im Bereich der Instandhaltung um den Faktor „Integrität“ erweitert werden. Besonders in komplexen Systemen, die es instand zu halten gilt, ist es von großer Bedeutung, das Zusammenspiel aller Systemkomponenten sicherzustellen. Erst die Bewältigung der Integrität ermöglicht Effizienz beim Einsatz von Technologien.¹⁸⁴

Erfolgsfaktoren und -kriterien im Schieneninfrastrukturbereich

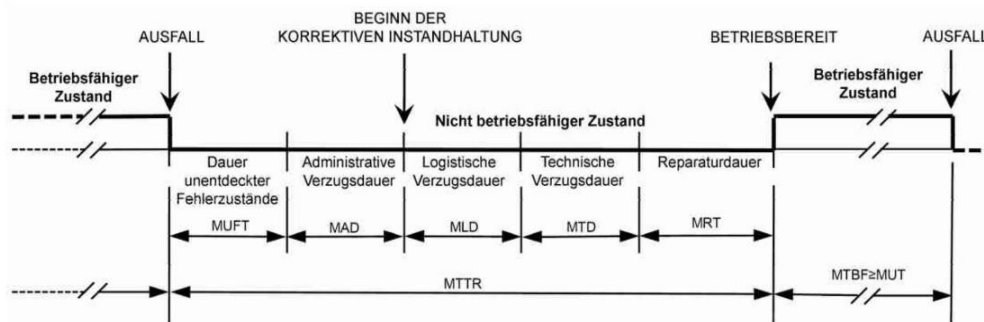
Ein weiterer Erfolgsfaktor im Zusammenhang mit der Instandhaltung kann aus dem Sicherheitsgedanken abgeleitet werden. Um die Anforderung nach Sicherheit im vorliegenden System zu erfüllen, trägt die Instandhaltung bzw. das Instandhaltungsmanagement im Eisenbahnwesen eine tragende Rolle. Die Verankerung des Sicherheitsgedankens in der Unternehmenskultur und die Erfüllung jeglicher Sicherheitsaspekte der einzelnen Systemkomponenten ist essentiell. Daraus ergeben sich die folgenden wesentlichen Erfolgsfaktoren der Instandhaltung: Umwelt (Energieeffizienz), Qualität (Produktqualität, Prozessqualität, Potenzialqualität), Zeit, Kosten, Flexibilität, Integrität und Sicherheit.

Die RAMS-Faktoren sind von wesentlicher Bedeutung für Bahnen und Bahnanlagen (vgl. Abschnitt 2.2.3). Diese Feststellung konnte aus der OVE Richtlinie EN 50126-1 abgeleitet werden, in welcher weiters zahlreiche Kennzahlen zur Bewertung und Berechnung für das Eisenbahnwesen zusammengetragen sind. In Anhang A sind alle Kennzahlen aus Literatur, Studien und den Ergebnissen aus Abschnitt 3 zusammengetragen. Die wesentlichen Kriterien für den Erfolgsfaktor Zeit sind jene Kennzahlen der Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit. Dabei sind vor allem die mittlere Klardauer (MUT), der Zeitraum der seit dem letzten Stillstand vergangen ist, die mittlere Dauer zwischen Ausfällen (MTBF) und die Mittlere Dauer bis zum Ausfall (MTTF) zu erwähnen. Die Verfügbarkeit stellt eine wichtige Kennzahl für mehrere Erfolgsfaktoren dar und wird in Abbildung 12 veranschaulicht. Der Fall, dass MUT der MTBF entspricht ist dann gegeben, wenn für das System keine geplanten, vorbeugenden Maßnahmen durchgeführt werden.¹⁸⁵

¹⁸³ Vgl. Greßl, G. (2022), S. 51f.

¹⁸⁴ Vgl. Reichel, J. et al. (2018), S. 48.

¹⁸⁵ Vgl. OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik (2018a), S. 93f.



Legende

MTBF	mittlere (Betriebs-)Dauer zwischen Ausfällen
MUT	mittlere Klardauer
MUFT	mittlere Dauer unentdeckter Ausfallzustände
MAD	mittlere administrative Verzugsdauer
MLD	mittlere logistische Verzugsdauer
MTD	mittlere technische Verzugsdauer
MRT	mittlere Reparaturdauer
MTTR	mittlere Dauer bis zur Wiederherstellung (bei korrekativer Instandhaltung)

Abbildung 12: Konzept der Verfügbarkeit nach OVE EN 50126-1¹⁸⁶

Dem Erfolgsfaktor Qualität sind zum Teil die Kennzahlen der Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Zuverlässigkeit zuordenbar.¹⁸⁷ Beispiele hierfür sind die Ausfallswahrscheinlichkeit (vgl. Abschnitt 2.2.5), der Instandsetzbarkeitsgrad (RC) und die Fehlerhäufigkeit. Auch die Mitarbeiterzufriedenheit hat hierbei einen Einfluss auf Effizienz und Wirtschaftlichkeit.¹⁸⁸

Hinsichtlich der Messbarkeit des Erfolgsfaktors Umwelt sind vor allem Umweltgrenzwerte, die CO₂-Emissionsrate und der Energieverbrauch von Bedeutung. Relevante Kennzahlen aus dem Kostenbereich sind jene, die in der Richtlinie EN 501126-1 unter „Logistikhilfsmittel“ genannt werden. Hierbei spielen beispielsweise die Betriebs- und Instandhaltungskosten (O und MC) eine wesentliche Rolle.¹⁸⁹

Zur Bewertung im Bereich Flexibilität spielen die Qualifikation der Instandhalter, die Schulungsrate und der Fremdleistungsanteil eine wichtige Rolle.¹⁹⁰

Im folgenden Abschnitt werden die Erkenntnisse dieses Kapitels kurz zusammengefasst, um auf die praktische Fallstudie im folgenden Kapitel hinzuführen.

¹⁸⁶ Quelle: OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik (2018a), S. 95.

¹⁸⁷ Vgl. OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik (2018a), S. 93ff.

¹⁸⁸ Vgl. Passath, T. (2022), S. 241.

¹⁸⁹ Vgl. OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik (2018a), S. 95.

¹⁹⁰ Vgl. Passath, T. (2022), S. i.

2.4 Zusammenfassung

Das komplexe System der Schieneninfrastruktur stellt die Instandhaltung vor Herausforderungen. Dabei sind die wesentlichen auf die Exklusivität der Instandhaltungstätigkeiten, strategische, taktische und operationale Problemfelder und die lange Nutzungsdauer der Anlagen zurückzuführen (vgl. Abschnitt 2.2.2). Das Ziel und der Zweck von Normung im Eisenbahnwesen wurden in Abschnitt 2.2.3 erläutert. Weiters wurde die Bedeutung und Wichtigkeit der Risikobetrachtung im vorliegenden System der Schieneninfrastruktur unterstrichen. Dabei ist ein standardisierter, dynamischer Prozess zur Risikobeurteilung unumgänglich, um die hohen normativen Sicherheits- und Verfügbarkeitsanforderungen zu erfüllen. Über die allgemeine Beschreibung der Instandhaltungsstrategien in Abschnitt 2.2.4 und den Herausforderungen in der Wahl der richtigen Strategie (vgl. Abschnitt 2.2.5), wurde auf die LSM-Philosophie hingeleitet. Diese stellt eine Möglichkeit dar, eine agile, lern- und wertschöpfungsorientierte Instandhaltung zu gestalten und bündelt alle vorgestellten Strategien in einer Philosophie. Dabei wurden in Abschnitt 2.2.6 die wesentlichen Bestandteile des LSM vorgestellt, wobei die Methodik der dynamischen Instandhaltungsstrategieanpassung im Fokus stand. Folgend wurde die Kritikalitätsbeurteilung erläutert, welche ein dynamisches, standardisiertes Verfahren zur Bewertung kritischer Assets darstellt. Diese bietet ein unternehmensspezifisches Instrumentenset, welches auf die produzierende Industrie ausgelegt ist und somit einer Anpassung der Bewertungskriterien verlangt. (vgl. Abschnitt 2.3)

Zusammenfassend lässt sich das Potenzial der Kritikalitätsbeurteilung zur Unterstützung des Instandhaltungsmanagements in der effizienteren Prozessgestaltung und dem effektiveren Ressourceneinsatz hervorstreichen. Sie bietet eine wesentliche Unterstützung in der Umsetzung der LSM-Philosophie und kann in der Bewältigung der vielschichtigen Herausforderungen im Bereich der Schieneninfrastruktur einen positiven Einfluss haben.

Im folgenden Kapitel, der praktischen Fallstudie, wird zum einen eine umfangreiche Normenanalyse durchgeführt. Diese hat das Ziel, die wesentlichen normativen Anforderungen an das Instandhaltungsmanagement im Eisenbahnwesen zu erarbeiten. Zum anderen wurde eine Delphi-Befragung durchgeführt, um den Status Quo im Instandhaltungsmanagement der Schieneninfrastruktur zu erheben und die wesentlichen Einflusskriterien zur Identifikation kritischer Assets im Eisenbahnwesen zu ermitteln.

3 Praktische Fallstudie

Dieses Kapitel der Diplomarbeit thematisiert die praktische Herangehensweise in der Erarbeitung eines Konzepts zur dynamischen Kritikalitätsbeurteilung von Assets der Schieneninfrastruktur. Die Problemstellung wurde von dem Unternehmen voestalpine Digital Track Management GmbH, welche im anschließenden Abschnitt 3.1 vorgestellt wird, ausgeschrieben. In diesem Abschnitt wird auch die Aufgabenstellung im Detail vorgestellt (aufbauend auf Abschnitt 1.1). Eine umfangreiche Normenanalyse, die Analyse des bereits bestehenden und anzupassenden (vgl. Abschnitt 3.2) Kritikalitätsbeurteilungs-Tools, die Interpretation und Auswertung der Ergebnisse der Delphi-Befragung bilden gemeinsam mit den erarbeiteten Erkenntnissen aus dem theoretischen Teil die Grundlage für das in Abschnitt 3.7 vorgestellte Anpassungskonzept.

3.1 Vorstellung des Unternehmens und Aufgabenstellung

Das Unternehmen voestalpine Digital Track Management GmbH (vaDTM) wurde 2021 als Joint Venture zwischen den Unternehmen Boom Software AG und voestalpine Railway Systems gegründet. Der Kern des Unternehmens liegt darin, die Fachgebiete der beiden Mutterunternehmen zu kombinieren und spezialisiert sich auf digitale Gleismanagementprodukte in Form von Software und Fachwissen. Die Instandhaltungssoftware stellt eine All-in-One Lösung für das digitale Track Management dar, indem der Lebenszyklus erfasst und eine lückenlose Dokumentation ermöglicht wird.

Die Software beinhaltet aktuell eine vordefinierte Struktur, in der der gesamte Eisenbahnfahrweg mit seinen Bestandteilen abgebildet und visualisiert wird. Features reichen von inkludierten Best-Practice Inspektionslisten für den Oberbau, Checklisten für die Inspektion von Weichen und die Verwaltung und Planung von anstehenden Instandhaltungsaufgaben (Information + Fristigkeiten). Weiters bietet die vaDTM eine Zustandsüberwachung der Assets an, in der aktuelle Messungen und Informationen über Grenzwerte einfließen. Weitere Features sind ein integriertes Bestandmanagement und ein Reporting-Tool, wobei der Nutzer sich die Darstellung der benötigten Kennzahlen und statistischen Kennwerte spezifisch nach seinen eigenen Anforderungen gestalten kann.

Derzeit befinden sich die Instandhaltungsfeatures auf dem Level der präventiven Instandhaltung mit teilweise bereits vorausschauenden Funktionalitäten, wobei die Planung von Instandhaltungsaktivitäten und Aufträgen auf historischen und in Echtzeit erfassten Wartungsdaten (Störungsmeldungen, etc.) basiert. Die in der Software abgebildete Instandhaltungsstrategie wird auf Basis von Herstellervorgaben oder Erfahrungswissen der Bediener festgelegt und bei Bedarf angepasst. Planmäßig wird die Software zu einem Tool weiterentwickelt, welches die präskriptive Instandhaltung unterstützt. Dabei sollen zukünftig Empfehlungen zur Optimierung von anstehenden Instandhaltungsprozessen abgegeben werden, welche alle relevanten Inputs, Outputs, Prozesse, Assets, etc. berücksichtigen.

Die Aufgabenstellung, die von der vaDTM ausgeschrieben wurde, setzt in diesem Punkt an. Da es für die Kunden unerlässlich ist, die Instandhaltungsstrategie laufend anzupassen (vgl. Abschnitt 2.2.6), um sich am dynamischen Markt langfristig behaupten zu können und den hohen Zuverlässigkeitsanforderungen nachzukommen, soll eine Risikobetrachtung der Assets in die DTM-Software integriert werden. Die Basis dafür ist die Kritikalitätsbeurteilung. In der Instandhaltungssoftwarelösung des Mutterunternehmens Boom Software AG ist ein Kritikalitätsbeurteilungstool enthalten. Dieses wird in Abschnitt 3.3 einer umfangreichen Analyse unterzogen, um den notwendigen Anpassungsbedarf des Tools auf die Schieneninfrastruktur aufzudecken. Für die Anpassung gilt es weiters die Erfolgsfaktoren im Schieneninfrastruktur Bereich inklusive der dazugehörigen Einflusskriterien, mit denen die strategisch und operativ kritischen Assets identifiziert werden können, zu identifizieren.

Die gewählte Methode zur Beantwortung der Forschungsfrage des praktischen Teils ist zum einen eine umfangreiche Normenanalyse, die Analyse des bestehenden Tools der Boom Software AG und zum anderen die Durchführung einer Delphi-Befragung mit dem Ziel den Status Quo im Instandhaltungsmanagement im Bereich der Schieneninfrastruktur aufzuzeigen. Die in Abschnitt 2.3 beschriebene Kritikalitätsbeurteilung beinhaltet Kriterienkataloge, welche für das vorliegende System der Schieneninfrastruktur angepasst werden müssen. Deshalb stellt die Erhebung der wesentlichen Erfolgsfaktoren und relevanten Einflusskriterien ein weiteres Ziel der Delphi-Befragung dar. Im folgenden Abschnitt 3.2 werden zunächst die normativen Anforderungen an das Instandhaltungsmanagement erarbeitet, in Abschnitt 3.3 das bestehende Tool beschrieben und folgend auf die Analyse-Ergebnisse eingegangen.

3.2 Erhebung normativer Anforderungen an das Instandhaltungsmanagement

Um die wesentlichen Anforderungen an das Instandhaltungsmanagement im Eisenbahnwesen zu erarbeiten, wurde eine umfangreiche Analyse von 41 relevanten Normen und Richtlinien durchgeführt. Diese 41 Normen wurden wie folgt identifiziert. Über das Suchportal des ASI konnten 698 gültige Normen identifiziert werden. Bei weiterer Verfeinerung der Suche nach „Instandhaltung“ konnten 159 gültige Normen eingeschränkt werden und unter „RAMS“ + „Verkehr“ + „Eisenbahntechnik“ wurden 71 gültige Normen genannt. Nach Entfernung von Doppelnennungen, unrelevanter Normen für die vorliegende Arbeit (z.B. Normen im Zusammenhang mit Fahrzeugen) und Filterung auf die Bereiche Instandhaltung, -planung und Sicherheit blieben 41 Normen zur detaillierten Analyse. Im dem Leistungsbild „Planung Eisenbahninfrastruktur“ (RVE 12.01.01) sind 51 Gesetze, Richtlinien und Normen angeführt. Diese Anzahl konnte auf 11 reduziert werden indem für diese Arbeit unrelevante Verordnungen wie beispielsweise die Aufzüge-Sicherheitsverordnung oder allgemeine Nennungen wie „ÖNORMEN“ entfernt wurden. Weiters wurden Normensammlungen und das EUR-Lex-Suchportal zur Recherche herangezogen.

Aus der Analyse der Normen und Richtlinien ergeben sich folgende Anforderungen bezüglich Umwelt, Sicherheit, RAM-Kennzahlen und allgemeinen Themen (Risiko, Kosten, etc.) an das Instandhaltungsmanagement:

- (1) **Kosten-Anforderung:** Das Instandhaltungsmanagement muss zum Erhalt der Zuschüsse aus dem Bund kostenoptimiert arbeiten.
- (2) **Vorausschau-Anforderung:** Die Planbarkeit und Vorhersehbarkeit von Instandhaltungsmaßnahmen und -arbeiten müssen gegeben sein.
- (3) **Ganzheitlichkeits-Anforderung:** Verbindung der Instandhaltungsmanagement-Ziele mit den übergeordneten Unternehmenszielen, welche auf der normativen Ebene festgelegt werden.
- (4) **Informations-Anforderung:** Dokumentation und Nachvollziehbarkeit von Daten, die in Entscheidungsprozesse einfließen.
- (5) **Systemverständnis-Anforderung:** Ganzheitliche Betrachtung des instandzuhaltenden Systems unter Berücksichtigung aller Wirkungszusammenhänge.
- (6) **Risikobewertungs-Anforderung:** Im Zuge der Aufgabenerfüllung des RAMS-Lebenszyklus ist die Forderung nach einer systematischen Risikobewertung inklusive Analyse und begründeter Aufzeichnung der Entscheidung.
- (7) **Kompetenz-Anforderung:** Die im Unternehmen vorhandenen Kompetenzen (Humankapital) müssen dokumentiert und gefordert werden.
- (8) **Festlegungs-Anforderung:** Verantwortlichkeiten in Entscheidungsprozessen und Aufgaben müssen klar festgelegt werden.
- (9) **Sicherheits-Anforderung:** Sicherheit muss in der Unternehmenskultur verankert werden und betrifft alle für das Eisenbahnsystem bzw. für das Sicherheitssystem relevanten Personen (Arbeitnehmer, Führungskräfte, Kunden, etc.). Jegliche System-Bestandteile müssen eine hohe Sicherheitsintegrität aufweisen.
- (10) **Verbesserungs-Anforderung:** Die kontinuierliche Verbesserung muss verfolgt werden.
- (11) **Umwelt-Anforderung:** Jegliche Umweltbelastungsgrenzwerte gilt es bei Instandhaltungsmaßnahmen einzuhalten und es muss nachhaltig mit Ressourcen umgegangen werden.

Im Folgenden werden die verschiedenen Richtlinien und Normen, aus welchen die genannten Anforderungen erarbeitet wurden, vorgestellt. In welche Anforderung die beschriebenen Normen bzw. Aussagen einfließen, wird im Text als „(vgl. X-Anforderung)“ angeführt.

Gesetzliche Verantwortlichkeit für die Instandhaltung der Schieneninfrastruktur in Österreich

Bezüglich der Zuständigkeit für Instandhaltungsaufgaben wurde im Bundesgesetz zur Neuordnung der Rechtsverhältnisse der ÖBB in §31 festgelegt, wer für die österreichische Schieneninfrastruktur verantwortlich ist. Für diesen Zweck wurde im genannten Gesetz 2003 (§23) bzw. aufgrund der Bahnreform in 2009 (§23a) die Gründung der ÖBB-Infrastruktur Aktiengesellschaft (AG) veranlasst. Konkret ist darin festgelegt, dass die ÖBB-Infrastruktur AG für die Planung, Errichtung, Instandhaltung, Bereitstellung und den Betrieb der gesamten Schieneninfrastruktur verantwortlich ist.¹⁹¹

¹⁹¹ Vgl. Nationalrat, S. 5.

In der Richtlinie (EU) 2016/798 (RL798) ist die Entity in Charge of Maintenance (ECM), also die für die Instandhaltung zuständige Stelle, festgelegt. Zum einen ist darin die Anforderung enthalten, dass die Infrastrukturbetreiber eine zentrale Stelle einrichten müssen, die für die Sicherheit von Planung, Instandhaltung und des Betriebs in deren Eisenbahnnetz verantwortlich ist. Andererseits ist die nationale Sicherheitsbehörde für die Einhaltung der Sicherheitsanforderungen zuständig.¹⁹² Für die Erteilung jeglicher Sicherheitsbescheinigungen und die Zulassung der TSI, auch im Zuge von Instandhaltungsmanagement, ist die Europäische Eisenbahnagentur verantwortlich, wofür die Verordnung (EU) 2016/796 die Rechtsgrundlage bildet. Grundsätzlich wird in der RL 798 die Bedingung der Kooperation und Zusammenarbeit der Eisenbahnagentur und nationalen Sicherheitsbehörde verlangt.¹⁹³

Allgemeine Anforderungen an die Instandhaltung

Die wichtigsten Normen für diesen Abschnitt sind das EisbG, die ISO 5500X-Reihe und die Norm EN 16646.

Die allgemeinen Anforderungen an die Instandhaltung der Infrastrukturanlagen ergeben sich zum einen aus den gesetzlichen Bestimmungen aus dem Eisenbahngesetz (EisbG), in Deutschland dem Allgemeinen Eisenbahngesetz (AEG), und weiters aus dem Management-Standard ISO 55000 bzw. dem ISO-Standard 55001, in welchen Anforderungen an das System festgehalten sind. Weiters wird in der RL798 festgehalten, welche vier Aufgabenbereiche das Instandhaltungssystem beinhalten muss. Die erste bildet die Managementfunktion, welche über die Beaufsichtigung und Koordinierung der restlichen, unterstellten Aufgaben Verantwortung trägt. Die Instandhaltungsentwicklungsfunktion hat jegliche Unterlagen, welche die Instandhaltung betreffen, zu verwalten und für das Konfigurationsmanagement Sorge zu tragen. Grundlage für die diese Arbeit bilden jegliche Daten zu Konstruktion und Betrieb, Leistung und Erfahrung. Die Fuhrpark-Instandhaltungsfunktion ist für die Verwaltung der Fahrzeuge für jegliche Instandhaltungsaufgaben verantwortlich. Die Instandhaltungserbringungsfunktion stellt die letzte mindestens Geforderte dar. Dabei geht es um die Verrichtung der technischen Aufgaben im Zuge der Instandhaltung. Fokus in dieser Richtlinie und in der Formulierung der einzelnen Verantwortungsbereiche liegt auf den Fahrzeugen.¹⁹⁴

Aus dem EisbG können vor allem Anforderungen an Betreiber öffentlicher Schieneninfrastruktur abgeleitet werden, wobei diese verallgemeinert auf jeden Infrastrukturbetreiber umgelegt werden können. Wesentlich im EisbG 4. Teil §42 ist zum einen die Festlegung, dass die ÖBB-Infrastruktur AG für Erfüllung ihrer Aufgaben (vgl. Abschnitt 2.2) zwar die Kosten selbst trägt, Zuschüsse des Bundes aber gewährleistet sind, solange sparsam und wirtschaftlich gehandelt wird. Demnach ist die Anforderung an die Instandhaltung sparsam und wirtschaftlich zu arbeiten und die Kosten zu minimieren (vgl. Kosten-Anforderung). Weiters wird die laufende Verbesserung der Qualität und Sicherheit der Schieneninfrastruktur gefordert. Als wesentliche Kriterien werden in diesem Zusammenhang der technische Ausrüstungsstand, die Verfügbarkeit

¹⁹² Vgl. Richtlinie (EU) 2016/798:11.05.2016, S. 3.

¹⁹³ Vgl. Richtlinie (EU) 2016/798:11.05.2016, S. 4.

¹⁹⁴ Vgl. Richtlinie (EU) 2016/798:11.05.2016, S. 22.

und die Personalproduktivität genannt.¹⁹⁵ Auf die Anforderungen bezüglich Qualität und Sicherheit wird im Zuge der RAMS-Anforderungen genauer eingegangen. Unter Punkt 6 ist weiters der jährlich vorzulegende Geschäftsplan für die kommenden sechs Jahre gefordert. Dieser muss eine genaue Beschreibung der zu erfüllenden Aufgaben und erforderlichen Maßnahmen zur bedarfsgerechten Bereitstellung der Infrastruktur, eine Vorschau aller Entgelte und Zeit-, Kosten- und Rationalisierungspläne beinhalten (vgl. Vorausschau-Anforderung).¹⁹⁶

In der ISO 5500X-Reihe liegt der Fokus auf einem Managementsystem für ein wertebasiertes Asset Management. In der ISO 55001 werden die Anforderungen für den Aufbau, die Einführung, die Aufrechterhaltung und die Verbesserung von Asset Management-Managementsystemen definiert.¹⁹⁷ Betreffend der Asset Management-Ziele müssen die Anforderungen aller Stakeholder im Asset Management-Planungsprozess berücksichtigt werden. Daher gilt die Anforderung, dass die Ziele des Asset Managements konsistent und abgestimmt auf die Unternehmensziele, messbar (sofern möglich) sind und überwacht werden (vgl. Ganzheitlichkeit- & Informations-Anforderung).¹⁹⁸ Auch die Asset Management Politik, inklusive Leitlinien, muss den Zwecken und dem Entwicklungsplan der Organisation und der Unternehmenspolitik entsprechen.¹⁹⁹ Die einzelnen Bestandteile des Asset Management-Managementsystem stehen in Wechselwirkung miteinander. Das Managementsystem selbst steht in Wechselwirkung mit anderen internen und externen Elementen bzw. Prozessen.(vgl. Ganzheitlichkeit-Anforderung).²⁰⁰ In Kapitel 7.5 der Norm werden weiters die Informationsanforderungen formuliert, wobei nach Konsistenz und Nachvollziehbarkeit in Bezug auf alle monetären, nicht-monetären und technischen Daten verlangt wird.²⁰¹ (vgl. Informations-Anforderung) Zur Konkretisierung der ISO 5500X-Reihe wurde die Norm EN 16646 auf europäischer Ebene erstellt. In dieser sind die Rollen und Aufgaben der Instandhaltung festgelegt und es wird vor allem die Bedeutung des systematischen Managements über alle Hierarchie-Ebenen des Asset Managements (Anlagenbestand-, Anlagenstruktur- und Anlagenobjektebene) betont. Dabei liegt die Forderung auf Anlagenbestandsebene ein Instandhaltungsmanagementsystem, welches sich über das gesamte Unternehmen erstreckt, zu entwickeln.²⁰² Grundlage dafür bildet „eine gründliche Analyse des Geschäftsumfeldes, des technologischen Umfeldes und der Merkmale des Unternehmens“²⁰³ (vgl. Informations- & Systemverständnis-Anforderung)

¹⁹⁵ Vgl. Bundesbahngesetz (2023), S. 6.

¹⁹⁶ Vgl. Bundesbahngesetz (2023), S. 6f.

¹⁹⁷ Vgl. DIN ISO 55001:2021-03, S. 9.

¹⁹⁸ Vgl. DIN ISO 55001:2021-03, S. 16.

¹⁹⁹ Vgl. DIN ISO 55001:2021-03, S. 14.

²⁰⁰ Vgl. DIN ISO 55001:2021-03, S. 12.

²⁰¹ Vgl. DIN ISO 55001:2021-03, S. 20.

²⁰² Vgl.Reichel, J. et al. (2018), S. 70.

²⁰³ Reichel, J. et al. (2018), S. 71f.

Interoperabilität

Die wichtigsten Normen in für diesen Abschnitt sind die Richtlinie (EU) 2016/797 und (EU) 2016/798.

Unter Interoperabilität versteht man „die Eignung eines Eisenbahnsystems für den sicheren und durchgehenden Zugverkehr, indem den erforderlichen Leistungskennwerten entsprochen wird.“²⁰⁴ Seit den 1990er Jahren bestehen Interoperabilitätsrichtlinien innerhalb der EU, wobei der Geltungsbereich dieser 2010 auf alle Strecken ausgeweitet wurde. Strecken, welche diesen nicht entsprechen müssen laut Art. 1 der Interoperabilitätsrichtlinie (EU) 2016/797 (RL797) ausgewiesen werden. Die Richtlinien RL797 und RL798 verankern die technischen Spezifikationen für die Interoperabilität (TSI) im EU-Recht. In der RL797 sind die Bedingungen für die Planung, Bau, Inbetriebnahme, Aufrüstung, Erneuerung, Betrieb und Instandhaltung von Infrastrukturbestandteilen festgelegt. Sie enthält weiters Bedingungen bezüglich der Qualifikationen des Instandhaltungs- und Betriebspersonals.²⁰⁵ Hierbei ist wesentlich, dass die Richtlinie die einzelnen Interoperabilitätskomponenten und ihre Konformitätsbewertungsverfahren²⁰⁶, Konformitätsbewertungsstellen²⁰⁷ und konkrete Anforderungen für die einzelnen Teilsysteme²⁰⁸ festlegt. Konkret kann in diesem Abschnitt die Anforderung an das Gesamtsystem gestellt werden, die Interoperabilität aller Komponenten laut der Richtlinie zu gewährleisten. Die folgenden Anforderungen ergeben sich aus der Interoperabilitätsrichtlinie RL 797 und werden im folgenden Abschnitt im Detail erarbeitet²⁰⁹: Sicherheit, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit, Gesundheit, Umweltschutz, technische Kompatibilität und Zugänglichkeit.

RAMS

Die wichtigsten Normen für diesen Abschnitt sind die Richtlinie EN 50126, EN 50128 und EN 50129.

Die Normen EN 50126, EN 50128 und EN 50129 des CENELEC stellen die auf das Bahnwesen angepassten Sicherheitsnormen der Grund-Sicherheitsnorm EN 61508 dar. In der Norm EN 50126 ist in Teil 1 der RAMS-Lebenszyklusprozess beschrieben und in Teil 2 die sicherheitsbezogenen Aspekte dieses Zyklus. Der RAMS-Prozess ist ein Management Prozess, der als Grundlage zur Beherrschung der RAMS-Parameter dient. Der Begriff RAMS ist ein Akronym der folgenden Begriffe: Reliability (Zuverlässigkeit), Availability (Verfügbarkeit), Maintainability, (Instandhaltbarkeit) und Safety (Sicherheit). Der Begriff stellt eine Charakteristik eines Systems dar, welche das langfristige Betriebsverhalten beschreibt. RAMS ist die qualitative und quantitative Beschreibung des Grades, bis zu welchem garantiert werden kann, dass ein komplexes System wie verlangt funktioniert, verfügbar und sicher ist. Grundsätzlich dient der RAMS-Prozess dazu das übergeordnete Ziel von Bahnunternehmen, zu jedem Zeitpunkt und zu minimalen Kosten (bzw. innerhalb des festgelegten Kostenrahmens) ein bestimmtes

²⁰⁴ Richtlinie (EU) 2016/797:26.05.2016, S. 10.

²⁰⁵ Vgl. Richtlinie (EU) 2016/797:26.05.2016, S. 9.

²⁰⁶ Vgl. Richtlinie (EU) 2016/797:26.05.2016, Artikel 8 - 11, Artikel 15 und Anhang IV.

²⁰⁷ Vgl. Richtlinie (EU) 2016/797:26.05.2016, Artikel 27 - 44.

²⁰⁸ Vgl. Richtlinie (EU) 2016/797:26.05.2016, Anhang III.

²⁰⁹ Vgl. Salander, C. (2019), S. 72.

Maß an Bahnverkehr zu gewährleisten, zu erreichen.²¹⁰ Er liefert einen Wert, der die Fähigkeit des Systems beschreibt, dieses Ziel zu erreichen. Wichtig ist hierbei, dass alle Akteure²¹¹ die Zusammenhänge der Parameter mit der von den Bahnunternehmen bereitgestellten Leistung verstehen (vgl. Abbildung 13), da alle vier RAMS-Elemente in Wechselwirkung zueinanderstehen.²¹²

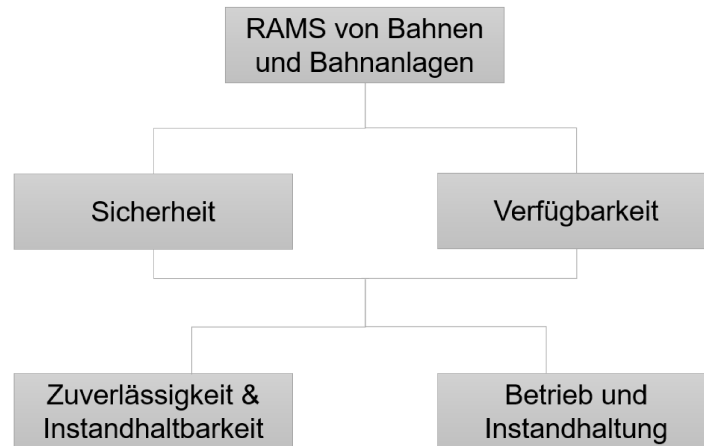


Abbildung 13: Zusammenhang der RAMS - Parameter²¹³

Der in Abbildung 12 dargestellte Prozess stellt den Lebenszyklus in einem „V“ dar, wobei die linke Seite (nach unten gehender Ast) die Entwicklung des Systems und die rechte Seite (nach oben gehender Ast) die Montage, Installation, Übergabe, Betrieb und die Instandhaltung darstellt. In der Norm EN 50126-1 sind jegliche Aufgaben zu den einzelnen Phasen im Detail aufgelistet. Für diesen Abschnitt ist vor allem die Risikobewertung relevant, welche in der dritten Lebenszyklusphase maßgeblich ist. In dieser werden alle verfügbaren Informationen verwendet, um Gefahren, Risiken oder deren RAMS-Äquivalente und die damit einhergehenden potenziellen Verluste zu ermitteln. Über jede potenzielle Gefahr muss demnach entschieden werden, ob diese „allgemein akzeptiert“ ist oder nicht. In der Norm ist in diesem Zuge die Wichtigkeit der dokumentierten Begründung der Entscheidung zur Nachvollziehbarkeit verlangt (vgl. Informations-Anforderung). Der Einschätzung folgt die Anwendung eines Risikoakzeptanzprinzips (RAP). Bei der Implementierung der Risikobewertung des RAMS-Prozesses ist demnach eine systematische Herangehensweise und ein standardisiertes Vorgehen gefordert (vgl. Risikobewertungs-Anforderung). Weiters sind in dieser Norm konkrete Anforderungen an das Management formuliert. Es wird beispielsweise beschrieben, dass die Kompetenz von Mitarbeitern (Fachkenntnisse, Qualifikationen, Erfahrungen, Schulungen, etc.) bewertet werden muss. Dieser Bewertungsprozess sollte dokumentiert werden und als Grundlage bei der Zuteilung spezifischer Rollen dienen. In diesem Zusammenhang gilt es Verantwortlichkeitsgrenzen und Aufgaben, die bei Erfüllung bestimmter Rollen

²¹⁰ Vgl. OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik (2018a), S. 30.

²¹¹ Vgl. OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik (2018a), S. 29.

²¹² Vgl. Winther, T.

²¹³ Quelle: Eigene Darstellung nach OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik (2018a), S. 31.

eingehalten werden müssen, festzulegen.²¹⁴ (vgl. Kompetenz- & Festlegungs-Anforderung) Hierbei sei die Anforderung in der ISO 55001 erwähnt, welche die Zuweisung von Verantwortlichkeiten und Befugnissen für jegliche für das Asset Management relevanten Rollen fordert (8). Diese müssen außerdem innerhalb der Organisation kommuniziert werden.²¹⁵

Abschließend ist im Zuge der Anforderungsableitung aus der Norm 50126-1 festzuhalten, dass bei der Anwendung dieser im eigenen Unternehmen ein Lebenszyklusmodell (vgl. Abbildung 14) ausgewählt werden muss, welches Iterationen innerhalb und zwischen den einzelnen Phasen zulässt. Weiters muss ein angemessenes Qualitäts- und Konfigurationsmanagementsystem bestehen.²¹⁶

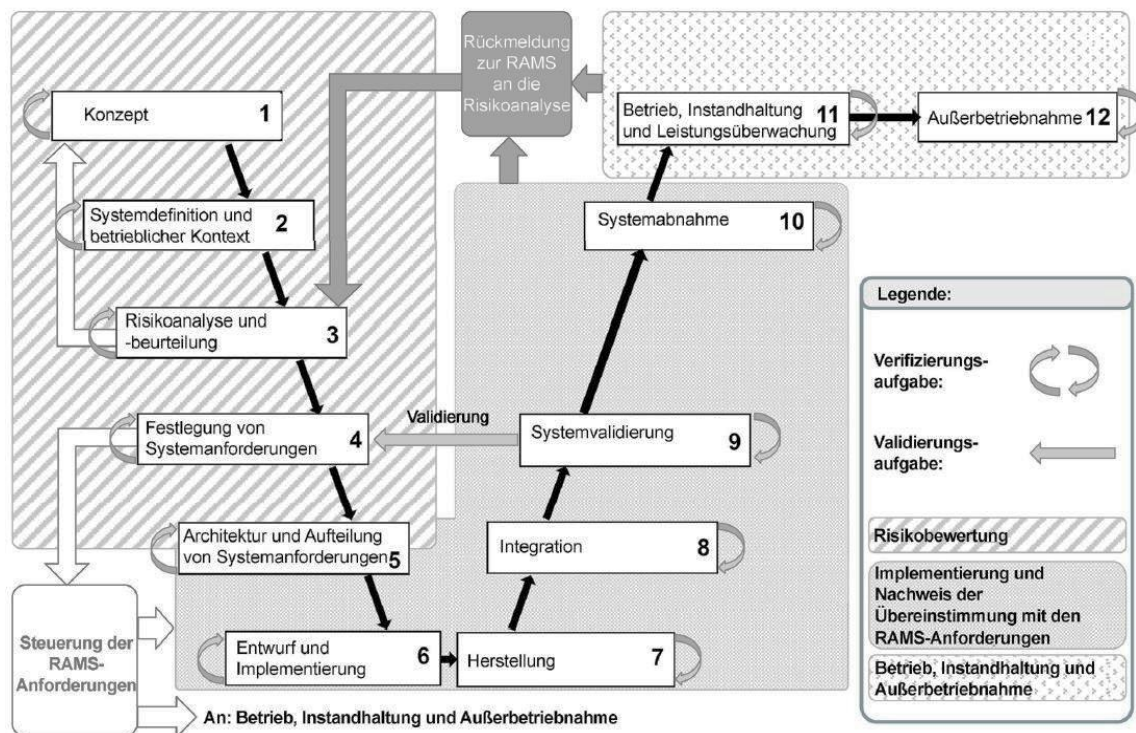


Abbildung 14: V-Darstellung des Lebenszyklus von Systemen²¹⁷

Sicherheit

Die wichtigsten Normen für diesen Abschnitt sind die EN 50126-2, (EU) 2016/797, (EU) 2016/798 und (EU) 2018/762.

In der Norm EN 50126-2 sind die Sicherheitsanforderungen in funktionale, technische und kontextuelle gegliedert. Die funktionalen Anforderungen beinhalten das erwartete funktionale Verhalten und unterteilen dieses bei Ausfällen in erforderliche Sicherheitsintegritätsanforderungen und „das erforderliche Verhalten bei nicht mit einer Gefährdung verbundenen Ausfällen“²¹⁸. Unter Sicherheitsintegrität versteht man die Fähigkeit eines Systems, die sicherheitsrelevanten Funktionen einzuhalten. Je höher,

²¹⁴ Vgl. OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik (2018a), S. 54, Abschnitt 6.4.2 .

²¹⁵ Vgl. DIN ISO 55001:2021-03, S. 15.

²¹⁶ Vgl. OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik (2018a), S. 54f., Abschnitt 6.5.1 .

²¹⁷ Quelle: OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik (2018a), S. 45.

²¹⁸ OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik (2018b), S. 39.

desto unwahrscheinlicher ist es, dass ein bestimmtes Element bei bestimmten Sicherheitsfunktionen ausfällt. Technische Anforderungen werden aus Aspekten der Instandhaltbarkeit, Umgebung, Bedrohungen oder Technologien abgeleitet und schließen Beschränkungen für Entwurf, Installation und Nutzungsphase ein. Bei den kontextuellen Anforderungen werden jegliche Sicherheitsanforderungen miteinbezogen, die den Betrieb und die Instandhaltung betreffen.²¹⁹ Übergeordnetes Ziel des Sicherheitsmanagements ist die Verhinderung und Verringerung von systematischen Konstruktionsfehlern in allen Lebenszyklusphasen, wobei Fehlzustände auf ein Minimum reduziert werden müssen.²²⁰ (vgl. Systemverständnis- & Sicherheits-Anforderung)

Sicherheit ist die Hauptanforderung der RL797, weshalb in der RL798 Sicherheitsziele (CST), Sicherheitsmethoden (CSM) und zur Beurteilung der Konformität der Systeme mit den CST und zur Bewertung und Überprüfung der Sicherheitsniveaus zusätzlich auch Sicherheitsindikatoren (CSI) festgelegt sind.²²¹ Die CST berücksichtigen Risiken für Fahrgäste, Bedienstete oder Bahnübergang-Benützer und jegliche gesellschaftlichen Risiken. Sie dienen zur Festlegung der mindestens zu erreichenden Sicherheitsniveaus und werden in Kriterien für die Akzeptanz von Risiken oder in angestrebten Sicherheitsniveaus formuliert.²²² Die Erreichung der CST, der sich daraus ergebenden Sicherheitsniveaus und die Erreichung anderer Sicherheitsanforderungen müssen beurteilt werden. Die CSM sind Methoden, die die Art und Weise dieser Beurteilung beschreiben.²²³ Weiters wird von den Infrastrukturbetreibern und Eisenbahnunternehmen gefordert, ein Sicherheitsmanagementsystem (SMS) einzuführen, damit das System zumindest die CST erreichen, die in den TSI festgelegten Anforderungen erfüllen kann und die CSM angewendet werden können. In diesem Zusammenhang gilt die klare Forderung nach Einklang der qualitativen und quantitativen Ziele von übergeordneten Unternehmenszielen und Zielen zum Erhalt und der Verbesserung der Sicherheitsniveaus und nach der Durchführung von Risikobewertungen. Dazu gilt es, Verfahren und Methoden zur Risikoermittlung und die Anwendung von Maßnahmen zur Kontrolle und Vorbeugung von Risiken einzusetzen (vgl. Vorausschau- & Risikobewertungs-Anforderung). Die konkreten Anforderungen an das SMS sind in Richtlinie (EU) 2018/762 (RL762) festgehalten und enthalten beispielsweise die Forderung eine positive Sicherheitskultur zu gestalten, indem gegenseitiges Vertrauen und wechselseitiges Lernen gefördert werden (vgl. Sicherheits-Anforderung).²²⁴ Weiters wird auch in dieser Richtlinie die Bedeutung der Dokumentation, der kontinuierlichen Verbesserung des SMS und der Zuständigkeiten erwähnt.²²⁵

Weiters ist in dieser Richtlinie angeführt, dass bei Beantragung einer Instandhaltungsstellenbescheinigung alle Elemente des Managements, jegliche Zuständigkeitsaufteilungen, Kontrollprozesse, Einbeziehung von Personal und

²¹⁹ Vgl. OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik (2018b), S. 39ff.

²²⁰ Vgl. OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik (2018b), S. 45.

²²¹ Vgl. Richtlinie (EU) 2016/798:11.05.2016, S. 2.

²²² Vgl. Richtlinie (EU) 2016/798:11.05.2016, S. 13, Artikel 7.

²²³ Vgl. Richtlinie (EU) 2016/798:11.05.2016, S. 12, Artikel 6.

²²⁴ Vgl. Europäische Kommission (08.03.2018), S. 2 und S. 4.

²²⁵ Vgl. Europäische Kommission (08.03.2018), S. 4ff., Anhang 1.

Vertretern und jegliche kontinuierlichen Verbesserungsprozesse dokumentiert werden müssen (vgl. Informations- & Festlegungs- & Sicherheits-Anforderung). Insgesamt werden darin elf Anforderungen formuliert. Beispielweise wird die Anforderung an die Führung gestellt, dass diese sich für die Entwicklung und Umsetzung des Instandhaltungssystems engagiert und die laufende Wirksamkeitsverbesserung dieses unterstützt. Auch die „Risikobewertung“ wird gefordert, wobei hierbei „ein strukturierter Ansatz zur Bewertung von Risiken“²²⁶ genannt wird (vgl. Risikobewertungs-Anforderung). Grundsätzlich stehen in der RL798 vor allem Fahrzeuge im Fokus, da aber keine vergleichbaren Richtlinien mit Fokus auf die Infrastrukturbestandteile existieren, werden die Anforderungen an die Fahrzeuginstandhaltung in diesem Abschnitt auf die Infrastruktur ausgeweitet. Weitere Anforderungen stellen die Forderung nach ständiger Verbesserung, nach Struktur und Verantwortlichkeiten (vgl. Festlegungs-Anforderung), Maßnahmen zur Risikobeherrschung in Einklang mit der Zielerreichung der Organisation (vgl. Ganzheitlichkeit- & Risikobewertungs-Anforderung), Kompetenzmanagement, Information und Dokumentation.²²⁷ (vgl. Informations- & Kompetenz-Anforderung)

In der RL797 sind die konkreten Anforderungen gegliedert nach den Teilsystemen (vgl. Abschnitt 2.1.2) angeführt. Für den funktionellen Bereich „Instandhaltung“ sind folgende Anforderungen an die technischen Anlagen und Arbeitsverfahren in den Instandhaltungswerken formuliert²²⁸:

1. Der sichere Betrieb der jeweiligen Teilsysteme, die Sicherheit und Gesundheit müssen gewährleistet sein. (vgl. Sicherheits-Anforderung)
2. Die ausgehende Umweltbelastung darf die zulässigen Werte nicht überschreiten. (vgl. Umweltbelastung)

Für den Bereich „Betriebsführung und Verkehrssteuerung“ ist verlangt, dass Instandhaltungsarbeiten und die Qualifikation des Instandhaltungspersonals ein hohes Sicherheitsniveau erfüllen. (vgl. Kompetenz-Anforderung)

Umwelt

Wesentlich im Zusammenhang mit Nachhaltigkeit und Umwelteinwirkungen im vorliegenden System in Zusammenhang mit der Instandhaltung sind Lärm- bzw. Schallimmissionen und die Abfallentsorgung. In der Schienenverkehrslärm-Immissionsschutzverordnung (SchIV) sind jegliche Grenzwerte und Anforderungen hinsichtlich aller durch den Schienenverkehr verursachten Schallimmissionen festgelegt. Es gilt, diese Grenzwerte bei jeglichen Instandhaltungsmaßnahmen nicht zu überschreiten. Bei der Entsorgung von Holzschwellen, Altschotter, Boden, etc. sind die gesetzlichen Vorgaben aus dem Abfallwirtschaftsgesetz (AWG 2002) und die Grundsätze der Kreislaufwirtschaft zu befolgen. (vgl. Umwelt-Anforderung)

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass im Bereich des Eisenbahnwesens zahlreiche Normen, Gesetze und Richtlinien bestehen, allerdings bezogen auf die Instandhaltung der Schieneninfrastruktur kaum konkrete Vorgaben im europäischen

²²⁶ Richtlinie (EU) 2016/798:11.05.2016, S. 43.

²²⁷ Vgl. Richtlinie (EU) 2016/798:11.05.2016, S. 43.

²²⁸ Vgl. Anhang III, 2.5.1 und 2.5.2 in Richtlinie (EU) 2016/797:26.05.2016, S. 49.

Gesetz festgelegt sind. Die erarbeiteten Anforderungen gelten also grundsätzlich für alle Bereiche im System Eisenbahnwesen, inklusive Fahrzeuge. Von den elf identifizierten Anforderungen an das Asset Management unterstreichen im Besonderen die Anforderungen (vgl. Ganzheitlichkeit-, Informations-, Risikobewertungs- & Verbesserungs-Anforderung) die Bedeutung der Kritikalitätsbeurteilung im Schieneninfrastrukturbereich. Das liegt daran, dass die Kritikalitätsbeurteilung vor allem bei der Erfüllung dieser Anforderungen als Unterstützungstool herangezogen werden kann (vgl. Abschnitt 2.3).

3.3 Analyse des bestehenden Kritikalitätsbeurteilungs-Tools

Das im Folgenden beschriebene Tool zur Kritikalitätsbeurteilung der Boom Software AG ist in das Instandhaltungssystem Boom Maintenance Manager (BMM) integriert und wird als Criticality & Asset Priority (CAP) Modul bezeichnet. Der BMM ermöglicht die Umsetzung der LSM-Philosophie, indem es LSM-konforme Strategie-Module integriert. Die Basismodule zum Einsatz von LSM sind das CAP, Budget Assistance und Potenzial Weakness Management, wobei das CAP die Basis der weiteren Module bildet und im Fokus dieser Analyse steht. Der BMM ist auf die produzierende Industrie ausgelegt und bietet durch die Customizing-Philosophie auch speziell Lösungen für die Energieversorgung und den Anlagenbau.

Das CAP hat das Ziel, eine standardisierte, kriterienbasierte Bewertung von Anlagen zu ermöglichen. Der Nutzen ist Wissen über kritische Anlagen transparent zu dokumentieren und eine Entscheidungsgrundlage für die Geschäftsführung zu liefern. Dies wird ermöglicht, indem das Tool auf der definierten Ebene einen Anlagenindex (AI) berechnet. Zur grafischen Darstellung werden Kosten und AI in einem Anlagenprioritätsportfolio (vgl. Abschnitt 2.3 bzw. Abbildung 10) gegenübergestellt, um zu visualisieren, welche Komponenten und Anlagen einer strategischen Analyse unterzogen werden müssen. Die drei in Abbildung 15 dargestellten Vorgehensschritte im CAP-Modul entsprechen den in Abschnitt 2.2.8 beschriebenen Durchführungsschritten der Kritikalitätsbeurteilung, wobei die Bewertungsdefinition den Schritten Kritikalitätsidentifikation und Kritikalitätsanalyse und die Bewertungsdurchführung der Kritikalitätsbewertung entspricht. Ein Unterschied liegt hierbei, dass die Analyse im Anlagenprioritätsportfolio in dem in Abschnitt 2.2.8 beschriebenen Ablauf der Kritikalitätsbewertung zugeordnet wird. Der dritte Schritt entspricht der Maßnahmenableitung, Instandhaltungsstrategieoptimierung und Erfolgsüberprüfung (vgl. Abbildung 7).

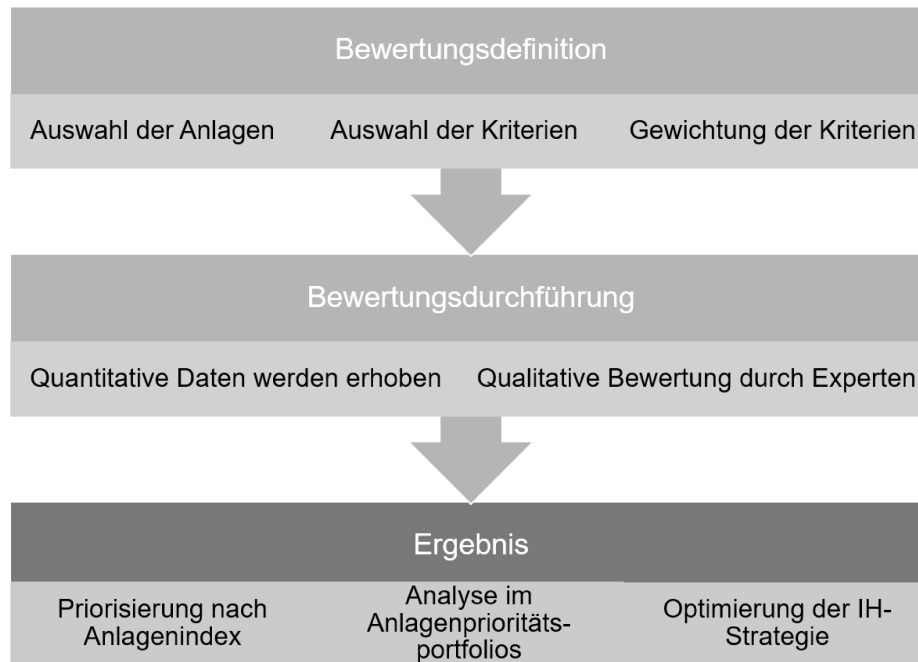


Abbildung 15: Vorgehen zur Kritikalitätsbeurteilung mit dem Criticality and Asset Priority (CAP) Modul²²⁹

Die zu bewertenden Anlagen müssen zunächst im BMM angelegt werden. Dabei können die folgenden Informationen hinterlegt werden:

- Allgemeine Daten: Bezeichnung, Nummer, Status, Anmerkung
- Anschaffungsdaten: Baudatum und Inbetriebnahmedatum
- Standortdaten: Adresse
- Anlagenbereich: Zuordnung von Anlagen zu bestimmten Unternehmensbereichen, Linien, Kunden, Projekten, etc.
- Anlagenbilder: Bietet die Möglichkeit Bilder der Anlage im System hochzuladen.
- Dokumente: Bietet die Möglichkeit jegliche Dokumente bezüglich der Anlage hochzuladen.

Im Bewertungstool selbst müssen Kriterien angelegt und gespeichert werden. Bei Hinzufügen eines Bewertungskriteriums können die Bezeichnung, die Beschreibung, die Zuständigkeit und der Kennzahlentyp (qualitativ/quantitativ) hinterlegt bzw. ausgewählt werden. Weiters können Erfolgsfaktoren, auf jene sich das Kriterium auswirkt und die Datenquelle (nur für quantitative Kriterien) ausgewählt werden. Maßgeblich ist für jedes Kriterium weiters die definierte Skala, anhand welcher die sich ergebenden Werte eingestuft werden. Dabei gibt es Abstufungen von 1-5, wofür z.B. technische Grenzwerte (Unter- und Obergrenze) oder bestimmte Zahlenwerte hinterlegt werden können. Beispielweise wurde hierbei für das Anlagenalter folgende Abstufung gewählt: <5 Jahre – unkritisch, 5-9 Jahre kritisch und >9 Jahre hoch kritisch.

Die Funktionalitäten des CAP-Moduls sind die Bewertungsdefinition, die Anlagenbewertung, die Portfolioübersicht und die Kritikalitätsübersicht. Unter Bewertungsdefinitionen können verschiedene Bewertungs-Wizards erstellt und

²²⁹ Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Boom Software AG, <https://www.boomsoftware.com/de/themen/industrie/KAPPF.php>, (Zugriff: 21.08.2023).

gespeichert werden. Zur Erstellung einer Bewertungsdefinition können zunächst Bezeichnung und eine Beschreibung hinterlegt werden und folgend müssen die für dieses Bewertungsschema relevanten Anlagen ausgewählt werden. Darauf folgt die Kriterienauswahl, wobei die Kriterien-Gewichtung [%] von besonderer Bedeutung ist. Diese ist ausschlaggebend für den paarweisen Vergleich im Bewertungsprozess. Außerdem muss das Bewertungsintervall festgelegt werden, wobei die Bewertungsart (statisch, dynamisch) und Wiederholungszeitraum (beispielsweise alle 12 Monate) auszuwählen sind. In der Portfolioübersicht werden die in der Vergangenheit durchgeführten Anlagenbewertungen in einer Liste angeführt und werden mittels Auswahl eines Eintrages in der Liste als Portfolio angezeigt. Neben dem Portfolio kann dabei auch eine Kostenanalyse dargestellt werden, wobei die Instandhaltungskosten der im spezifischen Portfolio vorhandenen Anlagen in einem Balkendiagramm dargestellt werden. Dabei werden die Kostenarten Personalkosten, Materialkosten und Fremdkosten unterschieden, wodurch die einzelnen Anlagen verglichen werden können. Die Kritikalitätsübersicht bietet eine ähnliche Funktionalität, wobei mittels Auswahl einer der aufgelisteten Anlagen der zeitliche Verlauf des AI der spezifischen Anlage in einem Kritikalität-zu-Zeit-Diagramm dargestellt wird. Die Anlagenbewertung ermöglicht die Bewertung der Anlagen in dem zuerst eine Bewertungsdefinition und ein Stichtag für die Bewertung gewählt werden. Im nächsten Schritt müssen die für die bestimmte Bewertungsdefinition relevanten Kriterien für die einzelnen Anlagen bzw. Komponenten gewichtet werden. Anschließend wird eine Zusammenfassung angezeigt (Liste aller bewerteter Anlagen inklusive AI und Grafische Darstellung der AIs). Nach Fertigstellung der Anlagenbewertung kann auch direkt ein Anlagenprioritätsportfolio erstellt und gespeichert werden, um die Kritikalität der Anlagen und die Kosten gegenüberzustellen. Dabei muss eine Kostengrenze (50:50, manuell in [%] oder Pareto) ausgewählt werden. Die Analyse und das Testen des Tools zeigen, dass es ein hilfreiches Tool zur Kritikalitätsbeurteilung darstellt und die wichtigsten Aufgaben im Zuge der Bewertung abdeckt. Vor allem die einfache, benutzerfreundliche Handhabung und die hohe Qualität der berechneten Grafiken sind hierbei hervorzuheben. Durch die Portfolios ist es möglich, die Kosten und den berechneten AI gegenüberzustellen und sofort zu erkennen, bei welchen Anlagen Handlungsbedarf besteht. Das größte Problem stellt das nicht Vorhandensein eines Auswahlprozesses für die Kriterien dar und weiters wird die normative Ebene bisher nicht berücksichtigt. Vor allem zweites ist ausschlaggebend, um eine dynamische Kritikalitätsbeurteilung (vgl. Abschnitt 2.3) zu ermöglichen und ihre Vorteile zu nutzen. Um das bestehende Tool auf die Schieneninfrastruktur auszuweiten sind Anpassungen notwendig, da sich die Branchen, für die das Tool entwickelt wurde (produzierende Industrie, Energieversorgung und Anlagenbau) in der Anlagenstruktur stark von der Infrastrukturbranche unterscheiden. Der Hauptunterschied liegt in der Funktion und dem Zweck der Anlagen und in den in Abschnitt 2.1.2 erarbeiteten Charakteristiken der Schieneninfrastruktur, wie beispielsweise ihrer hohen Komplexität und der langen Nutzungsdauer der Anlagen. Bezüglich der hohen Nutzungsdauer muss das Tool beispielsweise die Möglichkeit bieten, je nach Assettyp verschiedene Bewertungsskalen bei den einzelnen Kriterien zu hinterlegen. Derzeit legt man im CAP-Modul die Bewertungsskala bei Erstellung des Bewertungskriterium fest, was bei der vorliegenden Anlagenstruktur im produzierenden Bereich, in der ähnliche Nutzungsdauern für die einzelnen Assets erreicht werden können, möglich ist. In der

Schieneninfrastruktur ist dies nicht der Fall, da beispielsweise bei der Signaltechnik und dem Fahrweg große Unterschiede in der Nutzungsdauer existieren.

Um auch im Bereich der Schieneninfrastruktur die Benutzerfreundlichkeit des Tools zu gewährleisten, muss eine Lösung für die Gruppierung und Auswahl der zu bewertenden Anlagen gefunden werden. Diese Notwendigkeit liegt vor, da bei Vorhandensein von vielen Anlagen (beispielsweise >10.000 Weichen im Netz der ÖBB, vgl. Abschnitt 2.1.2) eine händische Auswahl der einzelnen Anlagen nicht mehr möglich ist. Ein weiterer zu beachtender Punkt in der Umlegung des Tools ist die hohe Anzahl an linearen Assets, wie den Schienen und Gleisen, und nicht linearer Assets, wie beispielsweise Signale und Bahnhöfe. Dabei spielen zum einen die hohe Komplexität und zum anderen die zahlreichen unterschiedlichen Abnutzungen und äußeren Gegebenheiten eine Rolle. Wichtig ist außerdem die Berücksichtigung der normativen Anforderungen. Dabei sollte eine Möglichkeit eingebettet werden, die Anlagen anhand der Erfüllung bestimmter normativer Anforderungen zu bewerten.

3.4 Allgemeine Definition der Delphi-Methode

In diesem Abschnitt wird in Vorbereitung auf Abschnitt 3.5 die Delphi-Methode allgemein vorgestellt. Die Definition, Beschreibung des Ablaufs und Erarbeitung der Vorteile der Delphi-Befragung unterstreichen den Mehrwert dieser Art der Befragung für die Zielerreichung der vorliegenden Arbeit.

3.4.1 Definition

Die Delphi-Methode wurde um 1950 für die U.S. Airforce entwickelt. Dabei war das Ziel, Expertenwissen für den systematischen Einsatz aufzubereiten, was durch eine Reihe von Fragebögen mit kontrolliertem Meinungsfeedback ermöglicht wurde. Merkmale der Technik waren zum einen die Wahrung der Anonymität, die Wiederholung bzw. Mehrstufigkeit des Verfahrens und die Möglichkeit der Infragestellung von eigenen Konzepten.²³⁰ Laut LINSTONE UND TUROFF gibt es drei akademische Verfahren, mit welchen Messungen des menschlichen Urteilsvermögens durchgeführt werden können (vgl. Tabelle 7).

