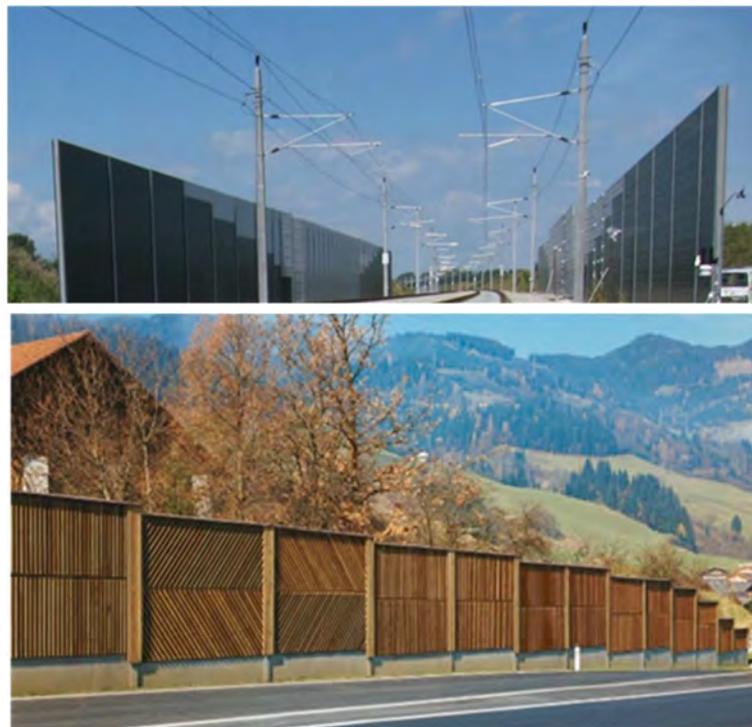


Holistischer Bewertungs- und Analyseprozess für optimiertes Lifecycle-Management von Lärmschutzwänden **SMART NOISE**

Ein Projekt finanziert im Rahmen der
Verkehrsinfrastrukturforschung 2017
(**VIF2017**)

Endbericht Februar 2022



Impressum:

Herausgeber und Programmverantwortung:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2
A - 1030 Wien



Bundesministerium
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie

ÖBB-Infrastruktur AG
Praterstern 3
A - 1020 Wien



ÖBB
INFRA

Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs
Aktiengesellschaft
Austro Tower
Schnirchgasse 17
A - 1030 Wien



ASFINAG



Für den Inhalt verantwortlich:

Deighton Ingenieurbüro für Verkehrswesen
und Infrastrukturplanung GmbH
Naglergasse 7/9
1010 Wien



d deighton

VCE Vienna Consulting Engineers ZT GmbH
Untere Viaduktgasse 2
1030 Wien



VCE Vienna Consulting
Engineers ZT GmbH

Univ.Prof. Dr. Johann Litzka
Schubertgasse 31
2380 Perchtoldsdorf

UNIV.PROF. DIPL.-ING. DR. JOHANN LITZKA
EM. ORDINARIUS FÜR STRASSENBAU DER TECHN. UNIVERSITÄT WIEN
SCHUBERTGASSE 31 TELEFON +43 1 865 11 75
2380 PERCHTOLDSDORF MOBIL +43 664 6104981
ÖSTERREICH E-MAIL jlitzka@aon.at

Programmmanagement:

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH
Bereich Thematische Programme
Sensengasse 1
A – 1090 Wien



FFG
Forschung wirkt.

Holistischer Bewertungs- und Analyseprozess für optimiertes Lifecycle-Management von Lärmschutzwänden SMART NOISE

Ein Projekt finanziert im Rahmen der
Verkehrsinfrastrukturforschung
(VIF2017)

AutorInnen:

Dipl.-Ing.Dr. Alfred WENINGER-VYCUDIL

Dipl.-Ing.Dr. Robert VEIT-EGERER

Dipl.-Ing.Dr. Barbara BROZEK

BSc. Anna LESZCZYNSKA

Prof. Dipl.-Ing.Dr. Johann Litzka

Auftraggeber:

Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
ÖBB-Infrastruktur AG
Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft

Auftragnehmer:

Deighton Ingenieurbüro für Verkehrswesen und Infrastrukturplanung GmbH
VCE Vienna Consulting Engineers ZT GmbH
Univ.Prof.Dr. Johann Litzka

KURZFASSUNG

Die Erhaltung von Lärmschutzwänden (LSW) ist eine wichtige Aufgabe im Asset Management. Eine systematische Vorgehensweise bei der Erfassung bzw. Bewertung der baulichen und akustischen Eigenschaften liefert eine wesentliche Grundlage für eine nachvollziehbare und objektive Maßnahmenauswahl und somit Erhaltungsplanung. Obwohl in Österreich für die Bewertung von Lärmschutzwänden in bestimmten Bereichen bereits entsprechende Grundlagen vorhanden sind, werden diese für ein optimiertes Lebenszyklusmanagement nicht flächendeckend und systematisch eingesetzt. Die maßgebenden Vorschriften für die Bewertung können den ÖNORMEN sowie den aktuellen RVS- und RVE-Richtlinien entnommen werden können.

Das Hauptziel von SMART NOISE ist die Entwicklung und praktische Erprobung eines holistischen Bewertungsverfahrens für ein optimiertes Lebenszyklusmanagement von Lärmschutzwänden verschiedener Materialien (insbesondere Holzelemente). Dabei werden die entsprechenden Module und Modelle (Schadensbildkatalog, Maßnahmenkatalog, Zustandsprognosemodelle, etc.) entwickelt, in geeignete Bewertungsverfahren (LCA, LCCA, etc.) eingebettet und ein Prototyp auf Teststrecken angewendet. SMART NOISE liefert daher folgende Ergebnisse im Überblick:

- Darstellung und Bewertung der aktuellen Grundlagen
- Schadensbildkatalog mit detaillierten Erläuterungen
- Bewertungsindikatoren
- Katalog für Erhaltungsmaßnahmen
- Modelle zur Beschreibung der Zustandsentwicklung sowie zur Beschreibung der Beeinträchtigung der Nutzer bzw. des Betriebes
- Auswahl von geeigneten Verfahren zur Bewertung des Lebenszyklus
- Zusammenführung der Modelle und Verfahren zu einem holistischen Gesamtbewertungsprozess
- Entwicklung eines ablauffähigen Algorithmus für die Anwendung des holistischen Bewertungsprozesses in einem Asset Management System (Prototyp SMART NOISE LSW)
- Anwendung des Systems an Testabschnitten mit LSW aus Holzelementen

Indem eine wesentliche Anlagenkategorie in einen objektiven und lebenszyklusbasierten Entscheidungsprozess integriert wird, liefert SMART NOISE einen wichtigen Technologiesprung in der Weiterentwicklung des Erhaltungsmanagements von Anlagen der Verkehrsinfrastruktur.

ABSTRACT

The maintenance of noise barriers is an important task in asset management. A systematic approach to assess the structural and acoustic properties provides an essential basis for a comprehensible and objective selection of maintenance treatments and thus maintenance planning. Although appropriate basics are already available in Austria for the assessment of noise barriers in certain areas, these are not used systematically and across the board for optimized life cycle management. The relevant regulations for the assessment can be found in the Austrian Standards (OE-NORMEN) as well as the current RVS and RVE guidelines.

The main objective of SMART NOISE is the development and practical testing of a holistic assessment method for an optimized life cycle management of noise barriers made of different materials (especially wooden elements). The corresponding modules and models (catalogue of distresses and damages, catalogue of maintenance treatments, condition prediction models, etc.) are developed, embedded in suitable assessment procedures (LCA, LCCA, etc.) and a prototype is used on test sites. SMART NOISE therefore provides the following results at a glance:

- Presentation and evaluation of the current fundamentals
- Catalogue of distresses and damages
- Evaluation indicators
- Catalogue for maintenance treatments
- Models to describe the development of the condition as well as to describe the impairment of the user or the operation
- Selection of suitable procedures for assessing the life cycle
- Merging the models and procedures into a holistic overall evaluation process
- Development of an executable algorithm for the application of the holistic assessment process in an asset management system (prototype SMART NOISE LSW)
- Application of the system to test sections (noise barriers with wooden elements)

By integrating an essential asset category into an objective and life cycle-based decision-making process, SMART NOISE delivers an important technological leap in the further development of the maintenance management of systems in the transport infrastructure.

INHALTSVERZEICHNIS

KURZFASSUNG	4
ABSTRACT	5
1 EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG	10
1.1 Ausgangssituation	10
1.2 Problemstellung.....	10
1.3 Hauptziel von SMART NOISE.....	11
1.4 Methode und wissenschaftlicher Lösungsansatz	13
2 GRUNDLAGEN FÜR DIE BEWERTUNG VON LÄRMSCHUTZWÄNDEN	17
2.1 Anforderungen und Vorgaben.....	17
2.2 Grundlagen für die Prüfung und Zustandsbewertung	17
3 SCHADENSBIKDATALOG	19
3.1 Maßgebende Grundlagen	19
3.2 Gliederung in Bauteile	19
3.3 Indikatoren zur Bewertung	21
3.4 Genereller SMART NOISE Bewertungsrahmen.....	23
3.5 Gliederung Schadensbildkatalog	24
3.5.1 Inhalt Schadensbildkatalog.....	24
3.5.1.1 Schadensarten.....	24
3.5.1.2 Zuordnung Schadensarten zum Konstruktionsmaterial	26
3.5.1.3 Einheitliche Schadensbildansprache.....	27
3.5.1.4 Grundlage der Schadensbewertung.....	28
3.5.1.5 Gliederungsebenen Schadensbildkatalog	29
3.5.2 Erstellung Katalog	29
3.6 Verfahren zur Bewertung des Zustandes einer Lärmschutzwand	29
3.6.1 Allgemeines.....	29
3.6.2 Teilwerte Lärmschutzwand	31

3.6.3	Gesamtwert Lärmschutzwand	32
4	MODULE DER OPTIMIERTEN LEBENSZYKLUSBETRACHTUNG	34
4.1	Allgemeines	34
4.2	Modul Zustandsentwicklung	34
4.2.1	Langfrist-Prognose der RI Maßnahmen (Realisierungsmengen).....	34
4.2.2	Statistische Auswertung der Daten (Portfolioanalyse).....	38
4.2.3	Zusammenfassung der Erkenntnisse der Portfolioanalyse.....	41
4.2.4	Vorschläge Zustandsprognose Lärmschutzwände.....	42
4.3	Modul Erhaltungsmaßnahmen	47
4.3.1	Allgemeines	47
4.3.2	Erhaltungsmaßnahmenkatalog	47
4.3.3	Kostenmodell für Portfolioanalysen und Langfrist-Prognose der RI Kosten	48
4.4	Zusammenfassung zu den Erkenntnissen der Langfrist-Prognose	56
4.4.1	Aufgabenstellung	56
4.4.2	Ergebnisse	56
4.4.3	Wesentliche Erkenntnisse.....	56
4.5	Modul Nichtverfügbarkeit	58
4.5.1	Allgemeines	58
4.5.2	Nichtverfügbarkeit infolge geplanter Erhaltungsmaßnahmen	58
4.5.2.1	Berechnungsansatz Kosten Nichtverfügbarkeit Straßennetz.....	60
4.5.2.2	Berechnungsansatz Kosten Nichtverfügbarkeit Schienennetz.....	61
4.5.3	Ungeplante Erhaltungsmaßnahmen, Nichtverfügbarkeitsrisiko	62
5	LEBENSZYKLUSBETRACHTUNG UND VERFAHREN ZUR BEWERTUNG DES LEBENSZYKLUS VON LÄRMSCHUTZWÄNDEN	67
5.1	Allgemeines	67
5.2	Lebenszyklusbewertung LSW.....	69
5.2.1	Standardlebenszyklus und Erhaltungsintervalle.....	69
5.2.2	Kalibrierung standardisierter Lebenszyklen auf LSW-Objekt.....	74
5.3	Hinweise zur praktischen Anwendung	84
6	PRAKTISCHE ANWENDUNG.....	86

6.1	Allgemeines	86
6.2	Teststrecken	87
6.2.1	Überblick	87
6.2.2	Lärmschutzwand Landessstraße B1 bei Prinzersdorf	87
6.2.3	Lärmschutzwand ASFINAG A2 Leobersdorf	89
6.2.4	Lärmschutzwand ÖBB Praterkai	91
6.3	dTIMS Prototyp Lärmschutzwand	93
6.3.1	Einleitung	93
6.3.2	Erstellung der dTIMS-Systemkonfiguration „SMART NOISE“ (Prototyp)	95
6.3.3	Praktische Anwendung Lebenszyklusalgorithmus	95
6.3.4	Datenbankstruktur und Datenbankinhalt	96
6.3.4.1	Datentabellen	96
6.3.4.2	Attribute (Datenfelder)	96
6.3.4.3	Daten und Dateninhalte	97
6.3.4.4	Datenaufbereitung und -kontrolle	98
6.3.5	Analysekonfiguration	99
6.3.5.1	Analysevariablen	99
6.3.5.2	Maßnahmenkatalog	101
6.3.5.3	Analyseset und Szenario für Optimierung	102
6.3.6	Systemergebnisse	104
6.3.6.1	Objektbezogene Ergebnisse	104
6.3.6.2	Netzbezogene Ergebnisse	107
6.4	Ergebnisse der Bewertungen	109
7	ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG	113
7.1	Ausgangssituation und Zielsetzung	113
7.2	Schadensbildkatalog	113
7.3	Verfahren zur Bewertung des Zustands – Teilwerte und Gesamtwert	115
7.4	Module Lebenszyklusbetrachtung	116
7.5	Verfahren zur Bewertung des Lebenszyklus von Lärmschutzwänden	117
7.6	Praktische Anwendung	119

7.7	Ausgewählte Gedanken zur Spezifizierung der Projektinhalte und gesonderte Erkenntnisse	121
7.8	Schlussfolgerung	123

LITERATUR

ANHANG A – SCHADENSBIKDATALOG¹

ANHANG B – PORTFOLIOANALYSE - Realisierungsmengen

Näherungsweise Langfrist-Prognose der RI Maßnahmen für die LSW Gesamt-Bestände von Land NÖ / ASFINAG / ÖBB

ANHANG C – PORTFOLIOANALYSE - Kosten

Näherungsweise Langfrist-Prognose der RI Maßnahmen für die LSW Gesamt-Bestände von Land NÖ / ASFINAG / ÖBB

ANHANG D – TESTSTRECKEN

Amt der NÖ-Landesregierung: Landesstraße B1 bei Prinzersdorf km 76,652 bis km 77,122 – LSW aus Holz (Baujahr 2005)

Visuelle Zustandserfassung und Bewertung am 20. August 2021

ASFINAG: A 2 Süd Autobahn, Leobersdorf (Objektnummer LSW A2 29,260 li/3), km 29,145 bis km 31,267 - LSW aus Holz, teilweise aus Beton (Baujahr 1986 bzw. Erhöhung 2001)

Visuelle Zustandserfassung und Bewertung am 28. September 2020

ÖBB: Praterkai (LSW-ID 271620256) km 7,28 bis km 7,70 – LSW aus Holz (Baujahr 1995)

Visuelle Zustandserfassung und Bewertung am 07. Mai 2020

ANHANG E – PRAKTISCHE ANWENDUNG dTIMS Prototyp Lärmschutzwand elektronischer Anhang – MS Excel-dTIMS Konfigurationstabellen

ANHANG F – Abschlussbesprechung und Projektpräsentation Präsentations-Unterlagen vom 21.01.2022

¹ Liegt neues Bildmaterial vor, kann dies an die Fa. Deighton GmbH übermittelt werden und dies wird in eine aktuelle Version des Schadensbildkatalogs implementiert. Der Katalog wird dann 1 bis 2 mal pro Jahr in einer aktuellen Fassung den Auftraggebern zur Verfügung gestellt.

1 EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG

1.1 Ausgangssituation

Die zunehmende Bedeutung der Erhaltung des Bestandes im Straßennetz der ASFINAG, im Streckennetz der ÖBB sowie im Landesstraßennetz erfordert u. a. die weitere Optimierung der Entscheidungsprozesse im Rahmen der systematischen Erhaltungsplanung für bestimmte Anlagen der Verkehrsinfrastruktur. Dazu gehören auch die Lärmschutzwände, die eine wesentliche Anlagenkategorie der Straßen- und Schienenverkehrsinfrastruktur darstellen und ebenfalls einer systematischen und prozessgesteuerten Betrachtungsweise unterzogen werden sollten. Im Netz der ASFINAG befinden sich dzt. ca. 3.300 Lärmschutzwände mit einer Gesamtfläche von mehr als 3,20 Mio. m², bei der ÖBB sind es derzeit ca. 2.000 Lärmschutzwände mit einer Gesamtfläche von ca. 2,45 Mio. m².

Der von den Verkehrsteilnehmern ausgehende Lärm ist eine der wesentlichsten Begleiterscheinungen für die umgebende Umwelt, daher sind sowohl in den entsprechenden Lärm-Immissionsschutzverordnungen als auch in technischen Regelwerken Verfahren festgelegt, um eine Bewertung der Lärmsituation und deren Auswirkungen auf die Betroffenen (z.B. Anrainer) zu ermitteln. Dies setzt jedoch voraus, dass auch der jeweils aktuelle Zustand von Lärmschutzwandsystemen sowohl aus baulicher als auch aus akustischer Sicht entsprechende Anforderungen erfüllt.

1.2 Problemstellung

Wie bereits erwähnt, ist die systematische Erhaltungsplanung von Lärmschutzwand-Systemen eine wesentliche Aufgabe im Rahmen des Erhaltungsmanagements. Dazu ist es notwendig, den gesamten Prozess – von der klar strukturierten Datenerfassung bis hin zur optimierten Lebenszyklusanalyse – zu definieren und für eine praktische Umsetzung auszugestalten. Lärmschutzwandsysteme werden zwar gemäß den angeführten Regelwerken aus bautechnischer Sicht erfasst und bewertet, jedoch fehlen auch in diesem Bereich entsprechende detaillierte Beschreibungen von spezifischen Schäden (Stichwort Schadensbildkatalog). Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass durch intensiven Winterdienst, vor allem im Bereich der Straße aber auch in davon betroffener Schieneninfrastruktur, bestimmte Materialien (z.B. Holz) einer starken Beanspruchung bzw. Verwitterung ausgesetzt sind und vermehrt Schäden auftreten. Welche Materialien unter welchen Randbedingungen angewendet werden sollen und mit welchen technischen Nutzungsdauern (je Material, liegt z.B. bei ÖBB vor) dabei zu rechnen ist, wurde bis dato noch nicht einer systematischen Analyse und Bewertung unterzogen, was jedoch bei einer Lebenszyklusbetrachtung von wesentlicher Bedeutung ist.

Auch die systematische Speicherung der notwendigen Inventardaten zeigt Lücken. Die z.B. im Datenbanksystem BAUT der ASFINAG gespeicherten bzw. verwalteten Lärmschutzwände sind nicht vollständig abgebildet und die Qualität bestimmter Daten ist oftmals zu hinterfragen. Die zum Teil mit sehr hohem Aufwand erfassten Informationen sind daher in eine einheitliche Datenstruktur (siehe hierzu auch RVS 13.04.32 [13]) zu bringen und um die erweiterten Bewertungsindikatoren zu ergänzen. Diese sollen es dem Anwender ermöglichen, rasch und effizient eine Aussage über die bauliche und funktionale Situation einer LSW zu erhalten. Eine weitere wesentliche Problemstellung ist das Fehlen von entsprechenden Grundlagen für die Anwendung einer Lebenszyklusbewertung. Es gibt zwar Ansätze für die Modellierung der baumechanischen Eigenschaften, jedoch sind Prognosemodelle zur Funktionalität (akustische Eigenschaften) sowie die Definition eines einheitlichen Maßnahmenkatalogs (in Abhängigkeit von den Materialien, den Nutzungsdauern, den Beanspruchungen, etc.) derzeit nicht vorhanden. Ähnliches gilt auch für die Bewertung der Beeinträchtigung der Nutzer bzw. des Fahrbetriebes (Betriebserschweris) infolge entsprechender Erhaltungsaktivitäten.

Um eine genaue Aussage im Hinblick auf den aktuellen und zukünftigen Erhaltungsbedarf zu bekommen, die Maßnahmen abzuschätzen bzw. den Erhaltungsrückstand zu ermitteln, müssen diese Lücken bzw. Fehlstellen geschlossen werden. Bisher bewährte Methoden sind dabei zu ergänzen bzw. zu erweitern und fehlende Modelle neu zu entwickeln. Es erscheint auch sinnvoll und zweckmäßig, den Lösungsansatz um eine Risikobewertung zu erweitern, wobei auch in diesem Zusammenhang entsprechende Grundlagen fehlen und daher zu entwickeln sind. Die primäre Aufgabe von SMART NOISE ist daher, diese Lücken zu schließen und eine Gesamtlösung für die praktische Anwendung zur Verfügung zu stellen.

1.3 Hauptziel von SMART NOISE

Das Hauptziel des Projektes SMART NOISE besteht in der Entwicklung und praktischen Erprobung eines holistischen Bewertungsverfahrens für ein optimiertes Lebenszyklusmanagement von Lärmschutzwandsystemen im Rahmen der systematischen Erhaltungsplanung (Asset Management). Dabei soll neben den Grundlagen für eine vereinheitlichte Erfassung und Ansprache von Schäden (Schadensbildkatalog) und daraus abgeleiteten Indikatoren für die bautechnische und akustische Beurteilung auch ein umfassender Prozess für die Lebenszyklusbetrachtung (Prognosemodelle der Indikatoren, Maßnahmenkatalog, Zielfunktionen für die Optimierung, etc.) entwickelt und praktisch auf ausgewählten Teststrecken erprobt werden. Die Zusammenführung der Module und Modelle in eine optimierte Lebenszyklusbewertung (z.B. in Form von Lebenszykluskostenanalyse oder Lebenszyklusrisikoanalyse) ermöglicht eine nachhaltige Betrachtung von Erhaltungsmaßnahmen unter Berücksichtigung der Auswirkungen sowohl auf den Baulastträger als auch auf den Nutzer der Verkehrsinfrastruktur (Stichwort Strecken-

Verfügbarkeit bzw. Betriebserschwerung bzw. Beeinträchtigung des Fahrbetriebs während der Erhaltungsmaßnahmen). Die bisherigen Life-Cycle Management Systeme (LCM), welche zunehmend die Anlagenkategorien Straßen- und Schienenerbau sowie Straßen- und Eisenbahnbrücken beinhalten, werden somit um die wesentliche Anlagenkategorie der Lärmschutzwände erweitert.

Der Nutzen einer solchen umfassenden Bewertung und Beurteilung ist die Verwendung eines objektiven Entscheidungsprozesses im Rahmen des Erhaltungsmanagements. Das Projekt SMART NOISE verfolgt den Ansatz, anhand gezielt erweiterter Eingangsdaten die Entwicklung des Zustandes (bautechnische und akustische Eigenschaften) abzuschätzen und die Auswirkungen von Erhaltungsmaßnahmen und somit die Prognose des Erhaltungsbedarfes bzw. des Erhaltungsrückstandes im Bereich der Lärmschutzwandsysteme zu evaluieren. SMART NOISE bietet somit die Möglichkeit, den Entscheidungsprozess zur Verteilung der in der Regel knapp bemessenen Erhaltungsmittel objektiv und nachvollziehbar zu gestalten.

Um die oben beschriebenen übergeordneten Ziele erfüllen zu können, werden in SMART NOISE verschiedene Zielbereiche behandelt, die zu folgenden Ergebnissen führen.

- Erstellung der Grundlagen für eine effiziente Verwaltung der erhaltungsrelevanten Daten
- Schadensbildkatalog für die systematische objektive Aufnahme bzw. einheitliche Ansprache von Schäden an Lärmschutzwandsystemen (LSW)
- Definition der Indikatoren zur Beschreibung und Bewertung der strukturellen Beschaffenheit und der Funktionalität und Entwicklung entsprechender Degradationsmodelle
- Katalog für Erhaltungsmaßnahmen an Lärmschutzwandsystemen (Art der Maßnahme, Intervalle) mit Schwerpunkt LSW mit Holzelementen
- Modelle zur Beschreibung der zeitlichen Entwicklung der maßgebenden Bewertungsindikatoren
- Modelle zur Beschreibung der Beeinträchtigung der Nutzer und des Fahrbetriebes durch Erhaltungsmaßnahmen (Betriebserschwerung)
- Auswahl von geeigneten Verfahren zur Bewertung des Lebenszyklus (LCCA – Lebenszykluskostenanalyse, RA – Risikoanalyse – LCRA – Lebenszyklusrisikoanalyse) und Zusammenführung der Modelle zu einem holistischen (gesamtheitlichen) Bewertungsprozess (Gesamtsystem)
- Entwicklung eines ablauffähigen Algorithmus für die Anwendung des holistischen Bewertungsprozesses in einem Asset Management System (Prototyp SMART NOISE LSW)

- Anwendung des Systems an Testabschnitten (Bergstrecke, Damm, Brücke, ...) mit Fokus auf innovative, Lebensdauer-verlängernde Sanierungskonzepte für LSW aus Holzelementen

Die hier aufgelisteten Ergebnisse bzw. Zielsetzungen bestimmen auch die organisatorische Struktur des Projektes in Form der unterschiedlichen Arbeitspakete.

SMART NOISE liefert einen wesentlichen Technologiesprung in der Weiterentwicklung des Erhaltungsmanagements von Anlagen der Straßeninfrastruktur, indem eine wesentliche Anlagenkategorie in einen objektiven und lebenszyklusbasierten Entscheidungsprozess integriert wird. Das Projekt liefert von der systematischen Erfassung der maßgeblichen Eigenschaften der Lärmschutzwände (Schadensbildkatalog, Bewertungsindikatoren) über die Modellierung des Lebenszyklus bis hin zur Integration der anlagenspezifischen Erhaltungsanforderungen in einen holistischen Gesamtprozess einen umfassenden Baustein für das ganzheitliche Asset Management.

Der Innovationsgehalt von SMART NOISE kann kurz durch folgende Punkte charakterisiert werden:

- Darstellung, Analyse und Bewertung eines komplexen Entscheidungsrahmens
- Integraler und flexibler Lösungsansatz bei festgelegten Entscheidungsprozessen
- Verknüpfung innovativer Lösungsansätze zu einer praktisch anwendbaren Gesamtlösung

Innovation bedeutet aus der Sicht der Projektpartner nicht nur Theorie, es umfasst auch die praktische Umsetzung des „Erarbeiteten“. SMART NOISE liefert deshalb nicht nur einen „theoretischen Teil“, es beinhaltet auch die Implementierung des Lösungsalgorithmus auf Teststrecken im A+S Netz, im Netz der ÖBB sowie im Landesstraßennetz und die Einbeziehung der Erkenntnisse in die ausgearbeiteten Grundlagen für die mögliche Umsetzung im zukünftigen Richtlinienwerk der RVS.

1.4 Methode und wissenschaftlicher Lösungsansatz

Prozessgesteuerte und -unterstützte Entscheidungshilfen sind eine wichtige Grundlage für eine objektive und nachvollziehbare Erhaltungsplanung von Anlagen der Verkehrsinfrastruktur. Diese Form der Entscheidungsfindung wird bei vielen Anlagen angewendet (Oberbau, Brücken, Tunnel E&M-Technik, etc.) und kann auch für Lärmschutzwandssysteme herangezogen werden. Voraussetzung hierfür sind objektiv anwendbare Untersuchungs- und Beurteilungsverfahren (Schadensbildkatalog, einheitliche Bewertungsindikatoren, holistische Lebenszyklusbetrachtung, etc.), die in Österreich zur Verfügung stehen und in eine solche Entscheidungshilfe integriert werden können. Aufgrund

der relativ komplexen Fragestellung ist es notwendig, den gesamten Prozess in entsprechende Teilaufgaben zu gliedern, die eine kontinuierliche Abarbeitung der Fragestellungen ermöglichen.

Der technisch-wissenschaftliche Lösungsansatz für SMART NOISE basiert daher auf einem generellen Bearbeitungs- und Entwicklungsprozess, der der nachfolgenden Abbildung 1 entnommen werden kann.

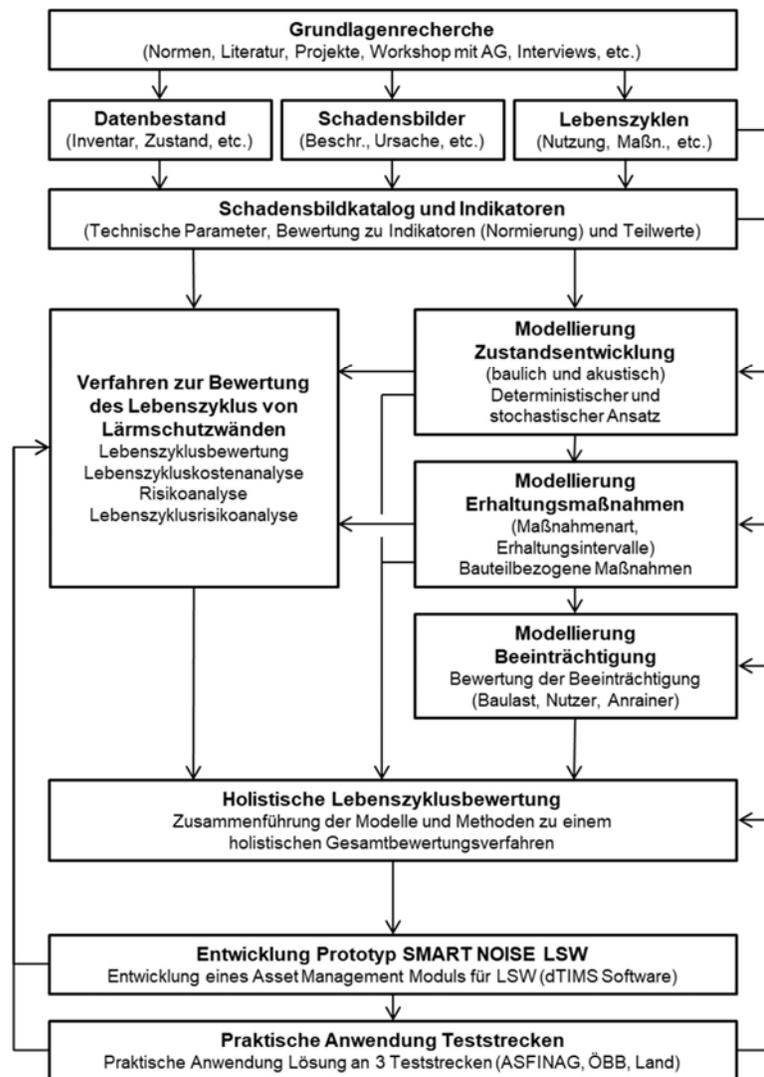


Abbildung 1: Entwurf eines generellen Bearbeitungs- und Entwicklungsprozesses von SMART NOISE

Wichtig erscheint in diesem Zusammenhang die duale Beurteilung von Lärmschutzwandsystemen, sowohl aus der Sicht der baulichen Erhaltung der Bauteile (Steher, Verankerungen, Lärmschutzwandelemente, Gründungen, etc.) als auch im Rahmen einer akustischen Beurteilung (Schallabsorption, Schalldämmung, etc.). Aufgrund der Tatsache, dass auch der

bauliche Zustand einen Einfluss auf die akustische Wirkung hat, soll zumindest aus der baulichen Beurteilung die Wirkung auf die Funktion abgeschätzt werden. Die rein akustische Beurteilung hat auch andere Zeitzyklen als die bautechnische, sodass diese Tätigkeiten in der Regel auch getrennt durchgeführt werden. Auf den Werkstoff Holz soll dabei ein gesondertes Augenmerk gelegt werden.

Den methodischen Ausgangspunkt stellt eine Grundlagenrecherche dar, bei der insbesondere die vordergründige Bedarfslage der Infrastrukturbetreiber im Zuge von Interviews erhoben und zusätzlich eine wesentliche Basis für potenzielle Untersuchungs-Teststrecken (Praktische Anwendung gegen Projektende) gelegt wird.