Tabelle 7: Arten von Messungen des menschlichen Urteilsvermögens²³¹

Vorhaben	Zielsetzung
Messungen von Urteilen, die auf statischen, unveränderlichen psychologischen Variablen beruhen	statische, unveränderliche Variablen zu identifizieren
Messungen von Urteilen, die auf veränderlichen Variablen beruhen	Einflusskriterien auf die Vermarktung von Produkten und Dienstleistungen zu identifizieren.

²³⁰ Vgl. Linstone, H. A.; Turoff, M. (2011), S. 2ff.

²³¹Eigene Darstellung in Anlehnung an: Linstone, H. A.; Turoff, M. (2011), S. 4.

Vorhaben	Zielsetzung
Messungen des menschlichen Wissens und Urteilsvermögens	Ziel ist es herauszufinden, wie ein Gruppenverständnis mentaler Kognitionen durch Individuen gefördert werden kann.

Die dritte Zielsetzung entspricht der Delphi-Technik, da bei dieser nicht auf schnelle, unbewusste Antworten abgezielt wird, sondern auf geprüfte Antworten für komplexe Fragestellungen. Dabei wird die Delphi-Methode als Instrument zur Steuerung von Gruppenkommunikationsprozessen angewendet. Auch CUHLS legt in ihrer Definition den Fokus verstärkt darauf. In dieser wird das Delphi-Verfahren als Expertenbefragung in einem zwei- oder mehrstufigen Verfahren beschrieben, wobei in einer der nachfolgenden Stufen (ab Stufe zwei) die Ergebnisse der vorangegangenen Stufe miteinfließen.²³² Das hat den Effekt, dass die Experten ihre Meinung detaillierter begründen und erklären können und unter Einfluss ihrer Kollegen erneut über bereits gegebene Antworten reflektieren können.²³³

In der Literatur dient neben der Fähigkeit als Gruppenkommunikationsmittel eingesetzt zu werden²³⁴ auch die Funktion als Hilfsmittel zur Erforschung von konkreten Sachverhalten als Grundlage zur Definition des Instruments für „übergreifende, langfristige Technikvorausschau“^{235, 236} HÄDER UND HÄDER fassen diese beiden Aspekte in ihrer Definition zusammen, welche als Grundlage für die in Kapitel 3 beschriebene, durchgeführte Delphi-Befragung dient.

„Die Delphi-Methode ist ein vergleichsweise stark strukturierter Gruppenkommunikationsprozess, in dessen Verlauf Sachverhalte über die naturgemäß unsicheres und unvollständiges Wissen existiert, von Experten beurteilt werden.“²³⁷

In den letzten Jahrzehnten haben sich unterschiedliche Typen von Delphi-Befragungen aus dem klassischen Delphi, womit meist zwei- oder mehrstufige Verfahren laut der genannten Definition benannt werden, herausentwickelt. Ein vielgenutztes Verfahren stellt z.B. das Policy Delphi dar, welches die Beantwortung lösungsorientierter Fragen- und Aufgabenstellungen zu Policy-Thematiken abzielt. Es handelt sich dabei außerdem meist um zweistufige Verfahren, in denen eine große Bandbreite an Meinungen zu einem bestimmten Thema eingeholt wird. Das Policy-Delphi zielt auf die Erschaffung eines breiten Meinungsbildes, wohingegen die Experten in Decision Delphis nicht nur ihre Meinungen kundtun (und ggfls. ändern), sondern auch die darauffolgenden Entscheidungen und Umsetzung in ihrer Verantwortung stehen.²³⁸ SEEGER unterscheidet verschiedene Typen von Delphis nach deren Zielabsicht. Somit bezeichnet er Delphis mit konkreter Problemstellung, für die es eine Lösung zu finden gibt als Problemfindungs-Delphi oder Delphis welche das Ziel verfolgen, verschiedene

²³² Vgl. Cuhls, K. (2019), S. 5.

²³³ Vgl. Cuhls, K. (2019), S. 5.

²³⁴ Vgl. Definition nach Cuhls, K. (2019), S. 5 und Linstone, H. A.; Turoff, M. (2011), S. 2ff.

²³⁵ Cuhls, K. et al. (1996), S. 1.

²³⁶ Vgl. Häder, M. (2014), S. 19ff.

²³⁷ Häder, M.; Häder, S. (1995), S. 8.

²³⁸ Vgl. Cuhls, K. (2019), S. 10.

Ideen zu bewerten, als Ideenbewertungs-Delphi.²³⁹ Einen weiteren Typ stellt das Expertinnen-Delphi dar, wobei es vor allem im Zusammenhang mit „Technology Foresight“, also der Technologievorausschau, an Bedeutung gewonnen hat. Dieser Forschungsbereich hat sich zu einem „bevorzugten Einsatzfeld der Delphi-Methode“²⁴⁰ entwickelt.

3.4.2 Experteninterviews

Experteninterviews sind in der Forschung dem Bereich der qualitativen Sozialforschung zuzuordnen ist. Diese wird durch relativ kleine Stichproben und offene Fragestellungen geprägt. Die Zielgruppe in dieser Art der Interviews stellen sogenannte Experten dar.²⁴¹ Unter Experten versteht man weitgehend Menschen, die über spezielles Wissen verfügen bzw. „Angehörige einer Funktionselite, die über besonderes Wissen verfügen“²⁴². BOGNER UND MENZ bezeichnen Experten als Kristallisationspunkte, wenn diese praktisches Insiderwissen mitbringen und in Stellvertretung für ein große Anzahl an Akteuren stehen. Nach dieser Definition sind Experteninterviews als Interviews mit Menschen, die durch ihre berufliche Stellung über spezifisches Wissen verfügen, zu verstehen.²⁴³ Nach GLÄSER UND LADEL versteht man unter einem Experteninterview eine Methode zur Erschließung von Spezialwissen über zu erforschende Sachverhalte. Die Quelle für dieses „Spezialwissen“ stellen dabei die Experten dar. Das Experteninterview hat zwei wesentliche Merkmale. Erstens ist dabei nicht der Experte das Objekt der Untersuchung, sondern stellt dieser einen „Zeugen“ der zu untersuchenden Prozesse dar. Als zweites Merkmal gilt die exklusive Stellung des Experten im Kontext der Befragung. Grund für die Auswahl des Experten ist sein besonderes Wissen. Somit ist es von wesentlicher Bedeutung vor der Auswahl der Experten und der Durchführung der Interviews, das Ziel der Untersuchung, den Zweck des Interviews und die Rolle des Interviewpartners zu definieren.²⁴⁴ Ziel und Zweck des Interviews sind miteinander verbunden und bestimmen in Korrelation den Gegenstand des Interviews. Der Untersuchungszweck bestimmt die Auswahl der Interviewpartner und der Gegenstand des Interviews bestimmt weitergehend die abzufragenden Themen im Interview und die Interviewtechnik.²⁴⁵ Eine Möglichkeit der Klassifizierung von Interviews stellt der Standardisierungsgrad dar, wobei zwischen (voll)standardisierten Interviews, halbstandardisierten Interviews und nichtstandardisierten Interviews unterschieden werden kann (vgl. Tabelle 8).

²³⁹ Vgl. Seeger, T. (1979), 20ff zitiert nach Häder, M. (2014), S. 26.

²⁴⁰ Aichholzer, G. (2002), S. 133.

²⁴¹ Vgl. Ahlrichs, R. (2012), S. 105.

²⁴² Vgl. Gläser, J.; Laudel, G. (2009), S. 11.

²⁴³ Vgl. Bogner, A.; Menz, W. (2002), S. 7.

²⁴⁴ Vgl. Gläser, J.; Laudel, G. (2009), S. 12f.

²⁴⁵ Vgl. Gläser, J.; Laudel, G. (2009), S. 40.

Tabelle 8: Klassifizierung von Interviews nach ihrer Standardisierung²⁴⁶

Interviewart	Wortlaut und Reihenfolge der Frage	Antwortmöglichkeiten
standardisiertes Interview	vorgegeben	vorgegeben
halbstandardisiertes Interview	vorgegeben	nicht vorgegeben
nichtstandardisiertes Interview	nur Thema/Themen vorgegeben	

Zu den nichtstandardisierten Interviews zählen Leitfadeninterviews, offene Interviews und narrative Interviews. Bei Leitfrageninterviews kommen festgelegte Themen und eine Frageliste (der Leitfaden) zum Einsatz, wobei in jedem Interview dieselben Fragen zu beantworten sind. Bei dieser Art der Interviews können die Reihenfolge und die Formulierungen der Fragen variiert werden, um einen natürlichen Gesprächsverlauf zu ermöglichen. Bei offenen Interviews werden lediglich die Themen vorab festgelegt und somit ein rein natürlicher Gesprächsverlauf verfolgt. Bei narrativen Interviews leitet eine komplexe Fragestellung das Interview ein, welche den Experten zu ausführlichen Erzählungen anregen soll.²⁴⁷ AHLRICHS empfiehlt im Zusammenhang mit Experteninterviews die Durchführung als leitfadengestütztes, nicht standardisiertes Interview.²⁴⁸

Bei der Struktur der Expertengruppen in Zusammenhang mit Technologie-Delphis ist nach HÄDER auf mehrere Merkmale zu achten. Zum einen ist es wesentlich, dass die ausgewählten Personen dem Fachgebiet mächtig bzw. inhaltlich durch ihre Forschung oder ihren Arbeitsbereich zuordenbar sind. Zweitens ist darauf zu achten, Experten aus verschiedenen Bereichen auszuwählen. Dabei sollten Fachleute aus Hochschulen, Unternehmen und anderen Bereichen wie z.B. dem öffentlichen Dienst berücksichtigt werden. Ein als weniger wichtig genanntes Merkmal stellt die Herkunft der Experten aus unterschiedlichen geographischen Regionen dar. Das letzte Merkmal stellt eine Ergänzung zu Merkmal 1 dar, wobei eine Auswahl an Fachkräften mit unterschiedlich ausgeprägtem Grad an Fachkenntnis verlangt wird.²⁴⁹ In moderneren Veröffentlichungen wird auch die Bedeutung von Geschlechterverhältnissen innerhalb der Expertengruppen beleuchtet, welches aber eher in Meinungs- und Politik-Delphis und weniger in Technologie-Delphis als zu beachten gilt.²⁵⁰

3.4.3 Fragebogen

Unter einem Fragebogen wird eine Zusammenstellung von Fragen, die bestimmten Personen zur Beantwortung vorgelegt werden, verstanden. Die dabei generierten Antworten dienen dem Ziel die dem Fragebogen zugrunde liegenden Konzepte bzw.

²⁴⁶ Quelle: Eigene Darstellung nach Gläser, J.; Laudel, G. (2009), S. 41.

²⁴⁷ Gläser, J.; Laudel, G. (2009), S. 42.

²⁴⁸ Vgl. Ahlrichs, R. (2012), S. 106.

²⁴⁹ Häder, M. (2000), S. 9.

²⁵⁰ Vgl. Littig, B. (2002), S. 191ff.

Zusammenhängen zu überprüfen.²⁵¹ Die Formulierung der Fragen ist wesentlich, um zu gewährleisten, dass die Befragten die richtigen Antworten geben können. Die von PORST genannten Einflussfaktoren auf die Qualität von Fragebögen werden in Tabelle 9 zusammengefasst.

Tabelle 9: Einflussfaktoren auf die Qualität von Fragebögen²⁵²

Einflussfaktoren	Autor
Geschick, Erfahrung und methodische Schulung	SCHEUCH (1962)
Erfahrung, Einfallskraft und kritische Überlegungen	NOELLE (1963)
Rezeption und Umsetzung von wissenschaftlichen Erkenntnissen, informellen Wissen, Erfahrung und Begabung	JACOB & EIRMBTER (2000). HÄDER (2010); SCHNELL (2005)

Aus der Definition und den Einflussfaktoren kann der Zusammenhang der im Fragebogen enthaltenen Fragen und der hinterlegten theoretischen Konzepte mithilfe von Variablen herausgestrichen werden. Um diesen Zusammenhang zu generieren, und die Hypothesen überprüfen zu können, sollte die Formulierung und Auswahl der Fragen theoretisch begründet und systematisch ablaufen. Dabei ist weiters auf die vollständige (quantitative) und inhaltlich angemessene (qualitative) Übereinstimmung des Fragebogens mit dem Forschungsziel zu achten. Nach dem Konzept der Zuverlässigkeit und Reliabilität ist für den Erfolg des Fragebogens wesentlich, dass alle Begrifflichkeiten klar definiert oder abgebildet werden und Fragearten und Antwortkategorien geeignet sind, um die angepeilten Informationen zuverlässig und gültig zu erfassen.²⁵³ Generell gilt, genügend Zeit in die Entwicklung der Arbeitsphasen zu stecken, den Fragebogen nicht zu lang zu gestalten, auf Vollständigkeit zu achten und Unterstellungen und suggestive Fragen zu vermeiden. Zur Frageformulierung hat PORST zehn Gebote formuliert, welche neben den genannten Merkmalen folgende beinhalten²⁵⁴:

- Keine hypothetischen, langen oder komplexen Fragen
- Herstellung des zeitlichen Bezugs
- Keine erschöpfende und disjunkte Verwendung von Antwortmöglichkeiten

Der Aufbau des Fragebogens, der Fragensukzession, ist bei schriftlichen Fragebögen von geringerer Relevanz als bei mündlichen, telefonisch oder online-Befragungen, da nur bei zweiteren die sukzessive Abarbeitung der Fragen gemäß den Vorstellungen des Verfassers sichergestellt werden kann. Sukzessionseffekte sind bestätigt, inwiefern sich bestimmte Frage bzw. die Beantwortung dieser auf Folgefrage auswirkt, ist nicht festlegbar.²⁵⁵ Die Logik des Befragungsablaufes sollte für die Befragten nachvollziehbar und erkennbar sein, da diese einen wesentlichen Einfluss auf Konzentration und Motivation hat. Hierbei gilt die Empfehlung, Fragen zu einem Thema in Fragenblöcke zusammenzufassen. Weiters gilt es, heikle Fragen ans Ende der Befragung zu setzen.

²⁵¹ Vgl. Porst, R. (2011), S. 14.

²⁵² Vgl. Porst, R. (2011), S. 13.

²⁵³ Vgl. Porst, R. (2011), S. 14f.

²⁵⁴ Vgl. Porst, R. (2000), S. 2; und Porst, R. (2011), S. 95ff.

²⁵⁵ Vgl. Porst, R. (2011), S. 45f.

3.5 Vorgehensweise der Delphi-Befragung

In den folgenden Abschnitten wird zunächst die Durchführung der Delphi-Befragung beschrieben und der Aufbau der ersten Stufe, dem Fragebogen, erörtert. Dabei wird vor allem auf den Planungsprozess und die Struktur im Detail eingegangen.

3.5.1 Durchführung Delphi-Befragung

Im Zuge der vorliegenden Arbeit wurde ein zweistufiges Delphi-Verfahren zur Erarbeitung des Ist-Standes der Risikobewertung in der Schieneninfrastruktur gewählt (Vgl. Abschnitt 3.4). Die Befragung wurde gemäß den Projektmanagementphasen laut DIN 69901-2: 2009 durchgeführt²⁵⁶:

1. Initialisierungsphase bzw. Definitionsphase
2. Planungsphase
3. Steuerungsphase
4. Abschlussphase

In der ersten Phase, der Initialisierungsphase, wurde der Ablauf und die Art der Befragung festgelegt, die Ziele der Befragung definiert, Umfragetools verglichen und eine erste Auswahl an Teilnehmern erstellt. Es wurde ein Experten-Delphi in zwei Stufen als Art der Befragung gewählt. Der Ablauf der Befragung wurde in zwei Stufen unterteilt, wobei ein online-Fragebogen die erste Stufe und ein nicht standardisiertes, leitfadengestütztes Interview (vgl. Abschnitt 3.4.2) die zweite Stufe darstellte. Für die zweite Stufe wurden Teilnehmer ausgewählt, die an der ersten Stufe teilgenommen haben. Das übergeordnete Ziel war es, durch die Befragung die wichtigsten Erfolgsfaktoren und Einflusskriterien im vorliegenden System zu identifizieren, indem ein Einblick in den Status Quo im Bereich des Instandhaltungs- und Assetmanagements erfragt wurde. Den Zweck der Befragung stellte die Ermittlung von Chancen und Herausforderungen bei der Einführung der Risikobetrachtung zur Instandhaltungsoptimierung dar und die Ermittlung des Stellenwerts, den die Kritikalitätsbeurteilung im Asset Management aktuell aufweist, dar. Somit konnte als wesentlicher Gegenstand der Befragung die Kritikalitätsbeurteilung definiert werden, wobei Erfolgsfaktoren, Einflusskriterien, Instandhaltungsstrategien, -anpassung und Bewertungsverfahren die weiteren Hauptthemen der Befragung darstellen. (vgl. Abbildung 16)

Weiters wurden sechs Umfragetools einem Vergleich unterzogen. Diese wurden dabei anhand der folgenden Parameter verglichen: maximale Anzahl an Teilnehmern, Kostenpläne, Komplexitätsstufe, Fragentypen und Rezensionen. LimeSurvey wurde als Umfragetool für den Fragebogen ausgewählt.

²⁵⁶ Vgl. DIN 69901-2: 2009; zitiert nach: Gessler, M.; Kaestner, R. (2016), S. 352.

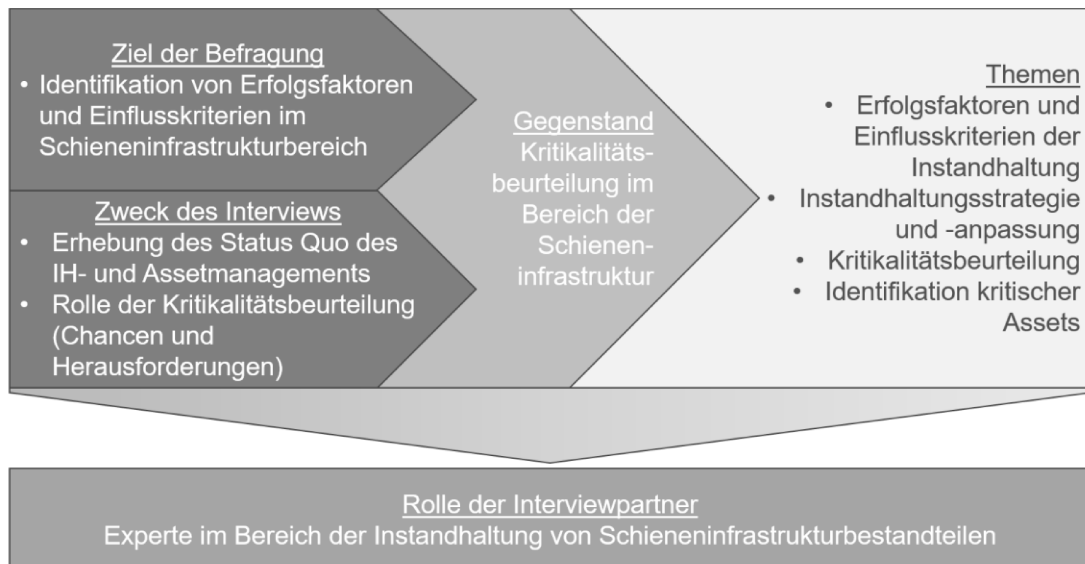


Abbildung 16: Klassifizierung der Delphi-Befragung nach Abschnitt 3.4²⁵⁷

Die erste Auswahl an Teilnehmern an der Befragung wurde in einem Brainstorming mit den Geschäftsführern der vaDTM durchgeführt. Dabei konnten 26 Experten aus dem Bereich Schieneninfrastruktur und Eisenbahnwesen namentlich identifiziert werden. In einer weitergehenden online Recherche mit Fokus auf Experten an Hochschulen im deutschsprachigen Raum, konnten weitere neun Experten aus dem wissenschaftlichen Bereich Bahnsysteme und Bahnforschung identifiziert werden. Insgesamt wurden somit 35 Experten identifiziert.

In der zweiten Phase, der Planungsphase, wurde die Fragebogenstruktur aufgebaut. Die Grundstruktur leitet sich dabei aus den in Kapitel 2 erarbeiteten theoretischen Grundkenntnissen ab. Dabei wurden folgende vier Fragegruppen definiert:

- Demografische Fragen (Teil A)
- Erfolgsfaktoren und Einflusskriterien (Teil B)
- Anlagenbewertung und Instandhaltungsstrategie (Teil C)
- Neuanschaffung von Anlagen (Teil D)

Weiters wurden die Fragen des Fragebogens formuliert. In Abschnitt 3.2.3 folgt eine detaillierte Beschreibung des Aufbaus des Fragebogens, der enthaltenen Fragen und hinterlegten Bedingungen. Der gesamte Fragebogen ist in Anhang C zu finden. Vor der Aussendung des Fragebogens wurde dieser einigen Tests unterzogen, wodurch Fehler behoben, weitere notwendige Bedingungen hinzugefügt und die Länge des Fragebogens ermittelt werden konnten. Der Zeitaufwand wurde dabei auf etwa 10-15 Minuten beschränkt.

Die Steuerungsphase wurde mit dem Aussenden des Fragebogens an die 35 Experten, die in der ersten Phase identifiziert werden konnten, gestartet. Die Kontaktaufnahme erfolgte mittels E-Mail, worin die Experten darum gebeten wurden, an dem Fragebogen teilzunehmen, über die Ziele des Fragebogens, die Art der Befragung und die Möglichkeit der erneuten Kontaktaufnahme im Zuge der zweiten Stufe aufgeklärt

²⁵⁷ Quelle: Eigene Darstellung nach Abschnitt 3.4.

wurden. Weiters wurden die Experten gebeten, den Fragebogen an etwaige Experten in ihrer Abteilung oder dem jeweiligen Unternehmensbereich weiterzuleiten.

Die Umfrage war 13 Wochen aktiv. Es wurde ein Stichtag festgelegt, zu dem die Umfrageergebnisse heruntergeladen wurden. Bis zu diesem Tag flossen die Antworten in die vorliegende Arbeit ein. Insgesamt haben 53 Personen am Fragebogen teilgenommen. Davon haben 27 diesen nur teilweise und 26 vollständig ausgefüllt. Von den 27 nicht vollständig ausgefüllten Fragebogen, haben die Teilnehmer durchschnittlich nach knapp 18% der Fragen abgebrochen.

Die Teilnehmerstruktur gliedert sich in folgende Unternehmensgruppen: Infrastrukturbetreiber, Komponentenhersteller, Serviceprovider, Wissenschaft, intern und Beratung. Der Gruppe „intern“ werden Teilnehmer zugeordnet, die mit der vaDTM in einem Dienstverhältnis stehen. Unter Service Providern verstehen sich Unternehmen, die Dienstleistungen (Inspektion, Wartung, Instandsetzung, etc.) im Bereich der Instandhaltung der Schieneninfrastruktur anbieten. 50% der Teilnehmer, die den Fragebogen vollständig ausgefüllt haben, sind der Unternehmensgruppe „Komponentenhersteller“ zuzuordnen (vgl. Abbildung 17). Diese Tatsache ist damit zu begründen, dass die vorliegende Arbeit in Zusammenarbeit mit der vaDTM erarbeitet wurde und das Netzwerk dieser (Kontaktaufnahme, Kontaktadressen) genutzt wurde. Als Joint Venture der voestalpine Railway Systems ist somit eine Vielzahl der Kontakte aus dem Bereich der Komponentenherstellung.

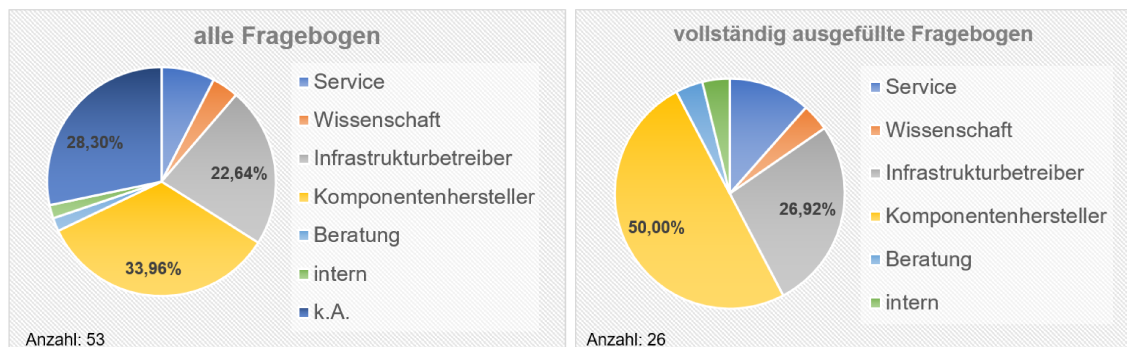


Abbildung 17: Fragebogen-Teilnehmer nach Unternehmensart gegliedert²⁵⁸

Ein weiterer wesentlicher Schritt in der Steuerungsphase waren die Experteninterviews, welche parallel zum Fragebogen gestartet wurden. Insgesamt wurden 18 Personen per E-Mail für die zweite Stufe der Befragung angefragt, wobei sich sieben Personen für ein Interview bereit erklärt haben. Bei der Auswahl der Interviewpartner wurde darauf geachtet, die verschiedenen im Fragebogen vertretenen Unternehmensarten abzudecken (vgl. Abbildung 18). Es wurden insgesamt sieben Interviews im Zuge der Befragung geführt und ein zusätzliches Experteninterview, welches zum Thema Qualitätsmanagement und normative Anforderungen geführt wurde und deshalb nicht in die Ergebnisse der Delphi-Befragung miteinfließt.

²⁵⁸ Quelle: Eigene Darstellung.

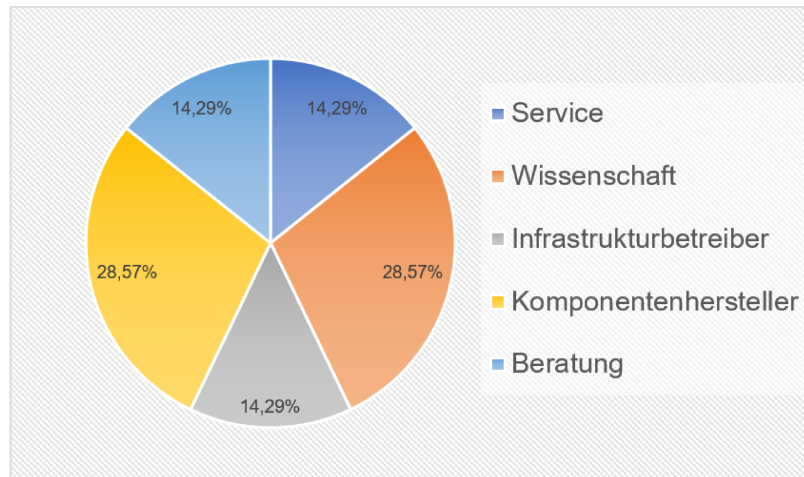


Abbildung 18: Unternehmensarten der Interviewpartner²⁵⁹

In der letzten Phase, der Abschlussphase, wurden die Interviews transkribiert und die Ergebnisse der Umfrage mit Excel ausgewertet. Dabei wurden die Ergebnisse auf Korrelationen und Zusammenhänge analysiert und werden in Abschnitt 3.6 beschrieben.

3.5.2 Aufbau Fragebogen

Bei der Erstellung des Fragebogens wurden die Gütekriterien nach MOOSBRUGGER UND KELAVA (2020) beachtet, die z.B. Objektivität, Nützlichkeit und Zumutbarkeit inkludieren.²⁶⁰ Der finale Fragebogen enthielt 35 Fragen. In Tabelle 10 sind die verschiedenen Fragetypen aufgelistet. Alle im Fragebogen enthaltenen Fragen wurden als Pflichtfragen deklariert, wodurch keine Frage übersprungen werden konnte.

Den einzelnen in Abschnitt 3.2.2 genannten Fragegruppen sind jeweils mit einem kurzen Text, der den Inhalt und die Zielsetzung der jeweiligen Gruppe zusammenfasst, beschrieben. Dieser Text wird den Teilnehmern bei allen Fragen unterhalb der Fragegruppen-Überschrift angezeigt. (vgl. Abbildung 19) Weiters handelt es sich bei dem Fragebogen um einen Fragebogen mit Verzweigungslogik, wodurch bestimmte Fragen nur bei bestimmten gegebenen Antworten abgefragt wurden.

In der ersten Fragegruppe „Demografische Fragen“ (Teil A) werden grundlegende Informationen über den Teilnehmer erhoben. Dabei geht es um das Unternehmen, die Position und den Aufgabenbereich, um die Teilnehmer nach Branche bzw. Unternehmensart clustern zu können. Alle Fragen in dieser Fragengruppe haben den Antworttyp „Freier Text“. In dieser ersten Fragegruppe sind insgesamt fünf Fragen enthalten (Frage A1-A5). In der zweiten Fragegruppe (Teil B) wurden die Erfolgsfaktoren der Unternehmen und der Instandhaltung erhoben. Bei den Fragen nach den Erfolgsfaktoren handelt es sich um den Fragetyp „Reihenfolge“, wobei die Befragten die Erfolgsfaktoren nach Wichtigkeit reihen mussten. Die Befragten mussten weiters Angaben zu den wesentlichen Kriterien bzw. Kennzahlen geben, die die Erfolgsfaktoren

²⁵⁹ Quelle: Eigene Darstellung.

²⁶⁰ Vgl. Moosbrugger, H.; Kelava, A. (2020), S. 8.

beeinflussen. Dabei handelte es sich um Freitext-Fragen. In Teil B wurden acht Fragen (B1-B8) gestellt.

Tabelle 10: Auflistung der Fragentypen des Fragebogens²⁶¹

Fragentypus		Anzahl
Reihenfolge		2
Freitext	kurzer Freitext	3
	langer Freitext	8
Bootstrap-Buttons		1
Ja/Nein	Ja/Nein Bootstrap Buttons	2
	Ja/Nein	6
Mehrfachauswahl	Mehrfachauswahl	3
	Mehrfachauswahl mit Kommentar	1
Liste	Liste (Optionsfelder)	4
	Liste mit Kommentar	2
5-Punkte-Auswahl		1
Bildauswahl-Multiple-Choice		2
gesamt		35

Die dritte Fragegruppe (Teil C) stellte den größten Teil der Umfrage dar und hatte das Ziel einen Einblick in das Instandhaltungsmanagement der Teilnehmenden zu erhalten. Es wurden beispielsweise die kritischen Bestandteile der Schieneninfrastruktur erfragt, welche Verfahren zur Identifikation kritischer Assets verwendet werden und detailliertere Fragen zum Ablauf dieser. Außerdem wurde die Instandhaltungsstrategie und ihr Zusammenhang mit der Risikobewertung erfragt. Eine Schlüsselfrage in diesem Teil war dabei die Frage C2 „Kennen Sie ihre kritischen Anlagen?“. Nur wenn diese Frage mit „Ja“ beantwortet wurde, wurde ins Detail gefragt, wie kritische Assets identifiziert werden. In Teil C waren 18 Fragen enthalten (C1-C18)

Der letzte Teil (Teil D) hat sich mit der Kritikalitätsbeurteilung im Zuge von Neuanschaffungen von Assets beschäftigt. In diesem Teil ging es darum herauszufinden, welche Rolle die Risikobewertung in der Planungs- bzw. Investitionsphase von Assets spielt. Dieser Fragengruppe wurde die Frage nach dem Interesse an den (anonymisierten) Ergebnisse der Umfrage (D4) zugeteilt. Insgesamt waren in Teil C vier Fragen enthalten.

Vor jedem Teil und am Anfang der Umfrage wurde weiters die Information angezeigt, dass, falls die Befragten nicht über eigene Infrastrukturanlagen verfügen (beispielsweise bei den Befragten aus dem Wissenschaftsbereich), die spezifischen Fragen nach den eigenen Anlagen mit Erfahrungswerten bzw. Best-Practice-Vorgehensweisen beantwortet werden sollen. Dies wird bei den relevanten Fragen in der Auswertung berücksichtigt.

²⁶¹ Quelle: Eigene Darstellung.

Erfolgsfaktoren und Einflusskriterien

In diesem Teil der Umfrage geht es um die Erfolgsfaktoren Ihres Unternehmens und die sich daraus ergebenden Einflusskriterien.

*Was sind die Erfolgsfaktoren Ihres Unternehmens?

Ordnen Sie die Elemente in die rechte Liste ein (höchste Bewertung oben). Die Elemente können mit der Maus verschoben werden. Doppelklick verschiebt ein Element in die andere Liste.

Bitte wählen Sie maximal 5 Antworten.

Ihre Auswahl

Umwelt
Qualität
Zeit
Kosten
Flexibilität

Ihre Rangfolge

*Was sind die Erfolgsfaktoren der Instandhaltung?

Ordnen Sie die Elemente in die rechte Liste ein (höchste Bewertung oben). Die Elemente können mit der Maus verschoben werden. Doppelklick verschiebt ein Element in die andere Liste.

Abbildung 19: Frage B1 und B2 aus dem Fragebogen²⁶²

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse des Fragebogens und der zweiten Stufe der Befragung, der Experteninterviews, im Detail vorgestellt.

²⁶² Quelle: Eigene Darstellung.

3.6 Ergebnisse der Delphi-Befragung

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der zwei Stufen der Delphi-Befragung vorgestellt und anschließend einer Analyse und Interpretation unterzogen. Bei der Auswertung wird auf Unternehmensart und die Qualität der Antworten geachtet. Die Auswertung verfolgt den Aufbau des Fragebogens und arbeitet die Ergebnisse fragenweise (A1-D4) ab. Da die Fragen der zweiten Stufe Detailfragen zu den im Fragebogen gestellten Fragen darstellen, werden die Ergebnisse der zweiten Stufe und der ersten Stufe gemeinsam analysiert. Die Ergebnisse aus der zweiten Stufe, welche nicht direkt einer Frage des Fragebogens zuzuordnen sind, werden in Abschnitt 3.3.1 beschrieben.

3.6.1 Auswertung Fragegruppe Demografische Fragen (Teil A)

Der Großteil der Auswertung der ersten Fragegruppe (Teil A), die Analyse der Teilnehmerstruktur, wurde bereits in Abschnitt 3.5.1 vorgestellt. In Frage A3 bzw. A4 wurden die Position und das Aufgabenfeld der Befragten abgefragt. Alle Teilnehmer sind in führenden Positionen (C-Level) oder in einer leitenden Funktion (Teamleiter, Systemverantwortliche, Projektleitung, etc.) und im Bereich der Instandhaltungsmanagement oder der Entwicklung von Infrastrukturbestandteilen tätig.

3.6.2 Auswertung Fragegruppe Erfolgsfaktoren und Einflusskriterien (Teil B)

Die erste Frage der Fragegruppe B (B1) lautete: „Was sind die Erfolgsfaktoren Ihres Unternehmens?“ Hierbei handelte es sich um den Fragetyp „Reihenfolge“ und die Befragten mussten die in Abschnitt 2.3.3 erarbeiteten Erfolgsfaktoren nach ihrer Wichtigkeit reihen. Diese Frage wurde von 33 Personen beantwortet. Die Auswertung lieferte folgende Reihung der Erfolgsfaktoren (vgl. Abbildung 20).

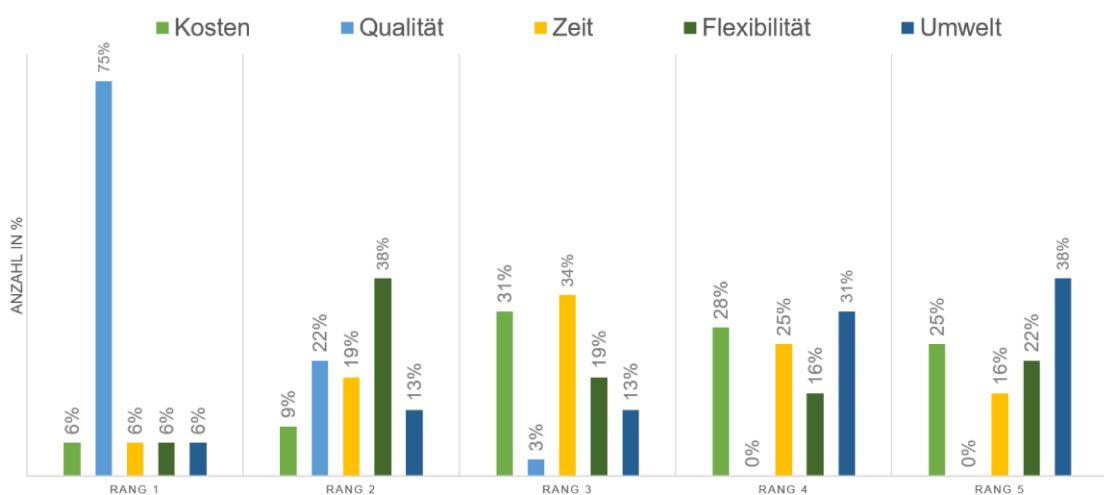


Abbildung 20: Frage B1 - Erfolgsfaktoren der Unternehmen²⁶³

²⁶³ Quelle: Eigene Darstellung.

Auf die zweite Frage B2 der Fragegruppe „Was sind die Erfolgsfaktoren der Instandhaltung?“ konnten die folgenden sieben Antwortmöglichkeiten gereiht werden: Umwelt – Energieeffizienz, Qualität – Produktqualität/Prozessqualität/Potenzialqualität, Kosten, Flexibilität, Verfügbarkeit; Sicherheit und Integrität. Aus den 30 abgegebenen Antworten ergeben sich die Sicherheit, die Verfügbarkeit und die Qualität als die drei wichtigsten Erfolgsfaktoren der Instandhaltung im Schieneninfrastrukturbereich (vgl. Abbildung 21). Auffallend ist, dass der Erfolgsfaktor Umwelt im Zusammenhang mit der Instandhaltung kein einziges Mal in die Top 3 und nur einmal auf Rang vier gewählt wurde, also von 97% der Befragten auf die letzten drei Ränge gewählt wurde. In der zweiten Stufe der Befragung wurden den Experten Detailfragen zu Frage D1 gestellt. Dabei wurden die Befragten nach einer Begründung ihrer Reihung gebeten. Diese begründeten die geringe Wichtigkeit des Erfolgsfaktors Umwelt beispielsweise damit, dass vor allem in der Instandhaltung eine Entscheidung zwischen einem langsameren, dafür umweltschonenderen oder einem schnelleren, dafür mit höheren Emissions-/Lärmwerten behafteten Prozess/behäfteter Maschine immer in Richtung des zeiteffizienteren Prozesses/der zeiteffizienteren Maschine ausfallen wird. Ein weiterer Experte differenziert beim Erfolgsfaktor Umwelt zwischen Nachhaltigkeit und geografischen, bautechnischen Gegebenheiten. Ersteres ist zwar wichtig trägt aber laut dem Experten nicht wesentlich zum Erfolg bei wie die Verfügbarkeit von Baugrund, auf welchem Infrastruktur errichtet werden kann. Ein Experte reihte die Umwelt im Zusammenhang mit dem Unternehmenserfolg auf Platz 2 und im Zusammenhang mit der Instandhaltung auf Platz 5. Dies begründeter er im Interview damit, dass Unternehmen mehr Einfluss auf ökologische Faktoren haben, als die Instandhaltung, welche in Ökobilanzierungen nur einen geringen Anteil ausmacht. Ein weiterer Experte nennt den Faktor Umwelt „Verkaufsschlager“ und als wesentlich für Marketing und Sales, aber im Zusammenhang mit der Instandhaltung als weniger wichtig.

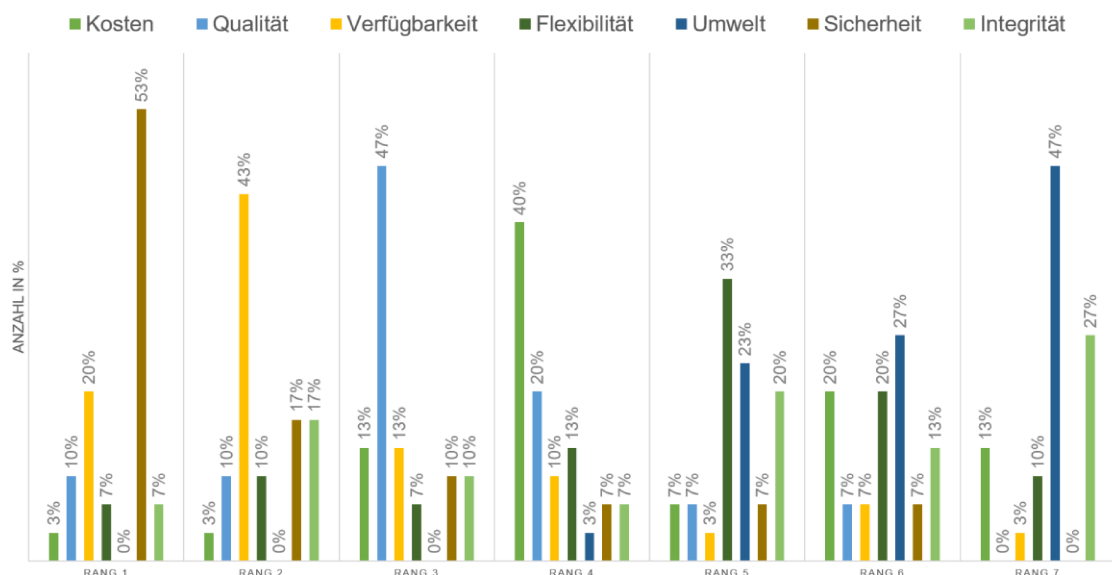


Abbildung 21: Frage B2 - Erfolgsfaktoren der Instandhaltung²⁶⁴

²⁶⁴ Quelle: Eigene Darstellung.

Mit der Frage B3 wurden die Teilnehmer gefragt, wie wichtig sie die Erfolgsfaktoren zur Zielerreichung im Unternehmen einstufen. 57% gaben dabei an, dass diese „sehr wichtig“ sind und 40% stufen diese als „wichtig“ ein. Nur eine Person hat die Erfolgsfaktoren als „kaum wichtig“ eingestuft und niemand als „unwichtig“. (vgl. Abbildung 22) Dieser Experte begründete seine Antwort im Interview damit, dass der Erfolg seines Unternehmens (Serviceprovider) nur davon abhängig ist, ob sie in der Lage sind Zeit, Kosten oder Qualität zu verbessern. In den Instandhaltungsprozessen ginge es nur darum, die Verfügbarkeit zu steigern, die Qualität zu erhöhen oder Kosten einzusparen, denn nur dann könne das Ziel „mehr Geschäft zu erhalten“ erreicht werden. Ein anderer Experte begründete die hohe Reihung der Verfügbarkeit damit, dass Infrastrukturbetreiber immer bereit sind, erhöhte Kosten zu tragen, wenn dafür die Verfügbarkeit steigt.

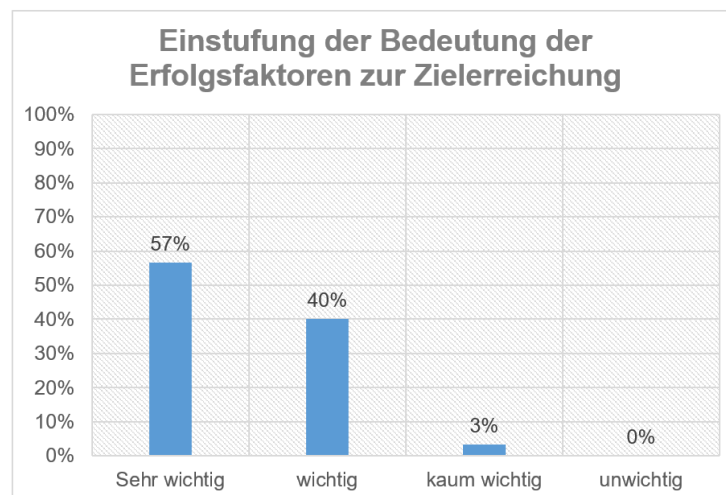


Abbildung 22: Frage B3 - Bedeutung der Erfolgsfaktoren²⁶⁵

Von den Fragen B4-B8 wurden jedem Befragten nur drei, zu den in Frage B1 auf Rang 1-3 gewählten Erfolgsfaktoren, angezeigt. Die Fragen lauteten „Was sind die wesentlichen Kriterien bzw. Kennzahlen, die den Erfolgsfaktor Umwelt/Zeit/Qualität/Kosten/Flexibilität beeinflussen?“. Der Fragetyp dieser Fragen war „freier Text“. Bezüglich des Erfolgsfaktors *Umwelt* (Frage B4) wurden dabei am öftesten CO₂-Emissionen (66%), Energieverbrauch (44%), Lärm (55%) und Effizienz (33%) genannt. Weitere Kriterien die genannt wurden, sind beispielweise Staubemissionen, Grundwasserneutralität, Umweltgrenzwerte, Beförderung von Tonnen, Beförderung von Personen und Energieanteil aus erneuerbaren Quellen. Ein Tram-/Straßenbahnexperte gab an, dass Lärm, Effizienz und Lebensdauer die wichtigsten Themen in seinem Feld sind.

Bezüglich des Erfolgsfaktors *Zeit* (Frage B6) wurde die Anlagenverfügbarkeit von 41%, die MTBF von 29%, die MTTR ebenfalls von 29%, der Wartungsaufwand von 23% und die Ausfallzeit von 17% der Befragten genannt. Andere Kriterien, die genannt wurden, sind beispielsweise die Overall Equipment Effectiveness, also die Gesamtanlageneffektivität (OEE), das Wartungsintervall bzw. die Mean Time between Maintenance (MTBM), die Kapazitätsauslastung und die Monitoring Kompetenz. Ein

²⁶⁵ Quelle: Eigene Darstellung.

Experte für Schienensysteme unterstreicht die Bedeutung der Anlagenverfügbarkeit vor allem bei hochfrequentierten Streckenklassen (S-Bahn-Strecken und Hochleistungsstrecken) in einem Kommentar und sieht den Wartungsaufwand und die Ausfallszeit im Bereich der Schiene als weniger relevant an. In der zweiten Stufe des Interviews wurden von den meisten Experten die RAMS-Kennzahlen (MTBF, MTBM, MTTR, etc.) und die Verfügbarkeit als wesentlich genannt (vgl. Abschnitt 3.2.).

Die wesentlichen Einflusskriterien des Erfolgsfaktors *Qualität* (Frage B5) stellen die folgenden dar:

- Fehlerhäufigkeit (26%),
- Mitarbeiterzufriedenheit (23%),
- Zuverlässigkeit und Wartung (jeweils 20%)
- Inspektion (16%) und
- Verfügbarkeit (13%)

Unter „Wartung“ sind jegliche Kennzahlen bezüglich der Wartungskennwerte miteinbezogen. Es wurden der Wartungsaufwand, -freundlichkeit, -prozesse, Wartbarkeit und jegliche unter dem Erfolgsfaktor Zeit bereits genannten Kennzahlen wie der MTBR oder OEE (vgl. Abbildung 12) genannt. Einen weiteren Haupteinfluss hat laut den Experten das Humankapital auf die Qualität. In diesem Zusammenhang wurden neben der Mitarbeiterzufriedenheit die -qualifikation, -motivation, das -engagement, die Fachkompetenz, die gelebte Fehlerkultur, offenes Feedback durch die Mitarbeiter, die Führungskräfte und die Eigenverantwortung der Mitarbeiter genannt. Auch die Dokumentation, das Produktverständnis und die Zusammenarbeit mit Zulieferern wurden als wesentliche Einflussfaktoren auf die Qualität in den Kommentaren erwähnt.

Als wesentliches Einflusskriterium des Erfolgsfaktors *Kosten* (Frage B7) wurden nur die Instandhaltungskosten mehrfach (von 46% der Befragten) genannt. Weiters wurden auch die Ausfallkosten, Produktkosten, Mitarbeiterkosten für Entstörungen und Lebenszykluskosten erwähnt. Ein Life Cycle Management- und Standardisierungsexperte eines Eisenbahninfrastrukturbetreibers nennt die Qualität der Komponenten und die damit einhergehende technische Nutzungsdauer als wesentlichen Kosteneinfluss und verdeutlicht damit den Konnex und die Abhängigkeit zwischen den zwei Erfolgsfaktoren Qualität und Kosten. In einem Kommentar spezifiziert er weiters, dass die Planbarkeit der zyklischen Instandsetzungstätigkeiten und deren Umfang wesentlich zur Prävention von Störungen und somit auf die Kosten im Asset Management beitragen. Ein weiterer Experte eines Serviceproviders nennt langfristige Partnerschaften, belastungsabhängige IH-Strategien und den Vorbeugungsgrad als Einflusskriterien. Weiters wird auch der Ausbildungsstand als Kosteneinflussfaktor genannt, wobei der Experte in der zweiten Stufe der Befragung dies damit begründet, dass nur mit einem gewissen Ausbildungsstand die Ziele des Unternehmens erreicht werden können und mit dem Stand der Technik bzw. Veränderungen umgegangen werden kann. Er nennt den Ausbildungsstand im Interview als systemkritischen Faktor, da ohne einen gewissen durchschnittlichen Stand das Risiko von „Braindrain“, also dem Talentschwund, erhöht wird. Aus diesen Gründen nennt er auch das Wissensmanagement als Erfolgsfaktor in resilienten Unternehmen (vgl. Abschnitt 2.2.2 und 3.6.5). In der zweiten Stufe werden weiters die LCC und Betriebserschwerungskosten als Kriterien genannt. Bezüglich der Betriebserschwerungskosten betont ein Experte aus

der Forschung, dass diese in der Praxis noch nicht ausreichend berücksichtigt werden. Beispielsweise ist die Baustellenplanung ein Bereich, wo sie einen großen Einfluss haben, aber die Entscheidungen noch fast ausschließlich kurzfristig und auf Basis des Anschaffungspreises getroffen werden. Grund dafür sei, dass die Prognosen der Betriebserschwerungskosten für die Infrastrukturbetreiber teilweise noch zu ungenau wären. Laut dem Experten wäre aber eine Berücksichtigung von 80% der Betriebserschwerungskosten besser als 0%. Beispielsweise in Deutschland werden diese stattdessen als nicht monetär bewertetes Zusatzargument angeführt.

Im Zusammenhang mit dem Erfolgsfaktor *Flexibilität* (Frage B8) wurde am häufigsten die Mitarbeiterflexibilität (44%) genannt, wobei auch die Mitarbeiterverantwortung und Mitarbeiterqualifikation, wie bereits bei den Erfolgsfaktoren Qualität und Kosten, genannt wurden. Auch werden die Führung und Freiraum der Mitarbeiter als Flexibilitätseinflusskriterien genannt. Weiters gelten für die Befragten der Personalauslastungsgrad (28%) und der Auslastungsgrad allgemein (17%) als wichtige Kriterien zur Messung der Flexibilität. Es wurden auch der Standardisierungsgrad, die Qualifikationsverteilung und der Fremdleistungsanteil als wesentliche Messwerte der Flexibilität genannt. Ein Anlagenmanagementexperte eines Eisenbahninfrastrukturbetreibers nennt die Verfügbarkeit der Leistung und das Netzdesign als Einflusskriterien auf die Flexibilität und betont, dass nicht Flexibilität das Ziel ist, sondern Stabilität. In der zweiten Stufe der Befragung erklärt ein Experte eines Infrastrukturbetreibers, dass die Flexibilität sich in der Zeitdauer bis zur Störungsbehebung (MTTR) widerspiegelt.

In der zweiten Stufe der Befragung gab ein Experte im Zusammenhang mit dem Erfolgsfaktor *Verfügbarkeit* die folgenden Kennzahlen als relevant an: die Unpünktlichkeit und die Anzahl der Störungen. Dabei betonte er, dass im Zusammenhang mit der Verfügbarkeit jene Störungen relevant sind, die Auswirkungen auf die Pünktlichkeit haben. Dafür ist ein Verständnis für die Wirkungszusammenhänge und die Komplexität des Systems Voraussetzung. Ein Experte nennt bezüglich der Kennzahlen zu den Erfolgsfaktoren *Sicherheit* und *Integrität* die Anzahl sicherheitskritischer Vorfälle als wichtigste Kennzahl. Dieser nennt auch weiters die Bewertung der Infrastruktur bezüglich des Grades an Gewährleistung, dass die Infrastruktur nach regulatorischen und normativen Anforderungen befahren werden darf, als notwendig. Diese Notwendigkeit begründet er damit, dass bei Nichterfüllung der normativen Anforderungen der Betrieb nicht möglich ist.

3.6.3 Auswertung Fragegruppe Anlagenbewertung und Instandhaltungsstrategie (Teil C)

Die erste Frage im Teil C (Frage C1) lautete „Welche Bereiche der Schieneninfrastruktur erachten Sie als kritisch?“. Dabei konnten die als kritisch erachteten Bestandteile ausgewählt werden und zusätzlich gab es ein Kommentarfeld, indem weitere kritische Bereiche angeführt werden konnten. Die Frage wurde von 27 Teilnehmern beantwortet. Dabei wurden die Weichen von 93% und die Leit- und Sicherungstechnik von 81% der Befragten als kritisch eingestuft. Die Energieversorgungsanlage wurde am seltensten als kritisch eingestuft (41%). Als sonstige kritische Bereiche wurden in der

Kommentarspalte das Personal, die Personalverfügbarkeit und das Gesamtsystem genannt. (vgl Abbildung 23)

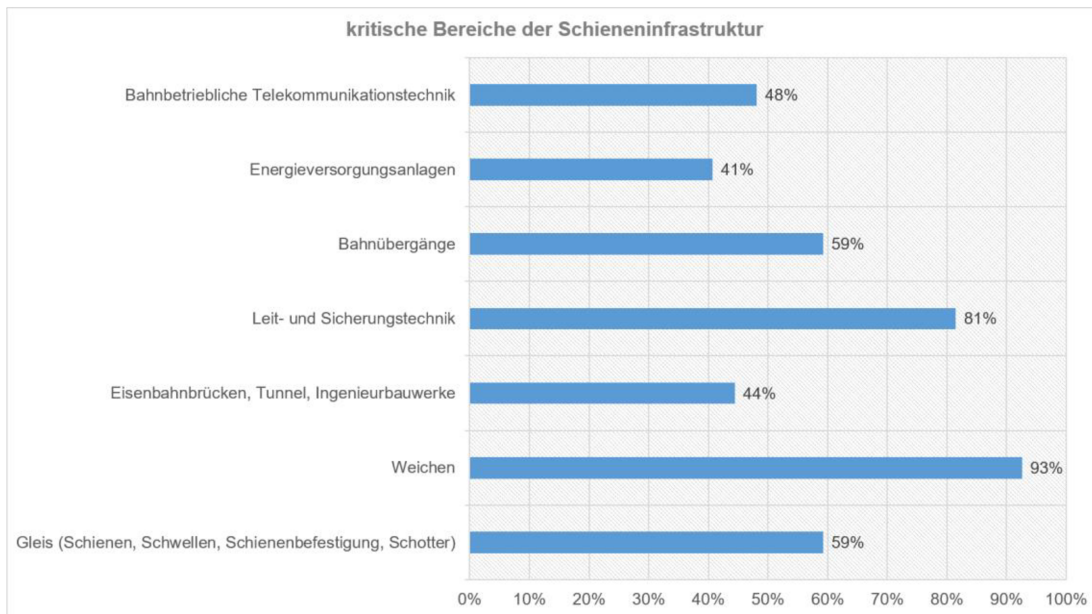


Abbildung 23: Kritikalität der einzelnen Bereiche der Schieneninfrastruktur²⁶⁶

In der zweiten Stufe der Befragung wurden den Experten Detailfragen zu Frage C1 gestellt. All jene Experten, die im Fragebogen die Antwortmöglichkeit „Sonstiges“ ohne nähere Erklärung auswählten, wurden gefragt, welche Bestandteile sie neben den genannten noch als kritisch beurteilen würden. Dabei wurden die Folgenden genannt: Bahnhof, Bahnhofskante, äußere Gegebenheiten, Erdbeben und Steinschlag (+Sicherungen) und Fremdverschulden. Die Experten wurden weiters darum gebeten, die einzelnen Bestandteile nach ihrer Kritikalität zu reihen und ihre Reihung zu begründen, wobei Ränge von 1-5 zu vergeben waren. 1 steht für das kritischste und 7 für das unkritischste Element. Dabei ergab sich die in Abbildung 24 dargestellte Reihung.

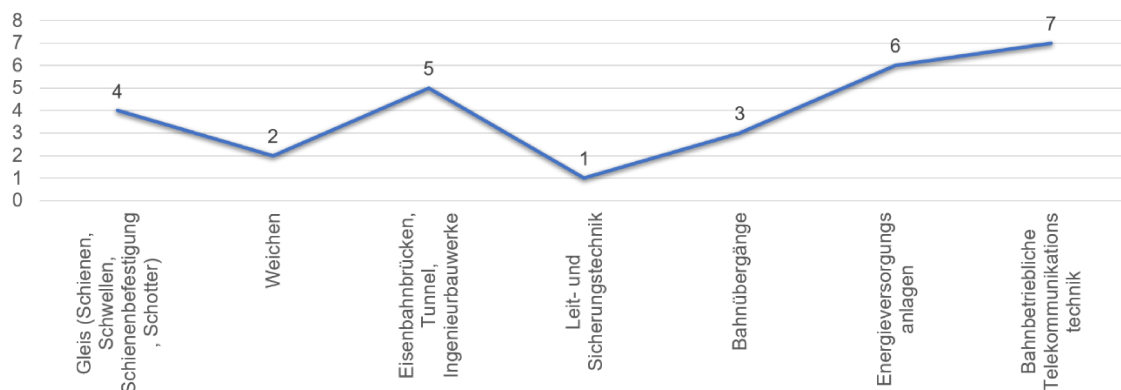


Abbildung 24: Reihung der Schieneninfrastrukturbestandteile nach ihrer Kritikalität²⁶⁷

Einer der Experten wollte keine konkrete Reihung abgeben, da die Kritikalität der einzelnen Bereiche unterschiedlich einzustufen ist. Zur näheren Erklärung nannte dieser beispielweise die bahnbetriebliche Telekommunikationstechnik als „nicht besonders

²⁶⁶ Quelle: Eigene Darstellung.

²⁶⁷ Quelle: Eigene Darstellung.

wartungsanfällig“, aber Ausfälle führen zu höchst problematischen Auswirkungen. Gleiches gilt für Energieversorgungsanlagen. Bei Bahnübergängen nannte der Experte die Sicherheit als Kritikalitätstreiber, da ein Ausfall im schlimmsten Fall direkt ein Menschenleben kostet. Ein weiterer Experte eines Infrastrukturbetreibers erwähnte in diesem Zusammenhang, dass in seinem Betrieb die Kritikalität der Infrastrukturbestandteile anhand von zwei Faktoren beurteilt wird: **Verspätungsminuten** und **Störungsanzahl**. Außerdem nannte dieser auch den Ort der Anlage bzw. die Zugdichte am betroffenen Abschnitt als ausschlaggebend, da beispielsweise ein Ausfall einer Weiche auf der Weststrecke Wien – Salzburg zu einer verminderten Verfügbarkeit und einer höheren Anzahl an Verspätungsminuten führt als auf einer niedrigfrequentierten Strecke. Eine nicht funktionstüchtige Weiche auf der Oststrecke Graz – Gleisdorf führt zwar auch zu einer verminderten Pünktlichkeit, aber es betrifft weniger Reisende. Die **Zugdichte** bzw. **Frequenz** auf dem von einem Ausfall einer Anlage betroffenen Streckenabschnitt sind also wesentliche Größen in der Bewertung der Kritikalität dieser Anlage. Auch der **Ressourcenbedarf** zur Instandsetzung spielt laut dem Weichenexperten eine weitere wesentliche Rolle. Von fast allen Experten wurde die MTTR als wesentliches Einflusskriterium auf die Kritikalität genannt und bei den Reihungen berücksichtigt. Mehrfach wurde dabei das Gleis als Beispiel genannt. Bei Ausfall ist das Gleis zwar nicht mehr befahrbar, aber die meisten Störungen lassen sich schnell beheben, weisen also eine kurze MTTR auf. Ein weiterer Punkt, der für die Experten in ihrer Reihung ausschlaggebend war, war die Existenz von Redundanzen (vgl. Abschnitt 2.2.2). Dabei wurde als Beispiel mehrfach das Vorhandensein paralleler Gleise genannt, da dadurch gesperrte Gleisabschnitte umfahren werden können.