In weiterer Folge wird der je Betreiber verfügbare Datenbestand hinsichtlich Vollständigkeit und Verwertbarkeit evaluiert sowie bezüglich einer Erweiterung für künftige LCM-Applikationen analysiert. Gleichzeitig werden die bisherigen Erfahrungswerte der Betreiber mit internationalen Erfahrungswerten hinsichtlich Schadensbilder (→ Schadensbildkatalog), der zu erwartenden Technischen Nutzungsdauer (→ Bewertungsindikatoren) sowie der potenziellen Erhaltungsmaßnahmen (→ Maßnahmenkatalog) verdichtet. Zur (deterministischen oder stochastischen) Modellierung der Zustandsentwicklung kann auf ein seitens VCE maßgeblich mitverfasstes Regelwerk CWA 16633 [1] zurückgegriffen werden. Mit dem Fokus auf die Bausteine Risikomodellierung und Stochastik kann auf die intensive Vorarbeit der vorliegenden Projektgemeinschaft in den FFG Projekten EINSTEIN [20] und LARAS VISION [2] verwiesen werden. Einen weiteren wesentlichen methodischen Baustein stellt die Modellierung der Einschränkung der Streckenverfügbarkeit im Zuge des Erhaltungsmanagements dar. Entsprechende Berechnungsansätze liegen sowohl für die ASFINAG als auch für die ÖBB bzw. das Landesstraßennetz vor. Eine ausführliche Auseinandersetzung mit der Thematik der Nichtverfügbarkeit und deren Implementierung in das Infrastruktur-Erhaltungsmanagement (von Brücken) erfolgte seitens der Projektpartner u. a. im CEDR-Projekt ISABELA [3] sowie im FFG Projekt SMOOTH OPERATOR [4]. Die beschriebenen Modell-Bausteine (im Wesentlichen der modellierten Zustandsentwicklung & der Maßnahmenkataloge) werden in einer ganzheitlichen, analytischen Weise verknüpft, sodass die maßgeblichen Indikatoren bei Erreichen von definierten Schwellen eine entsprechende Auswirkung auf die prognostizierten Lebenszyklusmaßnahmen, -kosten und -risiken haben.

Die Zusammenführung der Modelle und Verfahren erfolgt in Hinblick auf den angedachten Asset Management Modul für LSW in einer entsprechend programmier-affinen Art und Weise. Ergebnis der Lebenszykluskostenbewertung ist stets die Überführung in eine mathematische Zielfunktion, welche wahlweise entweder ein verfügbares Budget, eine angestrebte Zustandsverteilung, die angestrebte Verfügbarkeit oder ein gemeinsames Optimum dieser potenziellen Zielfunktionen sein kann. Die Definition und folglich die Überführung des

Gesamtsystems in eine Asset Management Software (dTIMS™) für die Analyse ist die Ausgangslage für eine praktische Anwendung.

Den Abschluss der in SMART NOISE beschriebenen Entwicklung bildet die Applikation und notwendige Feinjustierung des entwickelten Software-Prototyps an 3 Teststrecken, jeweils eine im ASFINAG-Netz, im Landesstraßennetz bzw. im Schienennetz der ÖBB.

2 GRUNDLAGEN FÜR DIE BEWERTUNG VON LÄRMSCHUTZWÄNDEN

2.1 Anforderungen und Vorgaben

Seit 2005 unterliegen Lärmschutzwände (LSW) als Bauprodukte der CE-Kennzeichnungspflicht, wobei die maßgebenden Richtlinien für die Straße die ÖNORM EN 14388 [5] bzw. für die Schiene die RVE 04.01.01 [6] darstellen, die auch die maßgebenden Eigenschaften und Parameter definieren. Darunter fallen die Schallabsorption (nach ÖNORM EN 1793-1: 2017 [7]), die Schalldämmung (ÖNORM EN 1793-2: 2017 [8]), Widerstand gegen Lasten (ÖNORM EN 1794-1: 2018 [9]), Sicherheits- und Umweltafordernungen (ÖNORM EN 1794-2: 2011 [10]), Dauerfunktionstüchtigkeit, Schallbeugung etc. Unter Berücksichtigung dieser Eigenschaften muss von einer

- bautechnischen (strukturellen) Erhaltung von Lärmschutzwänden und von einer
- Erhaltung der akustischen Eigenschaften von Lärmschutzwänden (Funktion)

gesprochen werden. Die Überprüfung dieser Eigenschaften sollte daher eine wesentliche Aufgabe der Erhaltungsplanung darstellen.

2.2 Grundlagen für die Prüfung und Zustandsbewertung

Hinsichtlich der Lärmschutzwände im Bestand der Straßeninfrastruktur ist festzuhalten, dass im Netz der ASFINAG die periodische Zustandsüberwachung, Bewertung und vorbereitende Instandsetzungsplanung auf Grundlage der RVS 13.03.71 [11] vorgenommen werden. Auch im Landesstraßennetz der einzelnen Bundesländer kommt die RVS 13.03.71 [11] zur Anwendung, wobei mitunter sog. interne Dienstbehelfe ergänzend herangezogen werden.

Die periodische Prüfung, die Zustandsbewertung sowie die vorbereitende Maßnahmenplanung dieser Anlagenart im Netz der ÖBB erfolgt hingegen auf Grundlage des ÖBB-internen Regelwerkes „06.01.03 Instandhaltungsplan Unterbauanlagen, Stand 01/2016“ [12].

Obwohl grundlegende Daten für eine systematische Erhaltungsplanung unter Verwendung eines Lebenszyklusansatzes vorliegen (siehe hierzu auch RVS 13.04.32 [13]) und in Datenbanken abgelegt werden (z.B. in der BAUT bzw. im geplanten IMT-Modul LSW der ASFINAG sowie im AVS System der ÖBB), werden weder im Netz der ASFINAG noch bei der ÖBB und den Landesstraßenverwaltungen systematische Prozesse und einheitliche Vorgehensweisen angewendet, um eine vorausschauende Erhaltungsbedarfsermittlung zu ermöglichen. Erhaltungsmaßnahmen werden in der Regel reaktiv, nach dem Auftreten eines festgestellten Schadens oder Mangels vorgenommen.

Die regelmäßigen Inspektionen spielen eine wesentliche Rolle für die Lebenszyklusbetrachtung, da mit diesen Daten – sofern zumindest die Gesamtnote vorhanden ist – auch die nachfolgend beschriebenen Algorithmen angewendet werden können. Sie stellen die Eingangsgrößen für die Zuordnung bzw. Kalibrierung der objektbezogenen Lebenszyklen dar. Es sei an dieser Stelle nochmals explizit erwähnt, dass die Aufgabe von SMART NOISE darin besteht, die Möglichkeiten einer Lebenszyklusbewertung für LSW zu schaffen und auch Möglichkeiten aufzuzeigen, wie mit einer Erhöhung der Erfassungsgenauigkeit (z.B. Beurteilung auf Bauteilebene) eine genauere Aussage im Hinblick auf den Erhaltungsbedarf erzielt werden kann. Der SMART NOISE Algorithmus ist jedoch auch so gestaltet, dass er mit einer generellen Bewertung angewendet werden kann bzw. in ein Asset Management System implementiert werden kann. Eine Anpassung der Inspektionsmethodik ist nicht notwendig für eine Anwendung von SMART NOISE. Es wird jedoch empfohlen, zumindest eine „Gesamtbewertung“ der einzelnen Objekte zur Verfügung zu haben, was sowohl im Bereich der ASFINAG als auch im Bereich der ÖBB erfüllt wird.

3 SCHADENSBIKDATALOG

3.1 Maßgebende Grundlagen

Eine wesentliche Voraussetzung für die Bewertung von Lärmschutzwandsystemen liegt in einer einheitlichen Ansprache der Schäden und der damit verbundenen Erhaltungsmaßnahmen. Dabei ist es sinnvoll und zweckmäßig, eine einheitliche Struktur der zu bewertenden Bauteile unter Heranziehung der einschlägigen Richtlinien und Vorschriften zu definieren. Wie im vorangehenden Kapitel dargestellt, spielen dabei die RVE 04.01.01 (Lärmschutzwände – Berechnung und Konstruktion) [6] sowie die RVS 13.03.71 (Überwachung, Kontrolle und Prüfung von Kunstbauten, Lärmschutzbauwerke) [11] eine wesentliche Rolle. Darüber hinaus wurde mit dem Schadenskatalog der ASFINAG mit dem Titel „Leitfaden Schadens- und Regelmaßnahmenkatalog – Lärmschutzwände und Lärmschutzdämme“ [14] aus dem Jahr 2010 eine wesentliche Grundlage erstellt, die als Ausgangslage für den nachfolgenden Vorschlag herangezogen werden kann.

3.2 Gliederung in Bauteile

Die systematische Bewertung von Lärmschutzwänden erfordert eine nachvollziehbare und handhabbare Gliederung in einzelne Bauteile. Unter Berücksichtigung der RVS 13.03.71 [11] wird folgende Gliederung vorgeschlagen

- **Gründungen und Fundamente:** Dabei handelt es sich um konstruktive Elemente wie Betonfundamente, Pfähle und sonstige Gründungen. Zu bewerten sind dabei ausschließlich die einer Lärmschutzwand zugeordneten Gründungen und Fundamente. Steht die Lärmschutzwand auf einem Brückenobjekt, so ist die Gründung nicht gesondert zu bewerten, sondern im Zuge der Brückenbewertung einer Untersuchung zu unterziehen.
- **Konstruktion:** Die Konstruktion ist der tragende Bauteil für die Wandelemente (ggf. auch für die Ausrüstung, sofern vorhanden) und gliedert sich in folgende Unterbauteile:
 - Verankerungen und Befestigungen
 - Steher
 - Beton-, Stahlleitwände (als Grundkonstruktion für darauf aufgeständerte Lärmschutzwände, siehe Abbildung 2)



Abbildung 2: Beispiel LSW auf Betonleitwand (Foto ASFINAG)

- (Beton)sockelelemente
- Sonstige Konstruktionen (z.B. Abstützungen, Hilfskonstruktionen)
- **Wandelemente und Paneele:** Wandelemente und Paneele sind die funktionalen Elemente einer Lärmschutzwand und bestehen entweder aus Holz, Beton, Aluminium, Glas, Kunststoff bzw. aus Kombinationen dieser verschiedenen Materialien.
- **Sonstige Ausrüstung:** Die sonstige Ausrüstung dient in der Regel zur Wartung, Information inklusive Sicherheitsausrüstungen. Darunter fallen Servicetüren, Fluchttüren, Tore, Beschilderungen, Beleuchtungen, etc.

Die nachfolgenden Abbildungen ([1] und Abbildung 4) zeigen die unterschiedlichen Bauteile von Lärmschutzwandsystemen unter Bezugnahme auf die zuvor definierte Gliederung.



Abbildung 3: Bild Lärmschutzwand (Foto VCE)

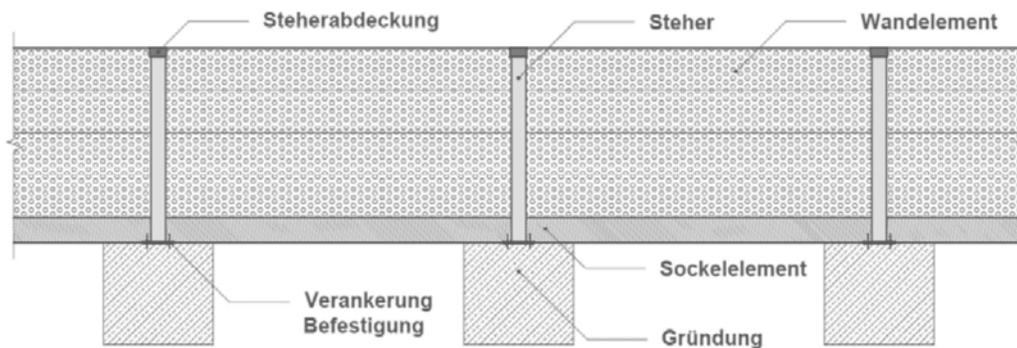


Abbildung 4: Schematische Darstellung Lärmschutzwand RVS 13.03.71 [11]

3.3 Indikatoren zur Bewertung

Entsprechend der Gliederung einer Lärmschutzwand haben die Bauteile unterschiedliche Aufgaben zu erfüllen, sodass auch die zu bewertenden Indikatoren unterschiedlich definiert werden müssen. Wiederum unter Bezugnahme auf die RVS 13.03.71 [11] und die ÖNORM EN 14388 [5] können folgende Indikatoren definiert werden:

- **Tragfähigkeit:** Die Tragfähigkeit beschreibt und beurteilt die mechanische Eigenschaft des Bauteils vor dem Hintergrund unterschiedlicher Versagensformen (z.B.

Biege- und Knickwiderstand, Zugwiderstand) in Bezug auf die maximale Belastbarkeit.

- **Dauerhaftigkeit:** Die Dauerhaftigkeit beurteilt die Anforderung an den Bauteil vor dem Hintergrund der geplanten bzw. aktuellen Nutzungsdauer unter Berücksichtigung der vorhandenen Beanspruchungen.
- **Gebrauchstauglichkeit:** Die Gebrauchstauglichkeit beschreibt und beurteilt die Eignung des Bauteils vor dem Hintergrund des bestimmungsgemäßen Verwendungszweckes unter Berücksichtigung der vorhandenen Beanspruchungen.
- **Funktionstauglichkeit:** Die Funktionstauglichkeit beschreibt und beurteilt die Eignung des Bauteils vor dem Hintergrund einer bestimmungsgemäßen Funktion unter Berücksichtigung der vorhandenen Beanspruchungen (im gegenständlichen Fall die akustischen Eigenschaften).

Es erscheint sinnvoll und zweckmäßig, die Schäden und somit auch den Schadenskatalog vor dem Hintergrund der Bewertung und somit der Indikatoren zu strukturieren. Dabei ist es natürlich auch möglich, dass bestimmte Schadensbilder gleichzeitig eine Aussage über mehrere Indikatoren zulassen. In Abhängigkeit vom Bauteil sind die entsprechenden Indikatoren für eine Bewertung zu wählen. Dabei können entweder alle oder nur einzelne Indikatoren maßgebend sein. Die nachfolgende Tabelle 1 zeigt die Zuordnung der Bauteile bzw. Unterbauteile zu den jeweiligen Bewertungsindikatoren.

**Tabelle 1: Zuordnung Bewertungsindikatoren zu Bauteilen
(gem. RVS 13.03.71 [11] und ÖNORM EN 14388 [5])**

Bauteil	Unterbauteil	Tragfähigkeit	Dauerhaftigkeit	Gebrauchstauglichkeit	Funktionstauglichkeit
Gründung und Fundamente		X			
Konstruktion	Verankerungen und Befestigungen	X	X	X	
	Steher	X	X	X	
	Beton- und Stahlleitwände	X	X	X	
	(Beton)sockelelemente	X	X	X	
	Sonstige Konstruktionen	X	X	(X)	
Wandelemente / Paneele		(X) ¹⁾	X		X
Sonstige Ausrüstung			X	X	

1) In Abhängigkeit von der Konstruktion und des Materials der Paneele

3.4 Genereller SMART NOISE Bewertungsrahmen

Die Bewertung eines Bauteils oder eines Unterbauteils erfolgt unter Berücksichtigung der vorzufindenden Schäden, die entweder den Wert eines oder aller zu berücksichtigenden Indikatoren (siehe hierzu Tabelle 1) bestimmen. Grundsätzlich wird bei der Bauteilbeurteilung gem. RVS 13.03.71 [11] eine Note je Bauteil vergeben und diese Note bezieht sich auf alle relevanten Indikatoren. Dies ist die Grundlage der bauteilbezogenen Bewertung der ASFINAG, die von der ASFINAG auch eingesetzt wird und kann möglicherweise bestimmte Widersprüche zu anderen Bewertungsgrundlagen zeigen (z.B. ÖBB oder Länder).² Es ist jedoch auch möglich und sinnvoll, die Bauteilnoten in Abhängigkeit vom Indikator zu vergeben, da häufig die Schäden nicht alle Indikatoren gleichermaßen beeinträchtigen. In diesem Sinne wird zunächst ein genereller Bewertungsrahmen vorgestellt (wiederum in Anlehnung an die RVS 13.03.71 [11]), der wie folgt definiert wird.

Tabelle 2: Genereller Bewertungsrahmen in Anlehnung an die RVS 13.03.71 [11]

Note	Beschreibung
1	Keine oder sehr geringe Schäden (nur aus Bauherstellungen) Keine Einschränkung in Bezug auf die Eigenschaften der Indikatoren
2	Geringe, leichte Schäden Keine Einschränkung in Bezug auf die Eigenschaften der Indikatoren
3	Mittelschwere Schäden Eine Verminderung in Bezug auf die Eigenschaften der Indikatoren ist erkennbar (ausgenommen hinsichtlich Tragfähigkeit)
4	Schwere Schäden Eine Verminderung in Bezug auf die Eigenschaften der Indikatoren ist deutlich erkennbar (ausgenommen hinsichtlich Tragfähigkeit)
5	Sehr schwere Schäden Eine Verminderung in Bezug auf die Eigenschaften der Indikatoren ist sehr deutlich erkennbar (auch im Bereich der Tragfähigkeit)

Von einem Schaden kann dann gesprochen werden, wenn es zu einer Veränderung der Eigenschaften am Bauteil kommt, die auch zu einer Beeinträchtigung der oben definierten

² Das RVS-Bewertungsschema wurde deswegen gewählt, da die RVS 13.03.71 eine bauteilbezogene Bewertung vorsieht und diese auch von der ASFINAG im Rahmen der Inspektionen angewendet wird. Wird ein anderer Bewertungsrahmen gewählt, kann dies über eine Zuordnungstabelle in den aktuellen Bewertungsrahmen transponiert werden oder es müssen die Bewertungstabellen im Schadensbildkatalog entsprechend dem gewählten Bewertungsrahmen angepasst werden. Auch hier sei nochmals darauf hingewiesen, dass der ausgearbeitete Schadensbildkatalog einen Vorschlag darstellt, der ggf. mit entsprechenden Anpassungen in erst eine Richtlinie, Merkblatt, etc. übergeführt werden muss.

Indikatoren führen. Die Erhebung von Schäden erfolgt im Rahmen von Kontrollen und Prüfungen, deren Vorgehensweisen genau in der RVS 13.03.71 [11] festgelegt sind.

Zusätzlich, neben dem „klassischen“ Bewertungsrahmen für Ingenieurbauwerke, ist es erforderlich, auch die Schutzwirkung (Funktion) der Lärmschutzwand zu beurteilen, die durch entsprechende Schäden auch beeinträchtigt werden kann. Da in der Regel eine Messung der Absorptionswirkung der Paneele ausgeschlossen werden kann bzw. muss, welche auch nicht unbedingt eine Beeinträchtigung durch Schäden berücksichtigt, wird eine einfache ingenieurmäßige Bewertung vorgeschlagen, die der nachfolgenden Tabelle 3 entnommen werden kann. Dabei wird lediglich auf eine Differenzierung zwischen gegebener oder beeinträchtigter Schutzwirkung unterschieden.

Tabelle 3: Bewertungsrahmen Schutzwirkung (Funktion) Lärmschutzwand

Note	Beschreibung
1	Keine Beeinträchtigung der Schutzwirkung
5	Eine Beeinträchtigung der Schutzwirkung ist mit großer Wahrscheinlichkeit infolge von Schäden an der Lärmschutzwand vorhanden

3.5 Gliederung Schadensbildkatalog

3.5.1 Inhalt Schadensbildkatalog

3.5.1.1 Schadensarten

Um den Schadensbildkatalog in effizienter Art und Weise verwenden zu können, werden die möglichen Schäden in bestimmte Schadensarten gegliedert und mit der Gliederung der Bauteile von Lärmschutzwandkonstruktionen gem. Kapitel 3.2 verknüpft. Die nachfolgende Tabelle 4 zeigt die unterschiedlichen Schadensarten mit der jeweiligen Zuordnung zum Bauteil und den relevanten Bewertungsindikatoren. Dabei werden auch Indikatoren-übergreifende Zusammenfassungen vorgenommen, da Schadensbilder bzw. Schadensgruppen gleichzeitig auch mehrere Indikatoren im Rahmen der Bewertung ansprechen.

Die Tabelle 4 listet die maßgebenden Schadensgruppen auf, wobei die Schadensbilder, insbesondere bei den Wandelementen, wesentlich vom Konstruktionsmaterial (Holz, Aluminium, Glas, etc.) abhängig sind. Es ist daher notwendig, in einem weiteren Schritt für jedes Schadensbild eine entsprechende Zuordnung zum Konstruktionsmaterial vorzunehmen.

Tabelle 4: Zuordnung Schadensarten zu Bauteilen und Indikatoren

Bauteil	Unterbauteil	Bewertungsindikatoren			
		Tragfähigkeit	Dauerhaftigkeit	Gebrauchstauglichkeit	Funktions-tauglichkeit
Gründung und Fundamente		<ul style="list-style-type: none"> • Setzungen • Verdrehungen und Verschiebungen • Unterspülungen, Auswaschungen und Hohlstellen • Veränderung umliegendes Gelände 			
Konstruktion	Verankerungen & Befestigungen	<ul style="list-style-type: none"> • Korrosion • Verformungen und Deformationen • Brüche 			
	Steher	<ul style="list-style-type: none"> • Korrosion • Risse und Brüche • Abbrüche und Abplatzungen • Freiliegende Bewehrung • Verformungen und Deformationen • Schiefstellungen 			
	Beton- & Stahlleitwände	<ul style="list-style-type: none"> • Korrosion • Risse und Brüche • Abbrüche und Abplatzungen • Freiliegende Bewehrung • Verformungen und Deformationen 			
	Betonsockel-elemente	<ul style="list-style-type: none"> • Risse • Abbrüche und Abplatzungen • Freiliegende Bewehrung 			
	Sonstige Konstruktionen	<ul style="list-style-type: none"> • Korrosion • Risse • Abbrüche und Abplatzungen • Freiliegende Bewehrung • Verformungen und Deformationen 			
Wandelemente / Paneele			<ul style="list-style-type: none"> • Korrosion • Risse • Abbrüche und Abplatzungen • Freiliegende Bewehrung • Verformungen und Deformationen • Mangelnder Verbund zur Konstruktion • Bewuchs • Brüche 	<ul style="list-style-type: none"> • Freiliegendes Dämmmaterial • Fehlende Einzelteile • Zersetzung • Bewuchs • Verformungen und Deformationen • Brüche 	
Sonstige Ausrüstung			<ul style="list-style-type: none"> • Verformungen und Deformationen • Bewuchs 	<ul style="list-style-type: none"> • Fehlende Einzelteile • Behinderung Zugänglichkeit • Bewuchs • Funktionseinschränkungen¹⁾ 	

1) Unter Funktionseinschränkung wird hier eine eingeschränkte Benutzung verstanden (z.B. Fluchttüre lässt sich wegen Korrosion nicht öffnen)

3.5.1.2 Zuordnung Schadensarten zum Konstruktionsmaterial

Die nachfolgende Tabelle 5 zeigt die Zuordnung der zuvor definierten Schadensgruppen zu unterschiedlichen Konstruktionsmaterialien, die im Rahmen von Lärmschutzwand-Konstruktionen verwendet werden. Damit ist es wesentlich einfacher, das jeweilige Schadensbild einem Bauteil zuzuordnen.

Tabelle 5: Zuordnung Schadensarten zu Konstruktionsmaterialien

Schadensart	Material					
	Beton / Stahlbeton	Stahl	Holz	Aluminium	Glas	Kunststoff
Gründungen und Fundamente						
Setzungen	X					
Verdrehungen und Verschiebungen	X					
Unterspülungen, Auswaschungen und Hohlstellen	X					
Veränderung umliegendes Gelände	X					
Konstruktion – Verankerungen und Befestigungen						
Korrosion		X				
Verformungen und Deformationen		X				
Brüche		X				
Konstruktion – Steher¹⁾						
Korrosion	X	X				
Risse und Brüche	X	X	X			
Abplatzungen und Abbrüche	X					
Freiliegende Bewehrung	X					
Verformungen und Deformationen	X	X	X			
Schiefstellungen	X	X	X			
Zersetzung / Vermorschung			X			
Konstruktion - Beton- & Stahlleitwände²⁾						
Korrosion	X	X				
Risse und Brüche	X	X				
Abplatzungen und Abbrüche	X					
Freiliegende Bewehrung	X					
Verformungen und Deformationen	X	X				
Konstruktion – Betonsockelelemente						
Risse und Brüche	X					
Abplatzungen und Abbrüche	X					
Freiliegende Bewehrung	X					

1) Steher aus Holz werden ausschließlich bei ASFINAG und Landesstraßen eingesetzt

2) Beton- und Stahlleitwände werden ausschließlich bei ASFINAG und Landesstraßen eingesetzt

Tabelle 5: Zuordnung Schadensarten zu Konstruktionsmaterialien - Fortsetzung

Schadensgruppe	Material					
	Beton / Stahlbeton	Stahl	Holz	Aluminium	Glas	Kunststoff
Konstruktion – Sonstige Konstruktionen						
Korrosion	X	X				
Risse und Brüche	X	X	X			
Abplatzungen und Abbrüche	X					
Freiliegende Bewehrung	X					
Verformungen und Deformationen	X	X	X			
Wandelemente / Paneele						
Korrosion	X	X		X		
Risse und Brüche	X	X	X	X	X	X
Abbrüche und Abplatzungen	X					
Freiliegende Bewehrung	X					
Verformungen und Deformationen	X	X	X	X		X
Mangelnder Verbund zur Konstruktion	X	X	X	X	X	X
Bewuchs	X	X	X	X		X
Freiliegendes Dämmmaterial		X	X	X		X
Fehlende Einzelteile	X	X	X	X	X	X
Zersetzung / Vermorschung			X			X
Sonstige Ausrüstung						
Verformungen und Deformationen		X	X	X		X
Bewuchs		X	X	X		X
Fehlende Einzelteile		X	X	X		X
Behinderung Zugänglichkeit		X	X	X		X
Funktionseinschränkungen		X	X	X		X

3.5.1.3 Einheitliche Schadensbildansprache

Für jedes Schadensbild müssen spezifische Informationen vorgehalten werden, die es dem Anwender erlauben, das Schadensbild zu erkennen bzw. zu bewerten. Dabei handelt es sich um folgende Beschreibungen und Erläuterungen:

- Generelle Beschreibung des Schadens bzw. des Schadensbildes
- Bild bzw. Foto des Schadens (sofern vorhanden bzw. verfügbar)
- Hinweise zur Schadensursache
- Hinweise zur Bewertung des Schadensbildes
- Relevanz für die Bewertungsindikatoren Tragfähigkeit, Dauerhaftigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Funktionstauglichkeit

3.5.1.4 Grundlage der Schadensbewertung

Die Grundlage für die Schadensbewertung im Schadensbildkatalog ist, wie bereits erwähnt, die RVS 13.03.71 [11]. Für alle im Schadensbildkatalog beschriebenen Schadensbilder gilt dabei folgende grundlegende Bewertung (Tabelle 6). Jedem Schadensbild werden jedoch individuell die entsprechenden Hinweise zur Bewertung zugeordnet.

Tabelle 6: Bewertungsgrundlage Bauteile nach RVS 13.03.71 [11]

Note	Beschreibung
1	Keine oder sehr geringe Schäden; Mängel aus der Bauherstellung wie Abweichungen der Abmessungen und ästhetische Mängel. Keine Einschränkung der Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit bzw. Funktionstauglichkeit und Dauerhaftigkeit. Keine Instandsetzung erforderlich.
2	Geringe, leichte Schäden, Mängel aus der Bauherstellung, die noch keine Verschlechterung zeigen. Bei Nichtbeheben kommt es erst längerfristig zu einer Verminderung der Gebrauchstauglichkeit, Funktionstauglichkeit bzw. Dauerhaftigkeit. Behebung im Zuge von Wartungs- oder Instandsetzungsarbeiten empfohlen.
3	Mittelschwere Schäden, die keine Einschränkung der Tragfähigkeit zur Folge haben. Es sind Anzeichen einer Verminderung der Gebrauchstauglichkeit, Funktionstauglichkeit bzw. der Dauerhaftigkeit des Bauteils zu erkennen. Eine Instandsetzung sollte mittelfristig in Angriff genommen werden, um die Gebrauchstauglichkeit, Funktionstauglichkeit bzw. die Dauerhaftigkeit auf das geplante Maß anzuheben.
4	Schwere Schäden, die derzeit noch keine Einschränkung der Tragfähigkeit zur Folge haben. Es ist eine Verminderung der Gebrauchstauglichkeit, Funktionstauglichkeit bzw. der Dauerhaftigkeit deutlich erkennbar. Eine Instandsetzung sollte kurzfristig in Angriff genommen werden, um die Gebrauchstauglichkeit, Funktionstauglichkeit bzw. die Dauerhaftigkeit auf das geplante Maß anzuheben.
5	Sehr schwere Schäden, die eine Einschränkung der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit bzw. Funktionalität bis zum Abschluss der Instandsetzung/Erneuerung zur Folge haben. Instandsetzungs-/Erneuerungsarbeiten sind unverzüglich einzuleiten.

Bei der Maßnahmenumsetzung werden nach RVS 13.03.71 [11] (ASFINAG und Landesstraßen) folgende Fristen empfohlen:

- Sofortmaßnahme: Umsetzung unverzüglich
- Kurzfristige Maßnahme: Umsetzung möglichst innerhalb von 3 Jahren
- Mittelfristige Maßnahme: Umsetzung möglichst innerhalb von 6 Jahren
- Längerfristige Maßnahme: Umsetzung möglichst innerhalb von 10 Jahren

Bei der Maßnahmenumsetzung nach ÖBB-Infra / IHP werden die folgenden zwei Fristen angesetzt:

- Kurzfristige Maßnahme: Umsetzung innerhalb von 6 Monaten
- Langfristige Maßnahme: Umsetzung innerhalb von 12 Monaten

3.5.1.5 Gliederungsebenen Schadensbildkatalog

Um eine effiziente Auswahl des jeweiligen Schadensbildes bzw. der gesuchten Schadensart durchführen zu können, wird eine hierarchische Gliederung mit maximal 3 Gliederungsebenen vorgeschlagen. Dabei wird davon ausgegangen, dass im Zuge einer Kontrolle oder Prüfung zunächst der Bauteil bzw. der Unterbauteil ausgewählt wird, danach das Material festgestellt wird und anschließend eine Feststellung der Schäden erfolgt. Die sich daraus ergebenden Gliederungsebenen können daher wie folgt definiert werden:

1. Auswahlenebene Bauteil bzw. Unterbauteil
2. Auswahlenebene Material (sofern eine Materialunterscheidung sinnvoll und zweckmäßig)
3. Auswahlenebene Schadensart mit den zuvor beschriebenen Detailinformationen

3.5.2 Erstellung Katalog

Unter Heranziehung der im Kapitel 3.5.1.5 vorgestellten Gliederung wurde der gesamte Schadensbildkatalog erstellt und kann somit auch laufend erweitert werden. Dieser Prozess ist auch wesentlich von dem zur Verfügung stehendem Bildmaterial abhängig. Leider stehen nicht für alle Schäden entsprechende Bilder zur Verfügung. Diese können jedoch sowohl seitens der Auftraggeber als auch der Auftragnehmer laufend ergänzt werden. Die aktuelle Fassung des Schadenskatalogs kann dem nachfolgenden **ANHANG A** entnommen werden.

3.6 Verfahren zur Bewertung des Zustandes einer Lärmschutzwand

3.6.1 Allgemeines

Die Bewertung des Bauwerkszustandes ist jener Teil im Asset Management, der die erfassten oder erhobenen Daten und Informationen sowie die daraus abgeleiteten Zustandsnoten mit bestimmten festgelegten Vorgaben und Anforderungen an das Bauwerk verknüpft. Dazu ist es erforderlich, bestimmte, auf die Eigenschaften des Bauwerks bezogene Standards festzulegen, die sich in den zuvor beschriebenen Indikatoren widerspiegeln.

Die hier dargestellte Methodik ist ein Vorschlag für eine detaillierte Betrachtung der Lärmschutzwände und daraus ableitbarer objektiver Indikatoren. Dies setzt auch eine detaillierte Bewertung / Inspektion einer Lärmschutzwand voraus (siehe hierzu auch Kapitel 6). Die Anwendung einer Inspektion mit diesem Detaillierungsgrad wird vor allem dort empfohlen, wo kurzfristig umfangreiche Erhaltungsmaßnahmen geplant sind und eine detaillierte Betrachtung eines Einzelobjekts notwendig ist.

Grundsätzlich sollten Inspektionen zukünftig zielorientierter durchgeführt bzw. geplant werden, was bedeutet, dass der Detaillierungsgrad einer Inspektion vom Zustand, der Erhaltungsnotwendigkeit und/oder von einem Erhaltungsrisiko abzuleiten ist. Eine flächendeckende Erfassung mit einem hohen Detaillierungsgrad ist nicht zielführend und wird auch nicht empfohlen. Auch die meisten Asset Management System können mit unterschiedlichen Ebenen der Datengranularität arbeiten und liefern gute Lösungen. Dort wo eine entsprechende Genauigkeit erforderlich ist, sollte sie auch zur Verfügung stehen. Dies bedarf aber auch bei Inspektionen, die nach einem festen Intervall durchgeführt werden, eine höhere Flexibilität. So könnte z.B. bei allen Lärmschutzwänden, die ein bestimmtes Alter überschritten haben, automatisch eine Bauteilbewertung notwendig werden (in Abhängigkeit vom Material der Paneele). Werden dabei Schäden erkannt, die innerhalb der nächsten 6 bis 10 Jahre Maßnahmen erfordern, so könnte die nächste Inspektion gleich für eine detaillierte Schadensaufnahme herangezogen werden. Zeigt sich eine kurzfristige Erhaltungsnotwendigkeit kann bei der Inspektion standardmäßig auf die Schadensebene gegangen und somit die Basis für eine genaue Bedarfsplanung mitgeliefert werden. Die Entscheidung bzgl. Detaillierungsgrad sollte primär beim Inspektor liegen. Eine Vielzahl von Sonderinspektionen können ggf. dadurch vermieden werden. Bei der zunehmenden Verwendung von elektronischen Erfassungshilfen sollte ein Wechsel in eine genauere Inspektionsebene kein großes Problem darstellen.