Eine weitere Folgefrage auf die Frage C1 in den Interviews war bezüglich des Status Quos der Messtechniken und Zustandserhebungen. Ein Experte aus der Beratung erklärte dabei, dass bei Weichen und dem Gleis stationäre Messungen, wie beispielsweise Sensoren, und Messwägen im Einsatz sind. Mit stationären Messungen ist man zwar auf einen Punkt fixiert aber er nennt dafür den großen Vorteil, dafür zu jeder Zeit Daten erheben zu können. Ein anderer Experte erwähnt im Zusammenhang mit Sensoren, dass diese nicht im sicherheitskritischen Bereich eingesetzt werden dürfen, sondern nur im Verfügbarkeitskritischen. Bei Ausfall des Sensors sollte immer noch planmäßig gefahren werden können. Die Messwägen der ÖBB fahren seit dem Jahr 2000 vier Mal im Jahr und erheben dabei unter anderem die folgenden Parameter für den Fahrweg: die Eingriffsschwelle, die Aufmerksamkeitsschwelle und die Sofort-Eingriffsschwelle. Die Werte melden dabei, ob sofortiger Handlungsbedarf besteht (Sofort-Eingriffsschwelle), die Planung einer Instandsetzung gestartet werden sollte (Eingriffsschwelle) oder eine Inspektion veranlasst werden sollt (Aufmerksamkeitsschwelle). Der Einsatz des Messwagens trägt dabei wesentlich zum fortschrittlichen Status Quo in der Zustandserfassung des homogenen Fahrwegs bei, weist allerdings Einsatzgrenzen auf. Beispielsweise stellt die Weiche in der automatisierten Inspektion und Datenerfassung eine Problemstelle dar. Trotz der Weiterentwicklung der Anlage sind die meisten Weichen, die verbaut und im Einsatz sind, nicht mit Sensorik und Messtechnik ausgestattet. Hierbei liegt das Problem für die Instandhaltung vor allem im hohen Mitarbeiteraufwand, da für die Funktionsproben (Klinkprobe, Verschluss, etc.) noch keine Automatisierungstechniken im Einsatz sind.

Weiters sind zur Zustandserhebung laut den Experten in seltenen Fällen auch Drohnen im Einsatz. Diese werden aber vorwiegend für die Inspektion in unwegsamen Geländen oder zur Kontrolle von Bäumen verwendet. Mehrfach wurde dabei von den Experten erwähnt, dass bei Einsatz zu vieler Sensoren und Einrichtungen die Robustheit des Systems und damit auch seine Verfügbarkeit gemindert werden kann.

Die zweite Frage (C2) lautete „Kennen Sie ihre kritischen Anlagen im Bereich der Schieneninfrastruktur?“ und dabei handelte es sich um eine „Ja/Nein-Frage“. Relevant sind hierbei vor allem die Antworten der Infrastrukturbetreiber, wobei 85% angegeben haben, dass sie ihre kritischen Anlagen kennen. Bei den Service Providern gaben 100% an, ihre kritischen Anlagen zu kennen. Die Einschätzung der restlichen Teilnehmer lautet wie folgt: 72% Ja und 28% Nein. Bei den Teilnehmern, die die Frage C2 mit „Nein“ beantwortet haben, wurden die folgenden Fragen (C3-C9) übersprungen und ihnen wurde stattdessen die Frage C10 „Ist in Zukunft geplant eine Risikobewertung zu implementieren?“ gestellt. Relevant hierbei ist die Antwort der Infrastrukturbetreiber-Experten, wobei nur einem diese Frage gestellt wurde und dieser mit „Nein“ antwortete. Diese Frage wurde insgesamt 6 Personen gestellt, wobei 5 (83%) diese verneinten.

Frage C3 lautete „Wie werden derzeit kritische Anlagen identifiziert?“ und wurde von 21 Personen beantwortet. Die Befragten konnten dabei aus neun vorgeschlagenen Methoden auswählen und bei jeder Methode einen Kommentar hinterlassen. Es gab auch eine zehnte Auswahlmöglichkeit „Sonstige:“, wobei nicht gelistete Methoden genannt werden konnten. Es wurde keine weitere Methode von den Befragten genannt. 67% der Befragten gaben an, kritische Assets anhand von Erfahrungswerten und 59% anhand von historischen Daten zu identifizieren. Die Kritikalitätsbeurteilung anhand eines umfassenden Kriterienkatalogs folgt mit 37%. Eine Person gab an kritische Assets gar nicht zu bewerten, wobei auf Nachfrage in der zweiten Stufe dies damit begründet wurde, dass ihrer Erfahrung nach es Infrastrukturbetreiber gibt, die Maßnahmen „nach Bauchgefühl“ bzw. undokumentierten Erfahrungswissen planen. (vgl. Abbildung 25 Weiters nennt sie auch Teile, bei denen die meisten Betreiber mit präventivem Tausch einem Ausfall entgegenwirken. Die Tauschintervalle seien dabei teilweise frei gewählt bzw. nicht im Zuge einer Bewertung berechnet worden. Als Beispiel dafür wurden von einem weiteren Experten die Glühbirnen bzw. LEDs in Signallampen genannt, welche in den meisten Fällen präventiv getauscht werden, da sich eine Risikobewertung dieser zur Instandhaltungsplanung aufwands- und kostentechnisch nicht auszahlen könne (vgl. Auswertung Frage C11-C18 bezüglich der Instandhaltungsstrategie).

Die Kommentare bezüglich der Identifikation mittels Erfahrungswerte betonen beispielsweise, dass dies nur aufgrund des erfahrenen Wartungspersonals möglich ist und dass Know-How vielfach bei den Anlagenverantwortlichen liegt. Ein Schienen- und Instandhaltungsexperte gab an, dass die Erfahrungswerte im verwendeten Asset Management Tool hinterlegt sind. In den Kommentaren zur Identifikation mittels historischer Daten wurde angemerkt, dass die Qualität von Asset Managementsystemen primär von der Qualität der Dateneingabe abhängig und somit von der Organisation des Bahnunternehmens.

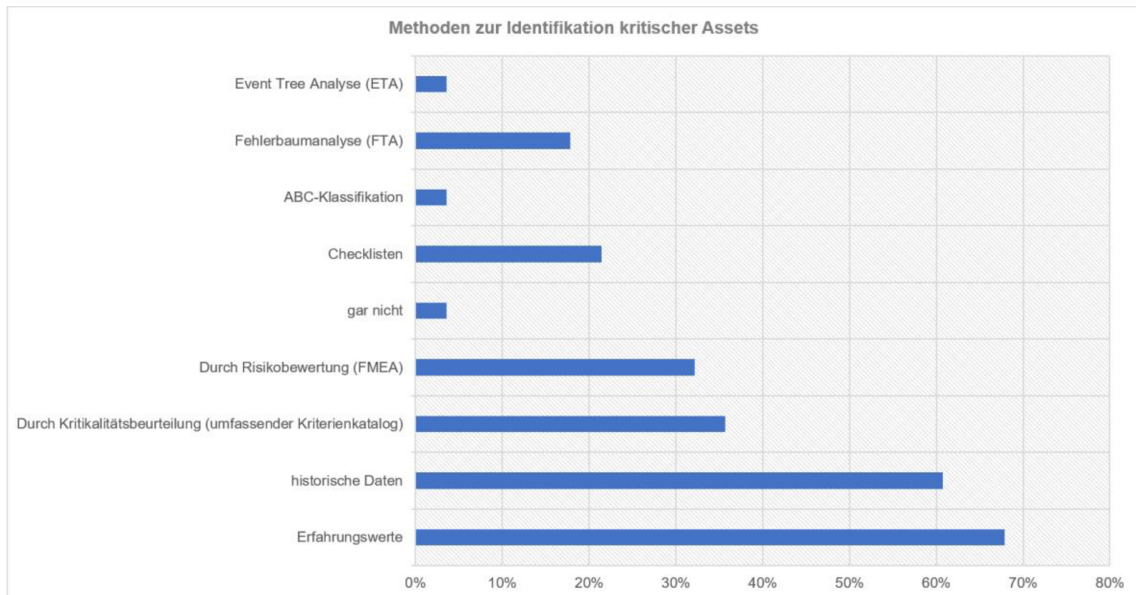


Abbildung 25: Frage C3 - eingesetzte Methoden zur Identifikation kritischer Assets²⁶⁸

Bezüglich der Kritikalitätsbeurteilung wurde von einem Straßenbahnexperten kommentiert, dass die Kritikalitätsbewertung in Form einer Betriebs- und Schadensklassenbewertung durchgeführt wird. Weiters wurde in diesem Zusammenhang in den Kommentaren die Bedeutung klarer Limits, wie beispielsweise Aufmerksamkeitsgrenzen, Eingriffsgrenzen und Soforteingriffsgrenzen, betont. Diese Limits werden vielfach mithilfe der Ergebnisse der FMECA oder FMEA festgelegt. Bezüglich der FMEA und FTA wurde erwähnt, dass diese als Teil des internen Sicherheitsnachweises im Zuge der RAMS-Prozesse oder aufgrund von Projekten durchgeführt wird. Checklisten werden hauptsächlich für regelmäßig durchgeführte Instandhaltungsmaßnahmen bei Inspektionen, zur längerfristigen Datenerfassung und zur Kontrolle der gesetzten Limits verwendet. In diesem Zusammenhang erwähnt ein Experte eines Komponentenherstellers, dass bei der Entwicklung der Anlagen eine Kritikalitätsbeurteilung durchgeführt wird, um die Sicherheit nachzuweisen und Instandhaltungsvorgaben zu definieren. Die Kunden müssen dann die vorgegebenen Maßnahmen laut Vorgaben durchführen, um die Sicherheit ihrer Anlagen im Betrieb zu gewährleisten.

Die Frage C4 „Wird aktuell eine Software für die Kritikalitätsbewertung verwendet?“ wurde nur jenen Teilnehmern gestellt, die bei Frage C3 angegeben haben eine Kritikalitätsbewertung zur Identifikation kritischer Assets durchzuführen. Von den 20 Befragten gaben knapp 45% an derzeit eine Software zu diesem Zweck zu verwenden. Die restlichen 55% wurden folgend gefragt (Frage C5), ob in Zukunft die Verwendung einer Software zur Identifikation kritischer Anlagen gewünscht ist. Dabei gaben 27% an nicht daran interessiert zu sein, 45% sprachen sich für die zukünftige Verwendung einer Software aus und 27% gaben an es nicht auszuschließen, aber derzeit der Fokus woanders liege. Daraus kann der Schluss gezogen werden, dass das Interesse an der Nutzung eines Tools zu diesem Zweck gegeben ist.

²⁶⁸ Quelle: Eigene Darstellung.

Die Frage C6 ermittelte, ob es sich bei der Identifikation von kritischen Anlagen um einen laufenden Prozess handelt. Von 20 Befragten antworteten 90% mit „Ja“. 100% der befragten Experten, welche bei einem Infrastrukturbetreiber tätig sind, haben mit „Ja“ geantwortet. Die Folgefrage C7 wurde nur den Experten gestellt, die die Frage C6 mit „Ja“ beantworteten und lautete „Wie oft wird die Bewertung durchgeführt?“. Dabei gaben 39% an diese jährlich, 11% halbjährlich und 6% vierteljährlich durchzuführen. Die restlichen 44% wählten die Option „Sonstiges“ aus und kommentierten beispielsweise, dass das Bewertungsintervall in Abhängigkeit von Asset und Streckenrang, Klassifizierung oder je nach Regelwerksbestimmung gewählt wird bzw. die Bewertung ständig und bei Bedarf durchgeführt wird.

Folgend wurde diesen Experten auch die Frage gestellt, warum die dynamische Bewertung implementiert wurde (Frage C8). Dabei konnten 6 Antwortmöglichkeiten ausgewählt werden. Der am häufigsten gewählte Grund war „Etablierter Prozess – Teil von Arbeitsplan“ (47%), gefolgt von „Risikobetrachtung als Teil der Unternehmensphilosophie“ mit 41%. Jeweils 35% wählten „Risikobetrachtung als Teil des Qualitätsmanagements“ und „Normative Anforderungen“ als Grund aus. (vgl. Abbildung 26) 4 Teilnehmer wählten „Sonstiges“ und nannten als weitere Gründe die Einsparung von Instandhaltungskosten, jährliche Budgetplanung, die Veränderung der Anlagen über die Zeit und Änderungen von Streckenrängen.

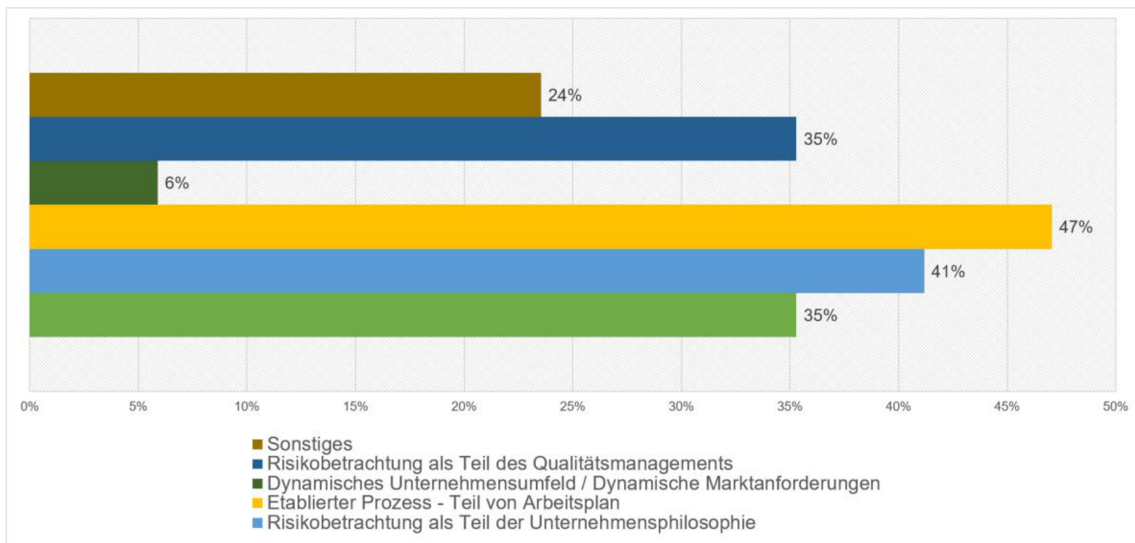


Abbildung 26: Frage C8 - Gründe für die Implementierung einer dynamischen Risikobewertung²⁶⁹

Die Frage C9 wurde jenen Experten gestellt, die Normative Anforderungen als Grund für die Implementierung der dynamischen Bewertung ausgewählt haben. Die Frage lautete „Welche der folgenden risikoorientierten Normen haben Sie bereits eingeführt?“. Zur Auswahl standen folgende Normen: EN 50126-1, EN 50126-2, ECM-Verordnung (EU) 2019/779, EN 50128 (IEC 62279), EN 50129 (IEC 62425) – Systemsicherheit, ISO 55000, ISO 27001 und Sonstiges, wobei weitere Normen angeführt werden konnten. 50% Prozent der Befragten gaben an die Norm EN 50126-1 und die ISO 55000 eingeführt zu haben. Jeweils 33% gaben an auch die Norm EN 50126-2 und die ECM-

²⁶⁹ Quelle: Eigene Darstellung.

Verordnung (EU) 2019/779 eingeführt zu haben. Es wurden keine weiteren Normen angegeben.

Die restlichen Fragen aus Teil C, Frage C11-C18 beschäftigen sich mit der Instandhaltungsstrategie und der (dynamischen) Anpassung dieser. Frage C11 ermittelte, ob die Risikobetrachtung in den befragten Unternehmen in die Instandhaltungsstrategiefestlegung miteinfließt. Dabei gaben 81% der Befragten an, dass dies der Fall ist. Die Fragen C12-C18 wurden nur diesen 81% gestellt.

Frage C12 lautete „Welche Instandhaltungsstrategie verfolgen Sie aktuell bei ihren Anlagen?“, wobei die vorherrschende Instandhaltungsstrategie ausgewählt werden sollte. Außerdem ermöglichte die Kommentarspalte weitere Spezifizierungen. Die Umfrage kam zu dem Ergebnis, dass bei 35% der Unternehmen die prädiktive, bei jeweils 27% die reaktive und präventive und bei 12% die perfektive Instandhaltung vorherrschend ist. Es wurde in den Kommentaren mehrfach erwähnt, dass meist ein Mix der einzelnen Strategien vorliegt, die Strategie vom Anlagentyp oder Gleisrang abhängig gewählt wird und der Wechsel zur prädiktiven Instandhaltung geplant ist. Mehrere Experten haben zwar die prädiktive Instandhaltungsstrategie als vorherrschende Strategie ausgewählt, aber gaben weiters an, diese in vielen Fällen nur zum Annuitätenmonitoring oder als Tool des Life Cycle Managements einzusetzen. Somit ist die reaktive Strategie vorherrschend im Zuge der Instandhaltungsplanung und -durchführung. Ein Experte eines Eisenbahninfrastrukturbetreibers gab diesbezüglich an, dass für beispielsweise Leit- und Sicherungstechnik-Anlagen, die reaktive Strategie vorherrschend ist. Im operativen Life Cycle Management wird hingegen die prädiktive Strategie angewendet, um optimale Reinvestitionszeitpunkte und die bedarfsgerechte Maßnahmenplanung zu ermöglichen. Ein Experte aus dem Universitätssektor (Wissenschaft) gab an, dass alle Strategien außer der reaktiven als zielführend einzuordnen sind. Der Experte erklärte weiters, dass die Infrastrukturbetreiber aktuell mit reaktiven Prozessen ausgelastet sind, aber das übergeordnete Ziel eine prädiktive und LCC-orientierte Strategie sein sollte. Außerdem gaben auf Nachfrage in der zweiten Stufe mehrere Experten an, dass sie zwar die prädiktive Strategie gewählt haben, da diese das übergeordnete Ziel darstellt, tatsächlich aber reaktive Tätigkeiten vorherrschen. Ein Experte aus der Beratung erwähnt hierbei, dass im DACH-Raum Tätigkeiten wie das Stopfen und Schleifen oder Erneuerungsplanungen bereits zu großen Teilen prädiktiv durchgeführt werden, aber im Bereich von anderen Anlagengattungen, wie beispielsweise der Weiche, alles noch reaktiv gehandhabt werde. Dies muss bei der Betrachtung der Ergebnisse von Frage C12 berücksichtigt werden. Grundsätzlich ist hierbei weiters zu beachten, dass die theoretische Kategorisierung der Instandhaltungsstrategie in der Praxis schwierig ist, da die Strategiefestlegung von vielen Einflussgrößen abhängig ist. Dennoch kann die reaktive Instandhaltungsstrategie trotz der niedrigen 27% (bzw. 38% nach Einbeziehen der Interviewergebnisse) als vorwiegend vorherrschender Status Quo und der Trend in Richtung prädiktiver (zustandsorientierter) Strategie aus den Ergebnissen abgeleitet werden.

Frage C13 ermittelte die dynamische Instandhaltungsstrategieanpassung. Dabei gaben 60% an, dass die Instandhaltungsstrategie regelmäßig angepasst wird. Diese wurden weiters gefragt, wie oft die Bewertung durchgeführt wird (Frage C14 – freier Text), wobei

24% angegeben haben diese bedarfsorientiert durchzuführen. Jeweils 12% antworteten bei Frage C14, diese jährlich bzw. mehrmals im Jahr durchzuführen und 8% führen diese alle 2-5 Jahre durch. Mit der Frage C15, wurde der Stellenwert, den die Risikobewertung im Zuge der dynamischen Instandhaltungsstrategieanpassung einnimmt, abgefragt. Dabei konnten die Zahlenwerte 1-5 ausgewählt werden. Zur Erklärung wurde als Anmerkung angezeigt, dass 1 für einen sehr hohen Stellenwert, 2 für einen hohen Stellenwert, 3 für einen mittleren Stellenwert, 4 für einen geringen Stellenwert und 5 für keinen Stellenwert steht. In Abbildung 27 ist erkennbar, dass der Risikobewertung dabei vorwiegend ein hoher Stellenwert (38%) oder ein sehr hoher Stellenwert (13%) zugeordnet wird. 25% der Befragten stufen diese als neutral ein und jeweils 13% ordnen diese als nicht wichtig ein bzw. ihr einen geringen Stellenwert zu.

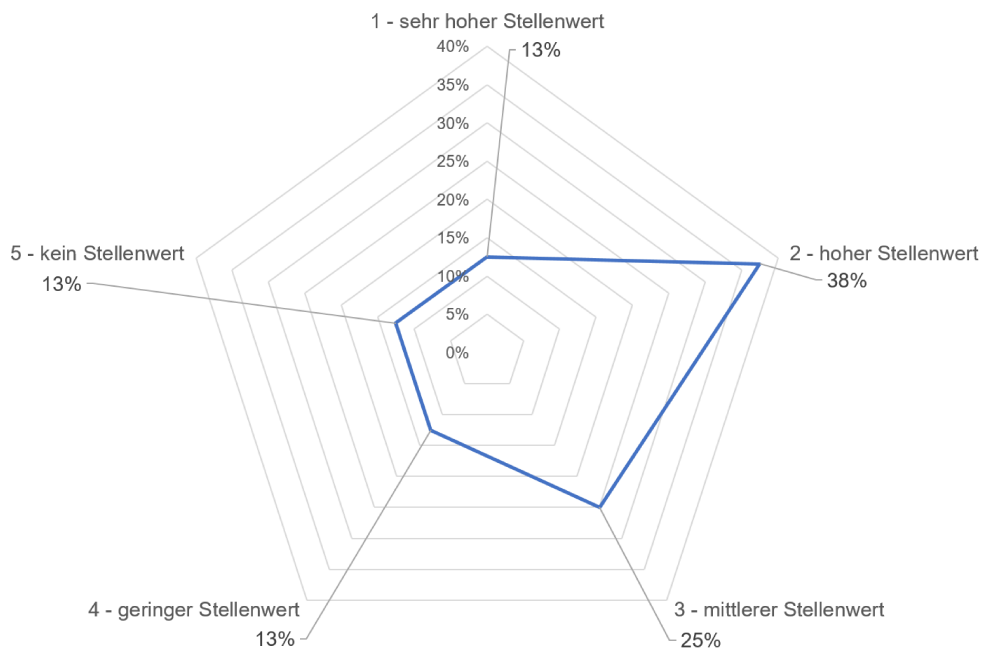


Abbildung 27: Frage C 15 - Stellenwert der Risikobewertung im Zuge der Instandhaltungsstrategieanpassung²⁷⁰

Mit Frage C16 wurden die Bereiche abgefragt, in denen die Instandhaltungsstrategie laufend angepasst wird. Das Ergebnis zeigt, dass in den meisten Fällen die Strategie in allen Bereichen angepasst wird. 6 der 16 Befragten (38%) wählten „in folgenden Bereichen:“ und gaben an die Strategie nur in stark belasteten Bereichen (beispielsweise dem Gleis), kritischen Bereichen oder nur für die Fahrbahn regelmäßig anzupassen. Einer der Befragten gab an, dass Bahnbetreiber diese in allen Bereichen und ständig anpassen müssen, um den Erfolg zu sichern. Frage C17 fragte den Anlagentyp ab, für den die Strategie laufend angepasst wird. 44% gaben dabei an die Strategie für alle Anlagen anzupassen. Von den restlichen 56% gaben 78% an die Strategie sowohl für kritische, als auch für Engpassanlagen anzupassen. Als andere Anlagen wurden nur „Anlagen, die ihrem Lebensende entgegen gehen“²⁷¹ genannt. Bezüglich der Strategieanpassung gaben die Experten in der zweiten Stufe der Befragung mehrfach

²⁷⁰ Quelle: Eigene Darstellung.

²⁷¹ Ergebnis Frage C17, Teilnehmer 36

das Problem der Regelwerksänderung an. Sobald man Instandhaltungsintervalle zur „nicht sicheren“ Seite ändert, also die Intervalle verlängert, seien Änderungen in den Regelwerken bzw. Absprachen mit den zuständigen Ministerien notwendig. Der Experte nannte das als Hindernis in der Umsetzung der dynamischen Risikobewertung. Ein Experte erklärte dabei, dass er das Einbeziehen der Risikobetrachtung in die Instandhaltungsstrategieanpassung zwar als sinnvoll erachte, aber bei jeglicher Prozessänderung Hersteller- und Regelwerksvorgaben zu beachten seien. Dieser gab weiters an, dass aktuell vor allem die technischen Möglichkeiten und verfügbaren Ressourcen in die Instandhaltungsstrategieanpassung miteinfließen. Ein Experte erklärte weiters den hohen Stellenwert der Risikobetrachtung im Zuge der dynamischen Instandhaltungsstrategieanpassung damit, dass diese die Basis ausmacht. Er begründete dies damit, dass jegliche Aktivitäten und Entscheidungen, die auf Basis des Ausmaßes der Auswirkung getroffen werden, eine Risikobewertung darstellen.

Frage C18 erfragte, wer für die Anpassung verantwortlich ist und dabei konnten die Befragten aus den folgenden Antwortmöglichkeiten wählen: Einzelperson, Abteilung/Unternehmensbereich, Software und Sonstiges. 80% gaben an, dass eine Abteilung (Spezialisten, Fachbereich Operations, strategisches Anlagenmanagement, strategische Infrastrukturverantwortlichen) für die Strategieanpassung verantwortlich ist. Die restlichen 20% wählten „Sonstige“ und spezifizierten ihre Antwort mit „Spezialisten“ oder keiner weiteren Ausführung.

3.6.4 Auswertung Fragegruppe Neuanschaffung von Anlagen (Teil D)

Die erste Frage D1 lautete „Führen Sie für die Neuanlagen eine Risikobewertung vor Inbetriebnahme durch?“. Für 62% der 26 Befragten lautete dabei die Antwort „Ja“ und für die restlichen 38% „Nein“. Ein ähnliches Ergebnis weist die Auswertung von Frage D2 auf (vgl. Abbildung 25), wobei 65% der Befragten angaben, dass die Risikobewertung bei der Neuanschaffung von Anlagen miteinfließt bzw. als Basis für die Investitionsentscheidungen herangezogen wird und 35% gaben an, dass dies nicht der Fall ist. Die letzte Frage bezüglich der Neuanschaffung von Anlagen wurde nur den Experten gestellt, die bei Frage D2 mit „Ja“ geantwortet haben. Diese lautete „Für welche Anlagen führen Sie eine Risikobewertung vor Inbetriebnahme durch?“. Dabei gaben 59% an, diese für alle Anlagen durchzuführen. Von den restlichen 41% gaben 4 Personen an, diese nur für kritische Anlagen, 2 Personen für kritische Anlagen und Engpassanlagen und keine Person gab an diese nur für Engpassanlagen durchzuführen. Eine Person wählte nur die Antwortmöglichkeit „Anderer Anlagentyp“ und kommentierte, dass er die genauen Anlagentypen nicht kenne. Zwei weitere Experte nannten als andere Anlagentypen „Rail Assets“ und „Alle Anlagen je nach Bedarf“. In der zweiten Stufe der Befragung wurden die Experten nach den Einflusskriterien auf die Investitionsentscheidung gefragt. Dabei wurden erneut die RAMS- und LCC-Kennzahlen als ausschlaggebend genannt. Ein Experte gab an, dass die Risikobewertung vor allem bei großen Investitionsentscheidungen, wie Tunnelbauprojekten, eine Rolle spielt.

Bei der letzten Frage des Fragebogens (Frage D4) konnten die Experten ihr Interesse an den anonymisierten Ergebnissen der Umfrage hinterlassen. Dabei gaben 81% an, die Ergebnisse erhalten zu wollen. Konkret nannte ein Experte in diesem Zusammenhang Preissteigerung, Bauverzögerungen und jegliche Kostenindizes als

Kennzahlen und Zuverlässigkeit der Anlage in der Nutzungsphase als weniger wichtig. Andere Experten gaben dazu an, dass mittlerweile beispielsweise keine Weiche in Tunnels verbaut werden bzw. störungsanfällige Anlagen vermieden werden. Grundsätzlich sind die Experten der Meinung, dass bei der Neuanschaffung von Anlagen die Kosten ausschlaggebend sind, da für die Risikobewertung vor Inbetriebnahme der Anlagenhersteller zuständig sei (vgl. Auswertung Frage C3).

3.6.5 Auswertung der Interviews

In der zweiten Stufe der Befragung wurden den Experten nicht nur Detailfragen zu Fragen aus dem Fragebogen, sondern auch weitere Fragen zu den Themen CO₂-Einsparungspotenzial im Bereich der Schieneninfrastruktur, Wissensmanagement, Anforderungen an eine Asset Management Software und Chancen/Herausforderungen in der Implementierung einer Kritikalitätsbeurteilung gestellt, welche in diesem Abschnitt vorgestellt werden.

Die Experten wurden nach ihrer Meinung zu Potenzialen zur Einsparung von CO₂-Emissionen im Bereich der Instandhaltungsprozesse gefragt. Dabei wurden methodische und maschinelle Möglichkeiten und jene bezüglich der Einsparung von Sekundäreffekten genannt. Als Beispiel zur Einsparung wurde die Verwendung von umweltfreundlichen Beschichtungsmittel (z.B. Ersatz von Glyphosat bei Holzschwellen) genannt. Mehrfach wurden die Einsparungspotenziale im Bereich von Bau- und Instandhaltungsmaschinen genannt, da dabei aktuell hauptsächlich Diesel betriebene Maschinen zum Einsatz kommen. Vor allem im gleisgebundenen Bahnbau und der Baustellenlogistik sollte die Verwendung von Nicht-Verbrennungskraftmaschinen angepeilt werden. Ein Experte nannte in diesem Zusammenhang das Problem, dass bei der Auswahl von Baumaschinen oftmals nur die Anschaffungskosten als Entscheidungsbasis herangezogen werden und Emissionswerte (CO₂ und Lärm) und langfristige Einsparungen zu wenig miteinfließen. Unter Sekundäreffekten sind nachhaltigkeitsbezogen vor allem Lautstärke und Vibration ausschlaggebend. Bei zu hohen Lautstärken von Baustellen oder im Betrieb sind Anwohner betroffen und Vibrationen können negative Effekte auf die Komponenten haben und zu größeren Abnutzungserscheinungen führen. Möglichkeiten sind hierbei Prozessveränderungen oder die Verwendung anderer Tools und Ersatzteile. Auch die Verstärkung der Kreislaufwirtschaft (beispielsweise die Wiederverwendung von Schotter für Unterbauerneuerung) und der Einsatz hochwertiger Rohstoffe wurde mehrfach als langfristige Möglichkeit zur Verminderung des CO₂-Footprints genannt.

Die Experten wurden weiters gefragt, welche Anforderungen eine Asset Management Software erfüllen müsste. Dabei wurden die folgenden Anforderungen genannt:

- Benutzerfreundlichkeit: Die Oberfläche sollte so gestaltet sein, dass jeder Instandhaltungsmitarbeiter schnell und ohne Probleme die wichtigsten Funktionalitäten nutzen kann.
- Sicherheit – Safety: Die Berechnungen und Prognosen müssen sicher, zuverlässig und nachvollziehbar sein.
- Sicherheit – Security: Die Datensicherheit ist ein wesentlicher Aspekt, der erfüllt sein muss, um vor Angriffen geschützt zu sein.

- Die Software sollte in der Lage sein, die betrieblichen Auswirkungen von Störungen und Ausfällen bewerten zu können.
- Die Software sollte verschiedene Ebenen für unterschiedliche Benutzer bieten. Beispielsweise sollte ein Experte sehen können, wie sich die Werte und Berechnungen zusammensetzen und das Instandhaltungspersonal sollte lediglich auf die für sie relevanten Funktionen zugreifen können.
- Customization: Da die Begrifflichkeiten und Benennungen zwischen den Unternehmen variieren, sollten diese individualisierbar sein.

Alle Experten wurden gefragt, wie derzeit das Thema „Wissensmanagement“ in ihrem Unternehmen gehandhabt wird. Dabei gab lediglich einer der Befragten (Infrastrukturbetreiber) an, dass dafür ein System in Verwendung ist. Dieses ist seit 2016 im Einsatz und darin werden jegliche auftretenden Störungen eingetragen. Er nannte dabei folgende Daten der Weiche, die gesammelt, jährlich ausgewertet und in die Strategieentscheidungen mit einfließen: Verschlussdaten, Umstellsystemdaten und Endlagenprüfdaten. Anhand dieser Daten werden weiters die größten Druckpunkte in den Instandsetzungsprozessen identifiziert, wovon beispielsweise abgeleitet werden kann, in welchen Bereichen Schulungsbedarf notwendig ist. Alle Befragten sehen das Thema Wissensmanagement als ungelöstes Problem und nennen verschiedene Herausforderungen und Chancen. Als Herausforderungen werden die nicht vorhandene Dokumentation und Datenverfügbarkeit und fehlendes Prozessverständnis genannt. Ein Experte erklärt im Zusammenhang mit dem letzten Punkt, dass nach und nach die Fachkräfte wegfallen, welche für die Einführung und Erstellung von Instandhaltungsmanuals und Regelwerken verantwortlich waren. Damit fehlt dem Großteil des Personals das Verständnis dafür, warum gewisse Grenzwerte mit bestimmten Werten behaftet wurden. Umso wichtiger ist hierbei, auf den Ausbildungsstand der eingesetzten Mitarbeiter zu achten und entsprechende Schulungen anzubieten. Die Datenerhebung bei Inspektionen beispielsweise geschieht in vielen Fällen noch durch Checklisten auf Papier, welche anschließend abgeheftet und nicht digital zur Verfügung stehen. Bei der Erfassung mit Mobilgeräten erfolgt die Datenerhebung meist anhand von Freitext-Feldern, welche eine digitale Auswertung erschweren. Als Chancen eines funktionierenden Wissensmanagements werden die verbesserte Nachvollziehbarkeit, Transparenz und Ressourceneinsparungen genannt. Ein Experte erklärt dabei, dass durch die vollständige und saubere Dokumentation von Störungen und Problemen während Instandsetzungstätigkeiten oder Inspektionen nicht eingehaltene Kundenanforderungen transparent aufgearbeitet und somit Produkte und Prozesse optimiert werden können.

Bei der Frage nach dem Mehrwert, den die Implementierung einer dynamischen Kritikalitätsbeurteilung bringen würde, gaben die Experten verschiedene Antworten. Einer der Experten nannte Transparenz und Kosteneffizienz als wesentliche Mehrwerte. Die dokumentierte und nachvollziehbare Risikobewertung könnte als Kommunikationsbasis innerhalb des Unternehmens (von unten nach oben und auch von oben nach unten) herangezogen werden und somit für mehr Transparenz und Nachvollziehbarkeit in Entscheidungsprozessen führen. Außerdem kann sich die erhöhte Transparenz positiv auf die Kommunikation mit Geldgebern auswirken. Ein anderer Experte nannte die verbesserte Strategieveränderung als Vorteil. Dabei sind die Verbesserung der Verfügbarkeit durch frühzeitige Fehlererkennung und -behebung und

die verbesserte Planung in der Wartbarkeit der Anlagen wesentliche Vorteile. Außerdem sieht dieser auch einen Mehrwert im Zusammenhang mit dem sich immer weiter verstärkenden Fachkräftemangel, da durch die Dokumentation und Forecasts das vorhandene Humankapital effizienter eingesetzt werden kann. Einen weiteren Mehrwert sehen die Experten in der Unterstützung des Berichtswesens (Lebenszyklus-, Zustandsberichte, Qualitätsmonitoring, Forecasts, etc.). Als größte Herausforderungen in der Implementierung der dynamischen Kritikalitätsbeurteilung wurden die Datenverfügbarkeit und -qualität genannt. Das Datenmanagement der Unternehmen muss einen hohen Reifegrad aufweisen, um vertrauenswürdige Berechnungen liefern zu können und beispielsweise neue Input- oder Messdaten automatisiert ins System einbauen zu können. Eine weitere Herausforderung stellen die begrenzten Kapazitäten dar. Ein Experte erklärt in diesem Zusammenhang, dass die Koordination von Menschen, Maschinen und externen Dienstleistern in der auf die Bewertung folgenden Instandhaltungsprogramm- und -durchführungsplanung abgebildet und berücksichtigt werden muss. Außerdem wurden die hohen Nutzungsdauern und Investitionskosten als Herausforderung angemerkt, da es sich bei Infrastrukturbestandteilen und bei der Ausrüstung dieser mit entsprechender Sensorik um hohe Investitionskosten handelt.

Weiters wurden einigen Experten die Frage gestellt, welche Bestandteile der Weiche sie als am kritischsten betrachten. Ein Experte nennt dabei die Definition, wann eine Weiche als kritisch gilt als Herausforderung. Als Haupteinflussfaktoren gelten der Standort und der Typ der Weiche (einfache Weiche, doppelte Weiche, Bogenweiche, etc.) bzw. die Anzahl der beweglichen Teile. Sicherheitskritisch ist vor allem beim Oberbau der Weiche das oberste kritische Maß beim Klaffen der Zungenschiene zur Backenschiene, welches nicht überschritten werden darf, da sonst die Entgleisung droht. Generell werden dafür FMECA und FTAs seitens der Hersteller durchgeführt, welche in die in Abschnitt 3.3.4 besprochenen vorgegebenen Mindest-Inspektionstätigkeiten einfließen. Generell gilt die Weiche als kritischstes Element, da bei dieser die meisten Störungen auftreten.

3.6.6 Zusammenfassung der Ergebnisse der Befragung

Zusammenfassend unterstreichen die Studienergebnisse den Bedarf einer Kritikalitätsbeurteilung im Schieneninfrastrukturbereich. Die Erfolgsfaktoren der Unternehmen der Branche und der Instandhaltung wurden von den Experten wie in Abbildung 28 dargestellt gereiht.



Abbildung 28: Gegenüberstellung der Reihungen der Erfolgsfaktoren des Unternehmens und der Instandhaltung²⁷²

Grundsätzlich werden die Kosten beide Male auf den vorletzten Platz gewählt, dennoch kam in den Interviews mit den Experten klar hervor, dass diese ein wesentliches Entscheidungskriterium sind. Die Kosten spielen im Zusammenhang mit der Sicherheit, Verfügbarkeit und Qualität eine untergeordnete Rolle, da diese die wesentlichsten Faktoren zur Erfolgserreichung darstellen. Bei Investitionsentscheidungen oder der Auswahl von Fremddienstleistern aber oftmals der Preis bzw. die Kosten entscheiden. Zu den Kosten lässt sich weiters zusammenfassend sagen, dass vor allem die LCC zu berücksichtigen sind und ein weiterer Entwicklungsbedarf in den Prognosemodellen der Betriebserschwerungskosten im Bereich der Schieneninfrastruktur besteht. Alle genannten relevanten Einflusskriterien sind im Anhang zusammengefasst. (vgl. Abschnitt 3.3.2)

Die Weiche wurde in der ersten Stufe der Befragung als kritischster Bereich der Schieneninfrastruktur eingestuft und in der zweiten Stufe auf Platz 2 gewählt. Grundsätzlich lässt sich hierbei zusammenfassen, dass die Weiche vor allem durch ihre Störungsanfälligkeit, Sicherheitsrelevanz und Häufigkeit als kritisch zu bewerten ist. Auch die Leit- und Sicherungstechnik wurde in beiden Stufen der Befragung als hoch kritisch eingestuft (Platz 2 und Platz 1). Beim Gleis bzw. Fahrweg gehen die Meinungen auseinander, da dieses zwar generell als kritisch gilt, durch die bereits weit entwickelten Prognosemodelle und Zustandsmessungen ist die prädiktive Instandhaltung allerdings schon sehr weit. Der Reifegrad des Fahrwegs bezüglich des Condition Monitoring ist also im Vergleich zu den restlichen Bereichen der Infrastruktur weit fortgeschritten. Somit gilt es, ein Reifegradmodell zur Analyse der Datenverfügbarkeit und Datenqualität zu

²⁷² Vgl. Quelle: Eigene Darstellung.

entwickeln bzw. einzusetzen. Generell ist es von Bedeutung bei der Bewertung der einzelnen Bestandteile nach ihrer Kritikalität, den Einfluss auf die RAMS-Parameter, ihre GIS-Daten (inklusive Position im Netzplan) und die Condition-Monitoring-Möglichkeiten (bzw. digitaler Reifegrad der Anlage) zu berücksichtigen. Bei einigen Anlagenbereichen können beispielsweise statistisch basierte Prognosen ausreichend sein, wohingegen in anderen die dynamische Echt-Zeit Beurteilung des Zustands notwendig ist. Bezüglich der Methoden zur Identifikation kritischer Assets sind aktuell noch historische Daten und Erfahrungswerte vorherrschend, wobei bereits 37% der Befragten eine Kritikalitätsbeurteilung anhand eines umfassenden Kriterienkatalogs implementiert haben. In diesem Zusammenhang ist das Ergebnis aus den Interviews anzumerken, welches ein großes Defizit hinsichtlich funktionierendem Wissensmanagement in den befragten Unternehmen aufzeigte. Eine große Abhängigkeit von einzelnen Wissensträgern in den Unternehmen wurde dabei mehrfach erwähnt. Es kann weiters ein Interesse an der Verwendung einer Software zur Identifikation kritischer Assets aus den Ergebnissen abgelesen werden. Die Wichtigkeit der Dynamik im Prozess der Risikobewertung zur Zielerreichung ist ein weiterer Zusammenhang in den Aussagen der Experten. Aus dem Fragebogen kam hervor, dass normative Anforderungen für 35% der Befragten Grund für die Implementierung der dynamischen Risikobewertung sind. Aus den Interviews wurde die Bedeutung dieser weiter verstärkt und die Möglichkeiten der Unterstützung in der Erfüllung der Anforderungen aufgezeigt. Dass eine dynamische Kritikalitätsbeurteilung der Schieneninfrastruktur in Zukunft zur Zielerreichung notwendig sein wird, zeigen auch die Ergebnisse der Fragen bezüglich der vorherrschenden Instandhaltungsstrategie. Dabei lautete das Ergebnis nach der zweiten Stufe, dass die reaktive Instandhaltung derzeit noch den Status Quo in den Unternehmen darstellt, der Trend aber klar in Richtung prädiktiver Instandhaltung geht. Dabei ist weiters anzumerken, dass einige Bereiche, wie der Fahrweg bereits weitgehend prädiktiv instandgehalten werden. Bei den anderen kritischen Bereichen, wie der Weiche oder der Leit- und Sicherungstechnik, ist dies nicht der Fall und reaktive Instandhaltungsmaßnahmen sind dort vorherrschend. (vgl. Abschnitt 3.3.4)

Aus den Ergebnissen des letzten Teils der Befragung (Teil D) kam hervor, dass die Kritikalitätsbeurteilung auch im Zuge der Neuanschaffung von Anlagen als Tool herangezogen werden kann. Vor allem bei der Betrachtung des gesamten Lebenszyklus kann diese als Basis für die Investitionsentscheidung herangezogen werden (bei 65% der Befragten bereits etabliert). (vgl. Abschnitt 3.3.4)

3.7 Konzept zur Anpassung des bestehenden Tools

Aus der Analyse des bestehenden Kritikalitätsbeurteilungstools und der Ergebnisse der Delphi-Befragung geht hervor, dass die folgenden Punkte eine Erweiterung bzw. Anpassung erfordern.

1. Anlageninformationen: Erweiterung der hinterlegten Anlagenstammdaten

Bezüglich der Anlageninformationen ist in Abschnitt 3.2.1 zusammengefasst, welche Informationen derzeit beim Anlegen einer Anlage im System hinterlegt werden. Derzeit fließen die allgemeinen Anlagendaten nicht in die Kritikalitätsbeurteilung mit ein, da diese bei der vorherrschenden Anlagenstruktur der Kunden der Boom Software AG keinen großen Einfluss haben. Zur Verwendung des Tools für die Schieneninfrastruktur ist eine Erweiterung der Standortinformationen erforderlich. Die Lage einer Anlage sollte dabei zum einen mit GIS-Daten und zum anderen mit Netzplaninformationen spezifiziert werden. Diese Informationen sind wesentlich hinsichtlich der effizienten Zeit- und Ressourcenplanung und können bei schweren Unwettern oder schwer zu erreichenden Anlagen in die Beurteilung miteinbezogen werden. Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit der Bewertung von Redundanzen durch das Einbeziehen des Netzplans. Wie in Abschnitt 2.2.2 und 3.6.3 beschrieben sind diese essenziell zur Beurteilung der Kritikalität von Anlagen der Schieneninfrastruktur.

2. Kennzahlen: Erweiterung der Erfolgsfaktoren und der Skalierung der Kennzahlen

Derzeit besteht die Möglichkeit bei der Erstellung neuer Kennzahlen deren Einfluss auf bestimmte Erfolgsfaktoren zu hinterlegen. Derzeit werden dabei nur fünf Erfolgsfaktoren (Qualität, Zeit, Kosten, Flexibilität und Umwelt) berücksichtigt. Die Ergebnisse der Befragung zeigen, dass die Erfolgsfaktoren der Instandhaltung von besonderer Relevanz sind und somit sollten diese um die Faktoren Integrität, Verfügbarkeit und Sicherheit ergänzt werden. Wesentlich ist im Zusammenhang mit Kennzahlen auch deren Einfluss auf die RAMS-Parameter (vgl. Abschnitt 3.6.2 und 3.6.3), was die zusätzliche Erweiterung um die Faktoren Zuverlässigkeit und Wartbarkeit erforderlich macht. Zur Wartbarkeit ist anzumerken, dass hierbei auch die in Punkt 1 beschriebene Notwendigkeit der Erweiterung der Anlageninformationen von Relevanz ist. Die Lage der Anlage (unwegsames Gelände, Redundanzen, etc.) ist wesentlich zur Bewertung der Wartbarkeit der Anlage. Hierzu wurde ein Kennzahlenkatalog erstellt (vgl. Anhang), in dem alle Kennzahlen inklusive deren Zuteilung zu Erfolgsfaktoren und RAMS-Parameter enthalten sind, die von den Experten genannt wurden oder aus den normativen Anforderungen hervor gingen. Diese sollten bei der Anpassung berücksichtigt und in das neue Tool mitaufgenommen werden.

3. Bewertungsdefinitionen: Erweiterung der Möglichkeiten zur Anlagengruppierung

Derzeit können Bewertungsdefinitionen vorgefertigt werden und deren Durchführung automatisiert veranlasst werden. Um eine echte dynamische Beurteilung zu ermöglichen, ist es hierbei notwendig, Echt-Zeit-Daten miteinfließen zu lassen, um Bewertungen zustandsabhängig durchführen zu können. Für diese Funktionalität ist die Datenverfügbarkeit und -qualität ausschlaggebend. Außerdem können derzeit die relevanten Anlagen für eine Bewertungsdefinition einzeln ausgewählt werden, was bei

der hohen Anzahl von Anlagen in Eisenbahnnetzen wenig effizient ist. Darum sollte die Gruppierung von Anlagen nach zumindest den folgenden Merkmalen möglich sein: Alter der Anlage, Streckenrang und GIS-Daten.

4. LCC: Erweiterung um verlässliche Kostenberücksichtigung

Zwar wurde der Erfolgsfaktor Kosten sowohl bezüglich der Zielerreichung des gesamten Unternehmens, als auch bezüglich der Instandhaltung auf den vorletzten Platz gewählt, dennoch ist die Berücksichtigung dieser im Zuge der Kritikalitätsbeurteilung wesentlich. Das bestätigen auch die Ergebnisse der Interviews. Eine Einbindung der LCC in das Kritikalitätsbeurteilungstool und die zuverlässige Identifikation von Kostentreibern ist notwendig. Auch im Zuge der dynamischen Instandhaltungsstrategieanpassung ist diese relevant, da sie zum Nachweis der Optimierung der Strategie herangezogen werden können (vgl. Abschnitt 2.2.6). Diese notwendige Erweiterung wird auch durch die folgenden in Abschnitt Erhebung normativer Anforderungen an das Instandhaltungsmanagement erarbeiteten Anforderungen begründet: (1) Kosten-Anforderung und (10) Verbesserungs-Anforderung. Eine Einbindung der LCC wäre im Bereich der Portfolioübersicht (dort bereits Instandhaltungskosten berücksichtigt) bzw. Kritikalitätsübersicht anzudenken, wodurch ein direkter Vergleich der kritischen Anlagen hinsichtlich ihrer LCC ermöglicht wird. Eine weitere Möglichkeit ist ein eigenes Tool für die LCC zu implementieren. In diesem Fall wäre eine Funktion notwendig, die die Ergebnisse der beiden Tools verbindet, grafisch darstellt und einem Vergleich unterziehen kann.

5. Berücksichtigung der Betriebserschwerungskosten

Die Berücksichtigung der Betriebserschwerungskosten ist im Zuge der Kritikalitätsbeurteilung nicht von oberster Priorität, diese sollten dennoch nicht vernachlässigt werden. Sie spielen vor allem bei der ganzheitlichen Betrachtung des Systems und bei der in Punkt 6 beschriebenen Umsetzung der Berücksichtigung von betrieblichen Auswirkungen eine wesentliche Rolle. Bei der Berücksichtigung gilt es, das passende Kalkulationsmodell zu wählen. (vgl. Abschnitt 3.6.2)

6. Berücksichtigung der betrieblichen Auswirkungen von Störungen und Ausfällen

Eine mehrfach genannte Anforderung war die Abbildung der betrieblichen Auswirkungen von Störungen und Ausfällen. Diese Erweiterung kann bei der Erfüllung den normativen Anforderungen bezüglich der (3) Ganzheitlichkeit und des (5) Systemverständnis unterstützen (vgl. Abschnitt 3.2). Relevant zur Bewertung dieser ist die Abbildung des Netzplans und des Fahrplans in der Software. Vor allem für zweiteres sind technische Möglichkeiten derzeit erst in der Entwicklung (vgl. Abschnitt 2.2.2).

7. Berücksichtigung Normen und Zertifikate: Erweiterung um Grenzwerte, Anforderungen aus Normen und die Bewertung des Anlagenzustands gemäß Normen

Die Erweiterung des Tools um die Möglichkeit, Anlagen und Komponenten anhand ihrer Erfüllung von normativen Anforderungen zu prüfen, kann dabei helfen, Druckpunkte und Verbesserungspotenziale zu erkennen. Dabei ist eine Möglichkeit automatisiert, vorgegebene Grenzwerte aus Normen und gesetzlichen Richtlinien einzuspielen und bei Nichterfüllung Warnungen im System abzugeben. Dabei sollte auch auf einen Konnex zwischen internen Ziel- und Grenzwerten und normativen Grenzwerten geachtet

werden, da laut der Experten intern in manchen Bereichen beispielsweise höhere Sicherheitsniveaus gesetzt werden als auf gesetzlicher Ebene.

8. Einbindung von Stördaten und Aufbau eines Tools zur Unterstützung des Wissensmanagements

Aus der Befragung ging klar das Bedürfnis nach einem funktionierendem, systemübergreifenden Wissensmanagement-Tools hervor. Die Abhängigkeit von einzelnen Wissensträgern ist in der Instandhaltung vieler Unternehmen aktuell gegeben. Als Status Quo des vorliegenden Systems kann daher die Abwesenheit einer digitalisierten Lösung genannt werden, welche die Sammlung von Störungsdaten jeglicher Art und Erfahrungen von Mitarbeitenden ermöglicht, um diese zu analysieren und zu verwenden. Erkenntnisse und Daten können bei der Kritikalitätsbeurteilung verwendet werden und insgesamt bei der Umsetzung der LSM-Philosophie unterstützen. Zusätzlich würde die Umsetzung dieses Punktes bei der Erfüllung der in Abschnitt 3.2 erarbeiteten Anforderungen bezüglich (2) Vorausschau, (3) Ganzheitlichkeit, (4) Information und (10) kontinuierlicher Verbesserung unterstützen.

Ein weiterer Punkt, der bei der Implementierung beachtet werden muss, ist die Einbindung der unternehmensinternen Regelwerke und Benennungen. Die Regelwerke stellen die größte Hürde in der Veränderung der Instandhaltungsprozesse dar, da diese lange Genehmigungsprozesse mit sich ziehen, sobald die Veränderung sich in die „weniger sichere“ Seite, wie es bei beispielsweise bei einer Verlängerung der Wartungsintervalle der Fall wäre, geht. Eine weitere Empfehlung ist die Entwicklung einer Funktionalität, die sich rein mit der Kritikalität der Weiche auseinandersetzt und diese im Detail analysiert. Eine solche Funktion ist empfehlenswert, da die Weiche klar als kritischstes Element der Schieneninfrastruktur hervorgeht. Als Grund dafür wurden ihre technischen Grundlagen (bewegliche Teile, Antriebssystem, etc.) und die damit einhergehende Störanfälligkeit genannt. Um in Zukunft die Kritikalität zu senken und Störungen proaktiv vorzubeugen, ist vor allem die Umsetzung von Punkt 8 empfohlen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Anpassungsbedarf des Tools mit den unterschiedlichen Anlagenstrukturen im Schieneninfrastrukturbereich und in jenen Unternehmen, in welchen das Tool der Boom Software AG aktuell verwendet wird, d.h. der unterschiedlichen Kundenstruktur der beiden Unternehmen, begründet werden kann.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Zu Beginn der Arbeit wurde das System der Schieneninfrastruktur und die einzelnen Bestandteile abgegrenzt. Dabei wurden alle Merkmale von komplexen Systemen im vorliegenden System nachgewiesen und darauf aufbauend konnten die wesentlichen Problemfelder erarbeitet werden. Vor allem die Interdependenz zwischen Infrastruktur und Fahrzeug, der geografische Aufbau des Netzes, die Organisation und Deregulierung, die Sicherheit und die Datenverfügbarkeit stellen die wesentlichen Herausforderungen von Planungsprozessen innerhalb des Systems dar. Grundsätzlich können diese auf mehrere Ursachen zurückgeführt werden, wobei die bereits erwähnte Komplexität des Systems, die lange Nutzungsdauer der Anlagen von bis zu 100 Jahren und die fehlende Digitalisierung bzw. Datenverfügbarkeit als die wesentlichsten genannt werden. (vgl. Abschnitt 2.1 und 2.2.2)

Eine weitere nennenswerte Hürde im Instandhaltungsmanagement der Schieneninfrastruktur sind die Anforderungen, die sich aus Normen und gesetzlichen Richtlinien ergeben. Es wurden elf normative Anforderungen identifiziert, die sich vor allem auf die Notwendigkeit eines sicheren, resilienten Systems und die Wichtigkeit der sauberen Dokumentation zur Nachvollziehbarkeit beziehen (vgl. Abschnitt 3.2). Die in Abschnitt 2.3 erarbeitete Kritikalitätsbeurteilung kann für die Erfüllung dieser wie folgt einen wesentlichen Mehrwert bringen. Zum einen kann sie bei der Erfüllung der Kosten-, Vorausschau- und Risikobewertungs-Anforderung unterstützen, da sie für das LCC eingesetzt werden kann (durch Identifikation von Kostentreibern) und eine Methodik zur Identifikation kritischer Assets und Risiken darstellt. Auch die Ganzheitlichkeit-, Systemverständnis- und Informations-Anforderung können maßgeblich durch die dynamische Kritikalitätsbeurteilung erfüllt werden, da diese die Verbindung aller Managementebenen herstellt, eine Möglichkeit bietet jegliche Wirkungszusammenhänge miteinzubeziehen (Umwelteinflüsse, Marktdynamik, etc.) und somit auch als Unterstützung bei der Dokumentation herangezogen werden kann. Maßgeblich ist das Potenzial der Kritikalitätsbeurteilung im Zuge der Sicherheits-Anforderung, da durch die präventive Vorbeugung gegen Anlagenausfälle und Reduzierung der damit verbundenen Risiken die Sicherheitsniveaus gewährleistet werden können. Weiters stellt die Kritikalitätsbeurteilung eine Unterstützung bei der kontinuierlichen Verbesserung (Verbesserungs-Anforderung) dar und zeigt Potenziale im Bereich des Wissensmanagement auf (Kompetenz- und Festlegungs-Anforderung). Abschließend kann der positive Umwelteinfluss erwähnt werden, da Ressourcen zielgerichteter eingesetzt, die Prozesseffizienz und -effektivität optimiert werden und die ganzheitliche Betrachtung auch die Nachhaltigkeit miteinbezieht.

Ausgehend von den normativen Anforderungen und den Erkenntnissen aus der Literatur konnten die wesentlichen Erfolgsfaktoren von Unternehmen in der Branche identifiziert werden: Umwelt, Kosten, Zeit, Qualität und Flexibilität. Bezogen auf die Instandhaltung der Schieneninfrastruktur können diese um den Faktor Integrität und abgeleitet aus den normativen Anforderungen um den Faktor Sicherheit ergänzt werden. Um Erfolgsfaktoren gezielt einzusetzen und damit langfristig den Unternehmenserfolg zu

optimieren, gilt es entsprechende Erfolgsindikatoren bzw. Einflusskriterien zu nutzen. Zur Erhebung dieser und des Status Quo im Instandhaltungsmanagement im Bereich der Schieneninfrastruktur wurde eine umfassende Delphi-Befragung durchgeführt. In einem zwei-stufigen Verfahren, bestehend aus einem Fragebogen und weiterführenden Interviews mit ausgewählten Experten des Eisenbahnwesens, konnten Erkenntnisse bezüglich der Erfolgsfaktoren, -kriterien, Instandhaltungsstrategien und der Identifikation kritischer Assets gesammelt werden (vgl. Abschnitt 3.5 und 3.6). Durch den Vergleich der in der Literatur als wesentlich genannten Kennzahlen zur Messung und Optimierung der Erfolgsfaktoren im vorliegenden System (vgl. Abschnitt 2.4) und den durch die durchgeführte Delphi-Befragung identifizierten Erfolgskriterien (vgl. Abschnitt 3.6.2) konnte eine Sammlung von entscheidenden Einflusskriterien zur Identifikation kritischer Assets in der Schieneninfrastruktur erstellt werden (vgl. Anhang B). Diese Liste an Kennzahlen stellt eine Grundlage für das in Abschnitt 3.7 erarbeitete Anpassungskonzept dar und die enthaltenen Kennzahlen sollten bei der Implementierung der Kritikalitätsbeurteilung für die Schieneninfrastruktur in eine bestehende Softwareapplikation abgebildet werden.

Die Analyse der Befragungsergebnisse zeigte, dass den Status Quo derzeit die reaktive Instandhaltungsstrategie (bei 38% der Befragten) darstellt und sich ein Trend in Richtung prädiktive Instandhaltung abzeichnet. Weiters lässt sich aus den Ergebnissen ableiten, dass das Bewusstsein für die Wichtigkeit der Kritikalitätsbeurteilung im Bereich der Schieneninfrastruktur noch nicht etabliert. Der Status Quo liegt weit entfernt von einer dynamischen, risikobasierten IH-Strategie, allerdings bietet die Kritikalitätsbeurteilung eine Möglichkeit, dies zu ändern.

Sowohl im Zusammenhang mit den Herausforderungen im vorliegenden System, als auch mit den erarbeiteten normativen Anforderungen bietet die Kritikalitätsbeurteilung einen wesentlichen Mehrwert. Zum einen kann sie bei der Erfüllung der Anforderungen unterstützen, da sie nicht nur zur strategischen Planung und Kosteneinsparungen beitragen kann und somit zur Optimierung von Einflusskriterien, sondern da ihr Mehrwert auch in der Unterstützung der dynamischen Strategieanpassung liegt (vgl. Abschnitt 2.3). Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Kritikalitätsbeurteilung bei der Verbesserung der Verfügbarkeit unterstützen kann und zu einer verbesserten Planbarkeit von Wartungs- und Instandhaltungstätigkeiten führt (vgl. Abschnitt 2.2.6 und 3.6). Die Einführung eines Tools zur Kritikalitätsbeurteilung kann im Zusammenhang mit der Instandhaltungsstrategieauswahl weiters unterstützen, da die unterschiedlichen Anlagen der Schieneninfrastruktur verschiedenste Merkmale aufweisen. Die Entscheidung des richtigen Instandhaltungsstrategiemix bedarf daher einer laufenden, umfassenden und standardisierten Analyse (vgl. Abschnitt 2.3.2). Diese Wichtigkeit der dynamischen Anpassung der Instandhaltungsstrategie wurde von 60% der Befragten bestätigt (vgl. Abschnitt 3.6.3). Beispielsweise zeigen Erfahrungswerte, dass bei manchen Bestandteilen, wie bei Komponenten der Signaltechnik, statisch basierte Prognosen ausreichen, wohingegen der Fahrweg nach Echt-Zeit-Daten verlangt (vgl. Abschnitt 3). Die Ergebnisse der Kritikalitätsbeurteilung zur Identifikation kritischer Assets können als Basis in Entscheidungsprozessen herangezogen werden und die Transparenz und Nachvollziehbarkeit auf allen Unternehmensebenen verbessern. Einen weiteren Mehrwert bietet die Kritikalitätsbeurteilung im Zusammenhang mit dem durch

die Befragung aufgezeigten Entwicklungsbedarf eines funktionierenden Wissensmanagement (vgl. Abschnitt 3.6.5), da diese durch die Dokumentation von Daten und der Unterstützung bei der Erstellung von Forecasts beim effizienteren Einsatz des vorhandenen Humankapitals unterstützen kann.