Wie in den vorhergehenden Kapiteln beschrieben, liefert der Schadensbildkatalog eine solche genaue Darstellung und Bewertung der Schäden an den einzelnen Bauteilen einer Lärmschutzwand. Um eine Lebenszyklusbewertung bzw. eine damit verbundene Auswahl und Zuordnung von Erhaltungsmaßnahmen vornehmen zu können, ist es sinnvoll und zweckmäßig, die Einzelbewertungen zu Teilwerten und folglich zu einem Gesamtwert zusammenzufassen. Da in fast allen Fällen Lärmschutzwände eine längenmäßige Ausdehnung (lineare Infrastrukturanlagen) aufweisen, ist im Rahmen der Zustandsbewertung

zu beachten, ob eine Lärmschutzwand in maßgebende Segmente unterteilt oder als Gesamtobjekt benotet bzw. bewertet wird. Das Verfahren selbst sollte jedoch unabhängig von einer Segmentierung immer in gleicher Art und Weise zur Anwendung gelangen. Erfolgt eine längenabhängige Segmentierung, z.B. in Segmenten in Abhängigkeit von der Konstruktion bzw. der verwendeten Materialien, kann anschließend z.B. über einen längengewichteten Mittelwert auch für das Gesamtobjekt eine Bewertung durchgeführt werden, wobei auch das segmentbezogene Ergebnis individuell für die Durchführung einer Lebenszyklusbetrachtung herangezogen werden kann.

Um die Streuung der Noten der einzelnen Bauteile im Rahmen einer Verknüpfung zu berücksichtigen, wird die Differenz der einzelnen Bauteile zu einem als „maßgebend“ definierten Bauteil berücksichtigt. Dieses Verfahren wurde bereits von der ASFINAG im Rahmen der Berechnung eines Konstruktionsindikators für Brücken (siehe hierzu [15]) vorgeschlagen bzw. entwickelt und wird bei Gesamtobjektbewertungen eingesetzt. Für die Bildung eines Gesamtwertes wird auf ein Verfahren zurückgegriffen, das ein erweitertes Maximalkriterium vorsieht. Dieses Verfahren basiert auf den Ergebnissen der COST-Aktion 354 „Performance Indicators for Road Pavements“ [16] und hat sich in Österreich sehr gut bewährt. Darüber hinaus ist die einfache und nachvollziehbare Anwendung beider Verfahren ein großer Vorteil.

3.6.2 Teilwerte Lärmschutzwand

Unter Bezugnahme auf die in Kapitel 3.3 beschriebenen Indikatoren Tragfähigkeit, Dauerhaftigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Funktionstauglichkeit sowie deren Zuordnung zu den einzelnen Bauteilen werden folgende Teilwerte vorgeschlagen, wobei aus Gründen der Übersichtlichkeit die Tragfähigkeit mit der Dauerhaftigkeit im Rahmen eines Konstruktionsindikators und die Gebrauchstauglichkeit mit der Funktionsfähigkeit im Rahmen eines Ausrüstungsindikators zusammengeführt wird.

Konstruktionsindikator: Der maßgebende Bauteil ist die Konstruktion der Lärmschutzwand, sodass sich der Konstruktionsindikator wie folgt berechnet:

$$KI_{LSW} = TN_{Konstr} + \sum_i \frac{W_i}{10} \cdot (TN_i - TN_{Konstr}) \text{ für } TN_i > TN_{Konstr} \quad \text{Gl. 1}$$

$$[1 \leq KI_{LSW} \leq 5]$$

mit

KI_{LSW} Konstruktionsindikator Lärmschutzwand

TN_{Konstr} Teilnote Konstruktion
 TN_i Teilnote Bauteil i (Gründung und Fundamente, Wandelemente und Paneele)
 W_i Gewicht Bauteil i (Gründung und Fundamente = 1, Wandelemente und Paneele = 2)

Anmerkung: Die finale Festlegung von Gewichten sollte nach einer umfassenden Bewertung des gesamten Portfolios von Lärmschutzwänden und einer entsprechenden Sensitivitätsanalyse vorgenommen werden. Da im Rahmen der Testanwendung viele Schäden im Bereich der Wandelement bzw. Paneele festgestellt werden konnten und auch die Bewertung der Fundamente bzw. der Gründung oft nicht möglich ist, wurde für die Wandelement und Paneele ein höheres Gewicht als erster Vorschlag angenommen.

Ausrüstungsindikator: Im Vergleich zum Konstruktionsindikator, welcher die Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit der Bauteile berücksichtigt, sind für den Ausrüstungsindikator primär die Wandelemente bzw. Paneele verantwortlich. Daraus ergibt sich folgender Vorschlag für die Berechnung des Ausrüstungsindikators:

$$AI_{LSW} = TN_{WandPaneel} + \sum_i \frac{W_i}{10} \cdot (TN_i - TN_{WandPaneel}) \text{ für } TN_i > TN_{WandPaneel} \quad \text{Gl. 2}$$

$$[1 \leq AI_{LSW} \leq 5]$$

mit

AI_{LSW} Ausrüstungsindikator Lärmschutzwand
 TN_{WandPaneel} Teilnote Wand/Paneel
 TN_i Teilnote Bauteil i (Konstruktion, Ausrüstung)
 W_i Gewicht Bauteil i (Konstruktion = 1, Ausrüstung = 2)

Mit beiden Teilwerten kann eine umfassende Bewertung der Lärmschutzwände vorgenommen werden und auch die Zuordnung von Erhaltungsmaßnahmen kann über diese Teilwerte erfolgen, sofern die entsprechenden Eingangsgrößen auch zur Verfügung stehen.

3.6.3 Gesamtwert Lärmschutzwand

Neben den Teilindikatoren (Teilwerten) ist für die Lebenszyklusbetrachtung der Gesamtwert der Lärmschutzwand ausschlaggebend. Er stellt die maßgebende Kenngröße für die Beurteilung im Rahmen der Lebenszyklusanalyse dar und kann unter Heranziehung eines erweiterten Maximalkriteriums gem. den Vorgaben von COST 354 [16] wie folgt berechnet werden:

$$GW_{LSW} = \max[KI_{LSW}; AI_{LSW}] + 0,2 \cdot \min[KI_{LSW}; AI_{LSW}] - 0,2 \quad \text{Gl. 3}$$

$$[1 \leq GW_{LSW} \leq 5]$$

mit

GW_{LSW} Gesamtwert Lärmschutzwand
 AI_{LSW} Ausrüstungsindikator Lärmschutzwand
 KI_{LSW} Konstruktionsindikator Lärmschutzwand

Es sei hier nochmals explizit festgehalten, dass der rechnerische Gesamtwert als Vergleichswert zur Gesamtnote, welche vom Inspektor der LSW vergeben wird, heranzuziehen ist. Es obliegt somit dem Inspektor, welcher Wert bzw. welche Note für eine Lebenszyklusanalyse herangezogen werden soll. Der entwickelte dTIMS-Prototyp erlaubt die manuelle Änderung der Note (Attributwert kann durch den Anwender überschrieben werden), sodass hier die geforderte Flexibilität erfüllt wird.

Auch hier sollte die finale Festlegung der Berechnungsfunktion im Rahmen einer praktischen Umsetzung nach einer umfassenden Bewertung des gesamten Portfolios von Lärmschutzwänden und einer entsprechenden Sensitivitätsanalyse vorgenommen werden.

4 MODULE DER OPTIMierten LEBENSZYKLUSBETRACHTUNG

4.1 Allgemeines

Wie in der Einleitung des Projektes beschrieben, ist die Entwicklung eines holistischen Bewertungsverfahrens für ein optimiertes Lebenszyklusmanagement von Lärmschutzwänden verschiedener Materialien (insbesondere Holzelemente) eine wesentliche Zielsetzung. Dafür ist es notwendig, eine Aussage hinsichtlich der Entwicklung des Zustandes einer Lärmschutzwand, der darauf basierenden Erhaltungsmaßnahmen und deren Wirkungen auf die Infrastruktur (Verfügbarkeit bzw. Nichtverfügbarkeit des Verkehrsweges) vorzunehmen. Die Entwicklung dieser Grundlagen für eine optimierte Lebenszyklusbetrachtung umfasst folgende Schritte:

- Erarbeiten von deterministischen und stochastischen Prognosemodellen für die Beschreibung der Entwicklung des Zustandes und der Funktionalität über die Nutzungsdauer
- Ausarbeiten eines Kataloges von potenziellen Erhaltungsmaßnahmen (Maßnahmenkatalog) auf Anlagen- und Bauteilniveau in Form von direkten Kosten (Baulastträgerkosten)
- Modellierung der Verfügbarkeitseinschränkungen (Betriebserschwerwis) im Einklang mit den katalogisierten, potenziellen Erhaltungsmaßnahmen und inkl. entsprechender Quantifizierung.

4.2 Modul Zustandsentwicklung

4.2.1 Langfrist-Prognose der RI Maßnahmen (Realisierungsmengen)

Für die Beschreibung und folglich Modellierung der Zustandsentwicklung müssen geeignete Methoden und Verfahren ausgewählt werden, die auf der Grundlage der zur Verfügung stehenden Daten eine nachvollziehbare Aussage ermöglichen. Dabei sind folgende Randbedingungen zur berücksichtigen:

- Möglichst gute Annäherung des Modells an die tatsächlichen, im Rahmen von visuellen Erfassungen erhobenen Zustände
- Flächendeckende Verfügbarkeit der Eingangsdaten (erklärenden Variablen)
- Einfache Kalibrierung der Modelle an die örtlichen Gegebenheiten und Randbedingungen
- Mathematische Modellierbarkeit
- Nachvollziehbarkeit der Modellrechnungen und einfache Darstellung der Ergebnisse

Unter Bezugnahme auf die aktuelle Literatur sowie eine Vielzahl von praktischen Anwendungen von Zustandsprognosemodellen im österreichischen Asset Management können Zustandsprognosemodelle in Abhängigkeit von der Entwicklung bzw. Herleitung des Modells in unterschiedliche Kategorien gruppiert werden:

- Mechanistische (analytische) Modelle basieren auf der theoretischen Ermittlung der Primärwirkungen (Dehnungen und Spannungen) unter äußeren Einwirkungen (Lasten, Temperatur, etc.) und deren Anwendung auf – meist in Laborversuchen ermittelte – Verhaltensgesetze.
- Empirische Modelle hingegen basieren auf der Beobachtung des tatsächlichen Verhaltens der Anlage und versuchen einen kausalen Zusammenhang zwischen verschiedenen Einflussgrößen und der zeitlichen Veränderung des Zustandes zu finden.

Aufgrund der Komplexität und der Vielzahl von notwendigen Eingangsgrößen ist die direkte Anwendung von mechanistischen/analytischen Prognosemodellen in einem Asset Management System auf Netzebene aus heutiger Sicht zwar möglich aber in vielen Fällen sehr komplex und mit einem hohen Aufwand für die Erhebung der Eingangsgrößen (erklärenden Variablen) verbunden. Sie können jedoch für die Beurteilung verschiedener Eingangsgrößen eine wesentliche Hilfestellung bieten.

Die heute zur Verfügung stehende Datenlage im Bereich der Lärmschutzwände erlaubt jedoch die Entwicklung empirischer Zustandsprognosemodelle. Für die Entwicklung eines Moduls Zustandsentwicklung von Lärmschutzwänden wurde daher auf die Inventardaten und Zustandsdaten von Lärmschutzwänden der Infrastrukturbetreiber ASFINAG, ÖBB-Infrastruktur AG sowie des Landes Niederösterreich zurückgegriffen und diese einer umfassenden statistischen Auswertung unterzogen (Anmerkung: Die Portfoliodaten der 3 Betreiber stammen jeweils aus einer relativen frühen Projektphase (Frühjahr 2019) und wurden im Laufe des Projektes auf diesem Stand unter verschiedenen Gesichtspunkten mehrfach umfassend untersucht). Dabei wurden einerseits markante Systemeigenschaften analysiert und statistisch ausgewertet und andererseits die sich daraus ergebenden Schlüsse auf das Lebenszyklusmanagement des LSW-Portfolios übertragen. Die **Kapitel 4.2 & 4.3** liefern bezüglich der abgeleiteten Reinvest-Realisierungsmengen (in m²) bzw. Reinvest-Kosten (in €) entsprechende Einblicke. Die Vorgehensweise zur Erreichung der vorhin erwähnten Zielvorgaben kann der nachfolgenden, chronologischen Auflistung der einzelnen Analyseschritte entnommen werden:

A. Erhalt von Datenbankauszügen

Um Analysen der derzeitigen aktuellen LSW-Bestände durchführen zu können, bedurfte es aktueller Datenbank-Auszüge der Betreiberpartner. Für diesen Zweck wurden die Infrastrukturbetreiber ASFINAG, ÖBB-Infrastruktur AG sowie das Land Niederösterreich

(als Kontaktstelle der Länder) kontaktiert und um eine Übermittlung ihres derzeit aktuellen LSW-Datenbankauszuges angefragt. Diese wurden dem Konsortium in elektronischer Weise übermittelt und wie folgt bearbeitet:

i. Evaluierung der Datenbankauszüge

Die von den Infrastrukturbetreibern erhaltenen LSW-Datenbankauszüge wurden in Folge in einem ersten Schritt auf deren grobe Vollständigkeits evaluiert.

ii. Rücksprache mit Projektpartnern und Korrektur der Datenbankauszüge

Erkannte Problemfelder (z.B. offensichtliche Fehl- oder Falscheinträge von LSW) wurden in Rücksprache mit dem jeweiligen Infrastrukturbetreiber diskutiert und falls möglich korrigiert.

B. Vereinheitlichung der Bezeichnungen der maßgeblichen Material-Cluster

Unterschiedliche Materialgruppen der LSW wurden in Absprache mit den Infrastrukturbetreibern auf insgesamt sieben Materialhauptgruppen vereinheitlicht. Dies ermöglicht in weiterer Folge gesamtheitliche, vergleichbare Analysen der LSW.

#	Land Niederösterreich	ÖBB-Infrastruktur AG	ASFINAG
1	ALUMINIUM		
	Aluwand	Aluminium	Aluminium
2	BETON		
	Beton- und Holzwand Betonleitwand Betonleitwand m. WD Betonwand	Beton	Beton Holzbeton
3	GLAS		
	Glaswand Holz-Glaswand	Glas	Acrylglas Glas
4	HOLZ		
	Holzwand	Holz	Holz
5	KUNSTSTOFF		
	-	Kunststoff	Kunststoff
6	SONSTIGES MATERIAL		
	Durisolwand Erd-Damm mit Wand Erd-Damm Raumgitterwand Stahlwand	Schaumglasschotter	Naturstein Sonstiges Material
7	UNBEKANNT		
	-	Unbekannt	Keine Angabe

Abbildung 5: Zuweisung der LSW-Anlagenportfolien zu den Materialhauptgruppen

C. Prüfung der Plausibilität und Erstellung eines konsolidierten Datensatzes

Die Einträge der erhaltenen Datensätze wurden in einem weiteren Schritt auf deren Plausibilität geprüft, d.h. Überprüfung der jeweiligen Einträge auf Zuweisungen von einem Alter (Baujahr), einem Prüfzeitpunkt sowie einer Zustandsnote und Überprüfung, ob sich das Baujahr vor dem letztmaligen Prüfzeitpunkt befindet.

D. Inventaranalyse

Aufbauend auf den konsolidierten Datenbankauszügen der Infrastrukturbetreiber erfolgte eine erste grundlegende Analyse der LSW. Ziel und Erkenntnis dieses Arbeitsschrittes war die mengen- und flächenmäßige Erfassung des aktuellen Bestandes hinsichtlich Materialtypen (insbesondere Holzelemente), Zustände, Alter, etc.

E. Erhaltungszustand

Die konsolidierten Datenbankauszüge der jeweiligen Infrastrukturbetreiber wurden in Folge mit dazugehörigen Degradationskurven (gem. den Vorgaben in der RVS 13.05.11 [17] sowie interner Benchmarks der Projektpartner) in Zusammenhang gesetzt und anhand von ermittelten flächengemittelten Zustandsnoten und Alter (jeweils zum Prüfzeitpunkt sowie aktuelles Alter) analysiert.