Besondere Aufmerksamkeit bei der Implementierung eines Kritikalitätsbeurteilungstools sollte dabei bei der Bewertung der Kritikalität von Weichen gelegt werden. Diese bietet in Bezug auf die Automatisierung der Inspektion noch großes Entwicklungspotenzial. Die Experten nannten die langen Entscheidungsprozesse bei Regelwerksänderungen als wesentliches Hemmnis in der Umsetzung einer dynamischen Instandhaltungsstrategieanpassung mithilfe einer Kritikalitätsbeurteilung. Als größte Herausforderung in der Umsetzung einer Kritikalitätsbeurteilung der Schieneninfrastrukturanlagen können die Datenverfügbarkeit und Interkonnektivität der Systeme genannt werden. Anders als bei den Kunden der Boom Software AG, wo die notwendigen Daten zur Bewertung intern vorhanden sind, ist das bei der Schieneninfrastruktur oftmals nicht der Fall, da beispielsweise nicht jede Entität Zugriff auf die Daten der Anlagen anderer Entitäten hat. Der Datenaustausch unter den Verantwortungsträgern (Eisenbahnverkehrsunternehmen, Schieneninfrastruktur-Dienstleistungsunternehmen, Staaten, EU, etc.) ist hierbei essentiell und es gilt, diesen zu standardisieren und zu öffnen, um langfristig die Zusammenarbeit zu stärken und das Netz zukunftsreif zu gestalten. (vgl. Abschnitt 2.1.2, 2.2.2 und 3.6)

Die größte Herausforderung in der notwendigen Digitalisierung der Schieneninfrastruktur ist es, die einzelnen Komponenten mit sicheren und zuverlässigen Technologien auszurüsten, um die notwendige Datenqualität zu gewährleisten und die Datenkommunikation zu ermöglichen. Die Notwendigkeit von international standardisierten Normen und Richtlinien ist gegeben, um die hohen Sicherheits- und Verfügbarkeitsanforderungen gerecht zu werden. Dafür ist die Revision von Datenaustauschvorgaben notwendig, damit diese die Digitalisierung im Bereich der Schieneninfrastruktur nicht weiter hemmen. Es besteht weiters ein Entwicklungsbedarf im Bereich des Wissensmanagements und ein Trend zeichnet sich ab, dass zukünftig Probleme aufgrund des Fachkräftemangels im vorliegenden System zu schwerwiegenden Auswirkungen führen. Der Fahrweg ist im Zusammenhang mit der komponentenspezifischen Zustandsermittlung weit entwickelt, weshalb ein Forschungsbedarf für die anderen Bereiche der Schieneninfrastruktur genannt werden kann. Es ist notwendig zuverlässige und robuste Technologien zu entwickeln, um Zustands- und Echtzeitbasierte Daten zu erheben, um eine valide Basis für präskriptive Modelle zu generieren. Dabei ist vor allem im Bereich der Weiche, aufgrund der hohen Störanfälligkeit und den technischen Gegebenheiten, der größte Nachholbedarf zu erwähnen. Weiters gilt es Möglichkeiten zur Abbildung betrieblicher Auswirkungen und eines dynamischen Fahrplans zu entwickeln.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Bedarf einer Kritikalitätsbeurteilung der Anlagen der Schieneninfrastruktur klar gegeben ist. Mit den in Zukunft wachsenden Umweltherausforderungen wird die Risikobetrachtung im Infrastruktur Bereich stetig an Bedeutung gewinnen. Die Kritikalitätsbeurteilung bietet dabei eine Möglichkeit Risiken frühzeitig zu erkennen, zu analysieren und mit der Maßnahmenplanung zu beginnen.

Literaturverzeichnis

- Ahlrichs, R. (2012): Experteninterviews: Methodisches Vorgehen. In: Ahlrichs, R. (Hrsg.): Zwischen sozialer Verantwortung und ökonomischer Vernunft. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. ISBN 978-3-531-18595-8, S. 105–114.
- Aichholzer, G. (2002): Das ExpertInnen-Delphi: methodische Grundlagen und Anwendungsfeld Technology Foresight. In: Menz, W.; Littig, B.; Bogner, A. (Hrsg.): Das Experteninterview: Springer Fachmedien Wiesbaden. ISBN 978-3-8100-3200-3, S. 133–154.
- Ansari, F., Glawar, R.; Nemeth, T. (2019): PriMa: a prescriptive maintenance model for cyber-physical production systems. In: International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Jg. 32 Nr. 4-5, S. 482–503.
- DIN ISO 55001:2021-03: Asset Management - Managementsysteme - Anforderungen (ISO 55001:2014).
- Austrian Standards Institute (01.01.2018): Allgemeines zu Normen. URL: https://www.oesterreich.gv.at/themen/dokumente_und_recht/normen/Seite.2560000.html (Zugriff: 24.07.2023).
- Bandte, H. (2007): Komplexität in Organisationen, Organisationstheoretische Betrachtungen und agentenbasierte Simulation, New York: Deutscher Universitätsverlag Wiesbaden. ISBN 978-3-8350-0578-5.
- Behrenbeck, K. R. (1994): DV-Einsatz in der Instandhaltung, Erfolgsfaktoren und betriebswirtschaftliche Gesamtkonzeption. Gabler Edition Wissenschaft, Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag. ISBN 9783663084310.
- Bernd Lange (1982): Bestimmung strategischer Erfolgsfaktoren und Grenzen ihrer empirischen Fundierung. In: Die Unternehmung, Jg. 36 Nr. 1, S. 27–41.
- Bertalanffy, L. v. (1968): General System Theory, Foundations, Development, Applications, New York: George Braziller, Inc.
- Bertalanffy, L. v. (1972): Zu einer allgemeinen Systemlehre. In: Bleicher, K. (Hrsg.): Organisation und Führung. Wiesbaden: Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler. ISBN 978-3-409-31912-6, S. 31–45.
- Biedermann, H. (1987a): Flexibilität in der Instandhaltung. In: Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, Jg. 132 Nr. 9, S. 408–414.
- Biedermann, H. (1987b): Organisation zur Realisierung der Instandhaltungsplanung. In: Biedermann, H. (Hrsg.): Planung der Instandhaltung: TÜV Rheinland. ISBN 3-88585-371-X, S. 173–196.
- Biedermann, H. (2008): Anlagenmanagement, Managementinstrumente zur Wertsteigerung. 2 Aufl.: TÜV Media. ISBN 978-3-8249-1080-9.
- Biedermann, H. (2015): Smart maintenance, Intelligente, lernorientierte Instandhaltung : 29. Instandhaltungsforum, Köln: TÜV Media. ISBN 9783824919505.

- Biedermann, H. (2016): Lean Smart Maintenance. In: WingBusiness, Jg. 49 Nr. 1, S. 12–15.
- Biedermann, H. (2018): Predictive Maintenance - Möglichkeiten und Grenzen. In: Biedermann, H. (Hrsg.): Predictive Maintenance. Köln: TÜV Media GmbH TÜV Rheinland Group. ISBN 9783740603663, S. 23–40.
- Biedermann, H. (2022): Transformation von Instandhaltungs- zum Assetmanagement. In: Biedermann, H. (Hrsg.): Vom Instandhaltungs- zum Assetmanagement. Köln: TÜV Media. ISBN 9783740607746, S. 11–20.
- Biedermann, H.; Kinz, A. (2021): Lean Smart Maintenance, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. ISBN 978-3-658-35472-5.
- Biedermann, H.; ÖIVA (2016): Lean Smart Maintenance, Konzepte, Instrumente und Anwendungen für eine effiziente und intelligente Instandhaltung : 30. Instandhaltungsforum. [1. Auflage], Köln: TÜV Media. ISBN 9783740600969.
- Bogner, A.; Menz, W. (2002): Expertenwissen und Forschungspraxis: die modernisierungstheoretische und die methodische Debatte um die Experten. In: Menz, W.; Littig, B.; Bogner, A. (Hrsg.): Das Experteninterview: Springer Fachmedien Wiesbaden. ISBN 978-3-8100-3200-3, S. 7–29.
- Boom Software AG (21.08.2023): Ihr erster Schritt zu LEAN SMART MAINTENANCE. URL: <https://www.boomsoftware.com/de/themen/industrie/KAPPF.php> (Zugriff: 21.08.2023).
- Bosse, G. (2013): Grundbegriffe für Sicherheits- und Risikobetrachtungen: Common Safety Methods. In: Deine Bahn, Jg. Nr.
- Bundesgesetz NormG:24.07.2023: Bundesgesetz über das Normenwesen (Normengesetz 2016).
- Nationalrat (Hrsg.): Bundesgesetz zur Neuordnung der Rechtsverhältnisse der Österreichischen Bundesbahnen (Bundesbahngesetz) StF: BGBl. Nr. 825/1992 (NR: GP XVIII RV 652 AB 828 S. 93. BR: AB 4400 S. 562.).
- Nationalrat (Hrsg.) (2023): Bundesgesetz zur Neuordnung der Rechtsverhältnisse der Österreichischen Bundesbahnen.
- Bundesministerium für Arbeit und Wirtschaft (24.07.2023): Normung. URL: <https://www.bmaw.gv.at/Themen/Technik-und-Vermessung/Normung.html> (Zugriff: 24.07.2023).
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBWF) (Hrsg.). Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI) (Hrsg.) (1996): Delphi-Bericht 1995 zur Entwicklung von Wissenschaft und Technik, Bonn.
- Bundesministerium für Inneres (Hrsg.) (2015): Österreichisches Programm zum Schutz kritischer Infrastrukturen (APCIP), Wien.
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI); Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie; Bundesamt für Strassen (ASTRA) (Hrsg.) (2021): Technische Anlagenbewertung im Asset-Management TAniA.

- Buzzell, R. D.; Gale, B. T. (1989): Das PIMS-Programm, Strategien und Unternehmenserfolg, Wiesbaden: Gabler Verlag. ISBN 978-3-663-09547-7.
- Castellani, B.; Gertis, L. (10.05.2023): 2021 Map of the Complexity Sciences. URL: https://www.art-sciencefactory.com/complexity-map_feb09.html (Zugriff: 05.06.2023).
- Conference on Production Systems and Logistics - STIAS - The Stellenbosch Institute for Advanced Study, Stellenbosch, South Africa (Hrsg.) (2020a): Dynamic criticality assessment as a supporting tool for knowledge retention to increase the efficiency and effectiveness of maintenance, Hannover.
- Crespo Márquez, A. (2007): The maintenance management framework, Models and methods for complex systems maintenance, London: Springer. ISBN 9781846288203.
- Cuhls, K. (2019): Die Delphi-Methode – eine Einführung. In: Niederberger, M.; Renn, O. (Hrsg.): Delphi-Verfahren in den Sozial- und Gesundheitswissenschaften. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. ISBN 978-3-658-21656-6, S. 3–31.
- Dao, C., Basten, R.; Hartmann, A. (2018): Maintenance Scheduling for Railway Tracks under Limited Possession Time. In: Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems, Jg. 144 Nr. 8.
- Dittes, F.-M. (2021): Komplexität, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-662-63492-9.
- Eisenbahn-Bundesamt (Hrsg.) (2019): Betrachtung zur Softwareentwicklung im Eisenbahnbereich, Bonn.
- Endlicher, K.-O.; Rischaneck, A. (2017): Normen im Eisenbahnwesen, Der praktische Gesamtüberblick. 1. Auflage, Wien: Austrian Standards. ISBN 9783854023395.
- Europäische Kommission (08.03.2018): DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) 2018/762 DER KOMMISSION - vom 8. März 2018 - über gemeinsame Sicherheitsmethoden bezüglich der Anforderungen an Sicherheitsmanagementsysteme gemäß der Richtlinie (EU) 2016/798 des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung der Verordnungen (EU) Nr. 1158/2010 und (EU) Nr. 1169/2010, (EU) 2018/762.
- Fendrich, L.; Fengler, W. (2019): Handbuch Eisenbahninfrastruktur, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-662-56061-7.
- Franzen, J.; Kuhlenkötter, B. (2018): Präskriptive Analyse im Kontext der Instandhaltung von Schienenfahrzeugen. In: Eisenbahntechnische Rundschau, Jg. 12 Nr. , S. 64–66.
- Fritz, W. (1993): Die empirische Erfolgsfaktorenforschung und ihr Beitrag zum Marketing, Eine Bestandsaufnahme, Braunschweig: Inst. für Wirtschaftswiss. der Techn. Univ. ISBN 3930166119.
- Gessler, M.; Kaestner, R. (2016): Projektphasen. In: Gessler, M. (Hrsg.): Kompetenzbasiertes Projektmanagement (PM3). Nürnberg: GPM Dt. Ges. für Projektmanagement. ISBN 9783924841409, S. 349–365.

- Gläser, J.; Laudel, G. (2009): Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen. 3., überarb. Aufl., Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. ISBN 9783531156842.
- Greßl, G. (2022): Benchmark branchenspezifischer Erfolgsfaktoren, Bachelor Thesis, Leoben.
- Häder, M. (2000): Die Expertenauswahl bei Delphi-Befragungen. In: ZUMA Nachrichten, Jg. Nr. 5, S. 2–15.
- Häder, M. (2014): Delphi-Befragungen, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. ISBN 978-3-658-01927-3.
- Häder, M.; Häder, S. (1995): Delphi und Kognitionspsychologie: ein Zugang zur theoretischen Fundierung der Delphi-Methode. In: ZUMA Nachrichten, Jg. 1995 Nr. 37, S. 8–34.
- Hall, A. D.; Fagen, R. E. (2009): Definition of System. In: Buckley, W. F. (Hrsg.): Systems research for behavioral science. New Brunswick N.J.: AldineTransaction. ISBN 9780202362809.
- Heinhold, J.; Gaede, K.-W. (1979): Ingenieur-Statistik, Mit zahlreichen Anwendungsbeispielen. 4., verb. u. wesentl. erw. Aufl., München u.a.: Oldenbourg. ISBN 348631744X.
- Huber, C., Passath, T.; Biedermann, H. (2021): Wissens- und lernorientierte Instandhaltung unter dem Aspekt zunehmender Digitalisierung. In: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, Jg. 58 Nr. 1, S. 197–211.
- DIN 1076:1999-11: Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen-Überwachung und Prüfung.
- DIN EN 13306:2018-02: Instandhaltung - Begriffe der Instandhaltung.
- Kaewunruen, S., Sussman, J. M.; Einstein, H. H. (2015): Strategic framework to achieve carbon-efficient construction and maintenance of railway infrastructure systems. In: Frontiers in Environmental Science, Jg. 3 Nr.
- Kinz, A. (2017): Ausgestaltung einer dynamischen, lern- und wertschöpfungsorientierten Instandhaltung, Dissertation, Leoben.
- Kinz, A. (2018): Bewertungskategorie Instandhaltungsstrategie. In: Biedermann, H. (Hrsg.): Benchmark - Instandhaltung. Köln: TÜV Media GmbH. ISBN 9783740603601, S. 68–76.
- Kinz, A., Bernerstätter, R.; Zellner, T. (2016): Lean Smart Maintenance in der Prozessindustrie. In: WingBusiness, Jg. 49 Nr. 1/16, S. 16–19.
- Kinz, A., Schröder, W., Passath, T., Praher, P.; Freudenthaler, B. (2017): Optimierung des anlagenspezifischen Instandhaltungsstrategiemix am Beispiel eines komplexen Fertigungssystems: Smart Maintenance in der mechanischen Fertigung. In: Biedermann, H.; ÖIVA (Hrsg.): Erfolg durch Lean Smart Maintenance. Köln: TÜV Media. ISBN 3740602430, S. 185–216.
- Klenter, G. (1995): Zeit - strategischer Erfolgsfaktor von Industrieunternehmen, Hamburg: S und W, Steuer- und Wirtschaftsverl. ISBN 389161859X.
- Knight, F. H. (2014): Risk, uncertainty and profit, Mansfield Center, CT: Martino Publishing. ISBN 9781614276395.

- Kovacs, K. (07.06.2023): Instandhaltung und Anlagenmanagement. URL: <https://www.fraunhofer.at/de/zusammenarbeit/produktionsmanagement/instandhaltung.html> (Zugriff: 07.06.2023).
- Krechting, M. J. (2000): Erfolgsfaktoren. In: Zerres, M. P. (Hrsg.): Handbuch Marketing-Controlling. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-662-07717-7, S. 75–89.
- Kuhn, A., Schuh, G.; Stahl, B. (2006): Nachhaltige Instandhaltung, Trends, Potenziale und Handlungsfelder nachhaltiger Instandhaltung ; [Ergebnisbericht der vom BMBF geförderten Untersuchung "Nachhaltige Instandhaltung"], Frankfurt am Main: VDMA-Verl. ISBN 3816305229.
- Levitt, J. (2011): Complete Guide to Preventive and Predictive Maintenance. Second edition, New York NY: Industrial Press Inc. ISBN 9780831134419.
- Lidén, T. (2015): Railway Infrastructure Maintenance - A Survey of Planning Problems and Conducted Research. In: Transportation Research Procedia, Jg. 10 Nr. , S. 574–583.
- Linstone, H. A.; Turoff, M. (2011): Delphi: A brief look backward and forward. In: Technological Forecasting and Social Change, Jg. 78 Nr. 9, S. 1712–1719.
- Littig, B. (2002): Interviews mit Experten und Expertinnen. In: Menz, W.; Littig, B.; Bogner, A. (Hrsg.): Das Experteninterview: Springer Fachmedien Wiesbaden. ISBN 978-3-8100-3200-3, S. 191–206.
- Lughofer, E.; Sayed-Mouchaweh, M. (2019): Predictive Maintenance in Dynamic Systems, Cham: Springer International Publishing. ISBN 978-3-030-05644-5.
- Menius, R.; Matthews, V. (2017): Bahnbau und Bahninfrastruktur, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. ISBN 978-3-658-17176-6.
- Meyna, A.; Pauli, B. (2003): Taschenbuch der Zuverlässigkeits- und Sicherheitstechnik, Quantitative Bewertungsverfahren; mit 37 Tabellen und 98 Beispielen mit Lösungen, München u.a.: Hanser. ISBN 9783446215948.
- Milling, P. (1981): Systemtheoretische Grundlagen zur Planung der Unternehmenspolitik, Berlin: Duncker & Humblot. ISBN 3428049314.
- Moosbrugger, H.; Kelava, A. (2020): Testtheorie und Fragebogenkonstruktion. Third edition, Berlin, Heidelberg: Springer. ISBN 9783662615324.
- Nemeth, T. (2020): Vorgehensmodell zur Einführung und Reifegradbewertung einer präskriptiven Instandhaltungsstrategie unter Zuhilfenahme von Qualitätsmetriken, Dissertation, Wien.
- ÖBB-Holding AG (2022): Zahlen Daten Fakten. In: ÖBB kompakt 2021/22, Jg. Nr.
- ÖBB-Infrastruktur AG (Hrsg.) (2022a): Geschäftsbericht 2021 ÖBB-Infrastruktur AG.
- ÖBB-Infrastruktur AG (Hrsg.) (2022b): Netzzustandsbericht 2021.
- Ostermann, N.; Schöbel, A.: Betrachtungen zur Risikoanalyse im Eisenbahnbau. In: Institutsheft, Jg. 32 Nr. , S. 19–34.
- OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik (Hrsg.) (2018a): Bahnanwendungen – Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS).

- OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik (Hrsg.). OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik (Hrsg.) (2018b): Bahnanwendungen – Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS).
- Passath, T. (2022): Entwicklung eines generischen Vorgehens- und Entscheidungsmodells zur dynamischen Kritikalitätsbeurteilung im Asset Management, Dissertation, Leoben.
- Passath, T., Hochstrasser, P., Kühnast-Benedikt, R.; Simbeni, L. (2020b): Anlagenspezifisches Risikomanagement in der gelebten Praxis - Kritikalität, Wissenssicherung und Transparenzsteigerung. In: Biedermann, H. (Hrsg.): Wertschöpfende Instandhaltung: TÜV Media GmbH; TÜV Rheinland Group. ISBN 978-3-7406-0568-1, S. 189–220.
- Passath, T.; Huber, C. (2019): Dynamische Instandhaltungsstrategieanpassung durch Anlagenkritikalitätsbewertung. In: BHM Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, Jg. 164 Nr. 1, S. 7–12.
- Passath, T.; Huber, C. (2020): Asset Management unter der Perspektive der Nachhaltigkeit. In: WingBusiness, Jg. 53 Nr. 3, S. 11–14.
- Passath, T.; Mertens, K. (2019): Decision Making in Lean Smart Maintenance: Criticality Analysis as a Support Tool. In: IFAC-PapersOnLine, Jg. 52 Nr. 10, S. 364–369.
- Pawellek, G. (2016): Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-662-48666-5.
- Petrek, N. (2014): Konstruktion eines Verfahrens zur Signifikanzbewertung von Änderungen im europäischen Eisenbahnwesen, Dissertation, Braunschweig.
- PIMS Associates (05.03.2021): PIMS®: Nine Basic Findings on Business Strategy - PIMS Associates. URL: <https://www.pimsassociates.com/media/pims-nine-basic-findings-on-business-strategy/> (Zugriff: 02.08.2023).
- Porst, R. (2000): Question Wording. In: ZUMA Nachrichten, Jg. Nr. 2.
- Porst, R. (2011): Fragebogen, Ein Arbeitsbuch. 3. Aufl., Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwiss. ISBN 3531179020.
- Porter, M. E. (2013): Wettbewerbsstrategie, Methoden zur Analyse von Branchen und Konkurrenten = Competitive strategy. 12., aktualisierte und erw. Aufl., Frankfurt am Main [u.a.]: Campus-Verl. ISBN 9783593398440.
- The Ninth International Conference on Condition Monitoring and Machinery Failure Prevention Technologies (Hrsg.) (2012): Practical Considerations on Selecting Assets for Condition Monitoring.
- Prof. Dr. Eberhard Feess (19.02.2018): Definition: Komplexität. URL: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/komplexitaet-39259> (Zugriff: 23.05.2023).
- Reichel, J., Müller, G.; Haeffs, J. (2018): Betriebliche Instandhaltung, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-662-53134-1.

- Richtlinie (EU) 2016/797:26.05.2016: Richtlinie (EU) 2016/797 des europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Mai 2016 über die Interoperabilität des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union.
- Richtlinie (EU) 2016/798:11.05.2016: Richtlinie (EU) 2016/798 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Mai 2016 über Eisenbahnsicherheit (Neufassung) (Text von Bedeutung für den EWR).
- Rockart, J. F. (1979): Chief executives define their own data needs. In: Harvard business review, Jg. 57 Nr. 2, S. 81–93.
- Ropohl, G. (2009): Allgemeine Technologie, Eine Systemtheorie der Technik. 3 Aufl., Karlsruhe: Universitätsverlag Karlsruhe. ISBN 978-3-86644-374-7.
- Rudolf Grünig, Frank Heckner; Anja Zeus (1996): Methoden zur Identifikation strategischer Erfolgsfaktoren. In: Die Unternehmung, Jg. 50 Nr. 1, S. 3–12.
- Rüegg-Stürm, J.; Grand, S. (2017): Das St. Galler Management-Modell, Wissenschaftliche Grundlagen und Praxisbeispiele. 3., überarbeitete und weiterentwickelte Auflage, Bern: Haupt. ISBN 9783258080154.
- Salander, C. (2019): Das Europäische Bahnsystem, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. ISBN 978-3-658-23495-9.
- Schröder, H. (1994): Erfolgsfaktorenforschung im Handel. Stand der Forschung und kritische Würdigung der Ergebnisse. In: Marketing ZFP, Jg. 16 Nr. 2, S. 89–106.
- Schröder, W. (2010): Ganzheitliches Instandhaltungsmanagement, Aufbau, Ausgestaltung und Bewertung. 1. Aufl., Wiesbaden: Gabler. ISBN 9783834920386.
- Schwilling, A., Guénard, F.; Nölling, K. (2016): On the digital Track, Leveraging digitalization in rolling stock maintenance, München.
- Seeger, T. (1979): Die Delphi-Methode, Expertenbefragungen zwischen Prognose und Gruppenmeinungsbildungsprozessen, Überprüft am Beispiel von Delphi-Befragungen im Gegenstandsbereich Information u. Dokumentation, Dissertation, Freiburg [Breisgau].
- Stuhr, H., Schneider, P.; Karch, S. (2023): Schienengüterverkehr, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. ISBN 978-3-658-38752-5.
- Suter, G. (2014): Gestaltung eines Eisenbahn Systemmodells für die Untersuchung von komplexen soziotechnischen Problemstellungen, Dissertation, Braunschweig.
- Swedish Transport Administration (Trafikverket) (Hrsg.) (2014): Survey of railway maintenance activities from a planning perspective and literature review concerning the use of mathematical algorithms for solving such planning and scheduling problems.
- Tranfield, D., Denyer, D.; Smart, P. (2003): Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. In: British Journal of Management, Jg. Nr. 14, S. 207–222.
- UNIFE - The European Rail Supply Industry Association (Hrsg.) (2019): UNIFE Vision Paper on Digitalisation.

- Veit, P. (2019): Instandhaltung und Anlagenmanagement des Fahrwegs. In: Fendrich, L.; Fengler, W. (Hrsg.): Handbuch Eisenbahninfrastruktur. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-662-56061-7, S. 1003–1049.
- Velmurugan, R. S.; Dhingra, T. (2015): Maintenance strategy selection and its impact in maintenance function. In: International Journal of Operations & Production Management, Jg. 35 Nr. 12, S. 1622–1661.
- Verordnung (EU) Nr.1025/2012:25.10.2012: Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Oktober 2012 zur europäischen Normung, zur Änderung der Richtlinien 89/686/EWG und 93/15/EWG des Rates sowie der Richtlinien 94/9/EG, 94/25/EG, 95/16/EG, 97/23/EG, 98/34/EG, 2004/22/EG, 2007/23/EG, 2009/23/EG und 2009/105/EG des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung des Beschlusses 87/95/EWG des Rates und des Beschlusses Nr. 1673/2006/EG des Europäischen Parlaments und des RatesText von Bedeutung für den EWR.
- EisbBBV:17.05.2023: Verordnung über den Bau und Betrieb von Eisenbahnen (Eisenbahnbau- und -betriebsverordnung – EisbBBV).
- Vogel, V.; Ziegler, N. (2023): Kritikalität: Von der BSI-KritisV zur NIS2-Richtlinie. In: International Cybersecurity Law Review, Jg. 4 Nr. 1, S. 1–19.
- Werner, H. (2013): Modernes Management von Qualitätskennzahlen. In: Controlling & Management Review, Jg. 57 Nr. 6, S. 40–49.
- Winther, T.: Quick guide to Safety Management based on EN50126 / IEC 62278.
- Wissenschaftlicher Beirat für Verkehr (Hrsg.). Bundesministerium für Digitales und Verkehr (Hrsg.) (2008): Zuverlässigkeit der Verkehrssysteme, Deutschland.

Anhang A: Kennzahlenkatalog

Erfolgsfaktor	RAMS-Kennzahl	Kennzahl	Symbol	Dimension
Zeit	Zuverlässigkeit	Ausfallrate 1/Zeit, 1/Strecke, 1/Zyklus	$\lambda(t)$	1/Zeit, 1/Strecke, 1/Zyklus
Zeit	Zuverlässigkeit	Mittlere Klardauer	MUT	Zeit (Strecke, Zyklus)
Zeit	Zuverlässigkeit	Mittlere (Betriebs-)Dauer bis zum Ausfall (für nicht instandsetzbare bzw. irreparable Elemente)	MTTF	Zeit (Strecke, Zyklus)
Zeit	Zuverlässigkeit	Mittlere (Betriebs-)Dauer zwischen Ausfällen (für instandsetzbare Elemente)	MTBF	Zeit (Strecke, Zyklus)
Zeit/Qualität	Zuverlässigkeit	Ausfallwahrscheinlichkeit	F(t)	dimensionslos
Zeit/Qualität	Zuverlässigkeit	Zuverlässigkeit (Erfolgswahrscheinlichkeit)	R(t)	dimensionslos
Zeit	Instandhaltbarkeit	Mittlere Unklardauer	MDT	Zeit (Strecke, Zyklus)
Zeit	Instandhaltbarkeit	Mittlere (Betriebs-)Dauer zwischen Instandhaltungen (Mean Time between Maintenance)	MTBM	Zeit (Strecke, Zyklus)
Zeit	Instandhaltbarkeit	Mittlere (Betriebs-)Dauer zwischen Instandhaltungen (korrektiv oder vorbeugend)	MTBM(c), MTBM(p)	Zeit (Strecke, Zyklus)
Zeit	Instandhaltbarkeit	Mittlere Instandhaltungszeit (Mean Time to maintain) (vorbeugend)	MTTM	Zeit
Zeit	Instandhaltbarkeit	Reparaturzeit	MTTM(c), MTTM(p)	Zeit
Zeit	Instandhaltbarkeit	Mittlere Reparaturdauer (Mean Repair Time)	MRT	Zeit
Qualität	Instandhaltbarkeit	Fehlzustandserkennungsgrad	FC	dimensionslos
Qualität	Instandhaltbarkeit	Instandsetzbarkeitsgrad	RC	dimensionslos
Zeit/Flexibilität/Qualität	Verfügbarkeit	Verfügbarkeit	A	dimensionslos
Zeit/Flexibilität/Qualität	Verfügbarkeit	Verfügbarkeit inhärent	A _i	dimensionslos
Zeit/Flexibilität/Qualität	Verfügbarkeit	Verfügbarkeit betrieblich	A _o	dimensionslos
Zeit/Flexibilität	Verfügbarkeit	Flottenverfügbarkeit	FA	dimensionslos
Zeit/Qualität	Verfügbarkeit	Fahrplaneinhaltung	SA	dimensionslos oder Zeit
Sicherheit	Sicherheit	Gefährdungsrate	h(t)	1/Zeit, 1/Strecke, 1/Zyklus
Sicherheit	Sicherheit	Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Ausfalls	p _{wsf}	dimensionslos
Sicherheit	Sicherheit	Zeit bis zur Wiederherstellung des sicheren Zustands	-	Zeit
Kosten	Logistikhilfsmittel	Betriebs- und Instandhaltungskosten	O&MC	Geld
Kosten	Logistikhilfsmittel	Instandhaltungskosten (Kosten für anlagenbezogene Verschleißbeobachtung, -hemmung und -beseitigung)	MC	Geld
Kosten/Zeit	Logistikhilfsmittel	Instandhaltungs-Mannstunden	MMH	Zeit (Stunden)
Zeit	Logistikhilfsmittel	Mittlere logistische Verzugsdauer	MLD	Zeit
Zeit	Logistikhilfsmittel	Mittlere administrative Verzugsdauer	MAD	Zeit

Erfolgsfaktor	RAMS-Kennzahl	Kennzahl	Symbol	Dimension
Zeit	Zuverlässigkeit/Verfüg	Verspätungsminuten		Zeit
Zeit	Zuverlässigkeit/Verfüg	Störungsanzahl		dimensionslos
Flexibilität		Lage der Anlage - Zugdichte		GIS
Flexibilität		Lage der Anlage - Frequenz (mittlere Anzahl Reisende pro Zeiteinheit)		GIS
Kosten	Verfügbarkeit/Instandh	Ausfallkosten (Kosten, die durch Stillstand anfallen --> Konnex Betriebserschwerungskosten)		Geld
Kosten	Verfügbarkeit	Wiederbeschaffungswert		Geld
Kosten	Instandhaltbarkeit	IH-Kosteneffizienz (Kosten für Personal-, Material- und Fremdleistung bezogen auf alle IH-Tätigkeiten)		%
Kosten	Instandhaltbarkeit	IH-Intensität (Verhältnis von Instandhaltungskosten zu Wiederbeschaffungswert)		%
Kosten	Instandhaltbarkeit	Vorbeugungsgrad (zur Einschätzung, wie viel der Gesamtkosten auf die vorbeugende Instandhaltung fällt)		%
Zeit	Instandhaltbarkeit	Wartungsaufwand (zur Einschätzung des durchschnittlichen stündlichen Aufwand der Instandhalter bei einer Wartung)		%(Kosten/Zeiteinheit)
Qualität	Verfügbarkeit	Überfällige Wartungen (Anzahl der Wartungen, welche das "Due Date" überschritten haben)		dimensionslos
Qualität	-	Mitarbeiterzufriedenheit		dimensionslos
Qualität	Verfügbarkeit/Instandh	Fehlerhäufigkeit		dimensionslos
Kosten	-	Life Cycle Costs (Lebenszykluskosten)		Geld
Flexibilität	Verfügbarkeit	Mitarbeiterflexibilität (-verantwortung, -qualifikation)		dimensionslos
Flexibilität	Verfügbarkeit	Personalauslastungsgrad (Verfügbare eite der Mitarbeiter für wertschöpfende Tätigkeiten)		Zeit
Qualität	Verfügbarkeit/Zuverläss	Unpünktlichkeit		Zeit
Qualität	Sicherheit	Anzahl sicherheitskritischer Vorfälle		dimensionslos
Qualität/Flexibilität	Zuverlässigkeit	Ersatzteilverfügbarkeit		dimensionslos
Flexibilität	-	Fremdleistungsanteil		%
Qualität/Flexibilität	Instandhaltbarkeit	Qualifikation IH		dimensionslos
Qualität/Flexibilität	-	Schulungsrate (Anzahl der Schulungen/Schulungstage je Mitarbeiter in einer bestimmten Periode)		dimensionslos
Umwelt	Sicherheit	Umweltgrenzwerte		-
Umwelt	Sicherheit	Lärmgrenzwerte		-
Umwelt	Sicherheit	CO2-Emissionsrate		-
Umwelt	Sicherheit	Umweltschäden		dimensionslos
Umwelt	Sicherheit	Sicherheit (Anzahl der möglichen Arbeitsunfällen bzw. Arbeitsunfällen je Periode)		dimensionslos

Anhang B: Normensammlung

Zeile	Erwähnung in	Name	Bezeichnung
1	ASI	ÖNORM EN 16910	Bahnanwendungen - Schienenfahrzeuge - Anforderungen an die zerstörungsfreie Prüfung an Fahrwerken in der Instandhaltung
2	ASI	ÖNORM EN 17018	Bahnanwendungen - Instandhaltung von Eisenbahnfahrzeugen - Begriffe
3	ASI	ÖNORM EN 15723	Bahnanwendungen - Verschluss- und Sicherungsteile von Ladegutschutzeinrichtungen gegen Umwelteinflüsse - Anforderungen an Festigkeit, Bedienbarkeit, Kennzeichnung, Instandhaltung, Entsorgung
4	ASI	ÖNORM EN 17023	Bahnanwendungen - Instandhaltung von Eisenbahnfahrzeugen - Erstellung und Änderung von Instandhaltungsplänen
5	ASI	ÖNORM EN 14033	Bahnanwendungen - oberbau - Schienengebundene Bau- und Instandhaltungsmaschinen
6	ASI	ÖNORM EN 13231	Bahnanwendungen - Oberbau - Abnahme von Arbeiten
7	ASI	ÖNORM EN 16729	Bahnanwendungen - Infrastruktur - Zerstörungsfreie Prüfung an Schienen im Gleis
8	ASI	ÖNORM EN 15955	Bahnanwendungen - Infrastruktur - Ausgleisbare Maschinen, Anhänger und zugehörige Ausstattung
9	ASI	ÖNORM EN 13848	Bahnanwendungen - Oberbau - Gleislagequalität
10	ASI	OVE EN 50126	Bahnanwendungen - Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS)
11	ASI	ÖVE/ÖNORM EN 50159	Bahnanwendungen - Telekommunikationstechnik, Signaltechnik und Datenverarbeitungssysteme - Sicherheitsrelevante Kommunikation in Übertragungssystemen (englische Fassung)
12	allgemein	DIN EN ISO 9000	Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe
13	allgemein	DIN EN ISO 9001	Qualitätsmanagementsysteme - Anforderungen
14	allgemein	ISO 5500X-Reihe	Asset Management
15	allgemein	ISO 31000	Risikomanagement
16	allgemein	ISO 45000	Managementsysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit
17	RVE 12.01.01	VOLV	Verordnung Lärm und Vibrationen, BGBl. II Nr. 22/2006, idgF
18	RVE 12.01.01	SVE	Sonderevereinbarungen Eisenbahnwesen, BAIK, Stand 01. Oktober 2002
19	RVE 12.01.01	TEN	Transeuropäisches Netz

Anhang B: Normensammlung

Zeile	Erwähnung in	Name	Bezeichnung
20	RVE 12.01.01	TRVB	Technische Richtlinien vorbeugender Brandschutz des Österreichischen Bundesfeuerwehrverbandes, idgF
21	RVE 12.01.01	RVE Eisenbahnwesen	Richtlinien und Vorschriften für das Eisenbahnwesen
22	RVE 12.01.01	EisbAV	Eisenbahn-ArbeitnehmerInnenschutzverordnung, BGBl. II Nr. 384/1999, idgF
23	RVE 12.01.01	EisbBBV	Eisenbahnbau- und -betriebsverordnung, BGBl. II Nr. 398/2008, idgF
24	RVE 12.01.01	EisbVO 2003	Eisenbahnverordnung 2003, BGBl. II Nr. 156/2014, idgF
25	RVE 12.01.01	EisbG	Eisenbahngesetz, BGBl. Nr. 124/2011, idgF
26	RVE 12.01.01	CSM	Common Safety Methods, Verordnung (EG) Nr. 352/2009 der Kommission über die Festlegung einer gemeinsamen Sicherheitsmethode für die Evaluierung und Bewertung von Risiken
27	RVE 12.01.01	TSI	Technische Spezifikationen Interoperabilität --> EU RL797
28	allgemein	Verordnung (EU) Nr. 1315/2013	
29	allgemein	DIN/ÖNORM EN 16646	Maintenance within Asset Management
30	allgemein	(EU) 2016/797	Interoperabilitätsrichtlinie
31	allgemein	(EU) 2016/798	Sicherheitsrichtlinie
32	allgemein	(EU) 2016/796	Verordnung - Eisenbahagentur der Europäischen Union
33	allgemein	(EU) 2015/1136	Durchführungsverordnung über die gemeinsame sicherheitsmethode für die Evaluierung und Bewertung von Risiken
34	allgemein	(EU) 2015/762	Verordnung
35	allgemein	(EU) 2018/762	Delegierte Verordnung über gemeinsame Sicherheitsmethoden bezüglich der Anforderungen an Sicherheitsmanagementsysteme
36	allgemein	SchiV	Schienenverkehrslärm-Immissionsschutzverordnung
37	allgemein	Nr. 1025/2012	europäische Normungs-Verordnung
38	allgemein	NormG 2016	Normengesetz 2016
39	allgemein	(EU) 2019/779	Durchführungsverordnung mit Durchführungsbestimmungen für ein System zur Zertifizierung von für die Instandhaltung von Fahrzeugen zuständigen Stellen gemäß RL 798
40	allgemein	ISO 14001	Umweltmanagementsystemnorm für Umweltmanagementsysteme
41	allgemein	EMAS	Eco-Management and Audit Scheme

Anhang C: Fragebogen

Vielen Dank, dass Sie an der Umfrage teilnehmen und damit einen Beitrag zur Ermittlung der relevanten Erfolgsfaktoren und Einschätzung der Wichtigkeit der Risikobetrachtung im Schieneninfrastrukturbereich leisten.

Teil A: Demografische Fragen

Im Folgenden bitte ich Sie mir Informationen bezüglich Ihrer Person, ihrem Unternehmen und ihrem Verantwortungsbereich zu geben.

A1. In welchem Unternehmen sind Sie tätig?

A2. Wie ist Ihr Name?

A3. In welcher Position sind Sie tätig?

A4. Was ist Ihr Aufgabenfeld?

Schlagwörter sind hierbei als Antwort ausreichend

A5. Bitte hinterlassen Sie hier Ihre E-Mail-Adresse für die weitere Kontaktaufnahme:

Diese wird ggfls. zur Terminvereinbarung für ein weiteres Interview genutzt.

Sollten Sie Interesse an den Ergebnissen der Befragung haben, können Sie dieses am Ende der Umfrage bekanntgeben und werden die Ergebnisse in anonymisierter Form nach Auswertung auf dieser E-Mail-Adresse erhalten.

Teil B: Erfolgsfaktoren und Einflusskriterien

In diesem Teil der Umfrage geht es um die Erfolgsfaktoren Ihres Unternehmens und die sich daraus ergebenden Einflusskriterien.

B1. Was sind die Erfolgsfaktoren Ihres Unternehmens?

Umwelt

Qualität

Zeit

Kosten

Flexibilität

B2 Was sind die Erfolgsfaktoren der Instandhaltung?

Umwelt -
Energieeffizienz

Qualität - Produktqualität / Prozessqualität / Potenzialqualität

Zeit

Kosten

Flexibilität

Verfügbarkeit

Sicherheit

Integrität

B3. Wie wichtig sind die Erfolgsfaktoren zur Zielerreichung in Ihrem Unternehmen?

Sehr wichtig

Wichtig

Kaum Wichtig

Unwichtig

B4. Was sind die wesentlichen Kriterien bzw. Kennzahlen, die den Erfolgsfaktor Umwelt beeinflussen?

*Beispiele für Kriterien im Bereich Umwelt und Sicherheit:
Umweltgrenzwerte Lärmgrenzwerte CO2-Emissionsrate
Anlagensauberkeit Energieverbrauch etc.*

B5. Was sind die wesentlichen Kriterien bzw. Kennzahlen, die den Erfolgsfaktor Qualität beeinflussen?

*Beispiele für Kriterien im Bereich Qualität: Wartungen, Inspektionen
Instandhaltungsquote Fehlerhäufigkeit Mitarbeiterzufriedenheit zuverlässige
Konstruktion etc.*

B6. Was sind die wesentlichen Kriterien bzw. Kennzahlen, die den Erfolgsfaktor Zeit beeinflussen?

*Beispiele für Kriterien im Bereich Zeit:
Anlagenverfügbarkeit MTBF MTTR
Ausfallszeit Wartungsaufwand etc.*

B7. Was sind die wesentlichen Kriterien bzw. Kennzahlen, die den Erfolgsfaktor Kosten beeinflussen?

*Beispiele für Kriterien im Bereich Kosten: Ausfallkosten
Instandhaltungskosten IH-Kosteneffizienz*

Vorbeugungsgrad etc.

B8. Was sind die wesentlichen Kriterien bzw. Kennzahlen, die den Erfolgsfaktor Flexibilität beeinflussen?

*Beispiele für Kriterien im Bereich Flexibilität:
Mitarbeiterflexibilität Fremdleistungsanteil
Vorbeugungsgrad (IH) Personalauslastungsgrad etc.*

Teil C Anlagenbewertung und Instandhaltungsstrategie

Dieser Teil der Umfrage soll dazu beitragen einen Einblick in Ihr Asset Management zu erhalten.

Anmerkung: Sollte Ihr Unternehmen nicht über eigene (Schienen-)Infrastrukturanlagen verfügen, können Fragen bezüglich der Vorgehensweisen nach Erfahrungswerten aus der Industrie bzw. bekannten Best-Practice-Vorgehensweisen beantwortet werden. Hinterlassen Sie auch gerne Anmerkungen in den Kommentarspalten

C1. Welche Bereiche der Schieneninfrastruktur erachten Sie als kritisch?

Gleis (Schienen, Schwellen, Schienenbefestigung, Schotter)

Weichen

Eisenbahnbrücken, Tunnel, Ingenieurbauwerke

Leit- und Sicherungstechnik

Bahnübergänge

Energieversorgungsanlagen

Bahnbetriebliche Telekommunikationstechnik

Sonstiges

Sonstiges

C2. Kennen Sie ihre kritischen Anlagen im Bereich der Schieneninfrastruktur?

Ja

Nein

C3. Wie werden derzeit kritische Anlagen identifiziert?

Sollten Sie Anmerkungen haben, nutzen Sie gerne die Kommentarspalte.

Anhand von Erfahrungswerten

Anhand von historischen Daten

Durch Kritikalitätsbeurteilung (umfassender Kriterienkatalog)

Durch Risikobewertung (FMEA)

gar	nicht <input type="checkbox"/>
	Checklisten <input type="checkbox"/>
	ABC-Klassifikation <input type="checkbox"/>
Fehlerbaumanalyse	(FTA) <input type="checkbox"/>

Event Tree Analyse (ETA)

Kommentar

Sonstiges

Sonstiges

C4. Wird aktuell eine Software für die Kritikalitätsbewertung verwendet?

Nein

Ja, es wird folgende Software verwendet (Name):

Ja, es wird folgende Software verwendet (Name):

C5. Ist die Verwendung einer Software für die Risikobewertung/Identifikation kritischer Anlagen in Zukunft gewünscht?

Ja

Nein, weil:

Nein, weil:

C6. Handelt es sich bei der Anlagenbewertung um einen laufenden Prozess?

Ja

Nein

C7. Wie oft wird die Bewertung durchgeführt?

- jährlich
- halbjährlich
- vierteljährlich
- monatlich
- täglich
- Sonstiges

Sonstiges

C8. Warum haben Sie eine dynamische Bewertung implementiert?

Sie haben angegeben, dass es sich bei der Anlagenbewertung in Ihrem Unternehmen um einen laufenden Prozess handelt.

- Normative Anforderungen (z.B. En 5012x-Normenreihe, ECM-Zertifikat, etc.)
- Risikobetrachtung als Teil der Unternehmensphilosophie
- Etablierter Prozess - Teil von Arbeitsplan
- Dynamisches Unternehmensumfeld / Dynamische Marktanforderungen
- Risikobetrachtung als Teil des Qualitätsmanagements
- Sonstiges

Sonstiges

C9 Welche der folgenden risikoorientierten Normen haben Sie bereits eingeführt?

Sie haben angegeben, dass Sie den Prozess der Risikobewertung von Anlagen aufgrund von normativen Anforderungen eingeführt haben.

EN 50126-1:2017 - RAMS

EN 50126-2:2017 - RAMS

ECM Verordnung (EU) 2019/779

EN 50128 (IEC 62279) - Software

EN 50129 (IEC 62425) -

Systemsicherheit ISO 55000

ISO 27001

Sonstiges

Sonstiges

C10. Ist in Zukunft geplant eine Risikobewertung zu implementieren?

Ja

Nein

C11. Fließt die Risikobetrachtung in die Instandhaltungsstrategiefestlegung mit ein?

Ja

Nein

C12. Welche Instandhaltungsstrategie verfolgen Sie aktuell bei ihren Anlagen?

Bitte wählen Sie die vorherrschende IH-Strategie aus und hinterlassen Sie gerne Anmerkungen in der Kommentarspalte.

Reaktive (ausfallorientierte) Instandhaltung: Bei der ausfallorientierten Instandhaltung wird der Ausfall eines Instandhaltungsobjekts abgewartet und dieses erst dann wieder instandgesetzt.

Präventive (vorbeugende) Instandhaltung: Hierbei erfolgt der Austausch der Komponente noch vor Eintreten des Ausfalls. Das Ausfallverhalten und der Ausfallzeitpunkt sind bekannt und der Tausch findet periodisch, zeit-, betriebs- oder laufleistungsabhängig statt.

Prädiktive (zustandsorientierte) Instandhaltung: Bei dieser Strategie ist das Ziel den Abnutzungsvorrat einer Komponente so gut wie vollständig auszunutzen und trotzdem rechtzeitig vor einem ungeplanten Ausfall die Einheit wieder instand zu setzen.

Perfektive (anlagenverbessernde) Instandhaltung: Ziele dieser Strategie sind neben dem normalen "In-Stand-halten" auch die nachhaltige

Schwachstellenbeseitigung und/oder eine Erweiterung des Funktionsumfangs des Betrachtungsobjektes. Ergänzung der anderen Strategien. (Biedermann, 2018: 68f)

Reaktive (ausfallorientierte) Instandhaltung

Präventive (vorbeugende) Instandhaltung

Prädiktive (zustandsorientierte) Instandhaltung

Perfektive (anlagenverbessernde) Instandhaltung

C13. Passen Sie ihre Instandhaltungsstrategie regelmäßig an?

Ja

Nein

C14. Wie oft findet eine Anpassung statt?

C15. Welchen Stellenwert geben Sie der Risikobewertung im Zuge der dynamischen Instandhaltungsstrategie-Anpassung?

1 - sehr hoher Stellenwert

2 - hoher Stellenwert

3 - neutral

4 - geringer Stellenwert

5 - nicht wichtig

1

2

3

4

5

C16. In welchen Bereichen der Infrastruktur passen Sie die Instandhaltungsstrategie laufend an?

in allen Bereichen

in folgenden Teilbereichen:

in folgenden Teilbereichen:

C17. Bei welchem Anlagentyp passen Sie ihre Instandhaltungsstrategie laufend an?

für alle Anlagen

nur für kritische Anlagen

für Engpassanlagen

C18. Wer ist für die Anpassung zuständig?

Auswahl Person: Ergänzen Sie bitte die konkrete Bezeichnung der Position dieser Person im Kommentarfeld

Auswahl Abteilung: Ergänzen Sie bitte die Bezeichnung der Abteilung/des Unternehmensbereichs im Kommentarfeld

Auswahl Software: Ergänzen Sie bitte den Namen der Software/des Softwareanbieters im Kommentarfeld

Auswahl Sonstiges: Ergänzen Sie bitte, wer ansonsten dafür zuständig ist

Einzelperson

Abteilung/Unternehmensbereich

Software

Sonstiges

Teil D: Neuanschaffung von Anlagen

In diesem Teil der Umfrage geht es um den Stellenwert der Risikobewertung bei der Neuanschaffung von Anlagen.

Anmerkung: Sollte Ihr Unternehmen nicht über eigene (Schiene-)Infrastrukturanlagen verfügen, können Fragen bezüglich der Vorgehensweisen nach Erfahrungswerten aus der Industrie bzw. bekannten Best-Practice-Vorgehensweisen beantwortet werden. Hinterlassen Sie auch gerne Anmerkungen in den Kommentarspalten.

D1. Führen Sie für Neuanlagen eine Risikobewertung VOR Inbetriebnahme durch?

Ja

Nein

D2. Fließt die Risikobewertung bei der Neuanschaffung von Anlagen mit ein bzw. wird als Basis für Investitionsentscheidungen herangezogen?

Ja

Nein

D3. Für welche Anlagen führen Sie eine Risikobewertung vor der Inbetriebnahme durch?

alle Anlagen

kritische Anlagen

Engpassanlagen

Anderer Anlagentyp:

Anderer Anlagentyp:

D4. Haben Sie Interesse an den (anonymisierten) Ergebnissen der Umfrage?

Wenn ja, werden Sie diese nach Auswertung auf der angegebenen E-Mail-Adresse erhalten.

Ja

Nein

Vielen Dank für die Teilnahme und die Beantwortung der Fragen.

Anhang D: Transkription Interview Teilnehmer 7

- Unternehmensart: Komponentenhersteller
- Position: Senior Vice President Life Cycle Solutions
- Aufgabenfeld: Building the lifecycle solutions portfolio, coordination and drive of groupwide LCC- and RAMS activities

I steht im Folgenden für die interviewende Person (Franziska Schneditz-Bolfras).

Fragen 1 und 3 nehmen Bezug auf folgende Antworten:

- **B1:** EF von Unternehmen: 1. Kosten, 3. Qualität, 3. Umwelt, 4. Zeit, 5. Flexibilität
- **B2:** EF d. IH: 1. Sicherheit, 2. Integrität, 3. Qualität, 4. Kosten, 5. Verfügbarkeit, 6. Zeit, 7. Umwelt, 8. Flexibilität
- **B3:** Einstufung: wichtig

1. Warum haben Sie dem Erfolgsfaktor „Umwelt“ in Bezug auf die Instandhaltung eine geringe Wichtigkeit zugeschrieben? (Platz 7 von 8)

Teilnehmer 7: „Ich habe es in diesem Sinne aus Instandhaltungsplanung bewertet und mir überlegt, wenn ich mal in meine Kunden denke, über welche Argumente lassen sie sich überzeugen. Also wenn ich sage, ich halte weniger Instand und dann ist die Befahrung deiner Infrastruktur unsicher, dann sagen die zu mir, nein. Und dann habe ich da einfach überlegt, in welcher Reihenfolge was wäre und bin so zu dem Schluss gekommen, Umwelt dahin zu legen. Was natürlich nicht heißt, dass Umwelt völlig egal ist, aber wenn ich abwägen muss und sagen muss, halte ich das in einer bestimmten Zeit instand oder wende ich zum Beispiel ein Verfahren an was langsamer ist, dafür aber umweltschonender. Wenn mir die Kunden sagen, dann halte bitte in meiner Sperrpause instand, weil das führt zu dem größeren Umweltziel, dass ich Schienenverkehr laufen lassen kann. So um Beispiele zu haben. Deshalb habe ich Umwelt auf diesen Platz angeführt. Heißt natürlich nicht, dass Umwelt egal ist. Also wir wissen, Instandhaltungsmaschinen unterliegen gewissen Umweltkriterien, da kann ich nicht alles machen. Abfallprodukte unterliegen Umweltkriterien, es gibt Lärmschutzkriterien und so weiter und so fort. Das sind Rahmenbedingungen. Wenn ich die nicht einhalte, brauche ich gar nicht jetzt anzufangen. Aber wenn ich hier eben entscheiden muss, was ist das Relevante.“

2. Wo sehen Sie Möglichkeiten CO2-Emissionen einzusparen?

Teilnehmer 7: „Die Frage ist ja, welche Produkte setze ich ein. Beispiel, ich habe eine Holzschwelle, die mit Glyphosat getränkt ist, wechsele ich die auf ein anderes Produkt, wenn ich instandhalte, was umweltfreundlicher ist. Also da kann man was machen. Dann gibt es sicherlich, wenn ich die Instandhaltung ein bisschen weiterfasse in die Infrastruktur im Rahmen von Grünschnitt und ähnlichen Sachen, Verfahren, da schmeiße ich Gift in die Landschaft, das ist sicherlich nicht umweltschonend oder ich nutze eben andere Methoden. Also auch da methodisch, dann natürlich maschinell.

Also habe ich Maschinen, das können aber auch kleine Maschinen sein, wie treibe ich die an, mit welchem Kraftstoff, wie laut sind sie. Das ist glaube ich auch ein wesentlicher Faktor, Lautstärke und Vibration, weil das eben Sekundäreffekte hat. Wenn es laut ist, dann können meine Anwohner schlechter schlafen, wenn es vibriert, muss ich es öfter tauschen, weil andere Schäden entstehen können. Also da gibt es verschiedene Sachen, wo ich einfach Prozesse verändern kann, wo ich eingesetzte Tools verändern kann, wo ich eingesetzte Ersatzteile verändern kann. Das ist die Frage, was will ich tun. Also zusammenfassend es sind nicht nur die Großmaschine.“

- 3.** Welche Kennzahlen fließen Ihrer Meinung nach in die Erfolgsfaktoren der Instandhaltung mit ein? (TOP 4: Sicherheit, Integrität, Qualität, Kosten)
- a. Wie können diese gemessen werden? (Stichwort Datenerhebung)

Teilnehmer 7: „Im Endeffekt komme ich immer wieder auf (je nachdem über welchen Kunden ich nachdenke) auf Subsets der RAMS-Kennzahlen, also MTBF, MTBM, AF und so weiter und so fort. Und es ist eine Art und Weise der Lifecycle-Kosten. Also das eine ist technisch, das andere ist dann wirklich Kosten. Und je nachdem, wie der Kunde aufgestellt ist, ist meine Erfahrung zählen kurzfristige oder langfristige Kosten. Kunden, die Unternehmensziele haben, da rede ich jetzt bewusst über Unternehmensziele, die dann auf die Instandhaltung zurückfließen, über die nächsten zwei Jahre muss es möglichst billig sein, da brauche ich nicht mit Lebenszykluskosten anzufangen. Die gucken über den Einzelauftrag und entweder sie vergeben einen Rahmenvertrag und gucken da, was das Billigste ist, oder sie geben eben einen Einzelauftrag und sagen, dieser Auftrag, also was weiß ich, handgeführtes Stopfen einer Weiche, muss der Billigste sein. Und dann brauche ich nicht mit weiteren Kriterien anzukommen, dann will es der Kunde anders haben. Und dann zählt für ihn in dem Falle auch tatsächlich der Preis, weil er sagt, mein Instandhaltungsregelwerk ist so präzise, dass ich größere Ziele sowieso reguliere. Das Thema zweifle ich noch an. Weil die Instandhaltungsregelwerke in der Regel auf Erfahrung basieren, auf statistischen Analysen basieren und auf am Markt verfügbaren Optionen basieren und relativ starr sind. Das musst du auch mitgekriegt haben. Man kann die relativ selten wechseln. Es ist relativ kompliziert, wie man sie wechselt. Warum? Weil dahinter ein komplexes System steht. Und damit kann ich nicht sagen, ich habe jetzt hier super Kriterien, wenig Gleissperrung, schnelle Instandhaltung, lange Lebensdauer im Anschluss, wenn es nicht ins Regelwerk passt, geht nicht. So, deshalb glaube ich einfach an Kriterien. Man kann weiter messen, indem man möglichst den Nerv der Zeit trifft. Z.B. CO₂-Fußabdruck, Dauer der Instandhaltung, Zuverlässigkeit der Zeitintervalle, Lebensdauer und dann eben, wenn ich sage, Zeit zwischen Instandhaltung, das ist so die größte Rahmenzahl meiner Meinung nach. Wenn ich Tote per Asset nicht mitrechne. Und dann, wie gesagt, lies es in der Iso nach, geht es ja beliebig weiter runter. Jeder Kunde, jeder große Kunde mit komplexer Infrastruktur hat ein Instandhaltungsregelwerk. Und da stehen Messwerte in der Regel drin, was ist gut, was ist schlecht, was ist mit Aufmerksamkeit, Grenzen für Instandhaltung. Die meisten sind da in einem SR-Schema. Und die Zahlen wollen die Kunden zuerst sehen. Weil das können sie anwenden, ohne ihr Regelwerk verändern zu müssen. Ohne ihre heutigen Prozesse verändern zu müssen. Dann kann man weitergehen. Der Schlüssel zum Erfolg, wie gesagt, aus meiner Erfahrung, ist wirklich, begreife das, was du als Hersteller nutzt, als

der Versuch, sich maximal in die Wertschöpfungskette des Kunden zu integrieren. Und wenn der Kunde dir dann vertraut, weil du seine Werte reproduzieren kannst, dann fange an langsam zu verändern und hör dem Kunden immer wieder zu. Der Kunde muss seine Organisation im Nachgang managen. Wir wollen ja nicht Kennzahlen ausgeben, um Kennzahlen auszugeben und nie wieder was zu ändern, sondern wir wollen, in meinem Verständnis, Kennzahlen ausgeben, um dann in eine kontinuierliche Innovation zu gehen oder eine Veränderung zu gehen. Das bedeutet, ich muss an das Instandhaltungsregelwerk und das bedeutet, ich brauche absolutes Vertrauen.

Fragen 4-5 nehmen Bezug auf die Antworten auf die Fragen: C1
Im Fragebogen haben Sie angegeben, dass sie alle Bereiche der Schieneninfrastruktur als kritisch erachten. Außerdem haben Sie auch „Sonstiges“ ausgewählt.

4. Fallen Ihnen noch mehr Bereiche der Schieneninfrastruktur an, die definitiv als kritisch zu erachten sind?

Teilnehmer 7: „Ne, das war einfach, dass ich gesagt habe, ich sehe nichts in der Schieneninfrastruktur, was nicht kritisch wäre. Also wenn du mich andersrum fragen würdest, was ist dabei, was nicht kritisch ist, dann wäre die erste Frage, was klassifizierst du als Schieneninfrastruktur? Ist der Handlauf an der Bahnsteigkante kritisch? So, jetzt bist du bei, wenn du jetzt sagen würdest, Stationen zum Beispiel. Hast du hier nicht einzeln aufgeführt? Gilt das als Ingenieurbauwerk? Würde ich eher nicht sagen. Gilt es als was anderes? Und dann bin ich eben bei Bahnhofskante ist kritisch. Dann bin ich bei äußeren Gegebenheiten, also ich habe eine Strecke die durch das Tal führt, die Talsperren, die Schotter, ich weiß gar nicht wie die heißen, das wird gegen Landslide und Rockfall, wie heißt das auf Deutsch? Also das sind die Felsen, die abspringen und runterfallen und so weiter. Da hast du Sicherheitsteile, die sind kritisch und so weiter und so fort. Und die Frage ist natürlich kritisch in welchem Zusammenhang. Kritisch mit Impact auf Availability, kritisch im Hinblick auf XYZ.“

I: „Mit kritisch meinen wir in diesem Zusammenhang, wenn wir das jetzt wieder auf die Erfolgsfaktoren beziehen: alles was einen negativen Impact auf jegliche Erfolgsfaktoren, auf die Instandhaltungsplanung, auf Kosten, auf Qualität, auf Verfügbarkeit, also auch auf alle RAMS-Kennzahlen hat. Also kritisch ist sobald Ausfall möglich.“

Teilnehmer 7: „Da bin ich bei allem und es kommt immer wieder darauf an, Beispiel bahnbetriebliche Telekommunikationstechnik ist aus meinem Wissen heraus nicht besonders wartungsanfällig. Wenn sie funktioniert ist auch alles gut. Aber wenn einer Schnippschnapp macht, so wie es passiert ist in Frankfurt, ich glaube es war Frankfurt und in Berlin oder Hannover bei der Deutschen Bahn vor einem Jahr, ja da stand plötzlich das halbe Netz, weil ein einziges Kabel durchgeschnitten war. Ist also super kritisch, ist auch als kritisch relevante Infrastruktur gelistet. Energieversorgungsanlagen, wenn da was ausfällt, geht gar nichts mehr. Bahnübergang, naja, für den Zugverkehr vielleicht nicht so, aber wenn da eine Schranke nicht funktioniert, kann es direkt gleich Menschenleben fordern. Und so komme ich halt in der Argumentation da draus, es ist alles kritisch, es kommt immer auf die Brille an und auf das Ziel.“

5. Sie haben alle Bestandteile als kritisch bewertet. Wie würden Sie die Bereiche der Infrastruktur nach Kritikalität reihen? (C1)

Teilnehmer 7: „Und auch da bin ich wieder bei allem, weil das Problem ist, ich habe immer weniger Leute für die Entscheidung und die muss ich planen. Und die Planzyklen, die ich von großen Infrastrukturen kenne, sind in der Regel drei Monate. Es können auch mal zweieinhalb sein, es können auch mal vier sein. Aber so, dass du eine Idee kriegst. Alles, was da drunter ist, ist in der Regel schon Notfallmanagement. Und dann gibt es natürlich das Echtzeitmanagement, wo gerade was ausfällt. Aber alles, was einen kürzeren Planungsvorlauf als drei Monate hat, löst Sand im Getriebe aus, das löst Chaos aus, das löst Unplanbarkeit aus und das löst aus, dass du anfängst zu priorisieren und mögliche Dinge gar nicht mehr tust. Und damit einen Kostenimpact hast. Und damit ist auch wieder alles relevant in der Vorhersage. Das einzige Kriterium, was mir einfiele, um das auszusortieren, das hat dann aber nichts mehr mit der DTM zu tun, sondern mit der voestalpine wäre, wo glaubt uns der Kunde, dass wir dort am ehesten helfen können? In der Art und Weise der Optimierung, in den Ansätzen, im gemeinsamen Diskurs, wie wird es gemacht, wann wird es gemacht? Und das sind natürlich die Produkte, die wir selber herstellen. Sodass ich da sagen würde, in den Bereichen macht es Sinn, DTM für die Weichenwerke zum Beispiel oder DTM für das Schienenwerk oder DTM für die Instandhaltungsfirmen einzusetzen, um da eben eine Datenbasis für künftige Optimierungsvorschläge zu haben. Um nicht hinzugehen und zu sagen, das führende Systemhaus glaubt uns, sondern indem wir hingehen und sagen können, guck mal, basierend auf den Daten, basierend auf den folgenden Annahmen würden wir es verändern, wenn wir es wären, dafür dann bezahlt zu werden oder eine Veränderung zu kriegen oder whatever. Das hat aber mit der DTM als solche nichts zu tun.“

Ein ganz wichtiger Punkt, den ich im Fragebogen gar nicht behandle, aber in meiner Masterarbeit, ist in dem Zusammenhang für mich auch **Wissensmanagement** und die Rolle davon.

6. Was sind denn die Herausforderungen des Wissensmanagements in der Instandhaltung?

Teilnehmer 7: „Ich glaube das Hauptthema, was das Wissensmanagement angeht ist, dass die Generation, die noch weiß, warum Instandhaltungsmanuals ausgegeben wurden und was dahinter war, dass die ausgestorben ist. Das ist, glaube ich, das Hauptproblem. Das kriegen wir allerdings mit Asset-Management-Software auch nicht mehr hin und nachgeholt. Dann ist sicherlich ein Thema, dass vieles auf Herstellerseite unkoordiniert läuft. Und dass wir auf Betreiberseite ein Datenqualitätsproblem haben. Es ist einfach, dass du mit IT-Begleitung sauber Daten ablegen kannst, dass du strukturiert Daten ablegen kannst, die wirklich verlässlich sind, dem ist einfach nicht so. Also viele haben zum Beispiel für eine visuelle Inspektion, das ist ein Freitext, den du eintragen kannst und damit kannst du nicht mehr maschinell auswerten. Es ist aber Verfahrensimplicit, das jetzt alles durch zu regulieren, hat dann aber auch wieder das Problem, wenn du jetzt nur noch Lockdowns hast, damit du auswerten kannst, dann sagt der Instandhalter da draußen ist im Zweifel, naja, das was ich jetzt hier sehe, kann ich nicht mehr eintragen. Dann halt nicht. Dann hast du auch wieder einen

Trugschluss. Dann weißt du auch wieder nicht, was wo ist. Also ich glaube, wir haben einfach ein höchst komplexes System, das wir nicht in einfachen Modellen abbilden können. Und damit haben wir einen Ansatz, der immer wieder auch auf Erfahrungen beruht und in der heutigen Zeit auch auf Mut zur Veränderung. Früher wussten die Leute noch, warum ist was wie, warum haben wir zum Beispiel einen Grenzwert von vertikaler Stellenbewegung in Weichen von 3 mm. Das ist nicht gekommen, weil da irgendwer irgendwas modelliert hat und gesagt hat. Sondern weil man festgestellt hat und die Erfahrung gesammelt hat, dass der Stellgestänge von Weichenantrieben bricht. Und dann hat man gesagt, naja, dann können wir auch die 3 mm Grenzwert allgemein machen, denn niemand stopft nur zwei Schwellenfächer. Und so sind die 3 mm gekommen. Wenn das keiner mehr weiß, also wenn wir jetzt mal 30 Jahre weiter sind und das weiß keiner mehr und dann sagt irgendwer, und jetzt ändern wir das mal, dann heißt es dann, oh Gott. Also auf zwei Millimeter ist es in Ordnung, aber auf vier Millimeter, oh Gott, wer weiß, was dahintersteht. Das ist das gleiche Phänomen, was du beim jungen Ingenieur hast, der entwickelt eine Schraubenverbindung und hat dann einen Klemmlängenunterschied von 0,01 Millimetern gegenüber Norm. Der sagt, das darf ich nicht auslegen. Ändert die Gesamtkonstruktion, die er da tut. Ein alter Ingenieur würde wahrscheinlich eine Risikoanalyse machen, würde sich angucken, was ist der Impact? Habe ich hier wirklich einen Teil, der zu einem großen Impact führen kann? Dann würde er es wahrscheinlich sogar nach Norm machen und sonst eben sagen: kommt, gefolgt ist meine Einschätzung und aus den folgenden Gründen kann ich hier abweichen. Es ist ja nur eine Norm, es ist ja nicht tödlich. Na, das Mindesthaltbarkeitsdatum kennt man auch vom Essen. Und das sind eben viele Interpretationssachen. Ich glaube, das ist das Hauptthema am Knowledge Management, dass man das angucken muss. Und kurzfristig sind natürlich Sachen, die einfach relevant in der Kommunikation sind, im Knowledge Management. Also, wenn ich als Infrastrukturbetreiber vorhabe, Performance-Based-Contracting zum Beispiel zu machen, Und dann sage ich, ich möchte eine Mindestperformance von 90 Prozent haben oder eine MTBF von so und so viel Jahren, dann muss ich alle Einflussfaktoren auch tatsächlich transparent aufzeichnen und mitschreiben, für den Fall, dass das dann nämlich nicht eingehalten wird. Auch damit ich irgendwas mit dieser Kennzahl tun kann und diese nicht zu einer leeren Worthülse wird. Im schlimmsten Fall treffen sich dann nämlich alle vor Gericht. Aber die Infrastruktur ist immer noch nicht verfügbar. Also das bringt ja nichts, um über Budgets und Kennzahlen zu streiten, das ist gut und schön, aber das hat keinen Einfluss darauf, ob Züge pünktlich sind. Aber um verbessern zu können, brauchst du wieder Kennzahlen. Das heißt, ich habe durch dieses kurzfristige Knowledge Management eine saubere Nachvollziehbarkeit, ob Ziele eingehalten werden. Wenn nicht, dient es dazu zu sagen, wer ist verantwortlich und wo müssen wir ansetzen, um zu verbessern. Das sind langfristige Regeln, die Gewerks Veränderung. Es wird nie etwas rein aus Software, aus Wissen, aus Dokumentation, aus sonst was bestehen.“

Frage 7 nimmt auf die Antwort auf Frage C2 aus dem Fragebogen Bezug: Sie haben angegeben, dass Sie ihre kritischen Anlagen kennen.

7. Kennen Ihrer Meinung nach die Infrastrukturbetreiber ihre kritischen Anlagen?

Teilnehmer 7: Meiner Erfahrung nach ja, wobei die Frage natürlich immer ist, was ist die Kritikalitätsbeurteilung. Viele Infrastrukturbetreiber, die ich kenne, die beurteilen die Kritikalität mit der sogenannten **Betriebswichtigkeit**. Und die Betriebswichtigkeit heißt dann eben, wenn dieses Asset ausfällt, wie viel Impact hat das zum Beispiel auf die Gesamtpünktlichkeit, auf den Gesamtfahrplan oder auf Streckensperrung. Und dann ist es meistens eine Frage aus eben Last, die drüber geht, aus Anzahl von verschiedenen Linien, die drüber gehen, einfach Fahrplanauswertung. Und dahinter stehen natürlich komplexe Rechenmodelle. Und dann guckt man sich die gesamte Anlage an, denn es bringt mir ja nichts, wenn ich sage, die Zunge ist das kritischste Element. Ist die Weiche verfügbar? Kann ich meinen Fahrplan so umsetzen, wie ich will? Kann ich so viel Güter und Personen von A nach B transportieren? Und dann kennt man die Anlagen und dann meistens aus Erfahrung und durch Statistik kann man sagen, was ist das Teil, was am meisten kaputt geht. Ja, und daran werden dann Tauschintervalle festgemacht. Das Wesentliche ist eben die Betriebswichtigkeit der Anlage. Betriebswichtigkeit, ja. seine gemeinen Weichen oder seine gemeinen Streckenabschnitte oder seine gemeinen sonst was. Also da weiß man einfach das geht und das ist komischerweise ständig kaputt, wir wissen nur nicht warum, aber da musst du immer öfter gucken.

Die Frage nimmt Bezug auf die Antwort auf Frage **C3**: Sie haben angegeben kritischen Anlagen derzeit mit allen angegebenen Methoden identifiziert werden. Sie haben auch die Antwortmöglichkeit „gar nicht“ ausgewählt.

8. Für welche Anlagen ist das der Fall?

Teilnehmer 7: „Da bin ich eher dran gegangen aus der Blickrichtung, wenn ich über alle meine Kunden nachdenke. Es gibt Kunden, und jetzt bin ich wieder im Industriebereich, die identifizieren das in „gar nicht“, weil sie einfach sagen, das habe ich im Bauch. Das passt ja auch, wenn du für einen Verschiebebahnhof zuständig bist oder ähnliches, der mittelgroß ist. Da funktioniert teilweise die Aussage zu sagen, ich kenne es, ich habe es nicht aufgeschrieben, ich weiß es einfach. Und deshalb habe ich das gerankt als gar nicht. Das ist nirgends aufgeschrieben, weil ansonsten wäre es für mich anhand von Erfahrungswerten. Sondern da ist einfach einer zuständig und der weiß es und wenn der krank ist, dann weiß es halt keiner. Deshalb gar nicht. Oder es gibt eben teilweise komplexe Infrastrukturen, wo so bestimmte Teile sind, die als gar nicht beurteilt zählen, weil man einfach sagt, ich gehe das mit einem präventiven Tauschthema an. Ich weiß, wenn ich alle fünf Jahre tausche, dann passiert gar nichts.“

I: Was ist da ein Beispiel dafür?

Teilnehmer 7: „Ich hatte mal einen Metrokunden, der hat gesagt, er tauscht seine Schienen alle fünf Jahre. Und damit weiß er, dass er keine Probleme kriegt. Okay, also die Schiene. Das ist jetzt ein Beispiel, dass man greifen kann. Und dann sagte ich, ja, aber wir können jetzt doch instandhalten und schleifen und fräsen, und dann kannst du sie länger liegen lassen. Und dann sagte er: weißt du was, da muss ich einen Instandhaltungs-Trupp aufbauen, dann muss ich das Ganze begleiten, dann muss ich mich drum kümmern, die Schienen-Schleif- und Fräse-Einsätze zu koordinieren. Das ist so viel Aufwand. Warum sollte ich das tun? Ich habe heute in meiner Anlagenverantwortlichkeit kein Problem. Niemand nimmt mir das Budget weg. Ich

weiß, wie ich es planen kann. Es ist zuverlässig, was ich tue. Nenn mir einen Grund, was ich dann davon habe. Es wird billiger. Und? Ja und? Es ist zwar schön und dann können wir vielleicht die Fahrpreise senken und ich weiß, dass das irgendwie in Summe ganz toll wäre, aber warum sollte ich das tun? Ich werde dafür nicht bezahlt, mein Chef will das nicht, niemand schreibt. Never change a running system. Ich habe andere Probleme in meinem täglichen Tun und die greife ich an, aber nicht dieses Problem. Und wir kennen es ja auch aus dem Arbeitsalltag. Also wenn du bei der voestalpine durch die Gegend gehst und Leute fragst, dann haben die so ihre fünf Selbsthandlungsfelder, wo sie sagen, da bin ich jetzt dran, das muss ich verbessern. Und dann machst du ihnen Vorschläge zu anderen Handlungsfeldern, wo sie sagen, ja, das ist gut und schön, das sehe ich auch ein, dass das auch helfen würde, aber meine Priorität liegt woanders. Und deshalb mache ich es nicht. Und so haben wir es auch bei Kunden, dass sie sagen: hier ist was, wo ich weiß, das ist eine kritische Anlage, aber meine Strategie ist im Moment gut, also mache ich nichts.“

I: Im Infrastruktur- bzw. im Eisenbahnwesen haben bereits mehrere Experten gesagt, dass die Kosten natürlich eine Rolle spielen, natürlich wichtig sind, aber es wurde immer wieder von ihnen betont und auch geschrieben, dass Geld auszugeben eigentlich nie das Problem ist und dass einfach die Verfügbarkeit über allem steht und dass sie einfach bereit sind, Geld in die Hand zu nehmen, wenn dafür die Qualität steigt und die Verfügbarkeit steigt, aber dass das Geld quasi da ist. Was ist Ihre Meinung dazu?“

Teilnehmer 7: „Wenn du jetzt mit Sales redest, würden die dir wahrscheinlich was ganz anderes sagen. Also dass Geld da ist, um Upgrades zu machen, stimmt. Die werden dann ausgeschrieben oder werden an den Markt gebracht und dann gilt natürlich: von den Anbietern nimmt man den Billigsten. Aber überhaupt zu sagen, wir wollen jetzt instandhalten oder wir wollen jetzt ein Upgrade haben, das ist dann nicht das Problem. Also Deutsche Bahn sagt, wir wollen alle Schwellen austauschen, müssen wir. Dafür ist dann auch Geld da, denn es gab einen großen Unfall. Aber trotzdem wird natürlich von den qualifizierten Lieferanten, das heißt nicht jeder Hans Wurst darf sich einen Betonmischer hinstellen und Schwellen gießen, aber von den qualifizierten Lieferanten wird dann natürlich der billigste gewählt. Das heißt, da hast du immer diesen Interpretationsspielraum, ja, es ist Geld da, aber nein, es ist keine Gelddruckmaschine für Hersteller. Und auch jeder vergleicht Angebote. Oder auch wir, wenn wir jetzt als voestalpine sagen, wir haben Geld und wir wollen jetzt hier irgendwas investieren, egal in was, in irgendeine Anlage, dann ist Geld da. Geld ist nicht das Problem, sondern CO2 oder irgendwas ist das leitende Motiv. Aber das heißt natürlich nicht, dass wir uns abziehen lassen, sondern wir lassen uns Angebote vom Markt geben und wählen den Günstigsten aus, der das beste Preis-Leistungs-Paket hat. Das ist mir hier eben auch nochmal wichtig zu betonen. Ja, es ist Geld da, ist auch meine Erfahrung. Geld ist nicht das Problem. Aber es ist keine Gelddruckmaschine für uns als Hersteller, als Produktsoftware-Whatever-Hersteller oder als Instandhaltungserbringer. Denn wir haben immer noch einen Marktregulativ. Und das ist auch gewollt. Also man will, wenn man Geld ausgibt, weiterhin sagen, wir schaffen, wenn es irgendwie geht, keine Monopole.“

Frage 9 entspricht Frage **C6 und C7** aus dem Fragebogen, welche von Teilnehmer 7 nicht erreicht wurden.

9. Handelt es sich bei der Anlagenbewertung um einen laufenden Prozess? Wie oft wird die Bewertung durchgeführt?

Teilnehmer 7: „Die Kritikalitätsbeurteilung aus meiner Sicht ist pseudodynamisch. Also wenn sich wesentliche Einflussfaktoren ändern, das wird dann schon mal überwacht. Also Deutschland eröffnet die VDE 8, die Linie Berlin-München. Natürlich wird dann die Überprüfung, was sind betriebskritische Weichen, angepasst. Aber dass das jetzt alle vierteljährlich hinterfragt wird, wäre mir neu. Also aus meiner Sicht ist das gewisslich dynamisch in puncto, wir gucken schon, wenn wesentliche Veränderungen da sind, aber mehr halt auch nicht. Und warum nicht? Na ja, ich bin wieder beim Gesamtprozess. Einfach nur zu gucken, ohne neue Informationen zu haben, macht keinen Sinn. Man fängt aber jetzt ja auch an, zum Beispiel bei immer mehr großen Infrastrukturen sehe ich, dass man anfängt, die Lasten zu messen. Und zwar auf einzelnen Anlagen, also zum Beispiel auf der Weiche. Ivan macht es ja letztendlich mit ITO auch. Und da kann ich mir sehr gut vorstellen, dass in 5-10 Jahren, wenn wir so weit sind, dass wir diese Lastdaten haben, und wenn wir so weit sind, dass wir sagen, im Moment, dass Instandhaltungshandbuch des Herstellers, es gibt Dinge vor, das passt alles nicht mehr zusammen, dann wird es wirklich anfangen dynamisch zu werden. Weil wir die nötigen Daten haben. Aber das wird sicherlich nicht morgen sein. Heute sind wir dabei, diese Messsysteme überhaupt mal zu implementieren, die Dauer uns anzugucken, über diese Systeme zuverlässig sind, und uns die Zuverlässigkeit anzugucken. Das dauert ja immer noch. Das Problem, so eine Weiche versteift ja nicht innerhalb von zwei Wochen. Also, Fluch und Segen. Für Condition Monitoring eher Fluch. Das heißt, auch die Verifizierungsintervalle sind relativ lang. Auf der anderen Seite jetzt wieder Beispiel Deutsche Bahn. Deutsche Bahn hat jetzt gerade gesagt, sie rollen auf 3500 Weichen, ungefähr 9000 betriebskritische, rollen sie jetzt ein Monitoring-System aus, was eben Lastmessungen macht, was diverse andere Instandhaltungsdaten, also zum Bereich Herzschlussbereich, Polarbereich und Befestigungselementbereich überwacht. Das haben wir jetzt zehn Jahre fast erprobt, also wie haben es lange in den Prototypen erprobt, da am Markt auch einfach nichts war. Dann haben sie es jetzt ausgeschrieben mit zwei Bietern, um mal insgesamt so 1300 Weichen zu überwachen. Dann hat man mindestens einem Hersteller, diesem Hersteller jetzt weitere 3500 gegeben. Das heißt, die Verträge waren aber schon so. Also man hat die Verträge schon so gemacht, dass man gesagt hat, ok, biete und dann gib uns auch Preise für 1.300, 650 war das los, um, wenn der andere nicht liefert, das übernehmen zu können. Und dann für 3.500 und dann für 5.000, glaube ich. Wenn man die Überlegung hatte, was kann man übernehmen, dass man wirklich von Anfang an schon die Planung hatte, alle betriebskritischen Weichen bis auf eine Handvoll auszurüsten. Das war schon in den Verträgen, die 2020 oder 2021 vergeben wurden. So, und damit haben wir dann diese Messdaten. Dann hat die Deutsche Bahn gesagt, okay, diese Messdaten und diese Analysen auch, müssen auf Diana sein. Das ist deren Plattform, wo alle Instandhaltungsdaten reinlaufen und von da aus wollen sie dann selber mit eigenem Personal eben weitergehen, um dann zu optimieren. Also ich will sagen, das gleiche hat Network Rail gemacht, das gleiche baut sich mehrere

Unternehmen gerade auf, baut sich Bannenoord gerade auf, baut sich die SNCF gerade auf. Soweit ich weiß, ist ProRail auch dabei, also Holland, Niederlande, wobei das eine ist die Vision, das andere ist, was sie wirklich tun. In der Vision haben sie es, das weiß ich. Auch durch Gespräche, ob sie es wirklich umsetzen oder ob sie die Ontologie zwischen verschiedenen Daten nicht hinkriegen, weiß ich nicht. Bei dem anderen weiß ich, dass Leute dran sind. Das sind so Themen, wo ich sagen würde, ja, es wird dynamischer werden, ja die Eisenbahnbetreiber wollen das alle, in der Metro kann ich jetzt auch Metros aufzählen: Barcelona ist dafür und Madrid macht relativ viel und so weiter und so fort. Ja es gibt da was, ja es bauen Leute was auf, ja das wird auch aus europäischer Forschung mit gesponsert und in zehn Jahren wird die Welt anders aussehen. Davon bin ich zutiefst überzeugt.“

I: „Das spielt ja auch schon auch, genau da spiele ich auch irgendwo rein jetzt, oder versuche ich zumindest, auch für die DTM, weil diese Messtechniken wie Messdaten zu haben und ich habe ja jetzt diesen wissenschaftlichen Ansatz, ich lese viele Veröffentlichungen, auch von der TU Graz, die eben diese komponentenspezifische Zustandsbestimmung vom Fahrweg recht weit getrieben haben, was ich gemerkt habe, auch auf vielen Messen waren, also mit etc. Und da ist halt das Problem, ich spiele halt jetzt noch ein bisschen weiter vorn rein, weil es diese Messdaten ja noch nicht konkret gibt, weil die Infrastruktur noch nicht damit ausgerüstet ist, aber trotzdem soll die Kritikalität anhand solcher Daten ja irgendwann bewertet werden, aber kann halt jetzt noch nicht.“

Teilnehmer 7: „Das ist genau dieser Ansatz. Wir reden dann immer über die kurzfristige Optimierung von irgendeiner Anlage. Dabei ist auch die langfristige Optimierung, also wenn du dir heute mal die Netzzustandsberichte anguckst, diesen ganzen Kram, alles was so ein Planungshorizont von fünf bis zehn Jahren hat, auch da kann man ja schon ansetzen und verbessern. Und das ist ja im Grunde auch was du sagst. Und da glaube ich, klar, auch qua meiner Position jetzt, die hätte ich nicht, wenn ich daran nicht glauben würde, da glaube ich eben, dass wir da auch noch viel machen können. Und da glaube ich jetzt persönlich dann wieder dran zu sein, wenn wir die DTM an die Weichen Werke bringen. Wenn wir dort ganz systematisch ankamen, über LCC und RAMS-Analysen, das sind alles statistisch basierte Analysen, das ist noch nichts, wo du wirklich was vermisst und simulierst und so also simulierst im Rahmen FEM und so weiter. Das sind alles noch grobe Planungszüge. Wenn man da um ein Prozent abweicht, ist das gigantisch gut, dass wir da ansetzen müssen. Und dass wir da ansetzen können und uns dahin entwickeln können, dass wir einfach immens mehr Entwicklungspartner werden. Also, dass wir da ansetzen können und mit dem Infrastrukturbetreiber gemeinsam dann entwickeln können, wie unsere Produkte optimal zu warten sind, wann was auszutauschen ist, solche Themen. Wie die Langfristplanung ist und da auch über die DTM dann einfach zu gucken, dass wir es versuchen abzubilden und einfach immer wieder Notifications zu geben. Jetzt müsstest du tauschen, hast du getauscht. Um das einfach zu monitoren. Und da die Produktperformance zu monitoren. Wenn das relativ gut ist, dann sparen wir uns unglaublich viel Zeit in Qualitätsevaluation. Und ja, als Lieferant werden wir immer wieder evaluiert. Und ja, die Kunden müssen auch Qualitätskennzahlen rausgeben und erheben. Und das ist aus meiner Erfahrung, dass es mit Kunden sagen, ein bloody pain

in the ass. Und jeder von uns, der einen Forecast machen muss, weiß, dass ein Forecast nervt. Also wenn wir da helfen könnten, wäre es super. Dann können wir von da aus eben über dieses Qualitätsmonitoring, hilft unsere Qualität dann auch, können wir in Richtung Lebenszyklus, Zustandsbericht, solche Sachen gehen, können dann uns, wenn wir dann wirklich richtig auf den Kunden zugehen und nicht auf ich bin nicht schuld. Und uns dann sicherlich ein Ruf erarbeiten, dass eben nicht mehr die Consultants dieser Welt angerufen werden, die mit Standardapproach rangehen, sondern dass wir angerufen werden. Und dann haben wir ja eine viel bessere Möglichkeit Innovationen auszusteuern, Weiterentwicklung anzusteuern, das Geld richtig zu investieren. Also das hilft uns auch mit soften Faktoren. Wenn wir das etabliert haben, dann wette ich, das IOT und so weiter sind dann auch ein paar Jahre weiter. Und dann sind wir genau in der Position, dass wir es verheiraten können. Weil dann wissen wir schon, wo man wirklich sparen muss. Dann können wir wirklich schon Business Cases rechnen. Denn heute sagen mir die Infrastrukturbetreiber, ich soll einen Sensor einbauen, das ist erstmal mehr Geld. Und dann weiß ich, das ist eine Weiche, von der ich heute weiß, dass sie durchschnittlich scheiße ist, dass sie wirklich durchschnittlich scheiße ist. Das bringt mir erstmal nichts. Sondern wo ich gucken muss, ist, ich muss meine Instandhaltungsprozesse in den Griff kriegen, ich muss wissen, warum ist die Weiche blöd, und ich muss Leute haben, die sie dann auch wieder heil machen. In der Regel weiß ich ja, was ich machen muss. Ich habe bloß keine Leute in der Instandhaltung. Und das löst mir auch Software nicht, das löst mir ein Sensor nicht, sondern get things done. Und ich glaube, das ist das große Thema. Wir haben ohne Ende Startups heute, die sich irgendwo positionieren und die sagen, ich messe jetzt, ich mache jetzt Asset Management Software. Asset Management Software, Willow mit digitalem Zwilling und so weiter und so fort. Die sind alle da, um dir zu sagen, dass etwas schlecht ist, von dem du weißt, dass es schlecht ist, weil du die Auswirkung kennst, dass die Züge zu spät sind. Wenn wir das gleiche versuchen, dann reihen wir uns da ein und dann sind wir wieder in einem relativ gemonitized Markt. Wenn wir aber als Systemhaus versuchen, und uns so positionieren, dass wir dann auch getting stuff done machen können, da wissen wir noch nicht, wie wir es tun, dann wird ein Schuh draus und dann haben wir einen USP.“

I: „Um ein wenig Zeit zu sparen überspringe ich jetzt die nächsten Fragen, da ich denke, dass die letzten paar Antworten den Mehrwert und die Vorteile, Probleme und Herausforderungen von der Implementierung einer dynamischen Anlagenbewertung recht gut zusammengefasst haben. Ich würde jetzt weiter gehen Richtung **Instandhaltungsstrategie**.“

Frage 10 nimmt Bezug auf die Antwort auf die Frage **C12**: Sie haben angegeben, dass sie derzeit eine präventive Instandhaltungsstrategie verfolgen.

10. Wie ist jetzt gerade der Status quo bei den Infrastrukturbetreibern oder eben in der Industrie, wenn Infrastruktur vorhanden ist, welche Strategie wird da verfolgt?

Teilnehmer 7: „Ja präventiv ist der Fall, denn fast alle haben ja das Ziel, ihre Infrastruktur verfügbar zu halten und damit macht keiner mehr Ausfall. Es gibt natürlich noch Leute, die ausfallorientierte Instandhaltung machen. Das heißt, die meisten haben

sich auf Basis von Statistiken und Erfahrungen, also Erfahrungen in Form von qualitativer Komponente und Statistik als Erfahrungen von quantitativer Komponente und dann selbstverständlich, weil alles zugelassen auf Basis von Risikobetrachtungen, in irgendeiner Art und Weise zeitbasierte Instandhaltungsschemata überlegt. Die sind manchmal lastabhängig und dann von Last und Wissen über Last auf Zeit umgerechnet, manchmal sind sie in einer Zeitbasis. Weil einen Menschen plane ich ein auf Zeit. Ich kann ihm sagen nächste Woche und nicht zehnmal die nächsten 1500 Züge. Damit sind fast alle in einer präventiven Instandhaltung, weil sie versuchen, irgendwas zu tun, bevor es kaputt geht. Oder sie tun etwas auf Basis von Inspektionsergebnissen. Da haben sie dann in der Regel den SR-Katalog, dass sie sagen, sofort was tun, in vier Wochen was tun, in zehn Wochen was tun, SRA, SR-LIM, SR-100 und so weiter und so fort. Wird manchmal anders genannt, ist alles die gleiche Logik und jeder inspiziert heute. Also jeder hat Inspektionsintervalle, die teilweise täglich sind, teilweise wöchentlich, teilweise monatlich, teilweise öfter und danach wird auf Basis dieser Ergebnisse was gemacht. Das ist für mich schon präventiv. Jetzt sei denn, da würde was anderes entdeckt. So über präskriptiv oder wie auch immer du das nennst. Die einen nennen es Condition-Based, die nächsten nennen es Predictive, die nächsten nennen es Prescriptive. Das ist alles völlig wurscht. Wir wollen dahin, dass wir von der zeitbasierten Instandhaltung, ich sage immer, die Gießkanneninstandhaltung, also ich gehe hin und durchschnittlich pflege ich was und dann gibt es Abschnitte, die überpflege ich und es gibt auch welche, die ich unterpflege. Das kann ein Gleisabschnitt sein, das kann sein, dass ich gerade Intervalle nicht verändert habe, obwohl ich eine Streckensperrung hatte oder eine Streckenumleitung oder solche Sachen. Und da wollen ja alle davon weg, sondern sie wollen da mehr machen, wo es nötig ist und da weniger machen, wo es möglich ist. Und die Frage ist, wie kommen wir da weg? Und das Gerüst davon sind Gewerkschaften, Verträge, Vorgaben und fehlende Information. Und wenn diese vier Sachen zusammenspielen und man die Prozesse verändern kann, dann bin ich überzeugt, dass viele in eine viel stärker zustandsgetriebene und viel weniger zeitbasierte Instandhaltung kommen. Das wird ermöglicht durch Messtechnik auf Zügen, durch bessere Protokollierung und Auswertung von Inspektionen, durch alles Mögliche. Und wann du sagst, ist es gerade noch vorbeugend, prädiktiv, zeitbasiert und wann du sagst, es ist schon von präventiv, prädiktiv und zustandsorientiert, ist glaube ich, ganz, ganz viel eine Definitionsfrage, wo jeder so seine eigene Schattierung hat. Aber wie gesagt, ich bin zutiefst überzeugt, es geht in Richtung zustandsorientiert, es geht in Richtung datengetrieben zustandsorientiert und langfristig bin ich davon überzeugt, dass wir eine Welt haben, wo die Infrastruktur ein digitaler Zwilling ist. Sei jetzt nicht, dass alles im 3D dem aktuellen Ist entspricht, sondern wirklich ein echter digitaler Zwilling. Davon reden auch alle. Ob das nun Bim sich schimpft oder ob sich das anders schimpft, ist mir völlig wurscht. Und dass wir, wenn wir die Rechenpower haben, die wir heute nicht haben, in der Lage sein werden zu sagen, ich stimme meine Instandhaltungsfenster für ein Jahr und meine Fahrpläne aufeinander ab und ich simuliere dort verschiedene Szenarien und geht das dann raus. Da sind wir heute nicht, alleine weil wir die Fahrplankomponente heute nicht simulieren können. Und wenn ich die Fahrplankomponente nicht simulieren kann, also deshalb sind die Züge ja alle verspätet und deshalb hat ja eine Auswirkung von einer Minute im Bahnhof Filbesheim

eine Auswirkung auf zwei Stunden Verspätung am Hauptbahnhof München. Solange ich dazu nicht in der Lage bin, bin ich auch nicht in der Lage, das optimale Instandhaltungsfenster zu bündeln, bin ich nicht in der Lage zu simulieren, bin ich nicht in der Lage, verschiedene Instandhaltungstätigkeiten zu bündeln, bin ich nicht in der Lage weiterzugehen. Wir haben ja schon den Wahnsinn, ich war neulich mit unserer Fräse in Wien, Fräse einsatz, wollte ich mir ankommen. War auch alles super, hat alles gut funktioniert, gute Qualität, also voller Erfolg. Die einzige Sache, die ich nicht verstanden habe, wir hatten drei Stunden Instandhaltungsfenster, können auch zwei gewesen sein, können auch vier gewesen sein. Wir kamen an an der Baustelle und vor uns machte ein Weichenschweiß-Trupp die Strecke frei. Der hatte also mindestens eine halbe Stunde gearbeitet und waren schon aufgerüstet und hinter uns auch. Und dann fuhren wir wieder weg, mussten abrüsten und die waren immer noch am Arbeiten. Ich will sagen, ich müsste eigentlich ein längeres Instandhaltungsfenster hätte haben können und die 70 Meter an die Weichenschweißung vorne ran und die 70 Meter an die Weichenschweißung hinten ran. Es schließt sich mir nicht, warum wir die noch nicht fräßen durften. Da waren aber Schäden. Das habe ich gesehen. Alleine da, und das meine ich eben mit Gewerken bündeln, simulieren, gucken, planen. Jetzt habe ich natürlich nicht mit dem Kunden geredet. Das kann auch irgendeinen Grund gehabt haben, den ich nicht gesehen habe. Aber wenn ich jetzt mal ein plakatives Beispiel sage, da kann man viel mehr machen, da kann man viel mehr bündeln. Das würde aber eine Rechenpower bedeuten, gerade was größere Netze angeht, da wo es sich dann auch monetarisiert, die heute IT-technisch nicht abbildbar ist. Dann frage ich die letzten Fragen auch noch. Ja klar. Okay, das finde ich extrem spannend. Der Trend ist natürlich da, und das ist mir auch klar, allein durch unsere Datenmengen, die wir jetzt mehr kriegen, unsere Technologien, die sich verbessern. Es geht in Richtung prädiktiv, präskriptiv, aber ist halt noch nicht so weit. Du hast es ja heute, die ESB ist bei der Deutschen Bahn zum Beispiel, die machen, müsst ihr jetzt in die Statistik gucken, gab es was öffentlich. 30 Prozent, glaube ich, aller Fehler aus. Also Einzelfehlerbeseitigung, die bei Inspektionen aufgefallen sind. Und da will man jetzt nur Condition Based Back und sagt, wir reden noch nicht über Präskriptive Maintenance und diesen ganzen Quatsch. Das ist eh alles hohle Versprechungen, sondern unsere Überlegung ist, dass wir die die Instandhaltung verändern wollen. Und das ist jetzt mal der erste Schritt. Der erste Schritt, dass wir weniger Einzelfehler haben und dafür mehr planen können, der wird bis, was hat Leistner damals gesagt, bis 2028 dauern. Und alles andere interessiert uns gerade nicht. Da gab es eine Präsentation vom Deutschen Zentrum für Schienenfahrzeugforschung. Die haben mal so ein Seminar gehalten, wo stehen wir in der Instandhaltung usw. Es muss anderthalb Jahre her sein. Da hatten sie so verschiedene Leute, die gesprochen haben. Und da war meine Statistik von der Deutschen Bahn.“

Frage 11 entspricht Frage C15 aus dem Fragebogen, welche von Teilnehmer 7 nicht erreicht wurde.

11. Welchen Stellenwert geben Sie der Risikobewertung im Zuge einer dynamischen Instandhaltungsstrategie-Anpassung?

Teilnehmer 7: „Jetzt letztendlich ist diese für mich die Basis. Also wenn ich nicht risikogetrieben an die Instandhaltungsplanung rangehe, ja, auf Basis von was denn

dann? So ist es, wissen wir nicht. So wird es sein. Wir haben eine gute Weiche ausgeliefert und das alles mit irgendwelchen Simulationsmethoden rausfinden zu können, können wir nicht, wissen wir nicht. Das heißt, das Leben ist riskant. Und wenn ich mir überlege, was hat welche Auswirkungen, dann bin ich schon beim Risiko. Und da muss ich Prioritäten setzen. Und alleine Prioritäten zu setzen, in einer Welt mit beschränkten Kapazitäten, ist eine Risikobewertung. Und ich hätte sie auf 1 gerankt. Also wäre ich zu dieser Frage gekommen, hätte ich sie auf 1 gerankt und hätte gesagt, das ist das Fundament. Solange du zulassungsrelevant bist und in einigen großen Infrastrukturen bist du zulassungsrelevant. In Deutschland jetzt das EWA, ich weiß nicht was das ist, österreichische Pendant dazu ist, aber es gibt da Zulassungsbehörden. Und diese Zulassungsbehörden, die haben immer Risiken, die du einhalten musst. Das heißt, du musst in der Regel eine RAMS-berechnung abgeben, die beruht auf einer FMECA oder auf einem Hazard-Log oder auf irgendwas. Das ist ein Risikobewertung. Dann musst du fast über eine CSMRA nach der EU-Verordnung Risikobewertung für jegliche Form der Instandhaltungsstrategie. Solange die wie gesagt relevant ist, wenn ich dabei bin zu sagen, naja, schrubbe ich jetzt links rum oder rechts rum und schmiere ich die Weiche jetzt so rum oder so, dann bin ich natürlich nicht mehr in einer Risikobetrachtung, sondern bin ich in einer Optimierung drin. Aber jede Instandhaltungsstrategie, die irgendwann mal irgendwo freigegeben wurde, beruht auf einer Risikoanalyse. Und nur weil sie dann dynamisch ist, beruht sie immer noch auf einer Risikoanalyse. Das heißt, meine Antwort bezieht sich auf das Wort Instandhaltungsstrategie. Ob die jetzt dynamisch ist, ja da würde man ja auch rangehen und würde sagen: das hier ist eine Instandhaltungsgrenze, danach hast du zu tauschen. Risikoanalysen. Wir sagen ja nicht, wenn der Schienenkopf weg ist, dann halte bitte instand. Respektive, wenn der Schotter zu Sand geworden ist, dann musst du was tun. Sondern wir haben ja Grenzwerte. Und die Grenzwerte sind wieder auf Basis von Risiken gelegt. Dass es gerade noch zum Beispiel fahrsicher ist. Und in der Dynamik würden wir dann ja sagen, du gehst weiterhin nicht unter die Versagensgrenze. Und wir würden dann oberhalb optimieren. Aber natürlich ist das immer noch risikogetrieben. Deshalb glaube ich, dass es wieder eine Definitionsfrage ist, wie man es interpretiert.“

Frage 12 nimmt Bezug auf die Antworten auf Frage **D1** und **D2**: Sie haben angegeben, dass Sie eine Risikobewertung bei der Neuanschaffung von Anlagen VOR Inbetriebnahme durchführen und diese aber bei der Neuanschaffung nicht mit einfließen lassen bzw. Nicht als Basis für die Investitionsentscheidung heranziehen (D2).

12. Bei D2 wurde angegeben, dass die Risikobewertung bei der Neuanschaffung bzw. bei Investitionsentscheidungen nicht mit einfließt. Warum nicht?

Teilnehmer 7: „Es kommt darauf an. Bei Neuanschaffung habe ich jetzt mal interpretiert als gleiche Anlage wird wieder gekauft. Und da kaufe ich ein zugelassenes Produkt. Und da wird eine Risikobewertung vor in Inbetriebnahme durchgeführt. Ja klar, der wird gemessen und über das zugelassene Produkt habe ich die Risikobewertung in der Produktzulassung → also bei den Produzenten. Also wenn ich in der Produktzulassung bin für ein neues Produkt, dann muss ich Risikobewertung machen. Aber wenn ich jetzt sage, ich kaufe 500 neue Schwellen gemäß Zeichnung, dann müssen die halt gemäß

Zeichnung gefertigt werden. Die werden vermessen, also vor in Inbetriebnahme und dann zählt der Preis bei der Anschaffung. So habe ich die Frage interpretiert. Deshalb habe ich gesagt, in dem Falle nein, weil ich sage, da Neuanschaffung, Investitionsentscheidung, da ist der Preis dann das Führende. Und in der Präqualifikation darf es nur zugelassen werden.“

I: „Das war jetzt die letzte Frage zum Fragebogen.“

13. Vielleicht um nochmal auf die Umwelt Bezug zu nehmen. Wie kann Digitalisierung vor allem in Bezug auf Software in puncto Umwelt einen positiven Einfluss haben?

Teilnehmer 7: „Digitalisierung, also die Frage ist natürlich, ich kann bestimmte Kriterien messbar machen, die ich vorher nicht messbar machen konnte, also nur schwer und deshalb nicht gemacht habe. Das heißt, ich bin jetzt in der Lage die CO₂-Frequenz zu erheben und das überhaupt mal ins Kriterium anzusetzen. Klar, hätte man vorher auch machen können, aber der bürokratische Aufwand wäre gigantisch gewesen und das wäre einfach nicht mehr bezahlbar geblieben. Ich glaube, da kann es helfen, dann natürlich: du wirst immer feiner in Erhebungen, da bin ich jetzt bei Körperschall, bei Noise, bei solchen Themen, da kann es helfen. Ansonsten ist es aus meiner Sicht eine Frage von, ist es ein relevantes Entscheidungskriterium: ja oder nein. Also Beispiel, und das ist gerade, glaube ich, im **Neubau, in der Neuentwicklung, da wird es immer wichtiger**. Aber auch da ist es teilweise, ja, es wird betont als sehr wichtig, aber de facto ist es das dann rechnerisch wieder nicht. Also Beispiel, bei einem Projekt sehen wir jetzt, da ist Umwelt eben nicht nur eine CO₂-Analyse oder Global Warming Potential Berechnung, sondern die wollen auch Noise Reduction Potentials haben, die wollen auch Vibration Reduction Potentials haben, die wir als Hersteller für unseren Bereich erheben müssen, vorlegen müssen, besprechen müssen. Wo hilft da Digitalisierung? Natürlich in Form von Software heute sehr sehr früh, weil wir jetzt schon, ohne dass die Weiche entwickelt ist, Simulationen vorlegen können und müssen, Berechnungen vorlegen können und müssen, die ohne Software gar nicht möglich waren. Das ist aber wieder eine Simulationssoftware und keine Asset Management Software. Dann habe ich das gleiche Thema jetzt bei Rail Baltica, um eben eine zweite Neubaustrecke zu bemühen. Da müssen wir Global Warming Potential vorlegen. Das gibt dann einen Spaßpunkt in der Bewertung. Es gibt einen zusätzlichen Bewertungspunkt, wenn ich es vorlege. Von 100. Also 88 mal Preisverhältnis plus 12 mal LCC-Kostenverhältnis plus einen ganzen Haufen. Also Brushless Technology für einen weichen Antrieb gibt vier Punkte, GWP gibt einen Punkt. Deshalb habe ich gesagt Spaßpunkt. Ist wichtig, könnte auch sein, wir machen auch Umwelt, aber der Hauptfaktor ist die direkten Kosten. Der zweite Faktor ist die Lebenszykluskosten. Dann geht es um ein paar technologische Vorteile. Und dann kommt der Wert. Einfach nur gerankt von der Wichtigkeit. Und deshalb glaube ich, da kommt es drauf an. Ich sehe da aus einer Asset Management Software relativ wenig Potenzial, außer Daten mitschreiben und damit Transparenz machen. Und der ganze Rest, das sind dann politische Rahmenbedingungen, die gesetzt werden. Also die Frage ist immer, was ist der Zielrahmen, was wird vorgegeben. Wir kennen es selber aus unseren Zielvereinbarungen. Wenn da drinstehen würde: 80 Prozent Energiekosteneinsparung, dann machen es alle. Wenn da drin steht 80 Prozent Kosteneinsparung, dann wird an den Energiekosten nur was gedreht, wenn das der Hauptkostenfaktor ist. Das ist bei

den Eisenbahninfrastrukturbetreibern aus meiner Sicht genau das Gleiche. Es gibt einen Haufen Marketingbudget für Klimaschutz, weil das gerade en vogue ist. Und das ist nicht Marketing in Form von Greenwashing, sondern das wird dann schon ernst genommen, aber dafür gibt es halt gerade Budget. Und wenn das nicht da wäre, würde ich es nicht ernst machen. Und dann gibt es ein paar technologische Vorteile. Da geht es im Wesentlichen um Vibration und Körperschall und Noise, übersetzt in Vibration, wo man einfach sagt, da müssen wir was machen, weil das die Lebensdauer signifikant verlängert und damit Instandhaltungsintervalle verbessert und so weiter. Also macht es wirklich billiger.“

Anhang E: Transkription Interview Teilnehmer 11

- Unternehmensart: Komponentenhersteller
- Position: Leiter Service und Außenmontage
- Aufgabenfeld:
 - Koordination Außenmontagen => Einbau, Inbetriebnahme, Wartung und Instandhaltung von Weichenantrieben, Verschlüssen, Endlagenprüfern etc.
 - Koordination Servicetätigkeiten im Haus => Reparatur, Wartung und wieder Inbetriebsetzung einzelner Komponenten, Reparaturabwicklung etc.

I steht im Folgenden für die interviewende Person (Franziska Schneditz-Bolfras).

Fragen 1-2 nehmen Bezug auf folgende Antworten:

- B1 S.2: EF von Unternehmen: 1. Zeit, 3. Qualität, 3. Kosten, 4. Umwelt, 5. Flexibilität
- B2 S.2: EF d. IH: 1. Qualität, 2. Zeit, 3. Kosten, 4. Verfügbarkeit, 5. Flexibilität, 6. Integrität, 7. Sicherheit, 8. Umwelt
- B3 S.2: Einstufung: sehr wichtig

1. Zu den Erfolgsfaktoren der Instandhaltung: Können Sie mir bitte Ihre Reihung erörtern? Warum z.B. wurde der Erfolgsfaktor „Umwelt“ an die letzte Stelle gereiht?

*Teilnehmer 11: „Erfolgsfaktoren, was sind Erfolgsfaktoren? Wie messe ich den Erfolg? Wenn ich den erfüllten Auftrag im budgetierten Bereich abwickle. Darum sind für mich mehr oder weniger **Qualität, Zeit und Kosten** das Um und Auf. Ich habe, nachdem wir viel für die Infrastruktur arbeiten, viel im Zusammenhang mit Hochgeschwindigkeit, um Instandhaltungen zu machen oft Zeitfenster von nur wenigen Stunden. Wichtig ist, dass bei den Produkten, die wir dort tauschen oder wechseln, dass die Qualität dieser Produkte passt. Und dass im Nachhinein die Verfügbarkeit der Anlage nicht schlechter ist als vorher. Darum ist für mich die **Qualität das Wichtigste**. Dann folgt die Zeit. Ich muss diese Arbeiten in einer gewissen Zeit über die Bühne bringen. Wenn ich diesen Zeitfaktor sprengte, dann habe ich Zugverspätungen. Zugverspätungen sind dann unterm Strich Zeit und Kosten, also korreliert miteinander, sag ich mal. Und alles andere, ist dann eher nebensächlich. Verfügbarkeit habe ich eben so aufgefasst: Verfügbarkeit von meinen Mitarbeitern oder von meiner Abteilung, dass ich eben für Kunden verfügbar bin, wenn der jetzt anruft, dass ich morgen was arbeiten kann für den. Das ist quasi die Verfügbarkeit. Flexibilität geht damit einher. Integrität, Sicherheit, das sind alles grundlegende Sachen. Und Umwelt- und Energieeffizienz ist für mich aus der Erfahrung her eher nicht so wichtig. Wir sind auch schon wegen 10 Minuten Arbeit 15 Stunden im Auto gesessen, ist nicht umweltfreundlich und auch nicht energieeffizient. Also von dem her ist das in diesem Fall für uns das am wenigsten zu Beachtende.“*

2. Bezüglich der EF d. IH: Welche Kennzahlen/Kriterien fließen Ihrer Meinung nach in die Erfolgsfaktoren „Qualität und Zeit“ mit ein?
 a. Wie können diese gemessen werden? (Stichwort Datenerhebung)

Teilnehmer 11: „Ja, also Qualität ist recht einfach messbar. Entweder funktioniert das Teil oder es funktioniert nicht. Also da haben wir mehr oder weniger 0,1 und es gibt einen Graubereich dazwischen: es funktioniert mit Einschränkungen. Das haben wir oft schon gehabt, dass wir Teile einbauen und dann während des Einbaus darauf kommen, dass die Qualität nicht passt und dann mussten wir die Teile wieder ausbauen. Darum ist das für mich das Oberste für den Erfolg. Wenn ich zweimal hingehen muss, habe ich die doppelte Zeit, die doppelte Kosten und die doppelte Umwelt-/Energiebelastung. Weil es im Endeffekt von der Qualität des Produktes abhängt.“

I: „Bezüglich der Funktionalität. Wie läuft das bei einem auftretenden Problem mit den angesprochenen Einschränkungen ab?“

Teilnehmer 11: „Es gibt oft sicherheitsrelevante Bauteile, die wir tauschen, zum Beispiel so wie beim Flugzeug eine Turbine. Wir haben aber auch kosmetische, arbeitssicherheitstechnische Abdeckungen, Aufkleber etc. Das ist ungefähr so wie beim Flugzeug: Der Lufthansa-Sticker löst sich runter, aber das Flugzeug fliegt ja auch ohne den Sticker, ist aber nicht zur vollsten Qualität des Kunden.“

I: „Infrastrukturbereich, was wäre da ein Beispiel dafür, also bei den Schienen etc.? Also jetzt zum Beispiel die sicherheitsrelevanten?“

Teilnehmer 11: „Also bezogen auf die voestalpine Signaling, wir machen die Stellsysteme, also diese, sagen wir mal, formschlüssigen, angetriebenen Umstellsysteme, die mehr oder weniger die Bewegteile sicher in Endlage halten, damit der Zug in die richtige Richtung fährt. Da gibt es Kernkomponenten, die sicherheitsrelevant sind, und dann gibt es noch Stütz- und Blindleister, also gewisse Abdeckungen. Damit ist das Ganze für Schnee geschützt, dass im Winter nicht so viele Störungen sind gibt es beispielsweise eine Weichenheizung, welche einfach nur die Verfügbarkeit erhöht, aber nicht die Sicherheit beeinträchtigt. Und bei solchen Geschichten passiert dann oft, dass man ein zweites Mal hinmuss, wenn die Qualität nicht passt. Also das Produkt kann verwendet werden, jedoch muss das nachgerüstet werden bzw. muss das ausgebessert werden. Damit es dann auch langfristig quasi verfügbar bleibt.“

Fragen 3-5 nehmen Bezug auf folgende Antwort zu Frage C1 aus dem Fragenbogen: Im Fragebogen haben Sie angegeben, dass im Bereich der Schieneninfrastruktur für Sie das Gleis, die Weichen, Eisenbahnbrücken/Tunnel/Ingenieurbauwerke und die Leit- und Sicherungstechnik als kritisch zu betrachten sind. Der Fragebogen hat folgende Ergebnisse: Weichen (95%) und die Leit- und Sicherungstechnik (89%) als kritischste Faktoren.

3. Sie haben 4 Bestandteile als kritisch bewertet. Wie würden Sie die Bereiche der Infrastruktur nach Kritikalität reihen? (C1)

Teilnehmer 11: „Kritisch in Bezug auf?“

I: „Kritisch in Bezug auf alles, was die Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit, Sicherheit, Instandhaltbarkeit → also alle RAMS-Kennzahlen, beeinträchtigt.“

Teilnehmer 11: „Ja grundsätzlich eigentlich fast alles. Grundsätzlich, Wenn das Gleis passt, brauche ich keine Energieversorgungsanlage. Da kann ich mit einer Diesel-Lok fahren. Wenn die Weichen passen, kann ich auch eine Spur wechseln. Egal wie schnell ich fahre. Wenn sie nicht passen, kann ich aber trotzdem fahren, aber dann halt nur in eine bestimmte Richtung. Bei einer gesperrten Weiche zum Beispiel. Eisenbahnbrücken, Tunnel, Ingenieurbauwerke. Das sind halt alles diese Schlüsselstellen. Beim Tunnel, wenn ich nur zwei Röhren durch habe, ist es blöd, wenn ich es über eine Bahnhof umfahre. Das sind einfach so Nadelöhre. Meiner Meinung nach, bei einem Bahnhof, wenn ich sechsgleisig bin, dann bin ich nicht so eingeschränkt. Also wenn ich da irgendein Gleis austauschen muss oder den Bahnübergang korrigieren muss oder sonst was, das kann ich alles umfahren. Einen Tunnel kann ich ganz schwer umfahren.“

I: „Deswegen gibt es ja den Tunnel.“

Teilnehmer 11: „Deswegen gibt es den Tunnel, genau. Von der Reihenfolge her, ich sag mal, ein Bahnübergang, wenn da die Infrastruktur nicht funktioniert, dann wird das einfach gesperrt dort. Und im schlimmsten Fall muss halt ein ÖBB-Mitarbeiter dort stehen. Energieversorgungsanlage ist wahrscheinlich... Ja, ich weiß es nicht. Wie gesagt, ohne Strom kann ich eigentlich mit einem Diesel-Lok auffahren, aber es funktioniert halt sonst nicht. Also es ist schwierig. Also Gleis, Weichen, Eisenbahnbrücken/Tunnel/Ingenieurbauwerke. Das sind die ersten drei. Dann kommt Leit- und Sicherungstechnik, weil diese erhöht im Endeffekt ja quasi nur die Frequentierung oder den Erfolg. Die Euros, die man über die Strecke reinbringt. Mit einer C2 Level-Strecke kann ich wahrscheinlich ein Vielfaches an Umsatz generieren, wie mit einer E-Test Level 0, wo ich nur auf Sicht fahre. Also von dem her, ja.“

4. Welche Bestandteile der Weiche sind am kritischsten? Bzw. Welche sind am anfälligsten?

Teilnehmer 11: „Da gibt es FMECAs und FDAs, dahinter stehen vor allem Zahlen bezüglich Sicherheit und Verfügbarkeit. Da gibt es Dokumente zum Schweinefüttern sage ich mal. Grundsätzlich bei der Weiche selbst, ich weiß nicht wie tief sie da drinnen sind. In der Weiche selbst gibt es 2 bzw. 3 (bei der Hochgeschwindigkeitsweiche) bewegte Teile. Dabei handelt es sich zum Beispiel um bewegte Herzspitzen. Diese bewegten Teile sind quasi das A und O in der Weiche. Was meinen Bereich angeht, ich komme eigentlich aus der Leit- und Sicherungstechnik, also von den Antrieben selbst. Die Antriebe selbst haben ein Vielfaches an, sag ich mal, kritischen Bauteilen. Einerseits Sicherheits- und Verfügbarkeitsgeschichten und da haben wir wirklich quer durch die Bank. Also bei der Weiche selbst, also Oberbau, reden wir von der Zungenschiene. Also da gibt es bei der Zungenvorrichtung die linke und rechte Zungenschiene, die die Bewegten Teile sind. Und genau diese Bewegung bzw. dieses Klaffen von der Zungenschiene zur Backenschiene, also dort wo sie anliegt liegt das oberste kritische Maß. Dieses darf maximal vier Millimeter sein, egal was ist. Wenn das größer ist, kann der Zug Gefahr laufen, dass er entgleist. Was muss passieren damit diese vier Millimeter quasi eintreten? Dafür gibt es dann diesen Baum. Die Äste gehen nach unten auseinander. Beispielsweise einer ist ein Bruch: Der Bruch wird eben vermieden, indem ich regelmäßig Inspektionen etc. mache und das kontrolliere. Verschleiß etc. kann hin bis zu dem Versagen von einem Verschluss. Verschluss ist da, wo wir jetzt in die Sicherungstechnik reinkommen. Der Verschluss, der quasi die

Zunge dort an Ort und Stelle hält. Was muss passieren, dass dieser Verschluss versagt? Dafür muss einerseits was brechen, andererseits müssen immer Folgegeschichten eintreten. Grundsätzlich, diese ganze FMECA, FDA, keine Ahnung was da alles gibt, von einer Weiche als Gesamtsystem. Das geht im Endeffekt von oben nach unten so auseinander. Also ich habe damals, als ich noch in der Technik war, an FMECAs mitgearbeitet, also da sind Wochen reingegangen. Das ist im Endeffekt alles, was wir hier machen als voestalpine Signaling oder auch als voestalpine Turnout Technologies, das ist alles Ziel 4. Also das ist wirklich vom Sicherheitslevel her, ich sage das bei den Schulen immer gleich wie ein Flugzeug. Also ein Fehler alleine macht gar nichts, zwei Fehler, das müssen je nachdem was passiert, müssen meist mehrere Ursachen gleichzeitig eintreten.“

5. Warum stufen Sie die „Energieversorgungsanlagen“ nicht als kritisch ein?

Teilnehmer 11: „Ich sage, wenn wir jetzt keinen Strom haben, geht wahrscheinlich eh gar nichts mehr. Also da ist das wahrscheinlich das geringste Problem. Wenn jetzt irgendwo örtlich irgendwo einzelne Stellwerke oder sonst irgendwie was ausfällt, können wir das ja erstens mit Ersatzverkehr lösen oder teilweise gewisse Strecken einfach mit Dieselloks befahren werden. Also so von dem her. Eine Energieversorgungsanlage kann nie Gefahr für die Sicherheit sein. Es ist alles so gebaut, dass egal wie es ausfällt, es auf die sichere Seite ausfällt. Wenn ihr eine Weiche habt, fällt es immer so aus, dass sie auf die sichere Seite ausfällt. Wenn aber trotzdem etwas ist, dann ist es gefährlich. Wenn ein Kraftwerk ausfällt, dann fährt halt kein Zug. Wenn eine Telekommunikation ausfällt, dann fährt halt kein Zug. Wenn ein Bahnübergang ausfällt, dann fährt im schlimmsten Fall kein Zug. Wenn die Leit- und Sicherungstechnik versagt oder eine Brücke kaputt geht unter dem Zug oder eine Weiche unter dem Zug oder ein Kreis unter dem Zug kaputt geht, dann habe ich Tote. Darum ist das für mich die ersten vier eher das Kritische. Wenn ein Bahnübergang zur falschen Zeit aufmacht, ja, schwierig. Das ist dann wieder die Definitionssache von kritisch. Wenn kein Zug fährt, dann ist das natürlich kritisch für den Erfolg vom Infrastrukturbetreiber, aber nicht kritisch im Sinne von Sicherheit der Passagiere oder der Arbeiter.“

Fragen 6-7 nehmen Bezug auf die folgenden Fragen aus dem Fragebogen: **C2, C3** Sie haben angegeben, dass Sie ihre kritischen Anlagen kennen (C2). Neben der FTA, auf die wir gleich zu sprechen kommen, haben Sie nur „anhand von Erfahrungswerten“ zur Identifikation kritischer Anlagen ausgewählt (C3).