F. Maßnahmenableitung (Erhaltungsvorschläge 2019-2034)

Aufbauend auf den konsolidierten Datensätzen sowie den unterschiedlichen Degradationsmodellen wurden im Rahmen einer Regelbasierte Degradationsprognose Reinvestitions-Mengen (Flächen) abgeleitet. Diese gehen von einem regulären Verschleiß der LSW ab dem letztmaligen Prüfzeitpunkt aus. [Anmerkung: Da der Datenbankauszug des Landes Niederösterreich keine Zustandsnoten beinhaltet, wurden in diesem Fall die jeweiligen Baujahre als Startzeitpunkt für die zugehörigen Degradationskurven (=TND, technische Nutzungsdauer) herangezogen].

Die daraus in den kommenden Jahren anfallenden ermittelten Reinvestitionsflächen der jeweiligen Materialien und LSW sind als Ergebnis im **ANHANG B** ersichtlich.

G. Risikovoranalyse

Im Zuge der Risikovoranalyse erfolgte eine Betrachtung der Portfolio-Anteile, bei denen eine Überschreitung der technischen Nutzungsdauern (TND) gemäß RVS 13.05.11 [17] vorliegt bzw. erfolgte eine Überprüfung bezüglich der Einhaltung der durch die Regelwerke vorgegebenen Prüfintervalle der jeweiligen Infrastrukturbetreiber sowie Materialgruppen.

H. Risikobasierter Erhaltungsvorschlag

Aufbauend auf die Risikovoranalyse wurden weitere Prognose-Simulationen bis zum rechnerischen Tauschzeitpunkt für alle Anlagen angestellt und die daraus ermittelte Anzahl sowie Flächen der jeweiligen Materialien ermittelt.

I. Weitergehende Analysen, Histogramme

Als letzter Schritt erfolgte anhand der Daten jedes Infrastrukturbetreibers die Erstellung von grafischen Zeitreihen der baulichen Zustands-Entwicklung der Lärmschutzwände sowie hinsichtlich markanter Einflussgrößen auf das künftige Erhaltungsmanagement (Überschreitungen der lt. Regelwerken vorgesehenen Technischen Nutzungsdauern, Zeitreihen der Portfolio-Anteile in den Zustandsklassen 1 bis 4 in Abhängigkeit vom Baujahr; jeweils für die unterschiedlichen Materialhauptgruppen getrennt aufgeschlüsselt).

4.2.2 Statistische Auswertung der Daten (Portfolioanalyse)

Wie bereits erwähnt, wurden die von den Auftraggebern übermittelten Daten einer statistischen Auswertung unterzogen und entsprechend aufbereitet. Die aus den zur Verfügung stehenden Daten entwickelten Grundlagen für die Module Zustandsentwicklung und Erhaltungsmaßnahmen sind im **ANHANG B** im Detail dargestellt. Grundsätzlich handelt es sich dabei um folgende Analysen (gem. der Beschreibung in Kapitel 4.2.1.), welche für die Daten jedes einzelnen Erhalters (Amt der NÖ-Landesregierung, ÖBB und ASFINAG) individuell ausgewertet wurden:

- Inventaranalyse
- Statistische Auswertung Erhaltungszustand (sofern Zustandsdaten zur Verfügung gestellt werden konnten)
- Erhaltungsvorschläge
- Risikovoranalyse
- Risikobasierter Erhaltungsvorschlag (sofern Zustandsdaten zur Verfügung gestellt werden konnten)

Wie bereits erwähnt, können sämtliche Ergebnisse, getrennt nach Amt der NÖ-Landesregierung, ÖBB und ASFINAG in Form von Tabellen und grafisch aufbereitet, dem **ANHANG B** entnommen werden. Aus Gründen der Übersichtlichkeit und Nachvollziehbarkeit sind in den folgenden Abbildungen die wichtigsten Informationen zusammenfassend dargestellt. In der nachfolgenden Tabelle 7 ist zunächst die Vollständigkeit und Verfügbarkeit der Daten in Abhängigkeit von den Datenquellen ersichtlich.

Tabelle 7: Zusammenfassung der Datenüberprüfung (Vollständigkeit und Verwertbarkeit)

	ANZAHL von GESAMT	%	DARSTELLUNG
Vollständigkeiten der erhaltenen Datenbanken bezüglich FLÄCHEN von LSW			
Land Niederösterreich	419 von 425	98,6%	
ÖBB-Infrastruktur AG	2 046 von 2 046	100,0%	
ASFINAG	2 883 von 3 328	86,6%	
Vollständigkeiten der erhaltenen Datenbanken bezüglich BAUJAHRE von LSW			
Land Niederösterreich	425 von 425	100,0%	
ÖBB-Infrastruktur AG	2 046 von 2 046	100,0%	
ASFINAG	1 828 von 3 328	54,9%	
Vollständigkeiten der erhaltenen Datenbanken bezüglich PRÜFZEITPUNKTE von LSW			
Land Niederösterreich	0 von 425	0,0%	
ÖBB-Infrastruktur AG	1557 von 2 046	76,1%	
ASFINAG	2936 von 3 328	88,2%	
Vollständigkeiten der erhaltenen Datenbanken bezüglich ZUSTANDSNOTEN von LSW			
Land Niederösterreich	0 von 425	0,0%	
ÖBB-Infrastruktur AG	1 556 von 2 046	76,1%	
ASFINAG	2 880 von 3 328	86,5%	

Die Tabelle 7 zeigt sehr deutlich, dass vor allem im Bereich der Landesstraßen aufgrund des Fehlens von Zustandsinformationen nur bestimmte Auswertungen möglich sind.

Die nachfolgende Abbildung 6 zeigt beispielsweise für die Daten der ASFINAG die umfassende statistische Auswertung (Inventardatenanalyse) der zur Verfügung gestellten Informationen. Unter Heranziehung dieser Ergebnisse zeigen sich auch die maßgebenden statistischen Zusammenhänge für die Voranalyse eines Erhaltungsvorschlages auf Portfolioebene, welcher beispielhaft in der Abbildung 7 wiederum für das Portfolio der ASFINAG dargestellt ist. Sämtliche Ergebnisse können dem **ANHANG B** entnommen werden.

DB ASF IN AG														
UMFANG [Anzahl bzw. m²]														
Anzahl							Fläche							
% der DB	% des M	Anzahl	Relativ	#	% der DB	% des M	Anzahl	Summe [m²]	Relativ	#				
GESAMTE MATERIALIEN	100,0%	100,0%	3.328	100,0%		86,6%	86,6%	2.883	3.217.827	100,0%				
davon Aluminium	23,8%	100,0%	793	23,8%	2	23,8%	99,9%	792	810.569	25,2%	3			
davon Beton	16,0%	100,0%	533	16,0%	4	16,0%	100,0%	533	822.815	25,6%	2			
davon Glas	4,1%	100,0%	138	4,1%	5	4,1%	100,0%	138	129.134	4,0%	4			
davon Holz	37,9%	100,0%	1.260	37,9%	1	37,8%	99,9%	1.259	1.302.611	40,5%	1			
davon Kunststoff	1,1%	100,0%	36	1,1%	6	1,1%	100,0%	36	26.813	0,8%	6			
davon Sonstiges	17,1%	100,0%	568	17,1%	3	3,8%	22,0%	125	125.885	3,9%	5			
davon Unbekannt			0	0,0%	7			0	0	0,0%	7			

~40% des Portfolios besteht aus Holz

DB ASF IN AG													
ALTER ZUM ZEITPUNKT 2019 [Jahre]													
Anzahl							Fläche						
% der DB	% des M	Anzahl	Relativ	Gemittelt	#	% der DB	% des M	Anzahl	Summe [m²]	Relativ	Flächengewicht	#	
GESAMTE MATERIALIEN	54,9%	54,9%	1.828	100,0%	17,67	49,8%	49,8%	1.657	2.135.589	100,0%		16,13	
davon Aluminium	13,2%	55,2%	438	24,0%	17,61	4	13,1%	55,1%	437	517.627	24,2%		16,20
davon Beton	9,5%	59,3%	316	17,3%	13,07	6	9,5%	59,3%	316	532.140	24,9%		11,79
davon Glas	2,4%	58,7%	81	4,4%	15,40	5	2,4%	58,7%	81	109.906	5,1%		15,15
davon Holz	22,6%	59,7%	752	41,1%	19,68	1	22,6%	59,7%	752	889.419	41,6%		18,96
davon Kunststoff	0,8%	77,8%	28	1,5%	18,54	2	0,8%	77,8%	28	22.762	1,1%		22,30
davon Sonstiges	6,4%	37,5%	213	11,7%	18,29	3	1,3%	7,6%	43	63.735	3,0%		11,72
davon Unbekannt			0	0,0%				0	0	0,0%			

Holz ist die 2.-älteste Materialgruppe

DB ASF IN AG															
ZUSTAND [Zustandsnote]															
Anzahl							Fläche								
% der DB	% des M	Anzahl	Relativ	Gemittelt	#	Alter PZP	#	% der DB	% des M	Anzahl	Summe [m²]	Relativ	Flächengewicht	#	
GESAMTE MATERIALIEN	86,5%	86,5%	2.880	100,0%	1,88	11,20		77,5%	77,5%	2.580	2.888.008	100,0%		2,10	
davon Aluminium	20,6%	86,3%	684	23,8%	1,79	4	9,71	4	20,6%	86,3%	684	680.916	23,8%		2,11
davon Beton	14,4%	89,7%	478	16,6%	1,75	5	7,92	6	14,4%	89,7%	478	763.203	26,4%		1,85
davon Glas	3,7%	88,4%	122	4,2%	1,88	3	9,19	5	3,7%	88,4%	122	110.574	3,8%		2,22
davon Holz	36,3%	95,9%	1.208	41,9%	2,08	2	13,17	1	36,3%	95,8%	1.207	1.252.456	43,4%		2,25
davon Kunststoff	1,1%	97,2%	35	1,2%	2,14	1	10,48	3	1,1%	97,2%	35	22.931	0,8%		2,47
davon Sonstiges	10,6%	62,1%	853	12,3%	1,53	6	12,33	2	1,6%	9,5%	54	57.928	2,0%		1,77
davon Unbekannt			0	0,0%						0	0	0,0%			

Holz hat die 2.-schlechtesten Zustandsnoten

Abbildung 6: Beispiel statistische Auswertung (Inventardatenanalyse) des LSW-Portfolios der ASF IN AG

DB ASF IN AG													
ZUSTAND & PRÜFDATUM & PLAUSIBILITÄT													
Anzahl							Fläche						
% der DB	% des M	Anzahl	Relativ	#	% der DB	% des M	Anzahl	Relativ	% der DB	% des M	Anzahl	Relativ	#
GESAMTE MATERIALIEN	49,5%	49,5%	1.648	100,0%		49,5%	49,5%	1.648	100,0%	45,0%	45,0%	1.496	100,0%
davon Aluminium	11,6%	48,8%	387	23,5%		11,6%	48,8%	387	23,5%	11,6%	48,8%	387	25,9%
davon Beton	8,1%	50,5%	269	16,3%		8,1%	50,5%	269	16,3%	8,1%	50,5%	269	18,0%
davon Glas	2,0%	48,6%	67	4,1%		2,0%	48,6%	67	4,1%	2,0%	48,6%	67	4,5%
davon Holz	21,8%	57,5%	724	43,9%		21,8%	57,5%	724	43,9%	21,8%	57,5%	724	48,4%
davon Kunststoff	0,8%	75,0%	27	1,6%		0,8%	75,0%	27	1,6%	0,8%	75,0%	27	1,8%
davon Sonstiges	5,2%	30,6%	174	10,6%		5,2%	30,6%	174	10,6%	0,7%	3,9%	22	1,5%
davon Unbekannt			0	0,0%				0	0,0%			0	0,0%

Der konsolidierte Datensatz umfasst < 1/2 des Portfolios

...davon besteht ~50% aus dem Material Holz

DB ASF IN AG														
ZUSTANDSNOTE = 4 & PLAUSIBILITÄT														
Anzahl							Fläche							
% der DB	% des M	Anzahl	Relativ	#	% der DB	% des M	Anzahl	Summe	Relativ	#				
GESAMTE MATERIALIEN	1,7%	1,7%	58	100,0%		1,7%	1,7%	57	130.047	100,0%				
davon Aluminium	0,4%	1,5%	12	20,7%	2	0,4%	1,5%	12	39.252	27,9%	2			
davon Beton	0,2%	1,3%	7	12,1%	3	0,2%	1,3%	7	11.897	9,1%	3			
davon Glas	0,1%	1,4%	2	3,4%	4	0,1%	1,4%	2	5.520	4,3%	4			
davon Holz	1,1%	2,8%	35	60,3%	1	1,1%	2,8%	35	74.658	57,4%	1			
davon Kunststoff	0,0%	0,0%	0	0,0%	6	0,0%	0,0%	0	0	0,0%	6			
davon Sonstiges	0,1%	0,4%	2	3,4%	4	0,0%	0,2%	1	1.719	1,3%	5			
davon Unbekannt			0	0,0%	6			0	0	0,0%	6			

1,7% des konsolidierten Datensatzes besitzt die Zustandsnote 4

...davon entfallen ~60% auf die Materialgruppe Holz (Holz besitzt somit die meisten Zustandsnoten 4)

DB ASF IN AG														
ZUSTANDSNOTE = 3 & PLAUSIBILITÄT														
Anzahl							Fläche							
% der DB	% des M	Anzahl	Relativ	#	% der DB	% des M	Anzahl	Summe	Relativ	#				
GESAMTE MATERIALIEN	8,7%	8,7%	288	100,0%		8,6%	8,6%	285	511.967	100,0%				
davon Aluminium	1,0%	4,2%	33	11,5%	2	1,0%	4,2%	33	68.217	13,3%	3			
davon Beton	1,0%	6,0%	32	11,1%	3	1,0%	6,0%	32	68.777	13,4%	2			
davon Glas	0,4%	10,1%	14	4,9%	4	0,4%	10,1%	14	30.198	5,9%	4			
davon Holz	6,0%	15,8%	199	69,1%	1	6,0%	15,8%	199	332.301	64,9%	1			
davon Kunststoff	0,2%	13,9%	5	1,7%	5	0,2%	13,9%	5	9.593	1,9%	5			
davon Sonstiges	0,2%	0,9%	5	1,7%	5	0,1%	0,4%	2	2.880	0,6%	6			
davon Unbekannt			0	0,0%	7			0	0	0,0%	7			

8,6% des konsolidierten Datensatzes besitzt die Zustandsnote 3

...davon entfallen ~2/3 auf die Materialgruppe Holz (Holz besitzt somit die meisten Zustandsnoten 3)

Abbildung 7: Beispiel statistische Auswertung (Voranalyse Erhaltungsmaßnahmenvorschlag) des LSW-Portfolios der ASF IN AG

Bereits aus diesen Analysen können wesentliche Zusammenhänge bzw. Grundlagen für die Lebenszyklusbetrachtung entnommen werden. Aus dem Vergleich zwischen dem

tatsächlichen Alter der Lärmschutzwände und den Zuständen kann mit diesen Daten in Abhängigkeit von den kategorisierten Materialien eine Abschätzung von notwendigen Reinvestitionen, ausgedrückt über die LSW-Fläche vorgenommen werden. Die Ergebnisse dieser Betrachtung sind zwar nicht direkt eine Zielsetzung des Projektes, wurden aber als Grundlage für die nachfolgende Lebenszyklusmodellierung herangezogen und können im Detail dem **ANHANG B** entnommen werden. Beispielsweise ist in der nachfolgenden Abbildung 8 das Ergebnis, wiederum für das ASFINAG-LSW-Portfolio, dargestellt.

Stand 2019 – prognostizierte RI infolge aller Zustandsnoten gemäß Degradationsmodellierung

DB ASFINAG										
REINVEST & ALLE ZUSTANDNOTEN & DEGRADATIONSVERLAUF (anhand letztem Prüfzeitpunkt)										
Fläche [m ²]										
	bis 2019	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025-29	2030-34	SUMME
GESAMTE MATERIALIEN	156.329	62.870	83.610	140.107	930	69.973	108.031	527.568	314.536	1.463.953
Σ akkumuliert	156.329	219.200	302.809	442.916	443.846	513.819	621.849	1.149.417	1.463.953	
davon Aluminium	40.345	4.086	0	0	0	0	1.341	92.050	14.615	152.437
davon Beton	7.093	13.451	0	0	0	1.431	13.702	63.481	33.236	132.393
davon Glas	5.520	0	0	0	0	0	0	30.612	2.055	38.187
davon Holz	101.310	45.334	83.610	140.107	930	66.016	92.163	330.578	255.388	1.115.434
davon Kunststoff	342	0	0	0	0	0	0	10.404	1.175	11.921
davon Sonstiges	1.719	0	0	0	0	2.526	825	443	8.068	13.582
davon Unbekannt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% vom Gesamtportfolio	4,86%	1,95%	2,60%	4,35%	0,03%	2,17%	3,36%	16,40%	9,77%	45,50%
% akkumuliert	4,86%	6,81%	9,41%	13,76%	13,79%	15,97%	19,33%	35,72%	45,50%	

Abbildung 8: RI-Kostenprognose am Beispiel des LSW-Portfolios der ASFINAG als tabellierte Zeitreihe

4.2.3 Zusammenfassung der Erkenntnisse der Portfolioanalyse

Die nachfolgende Liste beschreibt die wesentlichen Erkenntnisse aus der statistischen Auswertung der von den Auftraggebern übermittelten Daten und Informationen mit Bezug auf die Fragestellungen des gegenständlichen Forschungsprojektes.