6. Wie werden die Erfahrungswerte gesammelt und haben wie handhaben Sie „Wissensmanagement“ in Ihrer Abteilung?

Teilnehmer 11: „Schwierig. Ganz schwierig. Also ich selbst kann da gewisse Sachen vermutlich beantworten, weil ich eben schon 20 Jahre dabei bin, weil ich teilweise von Anfang an bei Entwicklung von Produkten dabei war. Die FTA zum Beispiel, mein Vorgänger, neue Mitarbeiter, die kennen so etwas nicht. Das ist einfach nur geschichtlich gewachsen. Es gibt da auch nicht eine Datenbank für, keine Ahnung, FTRs. Es gibt da einen Rams-Manager, den kann man fragen, wenn man was wissen will, aber es ist nicht so, dass ich eine fertige Datenbank habe für was auch immer.“

I: „Also grundsätzlich ist viel Wissen vorhanden, was einzelne Personen tragen, aber dieses ist nirgendwo dokumentiert, standardisiert. Wie ist da Ihre Meinung dazu? Sollte das in Zukunft aufgebaut werden?“

Teilnehmer 11: „Also jetzt konkret ist es ja dann wirklich so, dass wenn ein einzelner Mitarbeiter ausfällt, wegfällt, ihm was passiert, nicht mehr arbeiten kann, ist ja dann auch das Wissen weg. Ja, das ist aber überall so. Es ist halt, ich erfahre jetzt, es gibt gewisse Schlüsselpersonen, wo es ein größeres Problem ist, wenn der weg ist oder diejenige weg ist. Es muss immer irgendwie weitergehen. Es leidet im Endeffekt der Erfolg darunter. Also der Firma der folgt mir jetzt. Ich von heute auf morgen, Schlag auf morgen, wenn ich weg bin, wird das trotzdem morgen einer meiner Monteure auf Montage fahren. Also da geht die Welt jetzt nicht unter. Jeder ist ersetzbar. Es geht halt darum inwieweit oder wie gut oder wie wirkungsvoll derjenige ersetzt werden kann. Wie derjenige eben ersetzbar ist, ist halt schwer messbar.“

7. Sie haben angegeben, dass Sie alle Produkte eine FTA durchlaufen (C3).

- a. In welcher Form wird diese durchgeführt?
- b. Welche Kennzahlen sind hierbei wesentlich?

Teilnehmer 11: „Es hat einen bestimmten Jahresschritt gegeben. Ich glaube es war 2008 oder 2009. Alles was nach 2009 entwickelt worden ist, ist nach einer bestimmten Norm entwickelt. Also diese Norm, wo mehr oder weniger eh das alles vorgeschrieben ist, wie es zu machen ist. Und alles davor wurde mehr oder weniger mit dem Ministerium gemeinsam erarbeitet. Das heißt, da ist unser RAMS-Manager bzw. unsere RAMS Abteilungen beim BMFIT angetreten. Was brauchen wir, damit wir bei euch dieses Produkt einbauen dürfen, müssen, können, wie auch immer.“

I: „Bezüglich der Kennzahlen: Was sind da die wichtigsten Kennzahlen, Kriterien, die erhoben werden und die einfließen?“

Teilnehmer 11: „Also technisch ist diese MTBF sicher einer der schlagendsten Punkte. Diese ist aus Kundensicht, teilweise gefordert ist, in Ausschreibungen etc. Diese Zahl brauchen wir. Die MTBF geht im Endeffekt indirekt in die LCC-Berechnungen ein. Diese werden bei den größeren Projekten immer mitberücksichtigt. Inwieweit die richtig sind oder falsch sind, weiß ich nicht. Für uns intern gibt es alle möglichen Arten an Kennwerten OEE und was es da alles gibt. Ich glaube, für die Geschäftsführung ist eher wichtig, sagen wir mal, die Euros dahinter. Und Ja, für den Kaufmännischen Geschäftsführer ist dann eher wieder die Lager, der Nettoumsatz, also diese ganzen Kennzahlen wichtig. Also jeder hat da seine eigene Kennzahlensysteme.“

8. Warum wird derzeit keine Kritikalitätsbeurteilung (umfassender Kriterienkatalog) für die Identifikation herangezogen (C3)?

I: „Da war ja theoretisch auch eine Kritikalitätsbeurteilung umfassender Kriterienkatalog eine Auswahlmöglichkeit, warum derzeit keine Kritikalitätsbeurteilung im Sinne eines Kriterienkatalogs für die Identifikation von den kritischen Anlagen herangezogen wird.“

Teilnehmer 11: „Es ist bei uns, da gibt es einen neuen Entwicklungsprozess und wenn das Produkt fertig entwickelt ist, habe ich einen Stand der Technik. Das ist dann so, das ist kritisch etc. Bei laufenden Tätigkeiten wird eigentlich keine Anlage eher auf Kritikalität geprüft, weil es ja einmal bei der Entwicklung gemacht worden ist. Das ist nicht so wie beim Auto, wo ich einmal im Jahr in die Werkstatt fahren muss, um ein

Pickerl zu machen. Bei uns wird die Sicherheit einmal nachgewiesen. Teil von dieser nachgewiesenen Sicherheit ist zum Beispiel die Instandhaltungszeit. Wann wird was instandgehalten, wie oft/was wird getauscht. Das ist quasi Teil vom sogenannten „Pickerl“. Das ändert sich nicht.“

I: „Aha also habe ich das richtig verstanden: Die Instandhaltungsmaßnahmen werden am Anfang des Entwicklungsprozesses festgelegt, also wann, wie oft und was für Tätigkeiten durchgeführt werden müssen, damit das Asset als sicher gilt. Und das wird dann nicht mehr angepasst/geändert über die Nutzungsphase?“

Teilnehmer 11: „Ja genau, bei Durchführung gilt es dann als sicher.“

Sie haben zwar, wie gerade besprochen, angegeben, dass Sie keine Dynamische Bewertung durchführen, dennoch möchte ich Ihnen die folgenden Fragen stellen:

9. Welche/n Mehrwert und Vorteile sehen Sie in der Implementierung einer dynamischen Anlagenbewertung im Infrastrukturbereich?

Teilnehmer 11: „Ja, wir haben es grundsätzlich. Also die dynamische Bewertung des Ists-Zustands gibt es ja. Es ist festgelegt, was gemacht werden muss, damit die Anlage sicher ist. Das ist quasi das Mindeste. So wie, keine Ahnung, die Bremsen brauchen Bremskraft, es muss der Druck der Reifen passen, es darf kein Sprung in der Windschutzscheibe sein. Das ist die Mindestanforderung. Wenn ich jetzt draufkomme, jetzt umgelegt auf ein Auto bei der Inspektion, dass zum Beispiel irgendwo was schlecht ist und zu einem Problem werden könnte. Da gibt es auch Kriterien: Sofort-Eingriffsschwelle, Eingriffsschwelle, Langfristplanung. Also wo man einfach sagt, jetzt ist zum Beispiel irgendwo eine Schraube gebrochen, das macht aber nichts, da gibt es noch 300 Schrauben. Beim nächsten Mal, wenn ich auf der Weiche bin, tausche ich diese Schraube. Führt hin bis: da ist jetzt ein Schienenbruch, Aus: Weiche gesperrt □ Schiene wird jetzt getauscht. Genauso Sachen schaut man sich bei der Inspektion an, bei dieser Mindestinspektion, sag ich mal, und bei Gefahr im Verzug wird quasi dann eben reagiert.“

I: Also ich habe da zum Beispiel gehört, dass Signallampen ein Beispiel dafür sind, was nach einem festgelegten Zeitraum getauscht wird, weil es da keinen Sinn ergibt, den Zustand zu monitoren und immer zu überprüfen, weil man das nicht festlegen kann. Gibt es dann noch vielleicht solche Bereiche?“

Teilnehmer 11: „Das gibt es schon. Das haben wir auch. Das ist mitunter Teil vom Sicherheitsnachweis. Man hat gewisse Ausfallzeiten. Ein Schalterhersteller sagt, der Schalter darf eine Milliarde Mal schalten oder zehn Jahre alt sein, um die Sicherheit zu gewährleisten. Das heißt, du hast da Zahlenwerte, die dir mehr oder weniger diese Tauschfristen vorgeben. Der Schalter oder die Lampe hat die Soll-Lebensdauer erreicht und wird getauscht, weil es Teil des Sicherheitsnachweises ist.“

I: „Bei dem Schalter jetzt zum Beispiel gibt es da schon Techniken oder wird das überhaupt verwendet, dass das zum Beispiel mitgezählt wird?“

Teilnehmer 11: „Ja also jetzt im Zeitalter der digitalen Stellwerke. Man kann relativ viel monitoren jetzt schon, auch mit alter Technik oder mit einfacher Technik. Also da reden wir von Überschlagsrechnungen, da sagen wir jetzt nicht, dieser Schalter hat 722.333 Umstellungen genommen. Sondern es fahren 10 Züge am Tag, nach jedem Zug steht er, er steht die Weiche 20-mal am Tag, das Ganze mal 7 mal 52, keine Ahnung,

kommen wir auf so und so viele Umstellungen im Jahr. Das ergibt: ich schalte den Schalter 100.000-mal im Jahr, das heißt spätestens nach 10 Jahren muss ich den Schalter tauschen. Wenn man nur Sensoren verbaut hat man keine produktiven Arbeiten mehr.

*Was es sehr wohl gibt schon ist die **zustandsorientierte Wartung**. Wir haben sehr wohl Sensoren drin, mehr oder weniger, die gewisse Sachen messen, zum Beispiel Stellkraft, das ist bei uns ein heißes Thema. Anhand der Stellkraft: 50% Sicherheit, 50% Verfügbarkeit. Je höher die Stellkraft, umso unsicherer bin ich, aber umso höher ist die Verfügbarkeit. Und die Stellkraft wird bei relativ vielen Weichen schon kontinuierlich gewesen. Wenn die zum Beispiel die benötigte Stellkraft, also wieviel Kraft braucht die Weiche zur Umstellung, messen, dann kann man vieles davon ablesen. Beispielsweise wenn diese kurzfristig schnell ansteigen, weiß man, da ist irgendein Schmutz drin, irgendein Fremdkörper etc. Also ich muss da jemanden auf die Weiche hinschicken. Also das gibt es zwar aber ich muss leider sagen, das wird bei uns, also von uns gar nicht, oder fast gar nicht gelebt. Bei uns ist es so, dass wir schauen, wenn es Störungen gibt, was die Störungsursache sein hätte könnte. Ich glaube auch nicht, dass bei irgendeinem Betreiber, quasi einer vorm Computer sitzt und dann mehr oder weniger sagt, jetzt schaut mir diese Weiche an. Da geht es eher um Schlüsselweichen, Schlüsselanlagen, würde ich sagen.“*

Frage 10 nimmt auf die Antwort auf Frage **C5** Bezug: Sie haben angegeben, dass die Verwendung einer Software für die Risiko/Kritikalitätsbeurteilung in Zukunft nicht geplant ist (weil Sie keine Bewertung durchführen).

10. Welche Anforderungen müsste die Software für diesen Zweck erfüllen bzw. was müsste die Software können, um Sie zu überzeugen?

Teilnehmer 11: „Schwierig. Ganz schwierig. Ich glaube, was meine persönlichen Erfahrungen in den letzten Jahren mit dieser ganzen Softwaregeschichte ist, wir haben ja beispielsweise den Roadmaster. Ich glaube, dass ein großes Problem ist, dass diese ganzen Entwickler, dass die ganzen Software-Menschen alle null Ahnung von der Weiche haben, von dem was auf der Weiche passiert, was die Weiche macht und was das Problem ist. Also die sind... Der FIFA-Programmierer von der Playstation 5 kann wahrscheinlich nicht mal Fußball spielen. Ist wahrscheinlich der bestbezahlte Programmierer. Nichts gegen die Kollegen persönlich, es ist jeder in seinem Bereich eine Koryphäe. Aber es ist halt leider unter Strich so, dass meine Erfahrung, dass die wenigsten wissen, was macht das Produkt, was kann das Produkt, was ist ein Problem für das Produkt. Also wirklich meine persönliche Erfahrung, dass halt teilweise die Programmierer denken, ja da gibt es halt einen Wert und den hinterleg ich jetzt. Den Grenzwert gibt es schon seit 7 Jahren nicht mehr. Der sieht nur seine 0er und 1er an. Also ich habe da mit dem Ivan das eine oder andere schon mal zu tun gehabt, beziehungsweise habe ich mal die ein oder andere Vorstellung bekommen. Die haben da mehrere Jahre etwas entwickelt, wo ich für mich sage, das ist verdammt scheiße. Es ist alles recht und schön, aber wenn ich dann fünfmal reinklicken muss, dreimal da durchklicken muss das Ganze, aber ich bin da nie gefragt worden. Wie gesagt die Software-Programmierer haben da irgendeine Vorlage, so soll es ausschauen. Und wie es dann funktioniert, ist denen dann wurscht. Z.B. bei Funktionen, wo es im Endeffekt um ein einfaches Inspektionsblatt etc. geht. Da fangt es bei den einfachsten

Benennungen an, dass gewisse Benennungen einfach nicht passen. Das ganze Digitale soll das Leben einfacher machen. Es ist ja derzeit noch so, dass es viel aufwendiger ist. Solche Sachen kann ich anwenden, wenn ich beispielsweise den Flüssigkeitspegel messen will von einem Glas. Wenn das Gewicht so groß ist, dann ist es 75% gefüllt, wenn es so groß ist, dann ist es 22% gefüllt, wenn es so groß ist, dann ist es 103% gefüllt. Bei solchen Dingen kann man das anwenden. Aber nicht bei Faktoren, wo der Mensch, Temperatur, Witterung, Qualität der Bauteile, etc. eine große Rolle spielt. Da sind, sag ich mal, die Stakeholder, die da mit reinwischen einfach viel zu groß, dass ich das irgendwie mit einer $a+b=c$ -Formel lösen kann.“

Frage 11 nimmt auf die Antworten auf die Fragen **C12, C13 und C15** Bezug: Sie haben angegeben, dass Sie die reaktive und präventive Strategie verfolgen (C12). Sie haben angegeben, dass sie ihre Instandhaltungsstrategie regelmäßig (bei Bedarf bzw. 1x im Jahr) anpassen (C13). Sie haben angegeben, dass Sie der Risikobetrachtung den geringen Stellenwert „4“ im Zuge der dynamischen Anpassung geben. (C15)

11. Warum fließt die Risikobetrachtung nicht mit ein und warum der niedrige Stellenwert?

Teilnehmer 11: „Ah, okay. Bei Bedarf passiert eben, wenn man hier die Züge Inspektionen drauf kommt, dass zum Beispiel auf gewissen Strecken, wie zum Beispiel der Westbahnstrecke in Österreich, es gibt eine bestimmte Weiche, bei der es sich um eine Sonderkonstruktionen etc. handelt. Wenn ich da draufkomme: aha es reicht nicht, wenn ich das Teil jetzt alle fünf Jahre tausche, dann gibt es die Zusammenarbeit mit dem Kunden, mit dem Ministerium, wir verkürzen das Tauschintervall von fünf Jahren auf ein Jahr. Also das zieht immer ein Rattenschwanz hinten nach. Deswegen versucht man solche Sachen so wenig wie möglich zu machen. Die Richtige Risikobewertung gibt es hier quasi nicht, weil wenn wir etwas ändern, ändern wir es immer auf die sichere, verfügbare Seite. Wenn man was in die unsichere Seite ändert, muss das über das Ministerium gehen. Da gibt es eine eigene Norm für Änderungen an signaltechnischen Anlagen. Da muss ja diese acht Punkte, was wird geändert, worum wird es geändert, Auswirkungen auf Montage, auf Zusammenbau, auf Instandhaltung, auf keine Ahnung was, da gibt es so viele Punkte. Und dieser Ablauf muss bei jeder Änderung, die nicht, sage ich mal, auf die sichere Seite geht, gemacht werden. Also die Sachen, die wir ändern, machen wir da meistens einfach nur, dass wir die Verfügbarkeit erhöhen und indirekt erhöhen wir damit bei gewissen Änderungen, zum Beispiel bei verkürzte Intervallzeiten, erhöhen wir auch die Sicherheit. Bei der Zeit zwischen den Inspektionen ist ja mehr oder weniger irgendwie die Sicherheitszahl mit drin. Es gibt ja einen Unterschied, ob ich jetzt einmal in zwei Monaten anschau oder einmal in zwei Jahren, sagen wir mal. Da geht um einen Sicherheitsfaktor von 10 oder so. Weil ich einfach gewisse Zeiten, gewisse Brüche sagt man, wenn der Bruch auftritt, dauert das maximal die mittlere Zeit bis zur nächsten Inspektion. Also maximal ein halbes Jahr. Wenn ich jetzt aber nur einmal im Monat hin gehe, ist die Zeit, bis es sich offenbart, nur zwei Wochen. Bei so einer Verkürzungsgeschichte geht das immer auf die sichere Seite.“

Frage 12 nimmt auf Bezug auf die Antworten auf die Fragen **D1** und **D2**: Sie haben angegeben, dass Sie (aus Sicht eines Infrastruktur- bzw. Anlagenbetreibers) die Risikobewertung bei der Neuanschaffung von Anlagen mit einfließen lassen (D2) allerdings keine Risikobewertung VOR Inbetriebnahme durchführen (D1).

12. Welche Kriterien/Kennzahlen haben dabei einen Einfluss auf die (Investitions-) Entscheidung?

Teilnehmer 11: „Also diese MTBF und ähnliche sind immer vorne mit dabei, LCC. Die Sicherheit selbst ist ja nicht messbar, aber die Voraussetzung. Aber sagen wir das Ganze RAMS Thema. Also das Ganze RAM bzw. Instandhaltungsthema. Also diese ganzen Instandhaltungszeiten spielen auch mit ein. Was dann eh indirekt wieder bei den LCC bzw. MTBFs drinnen ist.“

I: „Ich frage immer eine abschließende Frage, die eben nicht am Fragebogen bezogen ist. Wo sehen Sie in Zukunft die Bahn oder halt das Eisenbahnwesen sich hin entwickeln?“

Teilnehmer 11: „Ich sage, ich sehe es aus der Instandhaltungssicher. Unterm Strich ist es immer der Mensch, der dann um 2 Uhr morgens im strömenden Regen auf der Weiche steht, bei minus 5 Grad, keine Ahnung. Ganz ersetzbar wird der Mensch nie werden. Meiner Meinung nach, so diese digitale Geschichte sollte den Menschen das Arbeiten erleichtern. Dieser ganze Lean-Gedanke (□ alles effizienter, alles verbessern, etc.) ist bei gewissen Sachen noch nicht wirklich so, dass es den Menschen, also das was ich bis jetzt kenne, noch nicht wirklich so, dass es mich oder meine Mitarbeiter in der Tätigkeit erleichtert. Das ist aber so weil das Ganze erst in der Entwicklung ist. Wenn das ganze System so ist, wie ich es mir vorstelle bzw. wie ich es mir Ivan auch wünschen würde: ich wünsche mir nur etwas, was mir das Leben erleichtert. Wenn das so wird, wie ich es mir vorstellen würde, dann ist das eine geile Sache. Dann minimiert das meinen Aufwand oder den Aufwand meiner Mitarbeiter wirklich nur mehr aufs Nötigste. Dann brauche ich nicht mehr drei Stunden Planen vorher, sondern dann reichen zehn Minuten. Also schauen wir, ob es die Qualität unserer Arbeit ändert, wage ich zu bezweifeln. Weil im Endeffekt schrauben tut immer der Mensch. Und ob er jetzt auf ein Papierblatt schreibt, dass die Schraube fest ist oder sie nicht fest ist, oder ob er es ins Tablet reindrückt. Die Schraube ist dann trotzdem nicht fest, unterm Strich. Wurscht wo ich das Hackl setz, die Schraube ist nicht fest. Also von dem her, ja.“

I: „Eine Sache, noch: Was sind denn so konkret Instandsetzungs-/Instandhaltungsmaßnahmen, die **wetterabhängig** sind?“

Teilnehmer 11: „Da gibt es keine Abhängigkeit. Dem Gast der im Zug drin steht und dem Schaffner am Arsch geht, warum der Zug steht und nicht fährt, dem ist ziemlich scheißegal, ob es draußen 40 Grad hat oder minus 40 Grad. Die Arbeit muss gemacht werden. Leider jetzt von mir oder von meinen Leuten, und das ist so. Man hat schon gewisse Spielräume. Man hat aber gewisse Sachen, so wie in der Schweiz hat man das am Gotthardtunnel. Da hat wusste schon zwei Jahre vorher, dass an diesen Sonntag um 13 Uhr 40 darf ich den Stecker ziehen und um 3 Uhr 40 ist der Stecker wieder dran und in diesen Zeit Fenster habe ich die Möglichkeit das zu machen. Außerdem habe ich zwei Jahre Vorbereitungszeit. Mach es oder stirb. Es kommt halt oft auf die Kritikalität der Strecke an. Wenn jetzt irgendwo so eine kleine Bahn, wo

zweimal am Tag eine Diesellok rauf fährt um Holz zu liefern. Die haben oben Holz für zwei Monate liegen. Wenn da einen Tag der Zug nicht fährt, dann ist es komplett scheißegal. In Hadersdorf, in Wien Meidling, gibt es eine Kreuzung. Naja, das ist so ziemlich die beschissenste Weiche in ganz Österreich. Wenn diese Weiche nicht geht, ist's so, dass der Bürgermeister von Wien bei einen unserer Vorstandsvorsitzenden, aber nicht die in Zeltweg, sondern die in Linz also ein bis zwei Ebenen höher. Die fragen dann, warum die Weiche schon wieder nicht geht, weil der Zug dann mit 200 durch die Stadt brettert. Zu dieser Weiche fahren wir im 2-Wochen-Takt schon hin. Einfach nur, wie gesagt, weil wenn der Bürgermeister anruft, dann spielt Geld auch keine Rolle. Das ist komplett wurscht, wenn man die Teile um 20.000 Euro danach tauscht, das spielt keine Rolle.“

I: „Woran liegt es, dass genau diese Weiche so Probleme macht?“

Teilnehmer 11: „Das Problem wurde von uns bereits bei der Konstruktion an die ÖBB mitgeteilt. Also es wurden bereits unsere Bedenken mitgeteilt, dass wir nicht sicher sind, ob das überhaupt funktioniert und dass die ganze Konstruktion vielleicht nicht das Ideale ist. ÖBB hat gesagt, sie haben das getestet, das funktioniert, das wird funktionieren. Das war vor 10 Jahren oder keine Ahnung. Es ist eine Sonderlösung, wo wir gesagt haben, das geht gar nicht. Aber Fehler liegen nicht bei uns.“

Anhang F: Transkription Interview Teilnehmer 15

- Unternehmensart: Beratung
- Position: Geschäftsführer
- Aufgabenfeld: Forschung, Beratung, Leitung

I steht im Folgenden für die interviewende Person (Franziska Schneditz-Bolfras).

Fragen 1-2 + Zusatzfrage nehmen Bezug auf folgende Antworten:

- **B1:** EF von Unternehmen: 1. Qualität, 2. Umwelt, 3. Zeit, 4. Kosten, 5. Flexibilität, 6. Kosten
- **B2:** EF d. IH: 1. Sicherheit, 2. Verfügbarkeit, 3. Qualität, 4. Zeit, 5. Umwelt – Energieeffizienz, 6. Flexibilität, 7. Integrität, 8. Kosten
- **B3:** Einstufung - sehr wichtig

14. Warum sind für Sie die Erfolgsfaktoren Kosten und Flexibilität von geringer Wichtigkeit?

*Teilnehmer 15: „Ich habe hier eher in Richtung Eisenbahninfrastrukturbetreiber gedacht (also ÖBB und Co.). Dort habe ich das Gefühl, dass die **Qualität vor allem in Österreich eine sehr große Rolle** spielt und die Bereitschaft gegeben ist dafür Geld in die Hand zu nehmen. Die Umwelt ist derzeit ein großes Thema, wo immer die Frage besteht, wo man diese einordnen soll. Es muss immer **alles kosteneffizient** bleiben, auf alle Fälle. Aber es muss zumindest in Österreich, auch in der Schweiz oder Norwegen, mit beiden Ländern habe ich immer viel zu tun gehabt, nicht billig sein. Die Bereitschaft Geld auszugeben ist da, wenn man weiß, dass man dafür Qualität bekommt.“*

15. Bei den Erfolgsfaktoren von Unternehmen haben Sie den EF „Umwelt“ auf Platz 2 und in der Instandhaltung auf Platz 5 (von 8) gewählt. Wieso spielt dieser in der IH eine weniger wichtige Rolle?

Teilnehmer 15: „Weil Unternehmen auf ökologische Faktoren mehr Einfluss haben, als die Instandhaltung. In Ökobilanzierungen machen Instandhaltungsprozesse in etwa 10% aus. Es kommt hierbei natürlich immer auf den Anlagentyp und die Anlagenart drauf an. Das heißt das Unternehmen kann mit den Entscheidungen, was eingekauft wird (z.B. Voest – Stahl, Beton, etc.) eine sehr große Wirkung erzielen und deshalb habe ich es in dieser Frage [B1] höher gereiht (+Unternehmensweite, Nachhaltigkeitsbericht, etc.). Die Instandhaltungsprozesse selbst haben einen verhältnismäßig geringen Einfluss, deswegen hat man dort auch nicht so viel und positive Auswirkungen, die man bewirken kann“

Einschub Zusatzfrage: Bezüglich des Erfolgsfaktors Umwelt bzw. CO₂-Emissionen: Laut Kaewunruen (2015) hat die Instandhaltung im System Eisenbahn 20% der gesamten System-CO₂-Emissionen zu verantworten. Im Vergleich sind laut diesem Paper die CO₂-Emissionen der Instandhaltungs- und Errichtungsprozesse höher als von anderen Transportsystemen, was auf die hohe Komplexität des Schienenverkehrssystem zurückgeführt wird:

16. Was ist ihre Meinung zu diesen Ergebnissen?

17. Welche Einsparungspotenziale kennen Sie und bei welchen Infrastrukturbestandteilen sehen Sie die größten Potenziale?

Teilnehmer 15: „Bezogen auf den gleisgebundenen Bahnbau gibt es viele Einsparungspotenziale. Bagger, LKWs im Transport, Materialfluss und Kreislaufwirtschaft bieten hier viele Potenziale. Also vor allem im Bau und der Errichtung sehe ich Einsparungsmöglichkeiten. Auch in der Herstellung und Errichtung von Weichen (45-50% des Footprints) kann etwas verbessert werden.“

18. Bezüglich der EF d. IH: Welche Kennzahlen/Kriterien fließen Ihrer Meinung nach in die Erfolgsfaktoren „Sicherheit und Qualität“ mit ein?

Teilnehmer 15: „Bei Kosten würde ich mir jetzt leichter tun, aber was Sicherheit betrifft dort kommt schon auch das Thema Flexibilität ins Spiel. Und, wobei ich nicht weiß ob das zum Erfolgsfaktor zu zählen ist, Arbeitssicherheit. Auch Planungsgenauigkeit, was sich auf Alles auswirkt (auch auf Kosten, etc.), dass man so gut wie möglich vorab planen kann. Oft ist das Problem, wenn ein Durchlass oder eine Brücke zu bauen ist, die doch anders ausgestaltet werden, dass man vor Ort viel länger braucht und natürlich wird dann auch die Qualität schlechter. Ein weiterer Punkt ist die Dokumentation. Es werden oft alte Maschinen eingesetzt, wodurch man schwer dokumentieren kann. Hier sollte auf Automation gesetzt werden.“

Fragen 6-7 nehmen Bezug auf folgende Frage aus dem Fragebogen: **C1**

Im Fragebogen haben Sie angegeben, dass alle genannten Bereiche der Schieneninfrastruktur für Sie als kritisch zu betrachten sind (C1). Der Fragebogen hat folgende Ergebnisse: Weichen (95%) und die Leit- und Sicherungstechnik (89%) als kritischste Faktoren.

19. Sie haben auch die Möglichkeit „Sonstiges“ gewählt. Welche Bereiche erachten Sie neben den genannten als kritisch? (C1)

Teilnehmer 15: „Das war ein Fehler, meiner Meinung nach sind alle kritischen Bestandteile in der Liste und ich würde diese nicht ergänzen.“

20. Sie haben alle Bestandteile als kritisch bewertet. Wie würden Sie die Bereiche der Infrastruktur nach Kritikalität reihen? (C1)

Teilnehmer 15: „Kritisch im Hinblick auf Gefahr, dass potentiell Unfälle passieren oder auf Ausfälle bezogen, die Kosten verursachen?“

I: „Grundsätzlich beides. Also Kritikalität bezieht sich in dieser Studie auf alle Erfolgsfaktoren, also ein Asset gilt als kritisch sobald es negative Auswirkungen auf Sicherheit, Verfügbarkeit, etc. aufweist.“

Teilnehmer 15: „1. Bahnübergänge (ungesicherte BÜ ohne Schranken) 2. Leit- und Sicherungstechnik 3. Weichen 4. Energieversorgung 5. Telekommunikationstechnik 6. Eisenbahnbrücken/Tunnel/Ingenieurbauwerke 7. Gleis. Beim Gleiskann zwar viel ausfallen aber normalerweise kann man dabei alles relativ schnell beheben. Ich habe gedanklich hier mitberücksichtigt, dass man das Gleis auch bereits am beste prognostizieren kann. Dort ist die Forschung und der Stand der Technik schon am weitesten, deshalb ist die Ausfallswahrscheinlichkeit auch dementsprechend gering.“

- a. Wie kann die Kritikalität bzw. der Zustand von Anlagen in diesen Bereichen gemessen und digital zur Verfügung gestellt werden?
- Kriterien/Kennzahlen/Messtechniken

Teilnehmer 15: „Also bei Bahnübergängen und Leit- und Sicherungstechnik bin ich nicht der Experte, also bei Bahnübergängen z.B. könnte ich jetzt gar nicht sagen, ob das dabei Sensorik gibt, die dafür eingesetzt werden kann. Teilweise wird hier Videoüberwachung eingesetzt. Zu Weichen und zum Gleis: Dort sind es entweder stationäre Messungen, d.h. Sensorik die angewendet wird, oder auch, von dem ich prinzipiell mehr der Fan von bin, Messwagen. Die Kombination wäre das Beste. Mit stationären Messungen hat man die Möglichkeit, dass man zwar nur einen Punkt misst, diesen dafür aber 24/7. Mit einem Messwagen hingegen hat man die Möglichkeit, dass man die Längsausdehnung messen kann und wenn man 3–5-mal im Jahr das ganze Streckennetz abfahren kann. Letztendlich was man dabei versucht sich daraus zu ermitteln, wo man in Österreich ohnehin schon relativ weit ist, ist dass man sich komponentenspezifisch berechnen kann, wann diese Komponente mehr oder weniger so verschlissen ist, dass sie ausgetauscht werden sollte. Letztendlich wäre es gut das in Jahren prognostizieren zu können, das wäre für die Verantwortlichen vor Ort, die wirklich die Instandhaltung machen müssen, das einfachste. Die Zwischenschritte sind dann in gewissen Kennzahlen, z.B. Standardabweichung von einem Messwert ist oder ein Abnutzungsgrad.“

Frage 8 nimmt auf die Antwort auf Frage **C2** aus dem Fragebogen Bezug: Sie haben angegeben, dass Sie ihre kritischen Anlagen kennen.

21. Haben Sie den Eindruck, dass Infrastrukturbetreiber ihre kritischen Anlagen kennen? (Umfrage Ergebnis: 68% ja)

Teilnehmer 15: „Sehr unterschiedlich. In Österreich und der Schweiz ist man, was Eisenbahninfrastruktur betrifft, schon sehr weit, also dass man die Anlagen schon bewertet. In anderen Ländern weniger weit. In Deutschland, Frankreich, da ist man schon etwas besser, vielleicht auch Spanien und Italien. UK, zumindest meinem Eindruck von vor 2-3 Jahren, da war ich nicht ganz so begeistert. Wenn man in den Osten schaut, da wird es auch schwächer teilweise. Dort wird es so gehandhabt, dass nach der Vorschrift, die besagt, wann und bei welcher Gleislagequalität eine Maßnahme zu setzen ist. Also die halten sich dann einfach nur an die Vorschrift. Und dann hat man eine Kennzahl für den Zustand des Gleises, aber weiß damit nicht, ob die Schiene schlecht ist oder irgendeine andere Komponente. Zielführend ist meiner Meinung nach nur die komponentenspezifische Zustandsermittlung, denn nur wenn man weiß welche Komponente meiner Anlage das schlechte Ergebnis erzeugt, kann man ökologisch und finanziell nachhaltige Instandhaltungsmaßnahmen setzen. Es gibt viele, die gerne mit Track Quality Indexes (QIs) arbeiten, wobei eben alles in einen Topf geworfen wird und damit z.B. ein Gleis als gut oder schlecht bewertet wird, aber man hat keine Ahnung warum.“

Frage 9 nimmt auf die Antwort auf die Frage **C7** Bezug: Sie haben angegeben, dass Sie die Kritikalitätsbeurteilung jährlich durchführen.

22. Ist das Ihre Empfehlung oder tatsächlich so bei Betreibern?

Teilnehmer 15: „Ja also das ist auch unterschiedlich. In Österreich passiert es 3-mal pro Jahr, zwar nicht diese Art direkt der Kritikalitätsbeurteilung, sondern zumindest eine Instandhaltungsprognose. Und 1x im Jahr, wenn es Richtung Budgetplanung geht. In anderen Ländern wird das sicher eher seltener der Fall sein. Aber ich würde hoffen, dass die Bahnen bzw. die Länder, die auf diese Art der Bewertung setzen diese aber dynamisch durchführen. Eine Kritikalitätsbewertung zu machen und dann nie wieder anzugreifen macht in meinen Augen wenig Sinn.“

Fragen 10-11 nimmt auf die Antwort auf die Fragen **C3** und **C4** Bezug: Sie haben angegeben, dass Sie ihre kritischen Anlagen u.A. mithilfe der Kritikalitätsbeurteilung identifizieren und dafür keine Software verwenden.

23. Welche/n Mehrwert und Vorteile sehen Sie in der Implementierung einer dynamischen Anlagenbewertung im Infrastrukturbereich?

Teilnehmer 15: „Transparenz würde ich auf jeden Fall nennen. Einerseits innerhalb des Unternehmens, von unten nach oben oder von oben nach unten, je nachdem wie man es sehen möchte. Und aber auch, vor allem wenn es um Infrastruktur geht, dann gibt es ja einen Geldgeber, z.B. staatlicher Natur oder wie auch immer, d.h. hier braucht man natürlich auch eine Transparenz, wofür das Geld eingesetzt wird, ob das Geld effizient eingesetzt wird, ob und wie sich der Anlagenzustand verbessert/verschlechtert und verhält. D.h. meiner Meinung sind Transparenz und Kosteneffizienz hierbei die größten Themen, dass man einfach die Qualität dann auch darstellen kann.“

24. Welche Probleme und Herausforderungen sehen Sie in der Implementierung einer dynamischen Anlagenbewertung im Infrastrukturbereich?

Teilnehmer 15: „Datenmanagement ist immer das größte Thema. Zuerst muss immer der Wille vorhanden sein, dass man überhaupt mal den Willen hat solche Systeme einzusetzen und dann wirklich Datenmanagement, Schnittstellenbereinigung, damit das dann auch wirklich dynamisch passieren kann. Und zwar auch einfach dynamisch passiert. Wenn man z.B. neue Inputdaten, Messdaten hat, dass es möglichst automatisiert neu berechnet wird.“

Frage 12 nimmt auf die Antwort auf die Frage **C5** Bezug: Sie haben angegeben, dass die Verwendung einer Software für die Risiko/Kritikalitätsbeurteilung in Zukunft nicht geplant ist bzw. dass es von der Software abhängt.

25. Welche Anforderungen müsste die Software für diesen Zweck erfüllen bzw. was müsste die Software können, um Sie zu überzeugen?

Teilnehmer 15: „Ja also wir haben das immer so gehabt mit den ganzen Prognosen, dass es eigentlich immer zwei Ebenen geben sollte. Und zwar eine für Expert:innen, die das anwenden, also die dann auch wirklich sehen, was im Hintergrund der Software passiert und sehen, woher die Werte kommen. Am Schluss muss es aber auch eine Darstellung oder eine einfache Handhabe für die regionalen Verantwortlichen vor Ort, dass diese dann auch die Maßnahmenplanung machen können. Diese wollen sich wahrscheinlich auch nicht drum kümmern, welche Werte im Hintergrund zusammengerechnet werden, sondern diese wollen klare Ergebnisse und ja... sei das dann rot/grün/orange oder in Jahren, also zu diesem Zeitpunkt musst du etwas machen, oder Achtung kritisch – Stufe 1-5 oder wie auch immer. Das heißt ich fänds schlau, wenn ich solchen Softwares immer beide Seiten bedient werden. Es wird auch

Kund:innen geben, die eben wissen wollen, was im Hintergrund passiert ohne den Kundenservice anrufen zu müssen. Also Best Case Scenario ist eine Software, die beide Richtungen bedient, das finde ich immer sehr wichtig. Also wichtig: Die Zielgruppe muss definiert werden. Wenn z.B. große Bahnen die Zielgruppe sind, dann sollte es auf jeden Fall als Baustein in deren bestehender Software integriert werden können. Weil ich weiß, dass große Bahnen, eine ÖBB hat kein Interesse eine zusätzliche Software zu beschaffen, sondern es muss alles in ihrer Landschaft integriert werden. Für kleinere, z.B. Hafenbahn/Anschlussbahn, ist das natürlich anders, da diese nicht über eigenes Knowhow verfügen. Also je nachdem welche Zielgruppe muss man das berücksichtigen, ob man eher sagt wir sind ein Baustein in einem großen System oder wir sind die Softwarelösung, die ihr jetzt verwenden könnt.“

Fragen 13-14 nehmen auf die Antwort auf die Frage **C12** Bezug: Sie haben angegeben, dass Sie die prädiktive Strategie verfolgen. Anmerkung: Hängt von Anlagentyp ab

26. Bei welchem Anlagentyp verfolgen Sie aktuell die prädiktive IH-Strategie?

27. Was ist Ihrer Meinung nach der aktuelle Stand bei Betreibern?

a. Also welche Strategie ist am häufigsten vertreten?

b. Ist ein Entwicklungstrend in eine bestimmte Richtung erkennbar?

Teilnehmer 15: „Status Quo ist zwar vermehrt noch die reaktive IH-Strategie aber zumindest für einzelne Instandhaltungstätigkeiten ist man schon so weit. Im DACH-Raum ist zumindest Stopfen und Schleifen schon so weit, dass diese Tätigkeiten prädiktiv passieren. Auch Erneuerungsplanung teilweise, wenn man von Streckengleisen sprechen. Was die Weichen und andere Anlagengattungen betrifft, dort ist noch alles sehr reaktiv würde ich sagen. Hier ist die Frage, wenn man eine Brücke mit einer Schulnote 1-5 bewertet im Zustand und dass man dann bei der Note 4 irgendwann dran denkt etwas zu machen, dann ist das für mich nicht wirklich Instandhaltungsplanung.“

Fragen 15-16 nehmen auf die Antworten auf die Fragen **C11** und **C15** Bezug: Sie haben angegeben, dass die Risikobetrachtung nicht in die Instandhaltungsstrategiefestlegung miteinfließt (C11) und Sie dieser den Stellenwert „4“ im Zuge der dynamischen Anpassung geben. (C15)

28. Warum fließt diese nicht mit ein? Auf welchen Faktoren basiert die IH-Strategiefestlegung?

29. Warum der niedrige Stellenwert?

Teilnehmer 15: „Ich habe das so interpretiert zumindest, was teilweise gemacht wird ist das mehr oder weniger eine Ermittlung, zu welchem Zeitpunkt eine gewisse Instandhaltungstätigkeit notwendig ist. Das wäre für mich eine Risikobetrachtung, dass ich mir dort mehr oder weniger einen Trichter lege und sage, dass das auch +/- ein halbes Jahr sein. Das [Die Kritikalitätsbeurteilung] wird aber so [im Zusammenhang mit der IH-Strategiefestlegung] noch nirgends praktiziert eigentlich. Also die Schweizer reden teilweise davon und haben sich es überlegt, wie sie es machen könnten und was das auch bewirken würde. Aber so richtig macht es noch niemand. Am Institut haben wir auch Überlegungen angestellt, wie das auch mit anderen Unternehmensbereichen zusammenspielt aber so richtig hätte ich es noch nirgends vernommen [Die Risikobetrachtung in Verwendung in diesem Zusammenhang]“

I: „Haben Sie deswegen der KB auch den Stellenwert 4 gegeben?“

Teilnehmer 15: „Genau, aktuell habe ich, würde ich sagen, habe ich deswegen geringer Stellenwert, weil es aktuell noch nicht gemacht wird und es Ihnen [den Betreibern] scheinbar noch nicht so wichtig ist. Aber der Stellenwert sollte, meiner Meinung nach, schon sehr hoch sein.“

Fragen 17-19 nehmen auf die Antworten auf die Fragen **D2** und **D1** Bezug: Sie haben angegeben, dass Sie (aus Sicht eines Infrastruktur- bzw. Anlagenbetreibers) die Risikobewertung bei der Neuanschaffung von Anlagen mit einfließen lassen (D2) allerdings keine Risikobewertung VOR Inbetriebnahme durchführen (D1).

30. Inwiefern fließt dann bei der Neuanschaffung bzw. Investitionsentscheidung die Risikobewertung mit ein? Bzw. wie wird diese dann berücksichtigt?

31. Warum ist diese im Zuge der Neuanschaffung von Bedeutung?

32. Welche Kriterien/Kennzahlen haben dabei einen Einfluss auf die (Investitions-)Entscheidung?

Teilnehmer 15: „Warum ich das bei der Inbetriebnahme nicht auch angekreuzelt habe, weiß ich nicht. Das könnte man auf jeden Fall ändern. Aber es ist schon so, soweit ich das mitbekommen hab, dass es, zwar noch nicht sehr fundiert, aber schon Risikobewertungen in diesem Zusammenhang gibt, vor allem bei großen Investitionsprojekten, wie großen Tunnelbauprojekten, gibt.“

Ad Kriterien: „Zuverlässigkeit nicht, sondern hauptsächlich Kostenindizes. Z.B. Preissteigerung oder Bauverzögerung. Solche Themen. Die Zuverlässigkeit der Anlage in der Nutzungsphase spielt weniger mit rein, sondern Risikobewertungen bei großen Investitionsprojekten gehen in die Richtung, wie teuer kann es schlimmsten Falls werden oder wie lang könnte es im schlimmsten Fall dauern. Bei Sicherungssystem und so, werden Risikobewertungen eher von den Firmen/Anbietern selbst gemacht“

Frage 20 nimmt Bezug auf Ihr **Dissertationsthema** und den „Asset management approach for railway track developed by TU Graz“.

33. Könnte man Ihrer Meinung nach die von Ihnen erarbeitete Methodik dazu nutzen die gesamte Infrastruktur abzubilden und wie den Fahrwegs-Zustand zu beschreiben und nach Ihrer Kritikalität zu beurteilen?

Teilnehmer 15: Das hängt davon ab, ob man einen verschleißbasierten Ausfall hat, oder einen Wahrscheinlichkeitsbasierten/probabilistischen Ausfall. Also wir haben damals unterschiedliche Anlagengattungen gerechnet und dort so LCC-Studien gemacht. Wenn man jetzt beispielsweise an Signallampen denkt, die fallen einfach irgendwie. Da kann man auch nicht bei der Glühbirne oder bei den LED-Lampen, also da gibt's auch keine, zumindest haben uns das die Experten der ÖBB so gesagt, Messinstrumente um vorherzusagen, dass die Lampe z.B. in einem Jahr ausfällt. Deswegen ist es dort aus Instandhaltungsstrategischer Sicht am besten, wenn man ohnehin am Signalschild ist und das alle 2 Jahre putzen muss, dass man dann die Glühlampe einfach direkt mitaustauscht. Diese kostet nämlich nur 1,20€, oder so, aber wenn eine ausfällt und die Züge deswegen nicht fahren können, oder langsamer fahren müssen, dann hat man extreme Kosten und Verzögerungen. Bei solchen Spezialfällen würde ich zwar das Grundgerüst der Methodik übernehmen aber jetzt nicht diesen komponentenspezifischen Ansatz. Dann gibt's andere Anlagengattungen,

beispielsweise Gleise, Weichen, Tunneln, Brücken (teilweise, je nach Brückentyp), wo man das durchaus komponentenspezifisch angehen kann. Also den Grundgedanken, also zuerst einmal ein Standardelement, wie wir es am Institut immer genannt haben, zu entwickeln. Also zuerst

- welche Nutzungsdauer erwarte ich mir,
- welche Instandhaltungstätigkeiten sind notwendig,
- was sind die Parameter, die beeinflussen, ob ein Ausfall zustande kommt oder nicht oder dass die Ausfallswahrscheinlichkeit erhöht wird.

Diese Vorgehensweise ist eigentlich immer sinnvoll und ob es dann komponentenspezifisch wirklich Sinn macht, dort in Messung und Prognose zu gehen, ist dann je nach Anlagentyp zu evaluieren. Wenn kein Verschleiß passiert, dann brauche ich diesen auch nicht prognostizieren.“

I: „Also als Standardelement bezeichnen Sie also immer Elemente bzw. Bestandteile, die vollständig zu definieren sind und sobald das getan ist, Daten zur Prognose des Ausfalls berechnet werden?“

Teilnehmer 15: „Ja genau, also da sind dann z.B. Parameter zu definieren wie, ist dort ein Bogen oder eine Gerade, sind dort Holzschwellen oder Betonschwellen verbaut. In diese Unterschiede muss sich clustern und das ist dann ein Standardelement und dann kann ich mir auf Basis von Erfahrung/Messdaten dann erarbeiten, in diesem Standardelement, in diesem Cluster und auf Basis dieser Parameter kann ich mir eine Nutzungsdauer von z.B. 35 Jahren erwarten im Mittel und wenn man das dann hat, hat man schon gewonnen, weil dann kann man sich die LCC und Alles weitere hochrechnen. Z.B. Umweltwirkungen.

34. Wo sehen Sie die Bahn sich in Zukunft hin entwickeln?

Teilnehmer 15: „Ich glaube, dass die Bahn eigentlich eh von der gesamten Methodik her relativ zukunftsfit ist, aber dass man bald höhere Effizienz braucht. Wahrscheinlich, wenn man wirklich voll daraufsetzen möchte, dass man im Besten Fall rund um die großen Städte eigene Netzwerke schafft für Fernverkehr und... Nah- bis Mittelstrecke. Wenn man hier beispielsweise Wien betrachtet, auf der Stammstrecke sind ja immer dort, wo die großen Ausfälle passieren und Verspätungen, Überschneidungen von Nah- und Fernverkehr. Z.B. könnte man auf den Hauptstrecken, Wien-Salzburg oder Salzburg-Graz, eine Fernverkehrsstrecke einrichten und der Nahverkehr kann andere Gleise benutzen. Ansonsten denke ich, auch mit den Lösungen mit Akkubetriebenen Zügen etc., das kann gut funktionieren, vor allem in Bereichen, die noch nicht elektrifiziert sind. Im Güterverkehr wird es Lösungen brauchen, damit man z.B. mit längeren Zügen fahren kann. Aber das sind alles Details, ich glaube die Riesenrevolution braucht jetzt mittelfristig nicht. Weil wenn wir jetzt einen Koralmtunnel oder Brennerbasistunnel bauen, dann werden wir nicht in 20-30 Jahren sagen können, dass die Bahn jetzt out ist oder wir sie nicht mehr brauchen. Das sind ja Investitionen für die Zukunft. Was aber in diesem Punkt schon zu sagen ist, ist dass die Bahn etwas träge ist. Es gibt seit 30-40 Jahren keine neuen Schwellentypen, Betonschwellen werden bald in Nuancen geändert.“

I: „Also erachten Sie das System der Bahn als zukunftsreif, aber sehen vor allem Potenziale in der Komponentenverbesserung und die Trägheit sollte verbessert werden?“

Teilnehmer 15: „Ja also, vor allem weil es auch einfach da ist. Ich denk mir jetzt einen Hyperloop zu bauen ist ganz nett, weil dann kann man hald von Wien nach Paris in kurzer Zeit. Aber die Bahnstrecke hat man schon und selbst mit dieser bestehenden Bahnstrecke hat man schon genug Probleme. Und dann sich zu überlegen, man baut eine komplett neue Hyperloopstrecke. Naja für den Fernverkehr wäre das wahrscheinlich DIE Möglichkeit am Flugzeug zu knabbern.“

Anhang G: Transkription Interview Teilnehmer 22

- Unternehmensart: Wissenschaft
- Position: Leiter Department, Studiengang
- Aufgabenfeld: Departmentleiter und Studiengangsleiter

I steht im Folgenden für die interviewende Person (Franziska Schneditz-Bolfras).

Fragen 1-3 nehmen Bezug auf folgende Antworten:

- B1 EF von Unternehmen: 1. Qualität, 2. Umwelt, 3. Kosten, 4. Flexibilität, 5. Zeit
- B2 EF d. IH: 1. Verfügbarkeit, 2. Sicherheit, 3. Qualität, 4. Integrität, 5. Umwelt – 6. Energieeffizienz, 7. Kosten, 8. Zeit, Flexibilität

1. Warum sind für sie die Faktoren Zeit und Flexibilität als EF eines Unternehmens „am wenigsten wichtig“? (B1 und B2)

Teilnehmer 22: „Zeit, mit dem habe ich nichts anfangen können. Was ist Zeit als Erfolgsfaktor? Zeitraum, also in welchen Zeiträumen sind welche Infrastrukturelemente umsetzbar oder welche Strategien tatsächlich mit Erfolg sozusagen zu implementieren, aber da war mir eigentlich nicht wirklich klar, welche Komponente damit kommen. Was meinen Sie damit mit Zeit?“

2. Sie haben angegeben, dass der Ausbildungsstand den EF „Kosten“ wesentlich beeinflusst: Warum bzw. Wie? (B7)

Teilnehmer 22: „Da wirklich in einem Unternehmen, das eben Menschen beschäftigt, die für dieses Unternehmen einen bestimmten Ausbildungsstand haben müssen, um die Ziele des Unternehmens erreichen zu können. Und das ist schon ein Unterschied, ob ich eben, sei es durch betriebsinterne Ausbildungen, Schulungen, Weiterbildungen speziell, die Leute sozusagen auf Level und auf einem Stand halte und auch ständig weiterentwickle, oder sie eben in externe Programme schicke, wie zum Beispiel bei uns. Wir haben ja auch so Ausbildungen, die wir für die ÖBB machen, akademischer Fachtrainer nennt sich das. Wo Leute, die in einem bestimmten Feld gut sind, aber in einem anderen Feld noch ein Defizit aufweisen, sozusagen upgegradet werden. Und deswegen ist der Ausbildungsstand und das Halten des Standes der Technik, in dem man in der Lage ist, eben mit dem Stand der Technik umzugehen, ein ganz wesentlicher und vor allem systemkritischer Faktor, weil habe ich diese Leute nicht oder kann ich vorallem durch Abgänge/Pensionierungen/usw. diese Leute nicht ersetzen → Braindrain, Wissensmanagement ein Riesenthema für alle Unternehmen. Also wenn ich das nicht schaffe, und deswegen ist Ausbildungsstand natürlich eine Wolke, da kann man jetzt sehr viele Elemente dazu benennen, aber in Wahrheit ist es so, dass jedes gut und resilient geführte Unternehmen natürlich in der Lage sein muss, auf Entwicklungen zu reagieren, die möglicherweise auch unerwartet eintreffen, Krisen. Wie gut sind diese Menschen jetzt darauf vorbereitet? Und da sind die Unternehmen zweifellos ganz unterschiedlich aufgestellt. Jetzt könnte man sagen, vielleicht in Österreich besser als in irgendwelchen anderen Ländern, mag sein, muss aber nicht zwingend sein. Aber jedenfalls, deswegen Ausbildungsstand ist ein ganz wesentlicher

Faktor. Standardisierung und Prozesse, na klar. Also habe ich ein standardisiertes Arbeitsumfeld, wo Prozesse eben prozessual auch funktionieren, dann werde ich mir leichter tun, wenn es um Kennzahlen und Kriterien geht, und Erfolgsfaktoren, die Kosten beeinflussen, also wenn ich standardisierte Prozesse effizient anwende, dann kann man vermuten, dass damit auch ein Kosteneffekt verbunden ist.“

- 3.** *Bezüglich der EF d. IH: Welche Kennzahlen/Kriterien fließen Ihrer Meinung nach in den Erfolgsfaktoren der Instandhaltung mit ein?*
- a.** *Wie können diese gemessen werden? (Stichwort Datenerhebung)*

Teilnehmer 22: „Von Unternehmen zu Unternehmen verschieden. Die ÖBB zum Beispiel ist da sehr gut unterwegs und hat mit ihren Messfahrzeugen und mit ihren Drohnen und sonstigen Befliegungs- und Befahrungsmaßnahmen, die sie da setzen, mittlerweile eine unglaublich dichte Datenbank aufgebaut und es geht jetzt einfach darum, aus diesen Daten Handlungsempfehlungen abzuleiten und daraus Instandhaltungsstrategien, die Lifecycleorientiert sind, zu entwickeln. Daran arbeiten die. Das kann ein kleines Unternehmen wie Stern und Hafferl oder irgendeine Salzburger Lokalbahn in dieser Dimension nicht leisten. Aber es gibt möglicherweise Dienstleister oder Kooperationen, die man auch für diese Zwecke wird anmieten können. Das heißt also, wenn ich als Unternehmen diesbezüglich profuturo denke und sage, wie stelle ich mich maschinell oder messtechnisch oder auch personell in dem Fall so auf, dass ich mit generierten Daten auch entsprechende Prozesse triggern kann. Ich habe nicht nur die Daten, sondern ich verarbeite sie auch so, dass tatsächlich eben, und das ist glaube ich die Kunst dabei, sie so zu nutzen und so zu integrieren oder extrapolieren, oder wie man mal sagen möchte, dass aus diesen vorhandenen Daten einerseits mögliche Datenlücken erkannt werden können und andererseits aber mit den Erkenntnissen, die daraus generierbar sind, auch tatsächlich eine Verbesserung oder eine Steigerung der Resilienz erzeugt werden kann. Also ich denke nur zum Beispiel, man befliegt eine Strecke im Gebirge mit Drohnen, um festzustellen, wo Unfall gefährdete Bäume stehen. Also die zu nah an der Trasse sind und der nächste Sturm kommt dann liegen diese auf der Oberleitung. Und daraus dann aber auch die richtigen Schlüsse zu ziehen und dann schicke ich eben dann den Holzfäller-Trupp dorthin oder die Maschine oder den Helikopter mit der Säge. Ja, das sind dann die Ableitungen, die dann rauskommen.“

I: „Wie sehen Sie da den Status Quo derzeit?“

Teilnehmer 22: „Also eben ÖBB ist da gut und nutzt das dann auch schon aktiv.“

I: „Wird das dann eher von Menschen verarbeitet oder wird da schon eben Software verwendet bzw. Programme?“

Teilnehmer 22: „Da gibt es sehr viel Software und sehr viele Programme und da gibt es auch ganze Spezial-Trupps, die sich damit auseinandersetzen. Es geht in den großen Unternehmen natürlich leichter, wenn man dort die Kapazität auch hat und wenn man auf Skaleneffekte zugreifen kann. In kleinen Unternehmen wünscht man sich das wahrscheinlich, dort sitzen auch keine dummen Menschen, sondern die haben ganz einfach nicht die Möglichkeiten und wenn es dann gelingt solche Kooperationen wie was weiß ich mit der ungarischen Bahn die halt ihren Ultraschallzug durch ganz Europa schickt, weil sie ihn hat und wo die anderen Unternehmen sagen, warum soll

ich ihn beschaffen, wenn ich die Dienstleistung einkaufen kann, aber sind diese Daten dann kompatibel mit den eigenen Systemen, das wäre einmal zu fragen, da gibt es da große Unterschiede, wahrscheinlich nicht, weil sonst würden die nicht fahren. Aber umgekehrt natürlich auch die Datenhoheit, der Besitz der Daten oder der Preis, um zu den Daten zu kommen, ist sicherlich auch ein Element. Mag sein, dass vielleicht kleine Unternehmen sagen, bevor ich den hohen Preis für die Dienstleistung zahle mache ich es lieber Handgestrickt selber, um möglicherweise zu den gleichen Ergebnissen bei geringeren Kosten zu kommen. Ich würde behaupten, dass die Awareness dafür bei allen Unternehmen gegeben ist. Es gibt meiner Meinung nach keines ohne es jetzt beweisen zu können. Aber ich würde einmal sagen, die sind alle mittlerweile so schlau zu wissen, dass ihre Infrastruktur kritisch, anfällig, im Fall des Falles eben auch möglicherweise schwierig zu reparieren ist, also je nachdem wo sie sich gerade befinden. Ja, also auch eine Schmalspurbahn wird es wahrscheinlich schwerer haben als irgendein Normalspurnetz, wenn dann irgendwelche unzugänglichen Gebiete mit Spezialmaschinen angefahren werden müssen, um dort irgendeinen Schaden zu beheben. Aber ich würde einmal sagen, die Awareness dafür, also das Bewusstsein, dass man da was machen muss, und dass man anfällig ist und resistent eigentlich sein sollte, das ist, glaube ich, überall gegeben.“

Frage 4 nimmt auf die Antwort auf Frage C1 Bezug: Sie haben angegeben, dass sie alle angegebenen Bereiche der Schieneninfrastruktur als kritisch erachten und nennen als sonstige Bereiche auch das Personal bzw. die Personalverfügbarkeit.

4. Sie haben alle Bestandteile als kritisch bewertet. Wenn Sie 3 wählen müssten, was wären Ihrer Meinung nach die am kritischsten zu bewertenden Bestandteile?
- a. Wie kann die Kritikalität bzw. der Zustand von Anlagen in diesen Bereichen gemessen und digital zur Verfügung gestellt werden?

Teilnehmer 22: „1. Die Brücken. Warum? Die ÖBB machen jetzt überall den Anprallschutz. Ja, weil davon auszugehen ist, dass irgendwelche Idioten da einmal gegen den Pfeiler krachen und dann... Also in St. Pölten ist das gerade passiert. 2. Die Leit- und Sicherungstechnik, ganz kritisch. Also der Anschlag auf die BFZ, ja, ist sicher ein Szenario, das mindestens ebenso kritisch ist wie die Weiche. Die Weiche ist das lästigste, das kommt am Häufigsten vor. Ich würde jetzt aber nicht sagen, dass die Weiche absolut das systemkritischste Element ist. Sie ist diejenige, die die meisten Störungen verursacht. Aber in Wirklichkeit ist eine Weiche ein relativ unintelligentes Produkt. Im Gegensatz zu einer BFZ. Also Leit- und Sicherungstechnik halte ich für wesentlich kritischer. Und 3. die Energieversorgungsanlagen ebenso. Also je nachdem, die ÖBB mag vielleicht durch ihre vielfältige Vernetzung und eben durch das eigene Bahnstromnetz ganz gut abgesichert sein. Andere Bahnen, die das nicht haben, sondern die vielleicht nur von zwei Unterwerken abhängig sind und irgendwas passiert dort, werden möglicherweise ein größeres. Also das ist eine Frage der Skaleneffekte, wie groß ist das Unternehmen. Betriebliche Telekommunikation, da kann man sich immer irgendwie behelfen. Leit- und Sicherungstechnik halte ich für den extrem kritischsten Bereich, wenn dort etwas passiert. Und 4. die Weiche, einfach aufgrund der hohen Anzahl von Weichen, die möglicherweise an bestimmten kritischen Stellen, in Tullnerfeld ist dauernd irgendwas los. Wenn irgendwas passiert, es ist immer eine

Weiche in Tullnerfeld. Und warum sie das nicht beheben können, ist mehr ein Rätsel. Aber es ist ständig, wenn irgendeine Verspätung ist, es ist immer Tullnerfeld. Deswegen sage ich auch, natürlich ist alles hier kritisch, aber es ist immer eine Frage der Menge und der Verteilung im Netz. Weiche ist nicht die Weiche. Die Weiche dort ist nicht die Weiche auf irgendeiner Anschlussbahn, die völlig wurscht ist. Und ob ich eine zweigleisige Strecke habe oder eine eingleisige, ist ein Riesen Unterschied. Also wenn im Systemkreuzungsbahnhof der eingleisigen Strecke die Weiche nicht funktioniert, dann steht der ganze Betrieb. Wenn auf einer zweigleisigen Strecke irgendeine Überleitstelle nicht funktioniert, kann ich mich immer noch behelfen. Aber was ich nicht sanieren kann, ist wenn ich wirklich in der, nennen wir es BFZ, oder wie immer der zentrale Fahrdienstleitung, wenn dort was ist, was größere Auswirkungen erzeugt, dann habe ich wirklich ein Problem.“

Frage 5 nimmt Bezug auf die Frage **C2**: Als Department- und Studiengangsleiter haben Sie die Frage „Kennen Sie Ihre kritischen Anlagen?“ natürlich verneint.

5. Haben Sie den Eindruck, dass Infrastrukturbetreiber ihre kritischen Anlagen kennen? Und welche Methoden werden zur Identifikation genutzt?

Teilnehmer 22: „Erstens einmal die menschliche Intelligenz natürlich ist ein entscheidender und auch systemkritischer Faktor. Also der Bahnmeister, der weiß, wenn irgendwo was passieren kann, um das zu entstören, oder der Signalmeister weiß, wo er hingehen muss. Das kann man wahrscheinlich sukzessive durch künstliche Intelligenz ablösen und ersetzen. Aber letztendlich geht es auch darum, wie plane ich solche Systeme resilient. Also wie schaut eine resiliente Infrastrukturplanung aus, die vielleicht anders aussieht als eine klassisch betriebliche Planung. Beispiel, man hat früher gesagt, Überleitstellen im Tunnel sind gut, weil da kann ich im Fall des Falls das Gleis wechseln. Heute sagt man, Weichen im Tunnel sind schlecht, weil wenn es bei der Weiche was hat, dann ist es sehr schwierig, dort eben irgendwas zu machen. Also da ändern sich möglicherweise auch die Betrachtungswinkel. Ich glaube, dass alle Infrastrukturbetreiber aufgrund der gegebenen Awareness „ich habe ein kritisches System“, je nach Design ihres Systems wahrscheinlich sehr unterschiedlich vorgehen. Es wird eine APG anders vorgehen bei ihrer Netzbetrachtung als eine ÖBB in ihrem 110 kV Netz, weil die Anforderungen einfach unterschiedlich sind. Trotzdem wird beiden gemeinsam sein, sich zu überlegen, wo sind Schwachstellen im System, die ich jetzt schon kenne, also mögliche Überlastungspunkte, und wo habe ich für die Zukunft gedacht Handlungsbedarf. Also da würde ich mal behaupten, das wissen alle. Jetzt die Reihung zu treffen, was mache ich als erstes, wird sehr stark davon abhängen, wie hoch man das Risiko einschätzt. Also dass dort tatsächlich ein Fall eintritt und auf welche Finanzierungsinstrumente ich zugreifen kann. Aber ich glaube, eine Strategie zu entwickeln, nehmen wir den Strombereich, also die Energieversorgung mit Prioritätenreihungen. Also zum Beispiel Ausbau Leitungsnetz 220-380 KV in Österreich. Die APG weiß genau, was zu tun wäre. Die weiß aber auch ganz genau, in welchen Zeiträumen was umsetzbar ist. Die weiß, wie mit Bürgerbeteiligungsverfahren umzugehen ist. Wie die Lebensdauern von diesen einzelnen Anlagen noch zu erwarten sind und ähnlich ist es auch im Schieneninfrastrukturbereich. Da gibt es natürlich auch noch einen gewissen Abnutzungsvorrat, bevor eine Stelle im System irgendwann einmal kritisch zu werden droht. Es gibt auch unerwartete Entwicklungen.

Beispielsweise die Weststrecke hier, zwischen Wien und Linz, mit den Railjets, und der damals verwendeten Oberbautechnologie und den Lokomotiven, die halt alles andere als gleisschonend sich verhalten, erzeugt Abnutzungsbilder, mit denen man nicht gerechnet hat. Also der Schotter zerbröselt. Notwendige Sperren und Erhaltungsmaßnahmen, die eigentlich in einer Systembetrachtung ursprünglich nicht vorgesehen waren. Und jetzt geht es um das Monitoring. Daher muss ich mir als Unternehmen Monitoring-Systeme überlegen, die auf meinen Betriebsfall sozusagen abgestimmt sind. Und wenn die funktionieren, und ich behaupte, dass die ÖBB das erkannt hat, dann geht es nur mehr darum, kann ich in diesem Zeitplan, in dem also diese Strecke noch hält, noch die Sicherheit garantieren? Oder habe ich kurzfristigen Handlungsbedarf, langsam fahren, Streckensperren, was auch immer. Darauf aber kommen, das wird spannend, so eingestellt zu sein, wenn so ein Fall eintritt, dass ich auch die dispositiven Maßnahmen so treffen kann, dass nicht das totale Chaos ausbricht. Das ist, glaube ich, die Kunst. Und das erfordert ein Zusammenwirken von Systembestandteilen, die äußerst komplex sind. Im Grunde genommen liegen die meisten Probleme eh in der Komplexität von dem System. Denn es ist kein Problem jetzt rein des Fahrwegs, wenn der Schotter zerbröselt, sondern wenn ich dort tatsächlich dann mit langsam fahren den Fahrplan durcheinander bringe oder die Trassen für die EVUs nicht mehr halten kann und dann Pönalen zahlen muss aus irgendeinem Grund oder Beschwerdeverfahren vor der Schienenkontrolle führen muss, dann sind das Auswirkungen, die weit über die technischen Auswirkungen am Oberbau hinausgehen. Umläufe passen nicht mehr, die Kunden sind unzufrieden, sie haben eine schlechte Presse. Also all das. Und darum glaube ich, das Monitoring und das rechtzeitige Erkennen von ansteigenden Abnutzungsgradienten ist etwas, für das Unternehmen bereits jetzt schon viel Grips hineinstecken, aber möglicherweise in Zukunft noch viel besser werden müssen und eben auch ihre Monitoring-Systeme ständig weiterentwickeln.“

I: „Also was ich raus höre beantwortet schon ziemlich meine Frage. Also diese Beurteilung des Risikos bzw. der Kritikalität der Bestandteile ist essentiell, um eben das System zu erhalten, um nicht größere Probleme in der Kundenzufriedenheit und Fahrplänen etc. zu kreieren.“

6. Welche Probleme und Herausforderungen sehen Sie in der Implementierung einer dynamischen Anlagenbewertung im Infrastrukturbereich?

a. Warum ist diese noch nicht Status Quo?

Teilnehmer 22: „Dass man die Menschen braucht, die das alles verarbeiten können, die in der Lage sind, mit diesen generierten Daten dann die Prozesse anzustoßen, die wiederum von Menschen auch geplant und ausgeführt werden müssen, um dann auf die Kapazität bei der Umsetzung setzen zu können. Heißt, ich brauche dann für Streckensanierungen, egal ob Fahrweg oder Oberleitung oder sonst irgendwas, ich brauche Maschinen, ich brauche Firmen, ich brauche Ausschreibungskapazität, um die Arbeiten vergeben zu können. Ich brauche also immer einen gewissen Zeitvorlauf. Und all das eben in dieser Komplexität und in der ganzen rechts verbindlichen Welt in der wir leben in der europäischen Union erfordert eine Einsatzgruppe aus verschiedenen Spezialisten, die sehr gut aufeinander abgestimmt arbeiten müssen. Das heißt um ein Netz wirklich resilient zu halten, muss wie ein Uhrwerk das eine Gewerk in das andere

eingreifen, aber auch vom anderen Bescheid wissen. Deshalb ist es so wichtig Systemverstehender auszubilden. Das Wissen warum. Es ist wichtig als Entscheidungsinstanz, also als Führungskraft einschätzen zu können, wenn ich an der Schraube hier drehe, passiert drei Achsen weiter das und jenes. Oder zumindest sollten sie eine Ahnung davon haben, was das tatsächlich bedeuten könnte. Und da sage ich, der Vorteil ist der, wenn ich jetzt rein Bauingenieur studiere, mit der Verkehrsplanung, dann weiß ich sehr viel vom Brückenbau und vom Fahrweg, aber ich weiß wahrscheinlich sehr wenig von der Fahrplanung oder von der Betriebsorganisation. Oder aus der EVO-Welt zum Beispiel. Aber das sind ganz wesentliche Player in dem System und deswegen bin ich auch absolut überzeugt davon, dass man nicht nur die Infrastruktur sehen darf als kritisches System, sondern das Gesamtsystem. Und wenn ich geöffnet habe den Markt, und das ist einfach der Fall, und da sind jetzt viele EVUs unterwegs auf dem Netz, dann haben die alle einen Rechtsanspruch auf gewisse Dinge. Ich kann natürlich durch allgemeine Geschäftsbedingungen und durch irgendwelche Klauseln mich exkulpieren von allem Möglichen. nichts. Wenn das System instabil wird, dann ist das System, die Bahn, in der öffentlichen Diskussion schlecht besetzt. Und das muss man vermeiden. Ganz einfach.“

Die Frage 7 bezieht sich auf die Antwort auf die Frage **C12**: Sie haben angegeben, dass sie zwar selbst keine Strategie verfolgen, da sie keine eigenen Anlagen haben, aber alle Strategien als zielführend ansehen, außer der reaktiven.

7. Sie haben angegeben, dass alle genannten Strategien (außer reaktiver IH) zielführend sind. Was ist Ihrer Meinung nach der aktuelle Stand bei Betreibern?

Teilnehmer 22: Angezielt wird natürlich die Präventive nun mal. Das schreiben sich auch alle auf die Fahnen. Tatsächlich sind alle mit reaktiven Prozessen natürlich auch gut ausgelastet, weil man das einfach nicht verhindern kann, dass irgendwo trotzdem etwas passiert. Also das komplett auszublenden und zu sagen, es ist völlig unwichtig, wäre falsch. Aber es ist natürlich keine Strategie, die man verfolgen sollte als Ziel. Das Ziel sollte sein, die prädiktive und die Lifecycle-kostorientierte, also die Eingriffsschwellen so zu setzen, dass man planbar eben auch mit Streckensperren und so, ich meine, das machen eh alle. Aber es führt selbstverständlich auch zu Störungen im System. Wenn ich jetzt sage, ich sperre die Tauernbahn für sechs Monate, dann mag das gut sein für den Infrastruktur-Eigentümer und Betreiber, weil der kann da super smooth arbeiten und die Leute in der Nacht auch schlafen schicken. Für diejenigen, die von dem Umleitungsverkehr betroffen sind, ist das die pure Katastrophe. Und die anderen Infrabetreiber, die dann den zusätzlichen Verkehr verkraften müssen, ohne dass sie was dafür können, die bedanken sich. Das wird viel zu sehr ausgeblendet, nämlich das Teil optimieren im eigenen System, woanders natürlich Reaktionen erzeugt, die möglicherweise unplanbar sind. Also wenn jetzt auf irgendeiner Ausweichstrecke im Ennstal oder sonst wo auf einmal statt, was weiß ich, statt 10 Güterzügen 40 fahren müssen, mit entsprechenden Lasten, dann wird sich dort etwas einstellen, was vielleicht in der prädiktiven Vorherschau nicht geplant war. Das ist ja zu sagen, ich optimiere jetzt nur eine Achse, weil das halt ein Korridor ist und da kriege ich Geld von der EU. Das machen wir schon irgendwie, dass man die Verkehre

umleiten kann eben woanders zu Störungen führen, die überhaupt nicht vorhersehbar waren. Oder in dem Bild, das man sich gezeichnet hat, gar nicht mit bedacht worden sind.“

8. Wie kann Ihrer Meinung nach diese dynamische Anlagenbewertung bei der Instandhaltungsstrategieanpassung miteinfließen?

Teilnehmer 22: „Man muss jetzt einmal voraussetzen, dass aus den gewonnenen Daten entsprechende Erkenntnisse dazu kommen. Also angenommen man hat wirklich diese Daten in einem Zyklus zur Verfügung, der eine echte Prädiktion erlaubt, dann muss man, wenn eben Eingriffsschwellen in irgendwelchen Zeiträumen erkennbar sind, die Kapazitäten in diese Richtung planen. Und schauen, dass man nicht nur die eigene Manpower, sondern auch die Firmen, die man dazu braucht, so rechtzeitig ansprechen kann, dass die wiederum ihre Kapazitäten vorhalten. Das heißt, der Prozess wird um einiges komplexer. Bei der reaktiven Instandhaltung habe ich ein Problem und schaue, dass ich das lösen kann. Bei der prädiktiven sehe ich das Problem kommen, muss mich aber vertragstechnisch oder sonst ausschreibungstechnisch soweit absichern, dass ich zum Zeitpunkt X, der noch nicht da ist, mich darauf verlassen kann, dass ich dann, wenn ich es brauche, auch diese Kapazitäten verfügbar hab. Jetzt natürlich Covid und was alles dazwischen kommen kann, kein Mensch weiß das. Oder irgendwelche Firmen-Crashes, keine Ahnung. Also man setzt auf ein Pferd, das dann in der Zukunft möglicherweise gar nicht da ist. Das ist das Risiko dabei. Und dynamisch heißt, ja, irgendwann einmal wird man wahrscheinlich einen Check machen müssen, ich sage, in drei Jahren brauche ich die Kapazität. Das habe ich vor drei Jahren so geplant, es wird schon stimmen noch. Wahrscheinlich werde ich Zwischenschritte einschieben müssen, um zu schauen, sind meine Annahmen von damals profuturo, noch haltbar. Oder gibt es irgendwelche Tendenzen, was weiß ich z.B. der voestalpine-Konzern kracht an allen Ecken und Enden, war damals, dass er komplett verschwindet, wird niemand vorhersehen haben können. Diese Marktbeobachtung auf der Seite derer, die dann diese Arbeiten ausführen sollen, halte ich für ein ganz zentrales Element und da brauche ich auch Leute, die das monitoren, das werden keine Maschinen sein, das werden Menschen sein müssen, die eben in irgendeinem Prozess, den es wahrscheinlich noch gar nicht gibt, so einzutakten, dass man jetzt einen Rahmenplan bis 2030, sagen wir, und hab vor 2027 dieses Gewerk zu starten, haben natürlich auch überlegt, wen werde ich da einladen, aber ist das im Jahr 2025 dann auch noch valide, was ich mal im Jahr 2021 ausgedacht habe. Da sehe ich noch einen Handlungsbedarf, ohne jetzt zu wissen, ob das Problem in dieser Form woanders schon erkannt worden ist. Ich würde es als Unternehmensleitung im Auge behalten.“

9. Wie kann Ihrer Meinung nach eine dynamische Anlagenbewertung in die Instandhaltungsstrategieanpassung im Bereich der Schieneninfrastruktur miteinfließen?

Teilnehmer 22: „Ich glaube, das ist einfach eine Aufgabe der Unternehmensführung, sich dessen bewusst zu sein, auch wenn ich tolle Monitoringsysteme habe und eine schöne Planung hinlege, dass eben die Umsetzbarkeit dieser Langfristplanungen durchaus gestört werden kann durch Ereignisse, die man möglicherweise nicht vorhergesehen hat. Also auch Stichwort Ukraine-Krieg. Vielleicht triggert das auch

andere Überlegungen, was ist, wenn die Ukraine nicht der einzige Krisenherd war, der mein System nachteilig beeinflussen kann? Denken wir an Lieferketten. Also blödes Beispiel, wenn mal wieder mal in Frachter stecken bleibt irgendwo. Also wahrscheinlich haben sich die am Suezkanal inzwischen auch überlegt, was zu tun ist, um sowas zukünftig zu vermeiden. Aber was macht zum Beispiel ein Waggonbauer, der seinen Stahl nicht bekommt. Und das Problem haben momentan alle. Also alle Fahrzeuglieferanten jammern, weil sie mit ihren Lieferkadenzen einfach im Rückstand sind, weil wurscht aus welchem Grund einfach die Materialien nicht zu dem Zeitpunkt da sind. Und deswegen glaube ich, es hilft eben nicht nur die Pläne für die Zukunft zu zeichnen und zu sagen, jetzt der Rahmenplan, hurra wir haben das Geld, sondern habe ich auch die Kapazität zu dem Zeitpunkt. Und deswegen war auch Zeit für mich, also das ist so ein dehnbarer Begriff, ich habe eben eine Planungszeitleiste und sage, genau zu dem Zeitpunkt weiß ich jetzt, da muss ich was tun. Aber bin ich zu dem Zeitpunkt überhaupt leistungsfähig? Ich glaube, das überlegt sich niemand. Sondern man macht eben den Plan, damit man das Geld in die Budgets eintakten kann und überlegt sich zu wenig, mit welchen Risikofaktoren das möglicherweise hinterlegt ist, dass diese Zeitleiste eben nicht hält. Und was tue ich, wenn sie nicht hält? Dann habe ich ja mein Problem, dass eben dort das Infrastrukturelement versagen könnte. Und dann bin ich dann in der Lage, Umleitungsverkehre überhaupt zu fahren. In Frankreich, da hat man das ja gesehen. Und dann scheitert es an Sprachprobleme, dass die Franzosen die Deutschen nicht fahren lassen, weil sie nicht Französisch sprechen. Vor allem innerhalb von Europa, das ist genau im Gegenteil der Ziele von dem europaweiten Bahnnetz.“

Frage 10 nimmt Bezug auf die Antwort auf Fragen D1 und D2: Sie haben angegeben, dass eine Risikobewertung vor Inbetriebnahme durchgeführt wird (D1) und diese als Basis für Investitionsentscheidungen herangezogen werden kann.

10. Welche Kriterien/Kennzahlen hätten dabei einen Einfluss auf die (Investitions-) Entscheidung?

Teilnehmer 22: Wenn man ein Element neu einführt, wie zum Beispiel eine Betriebsführungszentrale, weil das ja etwas ist, was das ganze System betrifft. Da hat man sich sicher vorher überlegt, welche Auswirkungen ein Ausfall haben kann und welche Redundanzen geschaffen werden. Also es geht immer um Redundanzen. Und wenn ein Element für sich singulär für einen kritischen Zustand verantwortlich ist und versagen könnte, dann muss man diese Investitionen wahrscheinlich auf deren Versagens-Resilienz sehr sehr kritisch prüfen. Ob es dafür eine Kennzahl gibt, weiß ich nicht. Aber man sollte sich bei der Investitionsentscheidung darüber im Klaren sein, dass es sich hier um eine tatsächlich systemkritische Infrastrukturelemente der Infrastruktur handelt. Alternativen wird es nicht geben, sonst würde man die Investition nicht tätigen. Alternativen könnten sein, die Investition insofern zu hinterfragen, ob sie ausreichend resilient gegen denkbare Einflüsse ist. Ich komme wieder zur Brücke. Wenn ich eine Brücke baue, kann ich sie kostengünstig ist und ich kann sie so bauen, dass sie gegen mögliche Einflüsse, sei es Hochwasser oder eben Anfahren von irgendwelchen Panzern, von vornherein geschützt ist. Und je nachdem, wo sich diese Brücke befindet im Netz, wird diese Investition, wenn sie versagt, also wenn ihre

Funktionsfähigkeit nicht mehr gewährleistet werden kann, eine größere oder kleinere Störung im System verursachen. Das heißt, Investition ist nicht Investition. Und daher denke ich, um diese Frage zu beantworten, muss man sich über die Kritikalität dieses Elements sehr gut Gedanken machen. Und bevor die Investition freigegeben wird, auch die Frage stellen, habe ich all das bedacht, dass eben diese möglicherweise kritischen Fälle auf ein Minimum reduziert werden können.“

Die Frage 11 bezieht sich auf eine Studie in der ausgesagt wird, dass 20% der gesamten Emissionen im System Eisenbahn der Errichtung und der Instandhaltung zuzuschreiben ist.

11. Was ist ihre Meinung dazu? Wo sehen Sie die größten CO₂-Einsparungspotenziale in der Instandhaltung der Schieneninfrastruktur? Und wie kann vielleicht auch die Digitalisierung eben Stichwort Programme, Softwares, dabei eine Rolle spielen?

Teilnehmer 22: „Erstens einmal überrascht mich das überhaupt nicht. Weil egal welche Baumaßnahmen es sind, es sind Baumaschinen im Einsatz, die sind alle Diesel betrieben, sind alle nach sehr niedrigen Emissionsklassen klassifiziert, das heißt die blasen den Dreck nur so raus und wurscht ob ich jetzt eine Strecke neu baue, also überhaupt bis einmal die Trasse gebaut ist mit hohen Emissionen zu rechnen und wenn ich sie instand halte. Da gibt es natürlich die Entwicklung mit Plasser&Theurer mit den E-Antrieben, die anderen werden folgen. Das heißt im Instandhaltungsprozess stärker auf Nicht-Verbrennungskraftmaschinen zu setzen, das ist ein ganz wichtiger Schritt, lärmtechnisch, emissionstechnisch überhaupt. Klar, die Einsätze zu reduzieren, um auch den Energieverbrauch zu senken, kann durch Predictive Maintenance-Planung natürlich optimiert werden, logisch, aber man müsste wahrscheinlich auch in diese ganzen Baustellenlogistikprozesse, die im Rahmen jeder UVP heutzutage auch abgefragt werden: wie viele LKW-Fahren mit Abraum sind notwendig, um diesen Tunnel da zu bauen und so weiter. Also man darf sich der Illusion glaube ich nicht hingeben, dass Eisenbahn per se schon einmal umweltfreundlich ist. Das ist sicher nicht der Fall. Schon gar nicht, wenn sie nach heutigen Methoden gebaut wird. Wiewohl, glaube ich, das Bewusstsein dafür durchaus da ist. Aber wenn man sich die Abläufe auf Baustellen ansieht, dann ist da noch sehr wenig an Umsetzungsfortschritt.“

I: „Aber grundsätzlich wirklich in den konkreten Instandhaltungsprozessen in der Maschinerie, die da benutzt wird, da ist auf jeden Fall Potenzial.“

Teilnehmer 22: „Ja unbedingt, vor allem im Ersatz auch der Diesel-Loks bei den Bauzügen, die halt oberleitungsungebunden verkehren müssen, bei den Baumaschinen selber, aber auch, und das glaube ich wird zu wenig beachtet, die Baustellenlogistik rundherum, herum, wie weit fahren diese LKWs und mit welchen oder umgekehrt welche Baumaschinen sind zugelassen für den Prozess. Und da fehlt aber meines Erachtens noch in der EU noch die klare Vorgabe, wie Baumaschinen zukünftig eben zu sein haben, wenn es die einmal gibt und wenn da einmal leistungsfähige Elektroantriebe verfügbar sind, wird sich das um ein Eckhaus bessern, aber natürlich auch bei anderen Baustellen. Also nicht nur bei der Bahn, sondern auch bei Autobahnen klarerweise.“

In einem Interview (Bahner im Gespräch, eisenbahn.blog #zukunftsbahn) haben Sie die Gesellschaftliche Intoleranz als ein Hindernis im autonomen Fahren der Bahn genannt, da technisch die Möglichkeit dazu ja bereits bestände. Weiters haben Sie in diesem Interview auch die Fortschritte im Gütertransport in Vakuumröhren in der Schweiz genannt. Es tut sich viel im System Bahn.

12. Wo sehen Sie die Bahn sich in Zukunft hinentwickeln? Was sind die größten Herausforderungen, um sich langfristig an den Kundenbedürfnissen orientieren zu können?

Teilnehmer 22: „na ja, ich sage immer, und das wiederhole ich auch so jetzt auch: Wenn die Bahn konkurrenzfähig werden möchte zum Flugzeug auf Mittelstrecken, dann muss sie einen Convenience-Faktor bieten, der über dem des Flugzeugs liegt. Also wenn ich im EasyJet oder wie immer die heißen Ryanair, etc. gedrängt sitze und mich nicht wohlfühle, dann darf das nicht die Entschuldigung dafür sein, dass es im Railjet genauso aussieht. Heißt, sich zu wenig an den Kundenbedürfnissen zu orientieren. Maximale Kapazitätsausnutzung zu minimalen Kosten. Sitzplatzmaximierung in einem 26 Meter Waggon. Schaut dann eben so aus, wie ein Railjet aussieht. Wenn Sie die Leute fragen, gefällt Dir das, wird jeder sagen Nein. Wenn Sie in die Westbahn einsteigen und die Leute fragen, gefällt Dir das, dann werden sie sagen im Großteil Ja. Weil dort einfach andere... Sie steigen ebenerdig ein, sie haben eine bessere Raumübersicht, sie haben, was das Gepäck betrifft, weniger Troubles, das irgendwo zu verstauen. Also beim Railjet, wenn sie bei der Tür reingehen, steht dort der Feuerlöscher und da dürfen sie kein Gepäck hinstellen, was kein Mensch versteht. Trotzdem stehen die Koffer dort, dann kommt der böse Schaffner und sagt, hallo, das geht nicht, verschwinden Sie mit Ihrem Koffer. Das sind Sachen, die bringen die Menschen auf die Palme. Und wenn das nicht besser wird und wenn sich die Bahnen nicht eben stärker daran orientieren, was will denn jemand, der reist. Sie wollen ein funktionierendes W-lan, sie wollen die Möglichkeit haben, möglichst ungestört zu reisen, sie wollen wahrscheinlich, wenn sie vier Stunden unterwegs sind oder fünf, Konkurrenz zum Flugzeug, nicht furchtbar unbequem sitzen, sondern ja halt bequem. Und dahingehend sich mehr zu überlegen, bin ich nach wie vor der Meinung, dass das ein absolutes Defizit bei vielen, nicht bei allen Bahnen, ist. Beim autonomen Fahren, ja, gesellschaftliche Akzeptanz, da stehe ich nach wie vor dazu, es wird immer Freaks geben, die sagen, hurra, ich kann endlich Zeitung lesen. Aber ob das die Fußgänger, Radfahrer und andere Verkehrsteilnehmer auch so sehen, wenn alle da autonom unterwegs sind, das würde ich einmal bezweifeln. Ich glaube auch nicht, dass im Zugverkehr das ATO außer bei O-Bahnen tut, das ist selbstverständlich und ist eine längst schon gelebte Praxis. Aber wenn es darum geht, auch im Fall des Falles Resilienz, die Leute dann auch sicher zu begleiten oder zumindest gut ausgebildet zur Verfügung zu stehen für den Fall des Falles, dann wird man auf Menschen nicht verzichten. Und egal ob jetzt sagt, er sitzt da vorn und steuert den Zug selber oder er sitzt nur vorn oder geht nur durch, es ist ja wurscht. Es muss jemand am Zug sein, der den Menschen genauso wie im Luftverkehr das Gefühl gibt, ich bin da. Also ich kann mir nicht vorstellen, dass irgendwer in einen Flieger einsteigen möchte, der unbemannt ist. Auf einem Schiff, das Erste, was sie machen, sie schauen sich die Mannschaft an, wie ist der Käpt'n und so, und sie machen sich ein Bild.

Genauso machen sie sich ein Bild von den Zugbegleitern. Den Lokführer sehen sie zwar nicht, aber sie wissen, er ist da. Und gehen einmal davon aus, der ist gut ausgebildet. Das Auto mit dem Autopilot, wissen sie nicht, was für eine Software wirklich dahintersteht. Und ob die dann in dem Moment, wo eben dann, was weiß ich, das Blatt Papier vor die Windschutzscheibe fliegt und als großes Hindernis erkannt wird, Notbremsung oder der kleine Bub, der nicht erkannt wird und zusammengeführt wird. Ja, aber das sind genau die Szenarien, die jeder, der nachdenkt, irgendwo auch vor sich sieht. Was ist wirklich der Nutzen, wenn ich autonom mit dem Auto durch die Gegend fahre?“

Anhang H: Transkription Interview Teilnehmer 33

- Unternehmensart: Serviceprovider
- Position: Business Development Bahntechnik
- Aufgabenfeld: Business Development, Neukundengeschäft, Smart Maintenance, Big Data, Cloud

I steht im Folgenden für die interviewende Person (Franziska Schneditz-Bolfras).

Fragen 1-3 nehmen Bezug auf folgende Antworten:

- **B1:** EF von Unternehmen: 1. Kosten, 2. Qualität, 3. Flexibilität, 4. Umwelt, 5. Zeit
- **B2:** EF d. IH: 1. Sicherheit, 2. Verfügbarkeit, 3. Integrität, 4. Kosten, 5. Qualität, 6. Zeit, 7. Flexibilität, 8. Umwelt – Energieeffizienz
- **B3:** Einstufung - kaum wichtig

35. Warum haben Sie den EF Umwelt auf Platz 4. Bzw. 8., also an den Schluss, gewählt?

Teilnehmer 33: „Hier ist die Frage, wie man es definiert. Ich habe das so verstanden: Was macht uns erfolgreich und bei uns ist auch der Fall Warum bezahlen Kunden uns für unsere Arbeit? Und das Thema Umwelt ist da sehr wenig Prior. Ich habe noch kein Kundenprojekt erlebt, wo der Kunde gesagt hat ‚Hey wir buchen Sie, weil Sie so eine gute Umweltstrategie haben‘. Noch nie vorkommen“

I: „Wenn wir diese Frage auf Infrastrukturbetreiber ummünzen, würden Sie dabei die Erfolgsfaktoren gleich reihen?“

Teilnehmer 33: „Wenn man an dieser Stelle mit Umwelt Naturschutz meint, also wie sehr achte ich auf meine Umwelteinflüsse. Oder meint man, wo kann ich überhaupt bauen. Weil Infrastrukturbetreiber sind natürlich ganz stark davon abhängig, wo sie Infrastruktur bauen können und wie haben Sie Zugang zu dieser. Und dabei ist die Umwelt natürlich sehr wichtig. Ich denke aber nicht, dass die Umwelt wesentlich im Erfolg von Infrastrukturbetreibern“

36. Bezüglich der EF d. IH: Welche Kennzahlen/Kriterien fließen Ihrer Meinung nach in die Erfolgsfaktoren „Sicherheit, Verfügbarkeit und Integrität“ mit ein?

Teilnehmer 33: „Sicherheit und Integrität können wir vielleicht zusammenfassen. Einerseits wie viele Sicherheitsvorfälle gibt es denn hinterher [Anzahl sicherheitskritischer Vorfälle]. Das ist die wichtigste Kennzahl. Gerade das Thema Instandhaltung ist ja relativ normativ geprägt, also von daher auch die Checklisten. Also welche regulatorischen Anforderungen werden erfüllt, also kriegt mein Zug die Freigabe auf dieser Infrastruktur zu fahren. Und wenn das nicht gewährleistet wird, dann gibt es keinen Betrieb einfach, deshalb habe ich die auf 1 und 3 gesetzt. Und naja die Verfügbarkeit, ist auch einfach sehr sehr wichtig, hör ich auch immer. Super wichtig, Kann man ja einfach messen in Zeit, ja also wieviel Prozent des Tages ist ein Zug verfügbar. Das ist auch noch vor den Kosten, da die meisten dazu bereit sind erhöhte Kosten zu haben, wenn dafür die Verfügbarkeit steigt.“

37. Warum erachten Sie Erfolgsfaktoren zur Zielerreichung als kaum wichtig? (B3)

Teilnehmer 33: „Wir sind ja Zulieferer für die Instandhaltung, also da ist es einfach so, wir werden dann beauftragt, wenn wir einen Mehrwert bieten können. Also das heißt, wenn wir entweder Zeit, Kosten oder Qualität verbessern können. Also eins von beiden: Wenn wir entweder die Verfügbarkeit hochkriegen können, die Qualität hochbringen können oder eben Kosten sparen können. Unsere Zielerreichung ist einfach mehr Geschäft, mehr Service anzubieten und deswegen matcht das halt einfach nicht. Das liegt aber einfach auf dem Faktor Dienstleistung.“

Fragen 4-5 nehmen Bezug auf folgende Frage aus dem Fragebogen: **C1**
Im Fragebogen haben Sie angegeben, dass alle genannten Bereiche der Schieneninfrastruktur für Sie als kritisch zu betrachten sind (C1).

38. Sie haben auch die Möglichkeit „Sonstiges“ gewählt. Welche Bereiche erachten Sie neben den genannten als kritisch? (C1)

Teilnehmer 33: „Upps, das war unabsichtlich.“

39. Sie haben alle Bestandteile als kritisch bewertet. Wie würden Sie die Bereiche der Infrastruktur nach Kritikalität reihen? (C1)

Teilnehmer 33: „Puh schwierig. Also kritisch ist halt alles, wenn es das eine nicht gibt, dann funktioniert halt gar nichts mehr. Deswegen finde ich das schon sehr schwer. Ansich, wo ist halt der größte Fokus drauf... Weichen würde ich sagen, dann Leit- und Sicherungstechnik und dann kommt Gleis. Dann kommt der Rest“

- a. Wie kann die Kritikalität bzw. der Zustand von Anlagen in diesen Bereichen gemessen und digital zur Verfügung gestellt werden?
- Kriterien/Kennzahlen/Messtechniken

Teilnehmer 33: „Es gibt halt von bis. Also von absolut keiner Überwachung bis hin zu einer sehr hohen Überwachung. Da ist alles möglich. Wenn man das Thema Gleis betrachtet, da wird's halt gemessen und anschließend neu gemacht, aber wenn man Weichen betrachtet: Z.B. hier bei mir vor der Tür, da werden Gleise befahren, die sind über 100 Jahre alt. Da wissen Sie gar nicht drüber. Bzw. muss hier jemand vorbeilaufen und sie sich wirklich ankucken. Wenn Sie aber hier auf eine andere Trasse gehen, die wurde halt vor 8 Jahren gebaut. Da sind Weichen verbaut, die Smart Diagnostics haben. Also eigentlich sind da Sensoren drinnen, die Kräfte beim Verstellen messen und die Ströme der Motoren messen. Dadurch können Sie eine Prognose machen, wie gut es dem Motor der Weiche geht. Von daher ist es ein super heterogenes Feld.“

Frage 6 nimmt auf die Antwort auf Frage **C2** aus dem Fragebogen Bezug: Sie haben angegeben, dass Sie ihre kritischen Anlagen kennen.

40. Welchen Stellenwert geben Sie der Kritikalitätsbeurteilung?

Teilnehmer 33: „Unterschiedlich, mit wem man redet. Bei z.B. neuen Highspeed Strecken, ist es sehr wichtig. Hier ist wieder das Thema: Bahn ist groß! Reden wir irgendwie über eine moderne Highspeed-Strecke, dann wird das schon gemacht und dann ist das schon wichtig. Reden wir über eine Straßenbahn in der Stadt, die seit 100 Jahren da durchläuft, denen wird das egal sein. Wenn da der Lokführer anruft und sagt irgendwas passt nicht, dann gehen die hin und reparieren es.“

I: „Ok verstehe, sie sehen den Stellenwert als direkt abhängig von der Größe des Unternehmens bzw. der Größe des betreuten Netzwerks?“

Teilnehmer 33: „Ja genau und eben auch von der Geschwindigkeit. Je höher die Geschwindigkeit, desto kritischer.“

41. Welche/n Mehrwert und Vorteile sehen Sie in der Implementierung einer dynamischen Anlagenbewertung im Infrastrukturbereich?

Teilnehmer 33: „Einer der größten Vorteile liegt meiner Meinung nach in der Verfügbarkeit, also man kann die Verfügbarkeit hochtreiben. Man erkennt Fehler frühzeitig und hat dadurch eine bessere Planung in der Wartbarkeit der Anlagen. Ob und wie sich Kosten einsparen lassen, ist glaub ich immer sehr Fall abhängig. Deshalb habe ich das auch nicht zuerst genannt. Es kann sein, es muss aber nicht. Es gibt auch Fälle, wo es auch mehr kostet. Der letzte Punkt ist Fachkräfte/Personalmangel. Die Leute die das dann auch wirklich machen, werden halt immer weniger. Also wenn man so kuckt, so kleine Netze in der Schweiz, z.B. die RhB, die Rhätische Bahn. Die haben nur 200km Gleisnetze oder so, das ist nicht viel. Und die haben glaub ich 6 Leute Vollzeit eingestellt zur Gleisbegehung. 6 Leute machen nichts anderes als die Gleise entlang gehen und kucken, ob eh alles in Ordnung ist.“

42. Welche Probleme und Herausforderungen sehen Sie in der Implementierung einer dynamischen Anlagenbewertung im Infrastrukturbereich?

Teilnehmer 33: „Investitionskosten ist hier das Hauptding. Weil Infrastruktur zu modernisieren ist halt teuer. Und dann alles auf einmal zu machen ist super teuer.“

Frage 9 nimmt auf die Antwort auf die Frage **C5** Bezug: Sie haben angegeben, dass die Verwendung einer Software für die Risiko/Kritikalitätsbeurteilung in Zukunft nicht geplant ist bzw. dass es von der Software abhängt.

43. Welche Anforderungen müsste die Software für diesen Zweck erfüllen bzw. was müsste die Software können, um Sie zu überzeugen?

Teilnehmer 33: „Einer der wichtigsten Dinge ist, dass sie sicher und zuverlässig ist. Weil wenn man schon eine Bewertung hat und die dann falsch ist, kann das durchaus gravierende Folgen haben. Also Sicherheit ist da ein großes Thema. Also eigentlich meine ich hier „Safety“, „Security“ ist aber auch Thema. Also dass sie sicher vor Angriffen ist. Benutzerfreundlichkeit ist auch wichtig. Also dass die Menschen, die damit arbeiten auch wirklich damit arbeiten wollen. Weil wenn das nicht gegeben ist, dann wird's im Endeffekt eh nicht genutzt. Und irgendwo muss ich auch bezahlbar bleiben. Das ist durchaus ein wichtiger Punkt.“

I: „Da ich mich auch sehr stark mit dem Thema Wissensmanagement auseinandersetze und sie vorhin schon den Fachkräftemangel angesprochen haben, möchte ich mich erkundigen, welche Herausforderungen Sie dazu im Eisenbahnwesen sehen?“

Teilnehmer 33: „Ganz schwierig, ein riesen Thema, welches immer noch nicht gelöst ist. Ich war erst kürzlich beim Fraunhofer Institut für moderne Softwareentwicklung in Kaiserslautern und habe da mit dem Wissensmanagement verantwortlichen gesprochen. Und dort ist gesagt worden: es gibt keine funktionierende Lösung. Es gibt zwar seit 20 Jahren viele Ideen, wie man da ran geht, wie man Wissensmanagement betreibt, wie man Projekte dokumentiert, aber eigentlich hat nichts langfristig funktioniert. Von daher ist es glaube ich ein super großes Thema ohne Lösung.“

I: „Sehen Sie in diesem Zusammenhang die Entwicklungen im KI-Bereich als Chance zukünftig vielleicht doch eine Lösung zu finden?“

Teilnehmer 33: „Das kann sicherlich eine große Chance sein. Da denkt die Branche auch bestimmt drüber nach, wie die KI da reinspielt. Das sieht man ja eindrucksvoll bei Themen wie CoPilot, ich weiß nicht ob Ihnen das was sagt, da gibt es ja große Fortschritte. Und da wird auch bestimmt was kommen. Das funktioniert aber nur da gut, wo sie relativ ähnliche Ausgangsdaten haben. Also bei text- oder bilddatierten Daten funktioniert das gut, aber wenn sich bald diese Ausgangslage ändert, ist es bald schwierig. Also es funktioniert eben gut, wo das Wissen in Berichten steht und so weiter. Wenn man jetzt mehr ins handwerkliche geht, wo es mehr ums fühlen und anfassen geht. Dann wird das auf jeden Fall komplexer. Aber die Chance ist in ganz vielen Bereichen ganz groß.“

Frage 10 nimmt auf die Antwort auf die Frage C12 Bezug: Sie haben angegeben, dass Sie die reaktive Strategie verfolgen.

44. Was ist Ihrer Meinung nach der aktuelle Stand bei Betreibern?

a. Also welche Strategie ist am häufigsten vertreten?

b. Ist ein Entwicklungstrend in eine bestimmte Richtung erkennbar?

Teilnehmer 33: „Also die Trends zeigen sich, es gibt sehr viele Instandhaltungsmessen/-konferenzen und da wird seit mindestens 5 Jahren über prädiktive Instandhaltung gesprochen. Also das ist ganz klar. Der Trend geht zwar dahin aber da ist auch noch ein langer Weg zu beschreiten. Auf solchen Konferenzen, z.B. Smart Maintenance Konferenzen, da redet jeder von predictive maintenance. Also echt jeder. Anlagenverbessernde Instandhaltung ist noch nicht so der Trend aber predictive auf jeden Fall. Das ist wo der Trend hingehet aber was wirklich im Feld gemacht wird, ist etwas anderes.“

I: „In Ihrer Job Description haben Sie ja auch Smart-Maintenance-Experte angegeben.“

Teilnehmer 33: „Ja, genau, wir schlagen ja auch in diese Kerbe. Es wird viel geforscht, es wird viel geredet, es wird viel überlegt, was man machen kann, aber Status quo bei den Betreibern ist definitiv noch eher reaktive Instandhaltung.“

Fragen 11 und 12 nehmen auf die Antworten auf die Fragen C11 und C15 Bezug: Sie haben angegeben, dass die Risikobetrachtung nicht in die Instandhaltungsstrategiefestlegung miteinfließt (C11). Frage C15 wurde nicht beantwortet.

45. Was halten Sie von der dynamischen Instandhaltungsstrategieanpassung?

Teilnehmer 33: „Ich erachte Sie als sinnvoll in diesem Zusammenhang, ja. Ich glaube, oft ist ein großes Problem: darf man das, kann man das einfach machen? Wenn eine Anlage geliefert wird und der Hersteller sagt halt: du musst alle zwei Jahre folgendes Teil austauschen! Dann kann man nicht einfach sagen: ich sehe, dass ich das nur alle drei Jahre tauschen muss. Wenn man das weiß, darf man das eben dann gegebenenfalls nicht. Aber ich halte es auf jeden Fall für sinnvoll. Und ich glaube, wie die Prozesse sich ändern, da steht auch noch einiges aus.“

46. Welchen Stellenwert geben Sie der Risikobewertung im Zuge der dynamischen Strategieanpassung?

Teilnehmer 33: „Ich würde 2, also hoch, auswählen.“

I: „Wenn Ihrer Meinung nach die Kritikalitätsbeurteilung nicht stark in die Strategiefestlegung miteinfließt, was sind weitere Faktoren, die die Entscheidung beeinflussen?“

Teilnehmer 33: „**Technische Möglichkeiten** sicherlich, ja. Vielleicht auch, welche **Ressourcen** habe ich aktuell zur Verfügung. Also habe ich halt viele Leute, die halt rumsitzen oder halt eher nicht. Innovationsbudget ist sicherlich ein Teil. Ja, das wären so die Punkte, die mir immer auf Anliegen anfallen. Ich muss ankündigen, ich müsste um 45 weiter.“

[Fragen aus Teil D Neuanschaffung Anlagen aufgrund von Zeitmangel übersprungen]

I: „Kein Problem, dann stelle ich noch eine abschließende Frage. Was sind Ihrer Meinung nach die größten Einsparungspotenziale im Infrastrukturbereich im Bereich der Instandhaltung?“

Teilnehmer 33: „Puh schwer zu sagen. Ich denke, eine Betriebsoptimierung könnte ein großer Punkt sein, wenn man Instandhaltung besser plant und länger ausnutzt, für alle Komponenten eigentlich, bzw. wenn man wirklich Richtung prädiktiver Instandhaltung kommt, dann werden sich einfach Lebenszyklen optimiert von allen Komponenten und damit schafft man auf jeden Fall geringere Emissionen. Das ist eigentlich auch der größte Hebel, den man dahat.“

Anhang I: Transkription Interview Teilnehmer 46

- Unternehmensart: Infrastrukturbetreiber
- Position: Teamkoordinator, Experte
- Aufgabenfeld: Anlagenmanagement und Weichentechnik

I steht im Folgenden für die interviewende Person (Franziska Schneditz-Bolfras).

Frage 1 nimmt Bezug auf folgende Antworten:

- **B1:** EF von Unternehmen: 1. Umwelt, 2. Qualität, 3. Flexibilität, 4. Zeit, 5. Kosten
- **B2:** EF d. IH: 1. Sicherheit, 2. Verfügbarkeit, 3. Flexibilität, 4. Zeit, 5. Kosten, 6. Integrität, 7. Qualität, 8. Umwelt
- **B3:** Einstufung: sehr wichtig

1. Zu den Erfolgsfaktoren der Instandhaltung: Können Sie mir bitte Ihre Reihung erörtern?

- a. Warum z.B. wurde der Erfolgsfaktor Umwelt im Zusammenhang mit der Instandhaltung an die letzte Stelle gereiht?
- b. Warum haben Sie den Erfolgsfaktor Qualität im Zusammenhang mit der Instandhaltung auf den letzten Platz gereiht?

Teilnehmer 46: „Weil für mich der Faktor Umwelt einfach ein Verkaufsschlager ist. Und wie gesagt, ob wir da jetzt nicht so umweltverträgliche Systemkomponenten oder Mittel verwenden, damit unterstützt man jetzt nicht unbedingt die Instandhaltung. Also wie gesagt, Sicherheit gehört für mich sowieso außen vor. Sicherheit müssen wir gewähren, braucht man nicht diskutieren. Die Verfügbarkeit, da gibt es verschiedene KPIs, die wir haben. Einmal die Unpünktlichkeit, das heißt, da ist eine Anzahl Störungen der verschiedensten Anlagen. Also wirklich Störungen, die Auswirkungen auf die Pünktlichkeit haben. Die Flexibilität spiegelt sich in der raschen Störungsbehebung wider, da haben wir eine eigene Kennzahl, wie lange unsere Mitarbeiter letztendlich für die Behebung der Störung benötigen. Dann gibt es natürlich noch die Betriebserschwerungskosten. Wir haben noch eine Kennzahl, das ist bei uns die Unpünktlichkeit oder Unpünktlichkeitsanzahl. Das ist ein Prozentsatz, aber da weiß ich jetzt auch nicht, wie sich der zusammensetzt, denn diese Zahl kriegen wir direkt vom Betrieb. Das ist was für uns im Geschäftsbereich aber niemand weiß das genau. Ich habe es einmal nachgefragt, aber ich habe keine Antwort gekriegt.“

Fragen 2-3 nehmen Bezug auf folgende Frage aus dem Fragebogen: **C1** Im Fragebogen haben Sie angegeben, dass im Bereich der Schieneninfrastruktur für Sie die Weichen, Leit- und Sicherungstechnik und Bahnübergänge als kritisch zu betrachten sind.

2. Sie haben 3 Bestandteile als kritisch bewertet. Wie würden Sie die Bereiche der Infrastruktur nach Kritikalität reihen? (C1)

Teilnehmer 46: „Aha, da geben Sie mir jetzt schnell eine Sekunde, da habe ich ja noch eine Präsentation. raus sehe. Also ist das eine interne Reihung, die quasi... Einfach

eine Störanalyse, wo man sieht, welche Komponente, also die Weiche/Leit- und Sicherungstechnik ist wie oft gestört in einem Jahr. Und bevor ich da jetzt eine falsche Reihung mache. Verspätungsminuten, Anlaufstörungen. Ich sage jetzt die Reihung, die für unsere Kunden, für den Fahrgast schlecht rauskommt. Das wäre Nummer 1, die Leit- und Sicherungstechnik, Nummer 2 wäre das Gleis (Schiene, Schwelle, Schienenbefestigung, usw.). Nummer 3 ist dann die Weiche, Nummer 4 sind die Bahnübergänge, also Eisenbahnkreuzungssicherungsanlagen. Gut, dann habe ich noch den Punkt, was Sonstiges ist, wäre dann die Nummer 5. Und Stromversorgung, also Energieversorgungsanlagen, nennen wir es jetzt einmal so, wäre dann die Nummer 6. Und gut, also Eisenbahn, Tunnelingenieur, also das kommt so gut wie gar nicht vor. Und die Telekommunikationstechnik, das weiß ich jetzt nicht, muss ich ehrlich gestehen.“

I: „Bei Sonstiges, darf ich da fragen, was da noch reinfällt?“

Teilnehmer 46: „Alles, was in die anderen nicht reinfällt. Nein Spaß, sonstiges ist zum Beispiel Fremdverschulden. Das kann da reinfallen.“

I: „Sie haben ja gemeint, dass das für die Kunden am kritischsten ist, weil das dann den größten Nachteiler für diesen hat.“

Teilnehmer 46: „Genau, meistens Verspätungsminuten produziert oder Verspätungen.“

I: „Also bedeutet für den Kunden kritisch, natürlich auch für das Unternehmen kritisch? Da im Umkehrschluss bedeutet ein unzufriedener Kunde heißt auch ein schlechteres Geschäft fürs Unternehmen?“

Teilnehmer 46: „Genau, Ausfälle bei den genannten Bereichen wirken sich negativ auf den Unternehmenserfolg aus.“

3. Welche Bestandteile der Weiche sind am kritischsten? Bzw. Welche sind am anfälligsten?

Teilnehmer 46: „Also, vielleicht noch als Beisatz, wir haben jetzt die Reihung als Kundensicht jetzt gemacht, gell? Aus Sicht als Infrastrukturbetreiber steht die Weiche an Nummer eins, denn die produziert am meisten Störungen. Und das ist natürlich für uns negativ, denn jede Störung beding einen Personaleinsatz.“

I: „Wenn wir die Reihung nach der Störungsanzahl machen würden, was wären da die Unterschiede?“

Teilnehmer 46: „Ja, von der Störungsanzahl her ist die Weiche an erster Stelle, dann die Sicherungstechnik und dann die Bahnübergänge/Kreuzungssicherungsanlagen. Also wie gesagt, Bahnübergänge, da weiß ich jetzt nicht. Meinen sie nur die Fahrbahnschiene oder meinen sie die Schrankenanlagen?“

Teilnehmer: „Genau, ich meine da im Endeffekt das Gesamtsystem. Also die ganze Eisenbahnkreuzung.“

Teilnehmer 46: „Genau, richtig gut. Ja, denn in der Eisenbahnkreuzung ist eine Leitsicherungstechnik ja auch verbaut. Aber in der Weiche sind es die leitsicherungstechnischen Komponenten. Also Verschlussystem, Umstellsystem, Endlagenprüfersystem.“

I: „Die Energieversorgungsanlagen wurden nicht als kritisch angekreuzt. Warum?“

Teilnehmer 46: „Die Energieversorgungsanlage das ist für mich die Oberleitung und diese hat sehr selten eine Störung. Also mir ist klar, wenn sie eine Störung hat, dann fährt auf einem gewissen Streckenabschnitt eine gewisse Zeit kein Zug. Aber da haben wir sehr, sehr wenige Störungen.“

I: „Okay, es ist einfach technisch gesehen nicht so anfällig.“

Teilnehmer 46: „Genau, ja.“

Fragen 4-5 nimmt auf die Antworten auf Fragen **C2 und C3** aus dem Fragebogen Bezug: Sie haben angegeben, dass Sie ihre kritischen Anlagen kennen. (C2) Sie haben angegeben, dass Sie diese „anhand von Erfahrungswerten“ und „historischer Daten“ identifizieren (C3).

4. Wie werden die Erfahrungswerte gesammelt und haben wie handhaben Sie „Wissensmanagement“ in Ihrer Abteilung?

a. Welche Herausforderungen sehen Sie hierbei in der Zukunft?

Teilnehmer 46: „Also wir haben ja bei uns das System SAM, das heißt Störarbeitsmeldetool. Und da werden ja die ganzen Störungen eingetragen. Da wird die Störung der jeweiligen Fachlinie zugeordnet und der jeweiligen Anlage. Und da gibt es halt dann die historischen Daten, also in der Weiche haben wir es zurück bis 2016 und das wird dann jedes Jahr auf Verschlussebene, Umstellsystemebene und Endlagenprüfsystemebene ausgewertet und daraus entstehen dann mehr oder weniger die Daten und die zukünftige Strategie, wie wir das System dann weiterentwickeln.“

I: „Welche Art von Daten fließen da ein?“

Teilnehmer 46: „Keine Messdaten, sondern Stördaten. Also die Anlage ist gestört, der Mitarbeiter geht raus, der sieht das und das defekt und das trägt er dann im System ein und die Rückmeldungen finden dann im System statt.“

5. (C5) Warum wird derzeit keine Kritikalitätsbeurteilung (umfassender Kriterienkatalog) für die Identifikation herangezogen?

Teilnehmer 46: „Also ich frage, was meinen Sie genau mit Kritikalitätsbeurteilung?“

I: „Das ist eine Methode, wo anhand von einem umfassenden Kriterienkatalog eben, wobei aus den strategischen Erfolgsfaktoren eines Unternehmens die Kriterien abgeleitet werden, jede Anlage bzw. Komponente nach ihrer Kritikalität bewertet wird. Also das ist so die quasi, dass man die Instandhaltung gemeinsam mit der normativen Ebene vom Unternehmen verbindet, sich so die Kriterien herauszieht, die für die Instandhaltung ausschlaggebend sind und anhand dieser dann einen Kritikalitätsindex je Anlage, je Komponente bewertet und so dann aussucht, wie man die Instandhaltung plant.“

Teilnehmer 46: „Ich weiß jetzt nicht, ich kann jetzt eher nur für das Thema Weiche sprechen, ob ich die Weiche so beurteilen kann. Also da geht es vor allem um dieses komponentenspezifische... Wir müssen zuerst definieren, wann ist für mich eine Weiche, wenn sie gestört ist, kritisch, wenn die Weiche vielleicht irgendwo hinten beim Abrollberg liegt und sie gestört ist, das ist mir egal. Aber wenn die Weiche vielleicht auf der Weststrecke liegt, also in Wien und St. Pölten, und die ist gestört, dann habe ich andere Probleme. Wenn so eine Weiche gestört ist, dann können Nachbargleise

vielleicht nur verminderte Geschwindigkeiten zulassen. Und wenn ich sie vielleicht umfahren kann, schwächt das die Kritikalität vielleicht auch schon wieder ab, wenn sie gestört ist. Also da habe ich jetzt ein Projekt mit der TU Graz gehabt, da probieren wir das jetzt ein bisschen übers Netz zu stülpen. Aber wenn ich sage auf Komponenten runter, also wir wissen schon unsere Problemkomponenten, die in der Weiche verbaut sind. Das machen wir auch mittels der SAM-Daten aus dem Stör- und Arbeitsmeldetool. Da sind wir natürlich auch bereit, wo wir wissen, die Weiche hat gewisse Ausstattungen, dass wir da vielleicht die Instandhaltung oder die Inspektion einfach verkürzen oder da mehr Aufwendungen einstecken. Die Bewertung, wann eine Anlage als kritisch gilt wird bei uns definiert ... Das ist bei uns ein Mix aus Anzahl Anlagenstörungen und Anzahl Verspätungsminuten. So ein Mix ist es eigentlich. Wenn ich das Beispiel wieder auf der Weststrecke hernehmen. Da ist vielleicht die Weiche einmal gestört oder zweimal im Jahr gestört. Das trifft uns auf der Weststrecke, was die Verfügbarkeit betrifft oder die Verspätungsminuten hart. Das hat große Auswirkungen, dort haben wir eine hohe Zugdichte, das wirkt sich dementsprechend auf die Reisenden aus. Aber wenn die gleiche Weiche, wenn wir jetzt vielleicht die Südstrecke hernehmen, ist natürlich auch eine wichtige Strecke, wenn Koralm und Semmering kommen. Aber wenn das jetzt eben auf der Südstrecke passiert, betrifft das vielleicht nicht so viel Reisende, nicht so viele Fremd-EVUs. Da unterscheiden wir. Und dann auch natürlich die Störanzahl. Ich sag, zwei Störungen auf der Weststrecke, das tut mir weh. Aber wenn ich in Graz die Oststrecke hernehme. Das ist die Verbindung zwischen Graz und Gleisdorf darüber. Wenn da, da eine Weiche oder eine K-Anlage 7 mal gestört ist, tut es vielleicht, was die Pünktlichkeit betrifft nicht so weh, aber das Problem ist, es bindet Ressourcen. Der Mitarbeiter muss jetzt da hinfahren, die Störung beheben und kann vielleicht nicht auf der Südstrecke eine wichtigere Störung, die uns Verspätungsminuten verursacht, beheben.“

I: „Ist der Personal- bzw. Fachkräftemangel für Sie ein großes Problem? Und was sind da die größten Herausforderungen gerade?“

Teilnehmer 46: „Dadurch, dass ich rein in der Technik bin, keine Mitarbeiterverantwortung habe oder zumindest keine große, betrifft mich das jetzt eher nicht. Ich stelle keine Fachkräfte ein oder Facharbeiter. Die ÖBB hat ja ein großes Lehrlingswesen. Da finden Sie die Zahlen sicher irgendwo auf einer Homepage, wieviele Tausende. Ich glaube, wir haben irgendwas zwischen 1500 und 2000 Lehrlinge, die wir ausbilden. Das ist uns klar, dass wir das mit dem eigenen Lehrlingsbedarf nicht schaffen werden. Ich habe jetzt gesehen, irgendeine Vorständin macht jetzt durch Ihr Projekt mit Flüchtlingen, dass man da vielleicht Arbeitskräfte klären kann.“

Frage 6 nimmt Bezug auf die Antworten auf die Fragen **C6 und C7** im Fragebogen: Sie haben angegeben, dass es sich bei der Anlagenbewertung um einen laufenden Prozess handelt (C6), der jährlich durchgeführt wird. (C7) Als Grund haben Sie dabei „etablierter Prozess – Teil von Arbeitsplan“ genannt.

I: „Ja. Okay, zu C6 hier. Sie haben angegeben, dass es sich bei der Anlagenbewertung um einen laufenden Prozess handelt und dass er jährlich durchgeführt wird, aufgrund von einem etablierten Prozess, beziehungsweise Teil von den Arbeitsplänen ist.“

6. Spielen hierbei wirklich keine normativen Anforderungen eine Rolle?

- a. Und welche/n Mehrwert und Vorteile sehen Sie in der Implementierung einer dynamischen Anlagenbewertung im Infrastrukturbereich?

Teilnehmer 46: „Nein also bezüglich der normativen Anforderungen: Da kenn ich mich zu wenig aus, aber nein eigentlich nicht. Der große Nachteil ist einfach, dass ich auf kurzfristige Probleme nicht reagieren kann. Und ein Nachteil ist, da kann ich die Analyse nichts dafür, das ist einfach unsere lange Nutzungsdauer. In der Weiche haben wir auch 30 Jahre Nutzungsdauer oder auch 35 Jahre. Da habe ich die Problemstelle einfach drinnen. Der Vorteil ist, dass wir, glaube ich, relativ gut mittelfristig und langfristig Strategien ableiten können. Und da ist natürlich eh die voestalpine ein starker Partner. Und wenn die voest-Systeme ab und zu ein bisschen besser funktionieren würden, hätten wir die Probleme auch nicht.“

I: „Das leite ich gerne weiter.“

Teilnehmer 46: „Nein, aber das funktioniert sehr gut.“

I: „Ich höre jetzt immer wieder von dieser einen Weiche bei Wien, dass die...“

Teilnehmer 46: „Ja genau. Ja, die ist leider sehr negativ präsent. Aber wir sind dabei, da gemeinsam Lösungen zu finden.“

Frage 7 nimmt auf die Antwort auf die Frage **C5** Bezug: Sie haben angegeben, dass die Verwendung einer Software für die Risiko/Kritikalitätsbeurteilung in Zukunft geplant ist.

7. Welche Anforderungen müsste die Software für diesen Zweck erfüllen bzw. was müsste die Software können, um Sie zu überzeugen?

Teilnehmer 46: „Da konnte ich jetzt nicht beantworten, muss ich gestehen, weil wir das mit der TU jetzt gerade ausarbeiten. Was muss sie können? Sie muss letztendlich die betrieblichen Auswirkungen beurteilen können meines Erachtens. Wenn ich natürlich weiß, die betrieblichen Auswirkungen der Störung oder wenn genau diese Anlage gestört ist, wenn ich das frühzeitig weiß oder simulieren kann natürlich, dann kann ich ja erstens Prävention betreiben und zweitens auch, wie heißt es, die Zerstörungsbehebung auch gezielter vorgehen. Das Beispiel, dass der Mitarbeiter zur Ostbahn überfährt, um irgendwas zu entstören, sondern wirklich auf der Südstrecke bleibt.“

Frage 8 nimmt auf die Antworten auf die Fragen **C11 und C12** Bezug: Sie haben angegeben, dass die Risikobetrachtung nicht in die Instandhaltungsstrategiefestlegung mit einfließt (C11). Sie haben angegeben, dass Sie die reaktive verfolgen, aber in Zukunft in Richtung präventiv und weiter wollen (C12)

8. Liegt das daran, dass Sie derzeit eine reaktive Instandhaltungsstrategie verfolgen oder warum spielt die Risikobetrachtung keine Rolle?
- a. Was sind dabei die größten Herausforderungen und welche Maßnahmen setzen Sie um sich in diese Richtung weiterzuentwickeln?