- **Holz** stellt derzeit einen **relevanten Faktor** innerhalb der untersuchten LSW-Inventarisierung dar, d.h. es liegen **hohe Anteile (20-40%)** an den jeweiligen, aktuellen LSW-Gesamtbeständen vor. Dies bedeutet, dass bei einer Auswahl bzw. Entwicklung der Modelle für die Bauweise Holz gesonderte Festlegungen erforderlich sind.
- **Holz** stellt die **älteste Materialgruppe** dar und weist **tendenziell den schlechtesten Erhaltungszustand aller untersuchten Materialien auf**. Dieser Umstand muss bei der Auswahl bzw. Festlegung von Standardlebenszyklen bzw. den zugeordneten Erhaltungsmaßnahmen Rechnung getragen werden.
- **Holz** befindet sich derzeit – je nach Betreiber - **tendenziell am Ende seiner technischen Nutzungsdauer oder bereits darüber** (~20 Jahre gemäß RVS 13.05.11). Die statistische Auswertung potenzieller Erhaltungsmaßnahmen auf

Portfolioebene hat ergeben, dass hier ein entsprechend hoher Erhaltungsbedarf besteht. In welchem Umfang hier eine Änderung der Materialien erfolgen könnte, hängt von der Erhaltungsstrategie der Infrastrukturbetreiber ab und kann aus den gegenständlichen Daten nicht abgeleitet werden.

- **Der flächengewichtete Erhaltungszustand** (tatsächliche Zustandsnote zum Prüfalter gegenüber der lt. Degradationsmodellen erwarteten Zustandsnote) ist **planmäßig für alle Materialgruppen**, jedoch liegen teilweise große Streuungen der Datenbankeinträge (Alter, Zustände) für die jeweiligen Anlagen vor. Aus diesem Grund ist es notwendig, die generellen Modelle bzw. die standardisierten Lebenszyklusverläufe an die objektbezogenen Gegebenheiten anzupassen. Ein diesbezügliches Verfahren wird daher im Rahmen des Projektes entwickelt und vorgestellt.
- **Holz** stellt aufgrund des vorliegenden Anteils der Anlagen in den **Zustandsnoten 4 und 3 die derzeit maßgeblichste Materialgruppe** in Hinblick auf die **in näherer Zukunft zu erwartenden Reinvestitions-Zeitpunkte (Erneuerungen) dar**. Dies hat auch möglicherweise deutliche Auswirkungen auf die Verfügbarkeit. In diesem Zusammenhang wird eine risikobasierte Bewertung der Verfügbarkeit bzw. Nicht-Verfügbarkeit vorgeschlagen und die entsprechenden Modelle entwickelt.
- Die Materialgruppe **Holz** scheint derzeit als einzige beitragende Materialgruppe beim abschließend ausgearbeiteten „Risikobasierten Erhaltungsvorschlag“ auf – allerdings in einem sehr geringen/vernachlässigbaren Umfang.

Sämtliche Ergebnisse der detaillierten Analysen zur Langfrist-Prognose der RI Maßnahmen (Realisierungsmengen) für ganze LSW Portfolien können getrennt für die drei Betreiber Land NÖ/ASFINAG/ÖBB in tabellierter und grafischer Form im **ANHANG B** nachvollzogen werden.

4.2.4 Vorschläge Zustandsprognose Lärmschutzwände

Wie die statistische Auswertung der Zustandsdaten der LSW gezeigt hat, liefern die RVS 13.05.11 [17] für das System Straße bzw. eine Festlegung zwischen BMVIT & ÖBB [18] für das System Bahn eine wesentliche und anwendbare Grundlage für die Zustandsprognose der maßgebenden Bauteile einer Lärmschutzwand. Da es sich bei der RVS 13.05.11 [17] um eine auf Baukonstruktionen bezogenen Richtlinie handelt, die zwar für Brückenbauteile entwickelt wurde, jedoch aus der Sicht der Projektbearbeiter und deren Erfahrungen auch auf die Lärmschutzwandbauteile anwendbar ist, werden die dort enthaltenden Vorschläge auch für die Zustandsentwicklung von Lärmschutzwänden herangezogen. Um eine objektbezogene Anwendung zur ermöglichen, müssen die Modelle jedoch entsprechend den lokalen Vorgaben

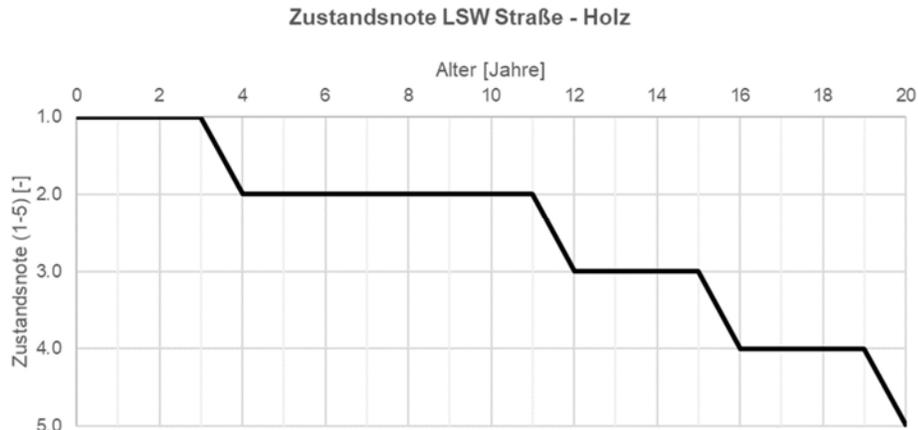
und Randbedingungen kalibriert werden. Die Beschreibung der Kalibrierung kann dem Kapitel 5.2.2 entnommen werden.

Die nachfolgenden Zustandsprognosemodelle zeigen eine stufenweise Entwicklung der Zustandsnoten in Abhängigkeit von der Örtlichkeit (Straße oder Schiene), vom Material der Wandelemente/Paneele und dem Alter der Konstruktion. Durch diese Kategorisierung ist es möglich, das entsprechende Modell für jedes Objekt zu kalibrieren, vorausgesetzt, dass die entsprechenden Inventardaten für eine Kalibrierung zur Verfügung stehen. Die vorgestellten Modelle beziehen sich auf die Zustandsentwicklung der Gesamtkonstruktion, ausgedrückt durch die Zustandsnote „Gesamt“, sind jedoch maßgebend durch den Bauteil „Wandelement/Paneele“ beeinflusst. Die hier verwendete Zustandsnote entspricht dabei auch den Vorgaben des rechnerischen Gesamtwerts, welcher unter Bezugnahme auf die in Kapitel 3.6 vorgenommen Festlegungen den Gesamtzustand einer Lärmschutzwand repräsentiert. In Anlehnung an die Festlegungen der RVS 13.05.11 [17] werden die Modelle über die Zustandsnoten beschrieben, die natürlich „sprunghafte“ Übergänge aufweisen. Diese Darstellungsform wurde auch bei der statistischen Auswertung der Daten gewählt.

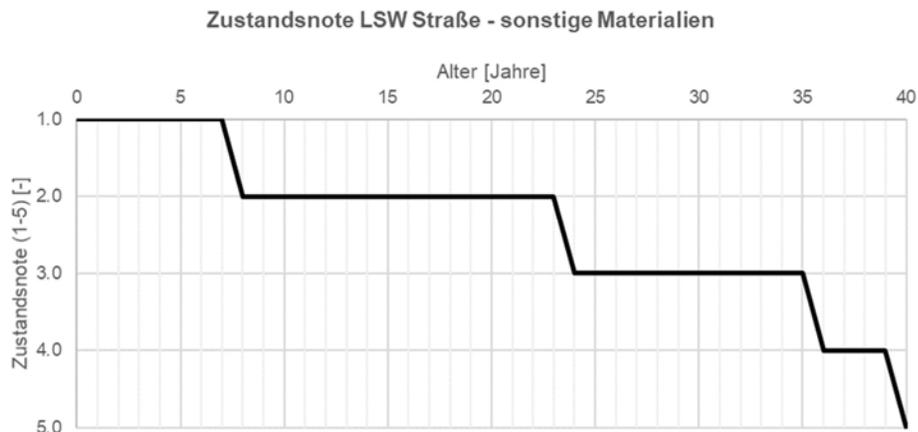
Die nachfolgende Tabelle 8 sowie die Abbildung 9 und Abbildung 10 beinhalten die Vorschläge für die Zustandsprognosemodelle der Lärmschutzwände entlang von Autobahnen und Schnellstraßen (ASFINAG-Netz) sowie von Landesstraßen. Dabei wird zwischen Modellen für Lärmschutzwände mit Wandelementen bzw. Paneelen aus Holz und solchen aus sonstigen Materialien unterschieden.

Tabelle 8: Generelle Zustandsprognosemodelle Lärmschutzwände Straße angelehnt an [17]

Zustandsnote	Von Alter [Alter]	Bis Alter [Jahre]
Autobahnen und Schnellstraßen sowie Landesstraßen, Wandelemente/Paneele aus Holz		
1	0	3
2	4	11
3	12	15
4	16	19
5	20	-
Autobahnen und Schnellstraßen sowie Landesstraßen, Wandelemente/Paneele aus sonstigen Materialien		
1	0	7
2	8	23
3	24	35
4	36	39
5	40	-



**Abbildung 9: Zustandsprognosemodell LSW Straße
Wandelemente / Paneele: Holz**



**Abbildung 10: Zustandsprognosemodell LSW Straße
Wandelemente / Paneele: Sonstige Materialien**

Die nächste Gruppe der Modelle bezieht sich auf den Verkehrsweg Schiene. Im Unterschied zur Straße ergeben sich auf der Grundlage der statistischen Auswertungen drei unterschiedliche Kategorien von Modellen in Abhängigkeit vom Material der Wandelemente bzw. Paneele. Die Modelle können der nachfolgenden Tabelle 9 sowie der Abbildung 11, Abbildung 12 und Abbildung 13 entnommen werden. Auch für diese Modelle wurden die Grundlagen der RVS 13.05.11 [17] herangezogen.

Tabelle 9: Generelle Zustandsprognosemodelle Lärmschutzwände Schiene angelehnt an [18]

Zustandsnote	Von Alter [Alter]	Bis Alter [Jahre]
Schiene, Wandelemente/Paneele aus Holz		
1	0	3
2	4	11
3	12	15
4	16	19
5	20	-
Schiene, Wandelemente/Paneele aus Beton		
1	0	5
2	6	16
3	16	25
4	26	29
5	30 (35 ¹⁾)	-
Schiene, Wandelemente/Paneele aus sonstigen Materialien		
1	0	5
2	6	14
3	15	20
4	21	24
5	25 (30 ²⁾)	-

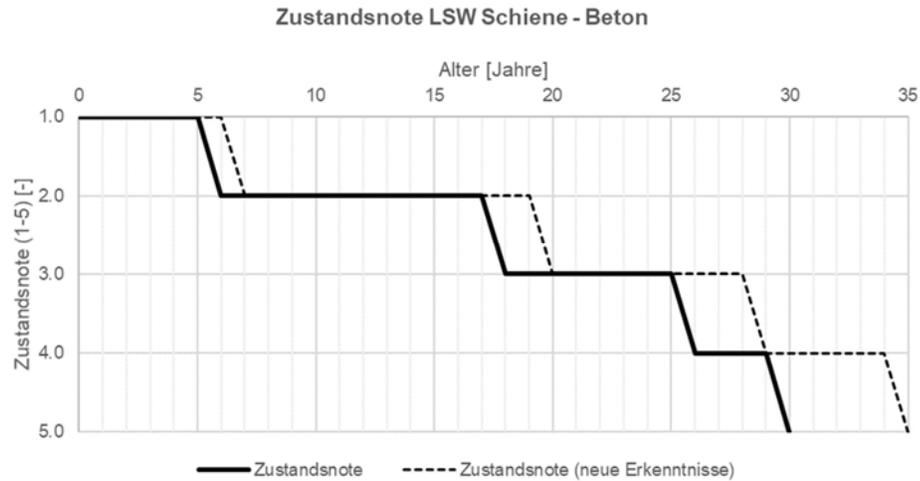
1) Holzbeton und Beton (neue Erkenntnisse)

2) Aluminium (neue Erkenntnisse)

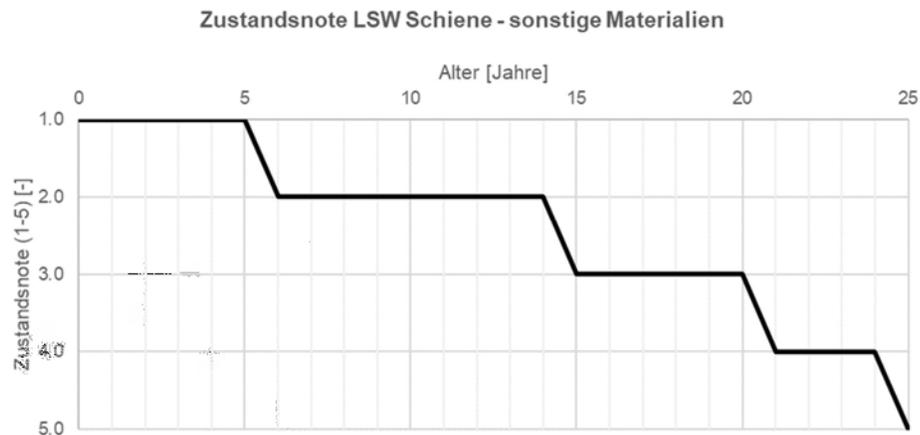
Die Klammerwerte beziehen sich auf aktuelle Erkenntnisse des Auftraggebers ÖBB, die gegen Ender der Projektlaufzeit im Jahr 2021 gewonnen werden konnten und somit auch hier aufgelistet sind. Dies zeigt auch, dass eine laufende Evaluierung dieser Daten unbedingt notwendig ist.



**Abbildung 11: Zustandsprognosemodell LSW Schiene
Wandelemente / Paneele: Holz**



**Abbildung 12: Zustandsprognosemodell LSW Schiene
Wandelemente / Paneele: Beton**



**Abbildung 13: Zustandsprognosemodell LSW Schiene
Wandelemente / Paneele: Sonstige Materialien**

Das Material der Wandelemente bzw. Paneele spielt auch bei der Auswahl der generellen Zustandsprognosefunktionen für den Verkehrsweg Schiene die maßgebende Rolle. Auch hier müssen im Rahmen der praktischen Anwendung die Objekte individuell betrachtet werden, sodass jedem Objekt ein kalibriertes Modell zugeordnet werden kann. Hierfür ist entweder der berechnete Gesamtwert verantwortlich oder die im Rahmen der visuellen Zustandserfassung ermittelte Gesamtnote des Objekts.

4.3 Modul Erhaltungsmaßnahmen

4.3.1 Allgemeines

Auf der Grundlage der Ergebnisse der statistischen Auswertung ist es auch möglich, einen standardisierten Maßnahmenkatalog zu erstellen. Grundsätzlich soll die Gliederung der Erhaltungsmaßnahmen in Abhängigkeit von der Art des Materials, dem jeweils betroffenen Bauteil oder der Art der Anlage erfolgen. Darüber hinaus werden die Erhaltungsmaßnahmen in Abhängigkeit vom Detaillierungsgrad der zur Verfügung stehenden Daten mit Einheitspreisen versehen, die eine Abschätzung von möglichen Erhaltungskosten über eine größere Anzahl von Lärmschutzwänden ermöglichen.