Teilnehmer 46: „Es ist einmal mit der voestalpine gemeinsam weiterentwickelt, Weichendiagnosesystem, Roadmaster - Generation 5, glaube ich, sind wir jetzt da. Und dass man auch in der Komponentenentwicklung das Ganze jetzt eher betrachten, dass die Komponente oder das System Weiche dann einfach Inspektionsfreundlicher wird.“

Das war leider in der Vergangenheit nicht immer so. Und vielleicht auch, was die Kollegen vorhin in der DTM, was der Ivan macht, dass man einfach mit zusätzlichen Sensoren den Zustand der Weiche einfach erfasst. Aber wichtig ist natürlich immer, die Sensoren dürfen nicht im sicherheitskritischen Bereich eingesetzt werden, sondern einfach im Verfügbarkeitsbereich drin sein, denn wenn der Sensor ausfällt, werden wir trotzdem noch planmäßig zugefahren. weil das wissen wir ja. Wir haben ja da von der voest den Hydrostat, das Verschluss-Umstellsystem, und der ist technologisch sehr hochgerüstet worden und der macht nur Probleme. Und von dem wollen wir ja weg. Sind wir schon weg, Gott sei Dank, aber dass wir den Fehler zukünftig nicht mehr machen.“

I: „Bei der Frage C11 haben sie angegeben, dass die Risikobetrachtung derzeit nicht in die Instandhaltungsstrategie Festlegung mit einfließt.“

Teilnehmer 46: „Das wird jetzt sicher nicht stimmen. Letztendlich, die Instandhaltungsstrategie ist bei mir die Inspektion, die Inspektionsintervalle. Und die legt der Lieferant quasi fest. Ich schätze mal bei der voest, in der Weiche machen, machen diese auf jeden fall Risikobetrachtungen usw. Die Instandhaltung setzt sich zusammen aus Inspektion, Wartung, Instandsetzung. Wie heißt es denn bei der Instandsetzung? Also wenn ich einen Komponententausch oder so etwas ähnliches mache, dann mache ich sicher keine Risikobetrachtung. Die Maßnahmen leiten wir einfach durch die Inspektionsergebnisse, durch die verschiedenen. Also weil ich da jetzt eher reaktiv angekreuzt habe, das ist natürlich nun mal die Mehrheit, aber auf der Weststrecke bei den betriebswichtigen Weichen, das sind halt nun mal einmal ziemlich alle, die da herum liegen. Da gehen wir seit drei oder vier Jahren schon in die Prävention, dass man da präventiv gewisse Komponenten, speziell LS-Komponenten, tauschen. Also dort wo stark frequentiert und das System ist sehr störanfällig zutrifft.“

Frage 9 nimmt auf die Antworten auf die Fragen **C13** und **C15** Bezug: Sie haben angegeben, dass sie ihre Instandhaltungsstrategie regelmäßig (intuitiv) anpassen. (C13) Sie haben angegeben, dass Sie der Risikobetrachtung den hohen Stellenwert „2“ im Zuge der dynamischen Anpassung geben. (C15)

9. Inwiefern spielt die Risikobetrachtung bei der Anpassung eine Rolle? Wie fließt diese mit ein?

- a. In welchen Bereichen? Welche Anlagen?
- b. Welche Kriterien sollten dabei miteinfließen?
- c. Wie kann eine Software für diesen Zweck am besten eingesetzt werden?

Teilnehmer 46: „Wir machen da jetzt keine große Wissenschaft draus. Es gibt so tägliche Reports, wo wir sehen, welche Störungen verursacht, welche Unpünktlichkeit. Da wird dann getrennt in Personen, Fernverkehr, Nahverkehr. Der Railjet X hat glaube ich noch eine eigene Kennzahl. Und die Wiener S-Bahn, genau, die wird da auch noch mal betrachtet. Da gibt es dann verschiedene Schwellen, wenn da die Auswirkungen quasi oder die Zahl, eine gewisse Größe erreicht, dass sie in die Auswertungen aufscheint. Wenn man sich das da anschaut, unser Fachbereich wir schauen uns das natürlich nicht täglich an, wir schauen uns das vielleicht monatlich dann an, wie die Anlage performt und so schätzen wir mehr oder weniger einfach intuitiv, das zukünftige

Risiko der Ausfallwahrscheinlichkeit einfach ab. Und manche Ergebnisse fließen dann natürlich auch in die Regelwerke bei uns ein.“

Frage 10 nimmt auf die Antworten auf die Fragen D2 und C15 Bezug: Sie haben angegeben, dass Sie die Risikobewertung bei der Neuanschaffung von Anlagen nicht mit einfließen lassen (D2).

10. Warum nicht? Und Welche Kriterien/Kennzahlen haben dabei einen Einfluss auf die (Investitions-)Entscheidung?

Teilnehmer 46: „Grundsätzlich muss ich sagen, das weiß ich jetzt gar nicht. Es könnte sein, dass das eine andere Abteilung durchführt. Das weiß ich jetzt wirklich nicht. Wir betrachten ja, wenn wir eine Weiche einbauen, eher die Erfahrung aus der Vergangenheit, die Ausfallwahrscheinlichkeit, Störungsanzahl pro Jahr oder so irgendwas. Da geben wir unseren Kollegen schon mit, zum Beispiel, dass ich große Weichengeometrien, so wie ein 10.000er Weiche, die sechs Verschlüsse in der Zungenvorrichtung hat, drei Verschlüsse im Herzbereich, dass man die vielleicht vermeiden soll, weil umso mehr NS-Komponenten, die in der Weiche sind, umso größer ist einfach die Wahrscheinlichkeit, dass ich da eine Störung habe.“

I: „Also da fließt das dann quasi mit ein, weil dann die Erfahrungswerte und die historischen Daten, die man da hat. Apropos historische Daten, haben Sie ja vorher gemeint, dass die Daten seit 2016 eingespielt werden. Was ist da genau eingeführt worden?“

Teilnehmer 46: „2016 habe ich da über die Weichenstörungen ein Kennzahlensystem eingeführt mit verschiedenen Kennzahlen. Und das hat aufgebaut auf gewissen Stördaten. Wie gesagt, da haben wir das drinnen, ich weiß nicht, ob Sie wissen, wie wir organisiert sind, also unser Geschäftsbereich hat acht Regionen, ähnlich den Bundesländern, natürlich überschneidend, die betreuen die Infrastruktur in ihren Bereichen. Da gibt es 24 Anlagenservice-Center. Also jede Region hat drei Anlagenservice-Center. Und da sind die Mitarbeiter dann wirklich beheimatet, die die Inspektion, Wartung und Entstören durchführen. Und wie gesagt, dass wir einfach technisch Verbesserungen herausziehen können, muss man zuerst einmal in die Analyse gehen. Und deswegen auch die Kreierung des Kennzahlensystems. Das ist eine monatliche Auswertung. Da haben wir geschaut, wo die größten Druckpunkte sind. Ist das organisatorisch, ist das technisch? Brauchen unsere Mitarbeiter für gewisse Komponenten einfach Schulungen? Oder was werden wir zukünftig brauchen? Ja, das war der Start so quasi mit 2016.“

I: „Okay, genau, die Inspektionen, da habe ich jetzt auch schon viel gelesen drüber, was theoretisch schon alles möglich ist von Drohneneinsatz oder halt eben, jetzt gerade gehandhabt im Normalfall und wie sehen Sie da so die Zukunft?“

Teilnehmer 46: „Das Gleis befahren wir jetzt hier mit unseren Messfahrzeugen. Das ist ja relativ einfach. In der Weiche, da ist ein großer Mitarbeiteraufwand notwendig. Die Messfahrzeuge entwickeln sich ja auch weiter, da haben wir eine Videostation drauf, der filmt. Aber speziell in der Leitsicherungstechnik ist, wir machen ja da bei der Weiche Funktionsproben und wie kann ich so eine Funktionsprobe automatisiert durchführen oder durch ihren Automatismus ersetzen? Also da fehlt mir jetzt die Fantasie. Ich hoffe, dass da die voest zukünftig auf uns zukommen wird. Aber da tu ich mir jetzt echt ein

bisschen schwer. Also, die Weiche braucht halt noch sehr viel Handarbeit. Man muss da einfach dann auch die Systeme dementsprechend entwickeln. Jetzt macht unser Mitarbeiter die Klinkprobe, und dann muss ich den Verschluss dementsprechend einstellen. Also jetzt brauche ich, dass ich da keinen Mitarbeiter mehr rausschicken muss, der das machen muss. Brauche ich erstens einmal irgendwas, dass man die Klinkprobe automatisiert machen kann. Und im zweiten Schritt brauche ich dann einen Verschluss, der sich selber dann irgendwie einstellt. Weil wenn ich dann die Mitarbeiter erst wieder rausschicken muss zum Verschluss einstellen, bringt mir das nichts.

I: „Ja, mein Eindruck ist, dass vor allem in den Komponenten das Potenzial steckt, um in der Zukunft noch besser zu werden.“

Teilnehmer 46: „Das ist einfach der Mittelweg, den wir finden wollen. Auf der anderen Seite wollen wir sehr einfache, robuste Systeme haben. Und für die Zukunft werden wir aber sicher zusätzliche Sensoren und Einrichtungen benötigen, dass man das Ganze vielleicht ein bisschen automatisieren kann, dass man da eben Mitarbeiter rauskriegen aus dem Gleis. Im homogenen Gleis sind wir da sicher schon weit mit unserem Messfahrzeug. Da sind wir sicher Spitzenreiter in Europa. In der Weiche tun sich zurzeit alle noch schwer, weil ich da einfach die Funktionsprüfungen habe. Im Gleis brauche ich mehr oder weniger nur schauen, ist die Schienenbefestigung da oder ist sie nicht da. Das war's dann. Dann habe ich vielleicht noch ein paar Signale, wo ich die Funktion überprüfen kann, ob der noch fest ist. Aber in der Weiche, da ist ja gar nichts.“

I: „Ja, das ist auch was, was ich aus dem Fragebogen, aus den Interviews raus gehört habe. Also dass das Gleis gar nicht so überkritisch bewertet wird.“

Teilnehmer 46: „Klar. Genau, weil es eben auch sehr gut messbar ist, weil schon viel Daten erhoben werden und weil, wenn was ist, es auch schnell behoben werden kann. Und deswegen ist die Kritikalität da in dem Bereich nicht so hoch eingeschätzt. Im Gleisthema ist eine sehr gute Prognose durch die langen historischen Daten möglich.“

Anhang J: Antworten Fragebogen

Frage A3: In welcher Position sind sie tätig?

Frage A4: Was ist Ihr Aufgabenfeld?

Teilnehmer	Position (A3)	Aufgabenbereich (A4)
7	S-VP Life Cycle Solutions	Building the lifecycle solutions portfolio, coordination and drive of groupwide lcc- and rams activities
9	CTO	Innovationen, Technologie, Entwicklung, Forschung, Nachhaltigkeit, LC Solutions, Digital Products & Services,
11	Leiter Service und Aussenmontage	Koordination Aussenmontagen => Einbau , Inbetriebnahme, Wartung und Instandhaltung von Weichenantrieben, Verschlüssen, Endlagenprüfern etc. Koordination Servicetätigkeiten im Haus => Reparatur, Wartung und wieder Inbetriebsetzung einzelner Komponenten, Reparaturabwicklung etc.
12	SVP R&D & Engineering - DMT-Infra	digitalisierung, software entwicklung, intelligente weiche, sensorik, ROADMASTER
13	Vice President Operations, bis 01.04.2023 SVP-Customer Service	Planung und Steuerung, sowie Optimierung der Produktion von Weichenantrieben und Zubehöerteilen, als auch der internen Fertigung. Zuvor Planung, Steuerung der Installation und Servicierung unserer Produkte beim Kunden oder in unserem Werk, also auch die Abbildung des Kundensupports und die Entwicklung des Fachbereiches Customer Service.
15	Geschäftsführer	Forschung, Beratung, Leitung
16	Projektleitung	Leitung und Umsetzung von Kundenprojekten
17	R&D Leitung	Forschung und Entwicklung von neuen Produkten und Prozessen in der Weichentechnik, Auslegung und Berechnung mit Finiten-Elementen und Mehrkörpersimulation des Oberbaus,

Teilnehmer	Position (A3)	Aufgabenbereich (A4)
		Auswertung von Gleistests zur Produktperformance
18	Geschäftsführung - CFO	Finanzen & Controlling IT & Digitalization
19	Leiter R&D Track Systems	1) Aufbau von Systemkompetenz im Bereich Oberbau 2) Entwicklung neuer Gesamtsysteme - die Schiene im System mit weiteren Fahrwegkomponenten 3) Consultingdienstleistungen im Bereich der Rad-Schiene-Kontakt-Optimierung
20	Institutsleiter / Prof.	-Lehre - Forschung - Organisation
21	Geschäftsführer	CFO
22	Departmentleiter	Departmentleiter und Studiengangsleiter
23	MD	Software Produktentwicklung, Data Analytics
25	Abteilungsleitung F&E bzw. RAMS/LCC	F&E: Kompetenter Ansprechpartner, Know-How Träger und Innovationstreiber im Bereich Fixations (Schwellen und Befestigungen); • Durchführen und Koordinieren von F&E Projekten im Bereich Fixations RAMS/LCC: • Koordinator der RAMS Organisation innerhalb der voestalpine Railway Systems GmbH, • Durchführung diverser RAMS Analysen • Erstellung von Sicherheitsnachweisen (Safety Case), RAMS Berichten und anderen RAMS Dokumenten • Koordination und Durchführung von Zulassungsverfahren
27	Programm Management	Projekte
29	Leiter Fahrweg	Leiter Fahrweg

Teilnehmer	Position (A3)	Aufgabenbereich (A4)
30	Customer Solutions (Spezialgebiet Tram)	Länderverantwortung und Kundenbetreuung in vaRS zudem zugeordnet als CS im Bereich Business Center Tram ebenfalls mit Länder- und Kundenverantwortung
31	Leiter einer nach EN/ISO 17020 akkreditierten Gutachterstelle	Aufgabe unserer Gutachterstelle ist die normengestützte Bewertung der Sicherheit, der Verfügbarkeit, der Zuverlässigkeit und der Instandhaltbarkeit sowie der Erfüllung übriger Kundenanforderungen der vorwiegend in das Fachgebiet „Weichenstellsysteme“ einschlägigen Erzeugnisse unseres und verbundener Unternehmen.
32	Senior Experte Bautechnik - Zentrale Einheit für Life Cycle Management und technische Standards	Österreichweite überregionale Festlegung und Entwicklung der fachspezifischen technischen Strategien, Richtlinien/Standards sowie Erfordernisse (technische Systemverantwortung) im gesamten Planungs-, Bau- und Instandhaltungsprozess von Infrastrukturprojekten sowie Optimierung der Zustandsentwicklung der Infrastrukturanlagen unter Einhaltung von Budget- und Qualitätsvorgaben.
33	Business Development Bahntechnik	Business Development Neukundengeschäft Smart Maintenance Big Data Cloud
41	Systemverantwortlicher für Weichentechnik LS	-weiterentwicklung der Weichentechnik -Erstellung von Ausschreibungsunterlagen sowie internen Regelwerken -Vortragstätigkeiten -predictive Maintenance Themen der Weiche
36	Leiter der BU Bahn- Service	-Personalführung -Marktbearbeitung -Innovationen -Projektmanagement (ohne Wichtung)

Teilnehmer	Position (A3)	Aufgabenbereich (A4)
37	Systemverantwortlich für die Weiche LS	Technische Weiterentwicklung der Weiche sowie der Diagnose Erstellung von Ausschreibungsunterlagen und Regelwerken Weiterbildung der Mitarbeiter
38	Strategisches Anlagenmanagement Fahrbahn	Anlagenstrategie, Verteilung der Substanzerhaltungsmengen auf die unterschiedlichen Regionen, Netzzustandsbericht, Gleisbaumaschinenverträge, Anlagenbuchhaltung, Substanzerhaltungsprognosen, Koordination Fahrbahnerneuerung
39	Technik	Sicherungstechnische Außenanlagen
41	Technologiemanager für die Weiche LS	Weiterentwicklung der Weichenkomponenten Erstellung der Lastenhefte Vortragstätigkeiten Erstellung / Änderung der Regelwerke Zuständig für die Weichendiagnose
42	CEO	Strategische Entwicklung, Vertrieb, Strategische Einkauf, Marketing und Entwicklung und Kommunikation.
6	Leiter Engineering und Leiter F&E	Leitung der Hauptabteilung mit 38 Ingenieur/Innen Konzeption von Weichenanlagen
45	BU manager (senior vice president)	Ich bin Verantwortlich innerhalb der Firma für alle Sachen die mit Schienentransport und Assets zu tun haben. Rail Logistics (eigene EVU und dritte), Instandhaltung Schienen Fahrzeuge (Entity in Charge of Maintenance), Werkstatt für Schienen Instandhaltung und Verantwortlich für die Gleisanlage in Crailoo Holland.
46	Teamkoordinator, Experte	Anlagenmanagement und Weichentechnik
48	Leiter Systemaufgabe Interaktion	Programmmanagement, Forschung

Teilnehmer	Position (A3)	Aufgabenbereich (A4)
49	Leitung Anlagenmanagement Kunstabauten	Anlagenmanagement
50	Leiter Datenmanagement Fahrweg	Modellierung (Anlagenzustand, Bedarf Mengen Substanzerhalt, Stopfprognose), Reporting (Anlagenzustand, Inventarstatistiken), Sicherstellung der Datenqualität in den Systemen für den Substanzerhalt und das Inventar von Fahrweg, Sicherstellung von effizienten Datenflüssen und -strukturen in den Systemen für den Substanzerhalt und das Inventar von Fahrweg, Sicherstellen der Messdatenverarbeitung für die Herleitung und Priorisierung von Massnahmen im Substanzerhalt Fahrweg.
51	CDO	-
55	Vice President	Business Development (LCS)

Frage B1: Was sind die Erfolgsfaktoren Ihres Unternehmens?

Teilnehmer	Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 4	Rang 5
7	Kosten	Qualität	Umwelt	Zeit	Flexibilität
9	Qualität	Zeit	Flexibilität	Kosten	Umwelt
11	Zeit	Qualität	Kosten	Umwelt	Flexibilität
12	Qualität	Umwelt	Zeit	Flexibilität	Kosten
13	Flexibilität	Qualität	Zeit	Umwelt	Kosten
15	Qualität	Umwelt	Zeit	Flexibilität	Kosten
16	Qualität	Zeit	Kosten	Umwelt	Flexibilität
18	Qualität	Kosten	Flexibilität	Zeit	Umwelt
19	Qualität	Flexibilität	Zeit	Umwelt	Kosten
20	Qualität	Flexibilität	Zeit	Kosten	Umwelt
21	Qualität	Kosten	Flexibilität	Zeit	Umwelt
22	Qualität	Umwelt	Kosten	Flexibilität	Zeit
23	Qualität	Flexibilität	Zeit	Kosten	Umwelt
25	Qualität	Flexibilität	Umwelt	Kosten	Zeit
29	Qualität	Zeit	Kosten	Umwelt	Flexibilität
30	Qualität	Flexibilität	Umwelt	Kosten	Zeit
31	Qualität	Flexibilität	Kosten	Zeit	Umwelt
32	Qualität	Zeit	Kosten	Umwelt	Flexibilität
33	Kosten	Qualität	Flexibilität	Umwelt	Zeit
36	Qualität	Flexibilität	Kosten	Zeit	Umwelt
37	Qualität	Kosten	Zeit	Umwelt	Flexibilität
38	Qualität	Flexibilität	Zeit	Kosten	Umwelt
39	Umwelt	Qualität	Zeit	Kosten	Flexibilität
41	Zeit	Qualität	Kosten	Flexibilität	Umwelt
42	Qualität	Flexibilität	Zeit	Umwelt	Kosten
6	Qualität	Zeit	Flexibilität	Kosten	Umwelt
45	Qualität	Flexibilität	Kosten	Zeit	Umwelt
46	Umwelt	Qualität	Flexibilität	Zeit	Kosten
48	Qualität	Flexibilität	Kosten	Umwelt	Zeit
49	Flexibilität	Zeit	Qualität	Kosten	Umwelt

Teilnehmer	Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 4	Rang 5
50	Qualität	Umwelt	Zeit	Flexibilität	Kosten
55	Qualität	Flexibilität	Umwelt	Zeit	Kosten

Anzahl – Frage B1					
Erfolgsfaktor	Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 4	Rang 5
Kosten	2	3	10	9	8
Qualität	24	7	1	0	0
Zeit	2	6	11	8	5
Flexibilität	2	12	6	5	7
Umwelt	2	4	4	10	12

Frage B2: Was sind die Erfolgsfaktoren der Instandhaltung?

Ergebnisse - Anzahl							
Erfolgsfaktor d. Instandhaltung	Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 4	Rang 5	Rang 6	Rang 7
Sicherheit	16	5	2	3	2	1	1
Verfügbarkeit	6	14	5	3	2	0	0
Qualität - Produktqualität / Prozessqualität / Potenzialqualität	3	3	14	5	3	2	0
Flexibilität	2	3	2	4	9	7	3
Kosten	1	0	4	12	3	6	4
Umwelt - Energieeffizienz	0	0	0	1	5	10	14
Integrität	2	5	3	2	6	4	8

Auswertung Frage B2:

Rang	Sicherheit	Verfügbarkeit	Qualität - Produktqualität / Prozessqualität / Potenzialqualität	Flexibilität	Kosten	Umwelt - Energieeffizienz	Integrität
1	16	6	3	2	1	0	2
2	5	14	3	3	0	0	5
3	2	5	14	2	4	0	3
4	3	3	5	4	12	1	2
5	2	2	3	9	3	5	6
6	1	0	2	7	6	10	4
7	1	0	0	3	4	14	8
Not e	2,23	2,37	3,27	4,60	4,67	6,23	4,63

Frage B3: Wie wichtig sind die Erfolgsfaktoren zur Zielerreichung in Ihrem Unternehmen?

Teilnehmer	Antwort
7	Wichtig
9	Sehr wichtig
11	Sehr wichtig
12	Sehr wichtig
13	Sehr wichtig
15	Sehr wichtig
16	Sehr wichtig
18	Sehr wichtig
19	Sehr wichtig
20	Wichtig
21	Sehr wichtig
22	Sehr wichtig
23	Wichtig
25	Sehr wichtig
29	Sehr wichtig
30	Sehr wichtig
32	Sehr wichtig
33	Kaum Wichtig
36	Wichtig
37	Wichtig
38	Wichtig
41	Wichtig
42	Wichtig
6	Wichtig
45	Sehr wichtig
46	Sehr wichtig
48	Wichtig
49	Sehr wichtig
50	Wichtig
55	Wichtig

Fragen B4-B8: Frage: Was sind die wesentlichen Kriterien bzw. Kennzahlen, die den Erfolgsfaktor Umwelt/Qualität/Zeit/Kosten/Flexibilität beeinflussen?

Was sind die wesentlichen Kriterien bzw. Kennzahlen, die den Erfolgsfaktor Umwelt beeinflussen? (B4)		
GWP der Produkte, Lärm- und Vibrationsgrenzwerte des Gesamtsystems/ -prozesses, Arbeitsschutz und damit z.B. Staubemissionen, Lärm, ...		
CO2-Emissionsrate, Energieverbrauch, CO2-Footprint		
Energieeffizienz, Ressourceneffizienz, CO2-Emissionen		
Energieeffizienz, Grundwasserneutralität, CO2-Emissionen, Lärm		
CO2 (GWP), Energieverbrauch, Lärmgrenzwerte		
beziehe mich auf mein Spezialgebiet Tram: Lärm ist ein sehr wichtiges Thema geworden, dazu Effizienz und lange Lebensdauer, was durch Sauberkeit und Qualität verbessert werden kann. Durch lange Liegezeiten ergibt sich natürlich auch ein verbesserter CO2 Wert und geringerer Energieverbrauch		
Beförderte Tonnen, Beförderte Personen		
Energie aus erneuerbaren Quellen, Lärmgrenzwerte, Umweltgrenzwerte		
Emissionen	(Staub,	CO2)
Lärm		
Energieverbrauch		

Was sind die wesentlichen Kriterien bzw. Kennzahlen, die den Erfolgsfaktor Qualität beeinflussen? (B5)		
Sicherheit, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit, Wartungsaufwand, Wartungsfreundlichkeit, Fehlerhäufigkeit, Mitarbeiterzufriedenheit		
Effizienz und Qualität von IH-Arbeiten		
Design, Produktschulung/-begleitung, Wartung, Inspektion,		
Mitarbeiterqualifikation Mitarbeitermotivation Qualität des Vormaterials		
Fehlerhäufigkeit, Anzahl Reklamationen, MTBF		
Fehleranzahl- und kosten, Liefertreue, Heath-Rate, Unfallhäufigkeit, Mitarbeiterzufriedenheit, Anzahl offener Auditmaßnahmen, OEE, Anzahl CIP Vorschläge, CIP Einsparungen, Qualitätsrate Lieferanten und Intern, Bestandswerte, Kapazitätsauslastung, Plankostenerfüllung		
Zuverlässigkeit, Fehlerhäufigkeit, Effizienz, Termintreue		
- Fehlerhäufigkeit bzw. Verfügbarkeit der Produkte - Kundenzufriedenheit		

Was sind die wesentlichen Kriterien bzw. Kennzahlen, die den Erfolgsfaktor Qualität beeinflussen? (B5)
Zuverlässige Entwicklung (R&D) Laufende Instandhaltung
<ul style="list-style-type: none"> - Herausragende Qualität - Vernachlässigbar wenige Reklamation - Herausragende Zuverlässigkeit - Ausgezeichnete Beratung / Qualität der technischen Services - Ausgezeichneter, direkter Kundenkontakt - Herausragendes Produktverständnis
<ul style="list-style-type: none"> -Mitarbeiterzufriedenheit - wissenschaftlicher Output
Keine Störungen, keine Verfügbarkeitseinschränkungen, Langlebigkeit
Instandhaltbarkeit, Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit
MTBF; offene Mängel; Anlagenverfügbarkeit in %
Zuverlässiges/Innovatives Design, geringe Fehlerrate, Mitarbeiterzufriedenheit (zufriedene MA leisten qualitativere Arbeit), entsprechende ordnungsgemäße Wartung/Inspektion
Fehlerhäufigkeit Mitarbeiterzufriedenheit zuverlässige Konstruktion
Lange Liegezeiten aufgrund eines für den jeweiligen Einbauort optimierten Weichenanlage. Durch effiziente und regelmäßige Wartung ist die Qualität längerfristig gegeben.
Verfügbarkeit Zustandsverschlechterungsfunktion und somit Instandsetzungsintervalle Kosten Kundenzufriedenheit
Mitarbeiterqualifikationen, Prozesse bei Wartungen und Inspektionen, zuverlässige Konstruktion
<ul style="list-style-type: none"> - Mitarbeiterqualifikationen - Dokumentation - Fehlerkultur
<p>Kriterien: Produktqualität; Handling der eingesetzten Produkte bez. Wartbarkeit und einfache Instandsetzbarkeit; Enge Zusammenarbeit mit den Produkthersteller;</p> <p>Kennzahlen: Pünktlichkeit/Unpünktlichkeit; Anzahl Störungen KAT1</p>

Was sind die wesentlichen Kriterien bzw. Kennzahlen, die den Erfolgsfaktor Qualität beeinflussen? (B5)
Wartung, Inspektionen Produktqualität / zverlässigkeit der Komponenten Fehlerhäufigkeit Feedback durch die Mitarbeiter
- engagement Mitarbeiter - Eigenverantwortung Mitarbeiter - zuverlässige Partner / Zulieferanten - offene Kommunikation intern / extern
zuverlässige Produkte, wartbare Produkte, geringe Fehlerhäufigkeit
Preventive Wartungen und anliessend Inspektionen, Fehlerhäufigkeit, zuverlässige kontrolle durch Mitarbeiter
Inspektion, Instandhaltung,
Knowhow der Mitarbeitenden, Zufriedenheit, Führung
Fachkompetenz und Ressourcenverfügbarkeit (Geld, Zeit, Personal, Sperrungen)
Wartung, Inspektion, Fehlerhäufigkeit, Downtime (MTTR), Störungsmanagement (Organisation Ersatzverkehr etc.)
Instandhaltungsquote Wartungen, Inspektionen Kundenzufriedenheit

Was sind die wesentlichen Kriterien bzw. Kennzahlen, die den Erfolgsfaktor Zeit beeinflussen? (B6)
Erfolgsfaktor Zeit beeinflussen?
Monitoringkompetenz, Instandhaltbarkeit, Modularität,
interne Durchlaufzeit (für z.b. eine Reparatur) externe Tauschzeit beim Kunden (für z.b. Komponente im Gleis) Reaktionszeit (z.B. bei unvorhergesehenen Ereignissen)
MTBF, Wartungsaufwand, MTTR
OEE, Kapazitätsauslastung, OTD, Anlagennutzung
MTBF, Verfügbarkeit, Ausfallzeit
Anlagenverfügbarkeit MTTR Reaktionszeit

Was sind die wesentlichen Kriterien bzw. Kennzahlen, die den Erfolgsfaktor Zeit beeinflussen? (B6)
Die Mean Time Between Replacement (MTBR) ist v.a. für hochfeste Schienenstähle in Bögen das Kaufkriterium, da dies mit Abstand der größte Einflussfaktor für die Annuitäten ist. Potenzial gibt es für neue Schienenstähle in weiten Bögen auch, wenn sich dadurch das Instandhaltungsintervall (MTBM) reduzieren lässt. Wartungsaufwand und Ausfallszeit sind im Bereich von Schienen weniger relevant. Bezogen auf das gesamte Oberbausystem ist je nach Streckenklasse auch die Anlagenverfügbarkeit ein relevantes Kriterium (S-Bahn und Hochleistungsstrecken).
MTBF; MTTR; Ausfallzeit
Anlagenverfügbarkeit Ausfallszeit Wartungsaufwand
Anlagenverfügbarkeit Instandsetzungsaufwand (Sperrdauer für Tätigkeit) Kosten Zuverlässigkeit (Störungsanfälligkeit)
Störungshäufigkeit, Wartungsintervall (MTBM), Wartungsaufwand, Entstörungszeit, Einsatz simpler Produkte
Wartungsaufwand, Störungsdauer, Unpünktlichkeitsanteil des Systems an der Gesamtunpünktlichkeit
- 24/7 verfügbarkeit - Fach Know-how bei den Mitarbeitern - MTBF der Produkten / Anlagen
Anlagenverfügbarkeit
Politische und gesellschaftliche Anforderungen an die Verfügbarkeit der Bahn
Anlagenverfügbarkeit, Genügend Zeit zu haben für eine solide Planung

Was sind die wesentlichen Kriterien bzw. Kennzahlen, die den Erfolgsfaktor Kosten beeinflussen? (B7)
Erfolgsfaktor Kosten beeinflussen?
benötigte Zeit
Instandhaltungskosten (Material, Personal) Ausfallkosten
Verfügbarkeit Instandhaltungskosten

Was sind die wesentlichen Kriterien bzw. Kennzahlen, die den Erfolgsfaktor Kosten beeinflussen? (B7)
Effizienz
Ausbildungsstand, Standardisierung, Prozesse
Instandhaltungskosten
Störungsprävention Planbarkeit der zyklischen Instandsetzungstätigkeiten Umfang der zyklischen Instandsetzungstätigkeiten Qualität der Komponenten und somit die technische Nutzungsdauer
Da wir selber keine Instandhaltung haben, kann ich keine zuverlässige Antwort geben
- Einkauf - langfristige Partnerschaften - belastungsabhängige IH-Strategie - Vorbeugungsgrad
Instandhaltungskosten, Produktkosten, Lebenszykluskosten, Mitarbeiterkosten bezüglich der Entstörung der Komponenten
Instandhaltungskosten, eigene Werkstatt, mehrere Lieferanten für das gleiche
Planung

Was sind die wesentlichen Kriterien bzw. Kennzahlen, die den Erfolgsfaktor Flexibilität beeinflussen? (B8)
Personalauslastungsgrad, Mitarbeiterflexibilität
Mitarbeiterverantwortung/Identifikation, Auslastungsgrad, Erfahrung, Produkt- und Serviceportfolio,
Kapazitätsauslastung, Health-Rate, Unfallhäufigkeit, Mitarbeiterzufriedenheit, Mitarbeiterflexibilität, Bestandsreichweite, Standardisierungsgrad
Personalverfügbarkeit und Auslastung Materialverfügbarkeit (Eigenfertigung und Zukauf)
Planung Anlagenverfügbarkeit/Auslastung Personalauslastungsgrad
Mitarbeiterflexibilität operativ & administrativ
Personalauslastung; Qualifikationsverteilung
Mitarbeiterflexibilität, eingehen auf Kundenbedürfnisse/-wünsche, flexible Arbeitszeitmodelle, umfassendes technisches MA-Knowhow

Was sind die wesentlichen Kriterien bzw. Kennzahlen, die den Erfolgsfaktor Flexibilität beeinflussen? (B8)
Durch professionelle Beobachtung des Verhaltens der Weichenanlagen nur im Bedarf, aber eben zur richtigen Zeit Maßnahmen für die Erhaltung der Anlage sorgen
Da wir selber keine Instandhaltung haben, kann ich keine zuverlässige Antwort geben
<ul style="list-style-type: none"> - Mitarbeiterflexibilität, Mitarbeiterqualifikationen - Fremdleistungsanteil als Atmungsgröße - Personalauslastungsgrad
<ul style="list-style-type: none"> - Eigenverantwortung - Know How - Kommunikation
Mitarbeiterflexibilität
Mitarbeiterflexibilität, Personalauslastungsgrad, Prozesbeschreibungen und Trainieren Mitarbeiter, Qualität und Verfügbarkeit Lieferanten
Mitarbeiter, Externes Personal/Leistungen
Führung und Freiraum der Mitarbeitenden
Verfügbarkeit der Leistung am Markt, Netzdesign. Das Ziel ist Stabilität und nicht Flexibilität.
<p>Auslastungsgrad</p> <p>Umrüstungsdauer Maschinen (Produktionsflexibilität)</p> <p>MA-Flexibilität</p>

Frage C1: Welche Bereiche der Schieneninfrastruktur erachten Sie als kritisch?

Teilnehmer	Gleis	Weichen	Eisenbahnbrücken, etc.	Leit- und Sicherungstechnik	Bahnübergänge	Energieversorgung sanlagen	Bahnbetriebliche Telekommunikation stechnik	Sonstiges
7	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	
9	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	
11	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	
12	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	
13	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein	Ja	Personal und Know- How des Betreibers
15	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	
16	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	
18	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	
19	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	
21	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein	Ja	
22	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Personalverf ügbarkeit
23	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	
25	Ja	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	
29	Nein	N e i n	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	keine
30	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein	Ja	
32	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Lehnen
33	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	
36	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	
41	Ja	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	
42	Nein	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	
6	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Gesamtsyst em
45	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	
46	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	
48	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	
49	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja	
50	Nein	N e i n	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Unterbau von Gleisen und Weichen
55	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	

Ergebnisse C1 - Anzahl								
	Gleis (Schienen, Schwellen,	Weichen	Eisenbahnbrücken, Tunnel,	Leit- und Sicherungstechnik	Bahnübergänge	Energieversorgungsanlagen	Bahnbetriebliche Telekommunikation	Sonstiges
ja	16	25	12	22	16	11	13	anderes
Prozent	59%	93%	44%	81%	59%	41%	48%	Personal und Lehnen

Zusatzfrage-Frage zu Frage C1 (Interview): Wie würden Sie die Bereiche der Infrastruktur nach Kritikalität reihen?

Teilnehmer	Gleis (Schienen, en,	Weichen	Eisenbahnbrücken, en,	Leit- und Sicheru	Bahnübergänge	Energieversorgungsanlagen	Bahnbetriebliche Telekom	Sonstiges
7	-	-	-	-	-	-	-	-
11	1	2	3	4		5	6	-
15	7	3	6	2	1	4	5	-
22	5	4	1	2	5	3	5	-
33	3	1	4	2	4	4	4	-
46	2	3	8	1	4	6	7	5
46	4	1	4	2	3	7	4	-

Ergebnisse Zusatzfrage (zu C1) - Reihung								
	Gleis (Schienen, en,	Weichen	Eisenbahnbrücken, en,	Leit- und Sicheru	Bahnübergänge	Energieversorgungsanlagen	Bahnbetriebliche Telekom	Sonstiges
Mittelwert	3,7	2,3	4,3	2,2	3,4	4,8	5,2	-
Rang	4	2	5	1	3	6	7	

Frage C2: Kennen Sie ihre kritischen Anlagen im Bereich der Schieneninfrastruktur?

Branche	Teilnehmer	Ja/Nein
Komponentenzulieferer	7	Ja
Komponentenzulieferer	9	Ja
Komponentenzulieferer	11	Ja
Komponentenzulieferer	12	Ja
Komponentenzulieferer	13	Nein
Beratung	15	Ja
Komponentenzulieferer	16	Ja
Komponentenzulieferer	18	Ja
Komponentenzulieferer	19	Ja
Service	21	Ja
Wissenschaft	22	Nein
intern	23	Nein
Komponentenzulieferer	25	Nein
Infrastrukturbetreiber	29	Nein
Komponentenzulieferer	30	Ja
Infrastrukturbetreiber	32	Ja
Beratung	33	Nein
Service	36	Ja
Infrastrukturbetreiber	41	Ja
Komponentenzulieferer	42	Ja
Komponentenzulieferer	6	Ja
Komponentenzulieferer	45	Ja
Infrastrukturbetreiber	46	Ja
Infrastrukturbetreiber	48	Ja
Infrastrukturbetreiber	49	Ja
Infrastrukturbetreiber	50	Ja
Komponentenzulieferer	55	Ja

Anzahl:

ja	21	78%
nein	6	22%

Frage C3: Wie werden derzeit kritische Anlagen identifiziert?

Teilnehmer: in	Erfahrungswerte	historische Daten	Kritikalitätsbeurteilung	Risiko-bewertung	gar nicht	Checklisten	ABC-Klassifikation	Fehlerbaum-analyse	Event Tree Analyse	Sonstiges
7	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	U n f ä l l e
9	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	
11	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	
12	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	
15	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	
16	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	
18	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	
19	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	
21	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	
30	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	
32	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	
36	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	
41	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	
42	Ja	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	
6	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	

Teilnehmer: in	Erfahrungswerte	historische Daten	Kritikalitätsbeurteilung	Risiko-bewertung	gar nicht	Checklisten	ABC-Klassifikatio	Fehlerbaum-analyse	Event Tree Analyse	Sonstiges
45	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	
46	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	
48	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	
49	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	
50	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	
55	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	

Frage C4: Wird aktuell eine Software für die Kritikalitätsbewertung verwendet?

Bedingung: alles außer Antwortmöglichkeit "gar nicht" bei letzter Frage (C3) ausgewählt

Anmerkung: Antwortmöglichkeit "Sonstiges" War "Ja"

Teilnehmer	ja/Nein	Welche Software?
9	Sonstiges	
11	Nein	
12	Nein	
15	Nein	
16	Nein	
18	Nein	
19	Nein	
21	Sonstiges	
30	Sonstiges	Roadmaster
32	Sonstiges	teilweise: Inspektionsnoten; Mängelreports je Anlage
36	Nein	
41	Nein	
42	Nein	
6	Sonstiges	
45	Sonstiges	Ultimo
46	Nein	
48	Nein	
49	Sonstiges	
50	Sonstiges	Irissys
55	Sonstiges	Eigenentwicklung

Frage C5: Ist die Verwendung einer Software für die Risikobewertung/Identifikation kritischer Anlagen in Zukunft gewünscht?

Bedingung: wenn Nein bei letzter Frage (C4)

Anmerkung: "Sonstiges" wurde als "Nein, weil:" angezeigt

Teilnehmer	Ja/Nein	Grund, warum nein
11	Sonstiges	von mir persönlich nicht, da ich keine Bewertung durchführe
12	Ja	
15	Sonstiges	Hängt von Software ab
16	Sonstiges	kann ich leider nicht beantworten
18	Sonstiges	
19	Sonstiges	derzeit noch gut handhabbar
36	Sonstiges	derzeit nicht im Fokus
41	Ja	-
42	Ja	-
46	Ja	-
48	Ja	-

Frage C10: Ist in Zukunft geplant eine Risikobewertung zu implementieren?

Teilnehmer	Ja/Nein
13	Nein
22	Nein
23	Ja
25	Nein
29	Nein
33	Nein

Frage C6: Handelt es sich dabei [bei der Identifikation von kritischen Anlagen] um einen laufenden Prozess?

Bedingung: alles außer Antwortmöglichkeit "gar nicht" bei Frage C3 ausgewählt

Frage C7: Wie oft wird die Bewertung durchgeführt?

Bedingung: „Ja“ bei Frage C6

Teilnehmer	Ja/Nein (C6)	wie oft? C7	"Sonstiges"
9	Ja	jährlich	
11	Ja	Sonstiges	bei Bedarf, sprich bei Zulassung eines neuen Produktes
12	Nein		
15	Ja	jährlich	
16	Ja	jährlich	
18	Ja	jährlich	
19	Nein		
21	Ja	Sonstiges	in Abhängigkeit von Asset und Streckenrang
30	Ja	Sonstiges	ständig
32	Ja	Sonstiges	lt. Regelwerke geregelt - kein identes Intervall bei den Eisenbahninfrastrukturanlagen
36	Ja	Sonstiges	je Klassifizierung
41	Ja	vierteljährlich	
42	Ja	jährlich	

Teilnehmer	Ja/Nein (C6)	wie oft? C7	"Sonstiges"
6	Ja	Sonstiges	Bekannte Bahnen machen dies mit Sicherheit. Es gibt dazu dann auch periodisch erscheinende Zustandsberichte mit Bewertung des Zustandes der gesamten Bahninfrastruktur. Vorbildlich halte ich persönlich diesbezüglich die Netzzustandsberichte der SBB und anderen schweizerischer Bahnen. Da dies Zustandsberichte alle Bereiche abdecken basieren diese sicherlich auf noch detaillierteren Einzelberichten. Auch Veränderungen werden darin reportet.
45	Ja	halbjährlich	
46	Ja	jährlich	
48	Ja	jährlich	
49	Ja	Sonstiges	je nach Anlage unterschiedlich
50	Ja	halbjährlich	
55	Ja	Sonstiges	unterschiedlich: jährlich bis monatlich

Ergebnis C6 & C7 - Anzahl		
Ja	18	90%
Nein	2	10%
Jährlich	7	39%
Sonstiges	8	44%
vierteljährlich	1	6%
halbjährlich	2	11%

Frage C8: Warum haben Sie eine dynamische Bewertung implementiert?

Bedingung: Angegeben, dass es sich bei Anlagenbewertung um laufenden Prozess handelt (bei C6 „Ja“)

Teilnehmer	Normative Anforderungen	Risikobetrachtung als Teil der Unternehmensphilosophie	Etablierter Prozess - Teil von Arbeitsplan	Dynamisches Unternehmensumfeld & Marktanforderungen	Risikobetrachtung als Teil des Qualitätsmanagements	Sonstiges
9	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	
11	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	
15	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	
16	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	
21	Nein	Ja	Ja	Nein	Ja	
30	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	
32	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	
36	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Streckenränge ändern sich und daher erfolgen Anpassungen
41	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja	
42	Nein	Ja	Ja	Nein	Ja	

Teilnehmer	Normative Anforderungen	Risikobetrachtung als Teil der Unternehmensphilosophie	Etablierter Prozess - Teil von Arbeitsplan	Dynamisches Unternehmensumfeld & Marktanforderungen	Risikobetrachtung als Teil des Qualitätsmanagements	Sonstiges
6	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ist für die Infrastrukturunternehmen, die vielfach von der öffentlichen Hand Gelder erhalten, in demokratischen Systemen wohl auch geboten, solche Bewertungen kontinuierlich durchzuführen und zu berichten. Eine Risikobetrachtung ist zumal auch in den länderspezifischen Eisenbahngesetzen zwingend vorgeschrieben. Je nach Land gibt es auch Behörden die für Zulassungen, Unfallsuntersuchungen etc. zuständig sind. Auch gegenüber diesen Behörden kann eine Berichtspflicht bestehen. Ist aber ja ohnedies bei fast allen sicherheitsrelevanten Anlagen ein Muss.
45	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Um Instandhaltungskosten auch mit zu nehmen in der jährliche budget Anfrage
46	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	
48	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	
49	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Auf Grund der Veränderung der Anlage über die Zeit.

Teilnehmer	Normative Anforderungen	Risikobetrachtung als Teil der Unternehmensphilosophie	Etablierter Prozess - Teil von Arbeitsplan	Dynamisches Unternehmensumfeld & Marktanforderungen	Risikobetrachtung als Teil des Qualitätsmanagements	Sonstiges
50	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	
55	Nein	Ja	Nein	Nein	Ja	

Ergebnisse C8 - Anzahl						
	Normative Anforderungen	Risikobetrachtung als Teil der Unternehmensphilosophie	Etablierter Prozess - Teil von Arbeitsplan	Dynamisches Unternehmensumfeld / Dynamische Marktanforderungen	Risikobetrachtung als Teil des Qualitätsmanagements	Sonstiges
Ja	6	7	8	1	6	4
Nein	11	10	9	16	11	0
Prozent (ja)	35%	41%	47%	6%	35%	24%

Frage C9: Welche der folgenden risikoorientierten Normen haben Sie bereits eingeführt?

Bedingung: Ja bei Frage C8 - Antwort "normative Anforderungen"

Teilnehmer	EN 50126-1:2017 - RAMS	EN 50126-2:2017 - RAMS	ECM Verordnung (EU)	EN 50128 (IEC 62279)	EN 50129 (IEC 62425) -	ISO 55000	ISO 27001	Sonstiges
9	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	Netzzustandsbericht
11	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	
15	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein	
16	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	
32	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	k.A.
48	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein	

Frage C11: Fließt die Risikobetrachtung in die Instandhaltungsstrategiefestlegung mit ein?

Teilnehmer	Ja/Nein
6	Ja
7	Ja
9	Ja
11	Ja
12	Ja
13	Nein
15	Nein
16	Ja
19	Ja
21	Ja
22	Ja
23	Ja
25	Ja
29	Ja
30	Ja
32	Ja
33	Nein
36	Nein
41	Ja
42	Ja
45	Ja
46	Nein
48	Ja
49	Ja
50	Ja
55	Ja

Frage C12: Welche Instandhaltungsstrategie verfolgen Sie aktuell bei ihren Anlagen?

Teilnehmer	Antwort	Kommentar
7	Präventive (vorbeugende) Instandhaltung	gesprächen für meine Kunden, ich selbst halte nichts instand.
9	Perfektive (anlagenverbessernde) Instandhaltung	Achtung oft ist es ein Mix der einzelnen Strategien.
11	Reaktive (ausfallorientierte) Instandhaltung	sowohl reaktiv als auch präventiv
12	Prädiktive (zustandsorientierte) Instandhaltung	
13	Reaktive (ausfallorientierte) Instandhaltung	Überwiegend durch Kundenanfragen gesteuerter reaktiver, aber auch teils präventiver Service. Bei eigenen Anlagen ebenso überwiegend präventiv und reaktiv.
15	Prädiktive (zustandsorientierte) Instandhaltung	Hängt von Anlagentyp ab
16	Präventive (vorbeugende) Instandhaltung	zukünftig wäre eine zustandsorientierte Instandhaltung anzustreben (unter Mithilfe von Diagnostik in den Produkten)
19	Prädiktive (zustandsorientierte) Instandhaltung	Aktuell werden unsere Schienen durch vaTS oder externe Dienstleister instandgehalten. Diese sind Auftragnehmer der Bahnbetreiber, der auch die Strategie festlegt. In vaRT wirken wir in erster Linie beratend auf vaTS und die Bahnbetreiber ein.
21	Präventive (vorbeugende) Instandhaltung	

Teilnehmer	Antwort	Kommentar
22	Perfektive (anlagenverbessernde) Instandhaltung	Als Ausbildungseinrichtung habe ich keine Schieneninfrastruktur und daher auch keine IH-Strategie. Natürlich sind alle genannten Strategien außer reaktiver Instandhaltung zielführend.
23	Reaktive (ausfallorientierte) Instandhaltung	
25	Präventive (vorbeugende) Instandhaltung	
29	Reaktive (ausfallorientierte) Instandhaltung	Alle diese IH Strategien werden je nach Gleisrang verfolgt
30	Präventive (vorbeugende) Instandhaltung	Ziel muss es sein, das System effektiv und sicher am Laufen zu halten
32	Prädiktive (zustandsorientierte) Instandhaltung	Im operativen Life Cycle Management wird eine prädiktive Instandhaltungsstrategie angewendet und somit der optimale Reinvestitionszeitpunkt ermittelt (Bedarfsgerecht Maßnahmenplanung). Technische Instandsetzungsprognosen sind hierfür erforderlich und zeigen somit welche zukünftigen Instandsetzungsmaßnahmen (Erhaltung, Tausch von Komponenten, etc.) aus LCC Sicht (Annuitätenmonitoring) nicht mehr wirtschaftlich sind. Für gewisse Eisenbahninfrastrukturanlagen (z.B. LS Anlagen) ist die IH Strategie eher reaktiv oder technologie-Getrieben.
33	Reaktive (ausfallorientierte) Instandhaltung	Selber keine eigene Instandhaltung

Teilnehmer	Antwort	Kommentar
36	Prädiktive (zustandsorientierte) Instandhaltung	Mischung aus Punkt 2 & 3
41	Perfektive (anlagenverbessernde) Instandhaltung	Netzweiter Aufbau einer Weichendiagnose, sowie derer weiterentwicklung
42	Präventive (vorbeugende) Instandhaltung	
6	Prädiktive (zustandsorientierte) Instandhaltung	<p>Mir bekannte, angesehene Bahnen betreiben eine vorrangig zustandsorientierte Instandhaltung. Klarerweise in Kombination mit anlagenverbessernden Maßnahmen. Dabei kommen für die Zustandserhebung sowohl Messfahrzeuge, Kamerasysteme und Personen zum Einsatz. Der Zustand und damit der Nutzungsvorrat z.B. einer Weichenkomponente hängt dabei von vielen Merkmalen ab (Squatbildung, Headcheckwachstum, Dellenbildung, Verschleiss, Schotterzustand, Einzelfehler, Anrisse etc.). Wenn Sie die zustandsorientierte Instandhaltung als "Strategie mit dem Ziel den Abnutzungsvorrat einer Komponente so gut wie vollständig auszunutzen" beschreiben, so ist dies eine eindimensionale, sehr vereinfachende Beschreibung und Betrachtung einer Instandhaltungsstrategie und kann nur als theoretische Kategorisierung dienen. In der Praxis ist diese theoretische Kategorisierung von wenig Bedeutung und es sind eine Vielzahl von relevanten Größen zu berücksichtigen (Restnutzungsdauer, Verfügbarkeit von Maschinen, Personal, Geld, Umbauten, etc.). Zudem sind die Entstehung und das Wachstum von Beschädigungen nicht exakt vorhersagbar. Daher spricht man in der Technik von</p>

Teilnehmer	Antwort	Kommentar
		Versagenswahrscheinlichkeiten und nicht von Versagensvorschauen. Instandhaltungsmaßnahmen sind stets aus wirtschaftlicher Sicht und Sicht der Sicherheit zu bewerten und zu treffen.
45	Reaktive (ausfallorientierte) Instandhaltung	Wir sind dabei mit unsere Lieferant Prädiktive (zustandsorientierte) Instandhaltung ein zu richten.
46	Reaktive (ausfallorientierte) Instandhaltung	Wir wollen zu Präventiv und dann weiter!
48	Präventive (vorbeugende) Instandhaltung	

Teilnehmer	Antwort	Kommentar
49	Prädiktive (zustandsorientierte) Instandhaltung	Alle 4 kommen zur Anwendung. Situativ je Anlage und Massnahme. Die häufigste ist jedoch die zustandsorientierte. Zudem gibt es auch noch die Instandhaltung, die durch externe Vorgaben entsteht.
50	Prädiktive (zustandsorientierte) Instandhaltung	Es gibt auch Reaktive und präventive Instandhaltung, die Strategie fokussiert aber auf den Ausbau der prädiktiven Instandhaltung.
55	Prädiktive (zustandsorientierte) Instandhaltung	

Frage C13: Passen Sie ihre Instandhaltungsstrategie regelmäßig an?

Frage C14: (Wenn ja bei C13) Wie oft

Teilnehmer	Ja/Nein	Wie oft? (C14)
7	Nein	
9	Ja	Review jährlich, Anpassung/Nachschärfung nach Situation ca alle 4-5 Jahre entsprechend der Finanzierungsperioden
11	Ja	Bei Bedarf, im Regelfall 1x jährlich
12	Ja	laufende evaluierung und anpassung bei bedarf
13	Ja	Für interne Instandhaltung rund einmal im Jahr. Die allgemeine Customer Service Strategie ebenso aber weniger mit dem Fokus Instandhaltung der Produkte beim Kunden. Das Thema ist bekannt, aber noch nicht konkret in einer Strategie für unser Unternehmen verankert.
15	Ja	3-4 Jahre
16	Nein	
19	Nein	
21	Nein	
23	Nein	
25	Ja	Bei Infrastrukturbetreibern zu erfragen
29	Ja	mehrmals im Jahr
30	Nein	
32	Ja	Je nach Bedarf, wenn Beispielsweise neue Komponenten mit geänderten technsichen Rahmenbedingungen (längere Nutzungsdauer oder Folgewirkungen mit anderen Komponenten) eingesetzt werden.
33	Nein	
36	Ja	meist 1/4 jährlich
41	Ja	Ist abhängig von den verbauten Komponenten und deren Problemstellungen, welche durch Feedback der Mitarbeiter ermittelt werden

42	Nein	
6	Ja	siehe bereits Seiten davor
45	Nein	
46	Ja	intuitiv
48	Nein	
49	Ja	2-5 Jahre
50	Ja	Bei Bedarf, im Schnitt alle 4 Jahre
55	Ja	wenn Vorhersage eine Änderung der Strategie verlangt. Max. jährlich

Frage C15: Welchen Stellenwert geben Sie der Risikobewertung im Zuge der dynamischen Instandhaltungsstrategie-Anpassung?

Anmerkung: 1 - sehr hoher Stellenwert 2 - hoher Stellenwert 3 - neutral 4 - geringer Stellenwert 5 - nicht wichtig

Bedingung: Nur wenn IH-Strategie laufend angepasst wird --> "ja" bei C13

Teilnehmer:in	Bewertung
9	2
11	4
12	3
13	2
15	4
22	1
25	2
29	3
32	2
36	3
41	2
6	1
46	2
49	5
50	5
55	3

Ergebnis	Anzahl	Prozent
1 - sehr hoher Stellenwert	2	13%
2 - hoher Stellenwert	6	38%
3 - mittlerer Stellenwert	4	25%
4 - geringer Stellenwert	2	13%
5 - kein Stellenwert	2	13%

Frage C16: In welchen Bereichen der Infrastruktur passen Sie die Instandhaltungsstrategie laufend an?

Bedingung: Nur wenn IH-Strategie laufend angepasst wird --> "ja" bei C13

Anmerkung: "Sonstiges" wurde den Teilnehmern als "in folgenden Bereichen:" angezeigt

Teilnehmer	Bereich	Sonstiges (Anmerkung)
9	in allen Bereichen	
11	in allen Bereichen	
12	in allen Bereichen	
13	Sonstiges	interner Maschinenpark und dem Produktportfolio
15	in allen Bereichen	
22	in allen Bereichen	
25	Sonstiges	bei den Infrastrukturbetreibern zu erfragen
29	in allen Bereichen	
32	in allen Bereichen	
36	Sonstiges	stark belasteten Bereichen oder kritischen Bereichen
41	in allen Bereichen	
6	Sonstiges	erfolgreiche Bahnen machen dies in allen Bereichen und ständig
46	in allen Bereichen	
49	in allen Bereichen	
50	Sonstiges	Fahrbahn
55	Sonstiges	belastete Bereiche (Gleis)

Frage C17: Bei welchem Anlagentyp passen Sie ihre Instandhaltungsstrategie laufend an?

Bedingung: Nur wenn IH-Strategie laufend angepasst wird --> "ja" bei C13

Teilnehmer	für alle Anlagen	für kritische Anlagen	für Engpassanlagen	Andere Anlagen:
9	Nein	Ja	Ja	
11	Ja	Nein	Nein	
12	Nein	Ja	Ja	
13	Nein	Ja	Ja	
15	Nein	Ja	Ja	
22	Ja	Nein	Nein	
25	Nein	Nein	Nein	von IM's zu erfragen
29	Ja	Nein	Nein	
32	Nein	Ja	Ja	
36	Nein	Ja	Ja	Anlagen, die ihrem "Lebensende" entgegen gehen
41	Ja	Nein	Nein	
6	Nein	Nein	Nein	siehe Frage davor
46	Ja	Nein	Nein	
49	Ja	Nein	Nein	
50	Ja	Nein	Nein	
55	Nein	Ja	Ja	

Frage C18: Wer ist für die Anpassung zuständig?

Bedingung: Nur wenn IH-Strategie laufend angepasst wird --> "ja" bei C13

Teilnehmer	Antwort	Kommentar
9	Abteilung/Unternehmensbereich	
11	Abteilung/Unternehmensbereich	
12	Abteilung/Unternehmensbereich	
13	Abteilung/Unternehmensbereich	Fachbereich Operations
15	Abteilung/Unternehmensbereich	
25	Sonstiges	von IM's zu erfragen
29	Abteilung/Unternehmensbereich	
32	Abteilung/Unternehmensbereich	
36	Sonstiges	Spezialisten
41	Abteilung/Unternehmensbereich	
6	Sonstiges	
46	Abteilung/Unternehmensbereich	Fachbereiche
49	Abteilung/Unternehmensbereich	
50	Abteilung/Unternehmensbereich	strategisches Anlagenmanagement
55	Abteilung/Unternehmensbereich	Üblicherweise der Strategische Infrastrukturverantwortliche (auch plural, wenn Komponenten unterteilt sind)

Frage D1: Führen Sie für Neuanlagen eine Risikobewertung VOR Inbetriebnahme durch?

Teilnehmer	Ja/Nein
7	Ja
9	Ja
11	Ja
12	Ja
13	Ja
15	Nein
16	Ja
19	Nein
21	Ja
22	Ja
23	Nein
25	Ja
29	Ja
30	Ja
32	Ja
33	Nein
36	Nein
41	Nein
42	Nein
6	Ja
45	Ja
46	Nein
48	Nein
49	Ja
50	Nein
55	Ja

Frage D2: Fließt die Risikobewertung bei der Neuanschaffung von Anlagen mit ein bzw. wird als Basis für Investitionsentscheidungen herangezogen?

Teilnehmer	Ja/Nein
7	Nein
9	Ja
11	Ja
12	Ja
13	Ja
15	Ja
16	Nein
19	Nein
21	Nein
22	Ja
23	Nein
25	Ja
29	Ja
30	Ja
32	Ja
33	Ja
36	Nein
41	Ja
42	Ja
6	Ja
45	Ja
46	Nein
48	Nein
49	Ja
50	Nein
55	Ja

Frage D3: Für welche Anlagen führen Sie eine Risikobewertung vor der Inbetriebnahme durch?

Teilnehmer:in	alle Anlagen	kritische Anlagen	Engpassanlagen	Anderer Anlagentyp:
9	Ja	Nein	Nein	
11	Ja	Nein	Nein	
12	Nein	Ja	Ja	
13	Ja	Nein	Nein	
15	Ja	Nein	Nein	
22	Nein	Ja	Ja	
25	Nein	Nein	Nein	von IM's zu erfragen
29	Nein	Ja	Nein	
30	Ja	Nein	Nein	
32	Ja	Nein	Nein	
33	Ja	Nein	Nein	
41	Nein	Ja	Nein	
42	Nein	Ja	Nein	
6	Nein	Ja	Nein	
45	Ja	Nein	Nein	Auch die Rail Assets
49	Ja	Nein	Nein	Alle Anlagen je nach Bedarf
55	Ja	Nein	Nein	

Frage D4: Haben Sie Interesse an den (anonymisierten) Ergebnissen der Umfrage?

Teilnehmer	Ja/Nein
7	Ja
9	Ja
11	Ja
12	Ja
13	Ja
15	Ja
16	Ja
19	Ja
21	Ja
22	Ja
23	Ja
25	Ja
29	Nein
30	Ja
32	Nein
33	Ja
36	Nein
41	Ja
42	Ja
6	Ja
45	Ja
46	Ja
48	Ja
49	Nein
50	Nein
55	Ja