Aus den bisherigen Diskussionen im Projekt sowie unter Heranziehung der im **ANHANG B** dargestellten Ergebnisse können folgende Randbedingungen für den Katalog von Erhaltungsmaßnahmen abgeleitet werden:

- Der maßgebende Bauteil für die Durchführung von Erhaltungsmaßnahmen sind die Paneele, wobei vor allem bei der Holzbauweise der Austausch den Lebenszyklus maßgebend beeinflusst.
- Instandsetzungsmaßnahmen werden dann vorgenommen, wenn im Bereich der Straße Anfahrtschäden zu verzeichnen sind bzw. wenn es sich um vereinzelte Schäden handelt, die noch keinen umfangreichen Austausch von maßgebenden Bauteilen mit sich ziehen.
- Instandhaltungsmaßnahmen werden nur vereinzelt vorgenommen, beinhalten kleinere Ausbesserungen an den tragenden Teilen und werden zur Sicherstellung der Funktionalität der Ausrüstung vorgenommen.
- Die Instandsetzung bzw. Erneuerung von LSW ist wesentlich von den Erhaltungsmaßnahmen im Bereich der Fahrbahn abhängig. Bei Erneuerungen werden bei der ASFINAG in den meisten Fällen aufgrund von erhöhten Anforderungen auch die LSW erneuert. Da dies fast immer mit einer Erweiterung (z.B. Erhöhung der LSW) verbunden ist, müssen neben den Paneelen auch fast immer die Fundamente und Tragkonstruktionen ersetzt (erneuert) werden. Bei der ÖBB werden hingegen bei Erneuerungen oft nur die Paneele getauscht.

4.3.2 Erhaltungsmaßnahmenkatalog

Die nachfolgende Tabelle 10 zeigt die Grundstruktur des Maßnahmenkatalogs für LSW unter Heranziehung der Gliederung der Bauteile nach RVS 13.03.71 [11]. Die Grundstruktur bezieht sich auf den Regelfall und kann sowohl für die Straße als auch für Schiene herangezogen werden.

Tabelle 10: Grundstruktur Maßnahmenkatalog

Maßnahmenkategorie	Bauteil	Maßnahmenbeschreibung
Instandhaltung (Wartung)	Gründung und Fundamente	keine
	Konstruktion	keine
	Paneele	Beseitigung einzelner (punktuel- ler) Schäden und Bewuchs
	Ausrüstung	Maßnahmen zur Sicherstellung der Funktion der Ausrüstung
Instandsetzung	Gründung und Fundamente	keine
	Konstruktion	Oberflächliche Instandsetzungen (Betoninstandsetzungen, Korrosionsschutz, etc.)
	Paneele	Austausch oder Instandsetzung einzelner Paneele oder Wandelemente (= Erneuerung Wandelemente / Paneele)
	Ausrüstung	Austausch von Ausrüstungsteilen
Erneuerung	Gründung und Fundamente	Erneuerung der gesamten LSW ggf. inkl. Fundamente und Gründungen aufgrund von erweiterten Anforderungen (vor allem bei ASFINAG)
	Konstruktion	
	Paneele	
	Ausrüstung	

Der Modul Erhaltungsmaßnahmenkatalog liefert gemeinsam mit den Prognosemodellen den Vorschlag für die Gestaltung bzw. Auswahl der standardisierten Lebenszyklen, wiederum in Abhängigkeit vom Verkehrsweg und den Materialien.

4.3.3 Kostenmodell für Portfolioanalysen und Langfrist-Prognose der RI Kosten

Die im vorliegenden Projekt SMART NOISE entwickelten Degradationsmodelle sowie die darauf aufbauende, näherungsweise Langfrist-Prognose der RI Maßnahmen (Realisierungsmengen) auf Portfolioebene (beides siehe Kapitel 4.2) bilden die Grundlage für eine komplementäre, näherungsweise Langfrist-Prognose der RI Maßnahmen in Form von Kosten pro Jahr – wiederum für ganze LSW Bestände (Land NÖ/ASFINAG/ÖBB).

Dazu wurde ein reines ein RI-Kostenmodell entwickelt. Es werden daher lediglich Reinvestitionen (=Tauschmaßnahmen) abgebildet, d.h. während der technischen Nutzungsdauer sind keine tiefgreifenden Eingriffe vorgesehen. Gleichzeitig wird angenommen, dass während der TND vorbeugende, lokale Instandhaltungsmaßnahmen vorgenommen werden. Diese Voraussetzung ist in den entwickelten Degradationsfunktionen bereits (Kapitel 4.2.4) beinhaltet.

Das entwickelte Kostenmodell in Form von entwickelten Benchmark-Kosten je Infrastruktur-Betreiber und Material wird auf den bereits erwähnten Erhaltungsvorschlag angewendet,

indem die prognostizierten Reinvestitionsflächen (in m²) pro Jahr und Material mit dem entsprechenden Kostenmodell (in €/m²) verknüpft werden.

Es entsteht eine Prognose der näherungsweise zu erwartenden Finanzmittel für jedes Jahr des Prognose-Zeitraumes (2019 – 2034).

Zur Erstellung eines belastbaren Kostenmodells wurden folgende Annahmen getroffen:

- Der Gesamtanlagentausch (inkl. Steher & Fundamente) kann auf der Kostenseite nachweislich mit dem Paneeltausch gleichgesetzt werden (eine detailliertere Berücksichtigung ist aufgrund der nachweislichen, potenziellen Streuung der detaillierten Elementkosten nicht sinnvoll und ermöglicht diese hinreichende Vereinfachung).
- RI – Einheitspreise werden pro Quadratmeter zu erneuernder Lärmschutzwand ausgewiesen (spezifisch für die definierten Hauptmaterialgruppen der Paneele).
- Die RI – Einheitspreise werden in der vorliegenden Betrachtung als Realwerte angegeben (harmonisierte, auf 2021 valorisierte Preisbasis).

Die Vorgehensweise zur Ermittlung eines belastbaren Kostenmodells sowie dessen Anwendung auf die zu untersuchenden LSW-Gesamtbestände (Datenbank-Auszüge) von ASFINAG, ÖBB und Land NÖ kann der nachfolgenden, chronologischen Auflistung entnommen werden:

A. Sammlung von Einheits-Preisen aus zur Verfügung stehenden Quellen

Aus den zur Verfügung stehenden Unterlagen wurden die jeweils angeführten Kosten für die Errichtung von Lärmschutz ermittelt (siehe **ANHANG C**). Verschiedene Angaben wurden verglichen. Die folgenden Quellen wurden zur Ermittlung herangezogen:

- *ASFINAG Baukennzahlen 2017*
- *RVS 13.05.11 Lebenszykluskostenermittlung für Brücken: Österreichische Forschungsgesellschaft Straße/Schiene/Verkehr; März 2017*
- *Referenzprojekt-Datenbank FCP.VCE*
- *ÖBB Unterlagen zum Bautechnischen Kurs „Erhaltungsstrategien Oberbau“ (2008) [19]*
- *Referenzprojekt FCP/ÖBB (2020) im Rahmen der Arbeitsgruppe Brückenbau - Evaluierung der sog. STANDARDERHALTUNGSPÄNE (STEPS) im Zuge der Überarbeitung der Technische Grundlage für den Gewichteten km im ÖBB STRECKENNETZ*
- *ÖBB Leistungsverzeichnis LK Infrastruktur SAE 2016*

i) Definition der Anforderungen an festzulegende Benchmark-Kosten

Die festzulegenden RI – Kosten wurden auf Preisbasis 2021 für die Errichtung von Lärmschutzwänden als eigenständige Maßnahme inklusive aller nötigen Aufschläge angegeben (ohne Berücksichtigung von Kosten für Nicht-Verfügbarkeit,). Da im Sinne einer Reinvestition auch die bestehenden Anlagen abgetragen werden müssen, werden Kosten für den Abtrag in die Benchmark-Kosten eingerechnet.

ii) Valorisierung der ermittelten Preis-Benchmarks

Um die aus den unterschiedlichen, angeführten Quellen ermittelten Kosten vergleichbar zu machen, wurden diese auf das Jahr 2021 valorisiert. Der angewendete Veränderungsprozentsatz r liegt bei $r = 2,5 \%$.

$$FV = PB \cdot (1 + r)^n$$

FV... Valorisierter Preis

PB... Preisbasis

r ... Veränderungsprozentsatz (2,5 %)

n ... Anzahl der Jahre

iii) Beaufschlagung mit Baustellengemeinkosten + Verwaltungskosten

Wo in den Kosten aus den verschiedenen Quellen keine Baustellengemeinkosten bzw. Verwaltungskosten enthalten waren, wurden diese gemäß RVS 13.05.11 mit einem Faktor von 25 % beaufschlagt.

iv) Berücksichtigung der Abtrags-Kosten

Aus den vorliegenden Benchmark - Kosten von Lärmschutzmaßnahmen im Rahmen von Straßeninfrastruktur (Quelle: ASFINAG Baukennzahlen 2017) wurde für den Abtrag ein Aufschlag von 36 % gegenüber den reinen Errichtungskosten errechnet (siehe **ANHANG C**). Dieser Aufschlag wurde in weiterer Folge sowohl für LSW-Anlagen der Straßen- als auch der Schieneninfrastruktur wurden mit dem ermittelten Abtrags-Faktor beaufschlagt.

B. Vergleich der ermittelten Kostenangaben

Die ermittelten Kosten wurden jeweils für die Infrastrukturgruppen „Straße“ und „Schiene“ als infrastrukturenspezifische Benchmarks sowie innerhalb dieser beiden Systeme auch materialspezifisch für die definierten Materialgruppen ermittelt.

C. Plausibilisierung der Benchmark-Preise

Durch umfassende Vergleiche innerhalb der angeführten Quellen wurde sichergestellt, dass die ermittelten Benchmark-Preise zuverlässig, marktkonform und aktuell sind.

D. Identifikation von Unsicherheiten

Der Gesamtanlagentausch (inkl. Steher & Fundamente) auf Kostenseite kann aufgrund der im Zuge der Erhebungen festgestellten Streuung der Elementkosten nachweislich mit dem Paneeltausch gleichgesetzt werden (eine weitere Detaillierung würde eine vermeintliche Erhöhung der Genauigkeit mit sich bringen, die deutlich kleiner als die Streubreite der zu erwartenden Ergebnisse infolge der Hauptkostengruppen wäre).

E. Festlegung Infrastruktur-, und materialspezifischer Benchmark-Kosten

Die ermittelten Benchmark - Kosten für RI-Maßnahmen von Lärmschutzanlagen im System Straße bzw. Schiene wurden für die verschiedenen Materialien überprüft. Es wurde festgestellt, dass es zwischen den einzelnen Hauptmaterialgruppen kaum nennenswerte Unterschiede gibt, sodass eine Material-übergreifende Gesamt-Benchmark (ausgenommen Glas) festgelegt wurde und zur Anwendung kommt. Für Lärmschutzwand-Anlagen aus Glas (Acrylglas etc.) entstehen wesentlich höhere Errichtungskosten (Faktor ca. 1,82). Es wurde angenommen, dass der Anteil für den Abtrag bei der Materialgruppe Glas gleiche Kosten aufweist, wie im Falle der anderen Materialien.

Im System Schiene ist der Anteil der Glasflächen vernachlässigbar klein.

Die festgelegten Benchmark-Kosten für LSW-Reinvestitionsmaßnahmen für das Bezugsjahr 2021 sind in Tabelle 11 angeführt.

Tabelle 11: Benchmark-Kosten (Bezugsjahr 2021, Errichtung und Abtrag, ohne Kosten infolge Nicht-Verfügbarkeit) für die Infrastrukturgruppen Straße und Schiene – untergliedert nach Material und incl. der Information der Auftretenshäufigkeit je Infrastrukturbetreiber (portfolio-Gewichtung), Kostenquellen und Details siehe Punkt A sowie Anhang D

Datenbank-Bezeichnung je Erhalter				Schiene		Straße	
Land Nieder- österreich	ÖBB- Infrastrukturu r AG	ASFINAG	Bezugsjahr	Gesamtkosten	Bezugsjahr	Gesamtkosten	
% des Datensatzes			€/m ²		€/m ²		
1 Benchmark							
100%	100%	100%	2021	489	2021	294	
2 ALUMINIUM							
22%	36%	25%	2021	489	2021	294	
3 BETON							
15%	31%	26%	2021	489	2021	294	
4 GLAS							
4%	0%	4%	-	-	2021	471	
5 HOLZ							
25%	23%	41%	2021	489	2021	294	
6 SONSTIGE							
35%	10%	5%	2021	489	2021	294	

F. Anwendung der ermittelten Benchmark-Kosten auf Portfolio-Gesamtbestände

Ausgehend vom letztgültigen Prüfzeitpunkt und dem zugehörigen Erhaltungszustand wurde die erstellte, näherungsweise Langfrist-Prognose der RI Maßnahmen gemäß **Kapitel 4.2 in Form von Realisierungsmengen** mit den entsprechenden Kosten-Benchmarks verschnitten (Anmerkung: Da der Datenbankauszug des Landes Niederösterreich keine Zustandsnoten beinhaltet, basieren die Degradationsprognosen ausschließlich auf dem in der Datenbank hinterlegten Errichtungsjahr).

G. Erstellung einer RI-Kostenprognose (2019 – 2034)

Die ermittelten Benchmark-Kosten für die Infrastrukturgruppen „Straße“ und „Schiene“ wurden auf die näherungsweise Langfrist-Prognose der RI Maßnahmen (Realisierungsmengen) appliziert, um so eine mittelfristige Kostenprognose für einen Zeitraum von 15 Jahren (2019 – 2034) zur Verfügung zu stellen. Abbildung 14 zeigt die prognostizierten Kosten exemplarisch für den LSW Anlagenbestand der ASFINAG.

Zur Identifikation von investitionsstarken Zeit-Korridoren wurde die erstellte Kostenprognose grafisch als Zeitreihe in Abbildung 15 dargestellt. Die zusätzliche Aufteilung der anfallenden RI-Kosten je Materialgruppe identifiziert die Materialgruppe Holz als größten Treiber der Kosten (ASFINAG:75 % der Kosten, ÖBB: 62 %. Land Niederösterreich: 62 %).

Kosten der RI aller Zustandsnoten der kommenden Jahre gemäß Degradationsverlauf (auf Grundlage der Datenbank-Auszüge 2019):

DB ASFINAG										
REINVEST & ALLE ZUSTANDNOTEN & DEGRADATIONSVERLAUF (anhand letztem Prüfzeitpunkt)										
Kosten [€]										
	bis 2019	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025-2029	2030-2034	SUMME
GESAMTE MATERIALIEN	46 937 840	18 483 883	24 581 278	41 191 370	273 273	20 572 046	31 760 973	160 523 461	92 837 121	437 161 245
Σ akkumuliert	46 937 840	65 421 723	90 003 001	131 194 371	131 467 644	152 039 690	183 800 663	344 324 124	437 161 245	
davon Aluminium	11 861 365	1 201 284	0	0	0	0	394 107	27 062 797	4 296 851	44 816 405
davon Beton	2 085 398	3 954 447	0	0	0	420 596	4 028 347	18 663 430	9 771 237	38 923 455
davon Glas	2 599 920	0	0	0	0	0	0	14 418 393	967 670	17 985 983
davon Holz	29 785 129	13 328 152	24 581 278	41 191 370	273 273	19 408 660	27 095 969	97 189 805	75 083 936	327 937 572
davon Kunststoff	100 548	0	0	0	0	0	0	3 058 738	345 450	3 504 736
davon Sonstiges	505 480	0	0	0	0	742 790	242 550	130 298	2 371 977	3 993 095
davon Unbekannt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% vom Gesamtportfolio	4,96%	1,95%	2,60%	4,35%	0,03%	2,17%	3,36%	16,97%	9,81%	46,21%
% akkumuliert	4,96%	6,92%	9,51%	13,87%	13,90%	16,07%	19,43%	36,40%	46,21%	

ANM.: TND lt. RVS 13.05.11 = 40 Jahre ; ausgenommen Material Holz = 20 Jahre
 ANM.: Restlebensdauer der LSW mit Zustandsnote 1 gemäß Degradationsmode II: 40 Jahre (Holz), bzw. 20 Jahre (Sonstige Materialien exkl. Holz)
 ANM.: Restlebensdauer der LSW mit Zustandsnote 2 gemäß Degradationsmode II: 32 Jahre (Holz), bzw. 16 Jahre (Sonstige Materialien exkl. Holz)
 ANM.: Restlebensdauer der LSW mit Zustandsnote 3 gemäß Degradationsmode II: 16 Jahre (Holz), bzw. 8 Jahre (Sonstige Materialien exkl. Holz)
 ANM.: Restlebensdauer der LSW mit Zustandsnote 4 gemäß Degradationsmode II ab PZP: 4 Jahre

Realwerte (harmonisierte, auf
2021 valorisierte Preisbasis)

Abbildung 14: RI-Kostenprognose für das LSW-Portfolio der ASFINAG als tabellierte Zeitreihe

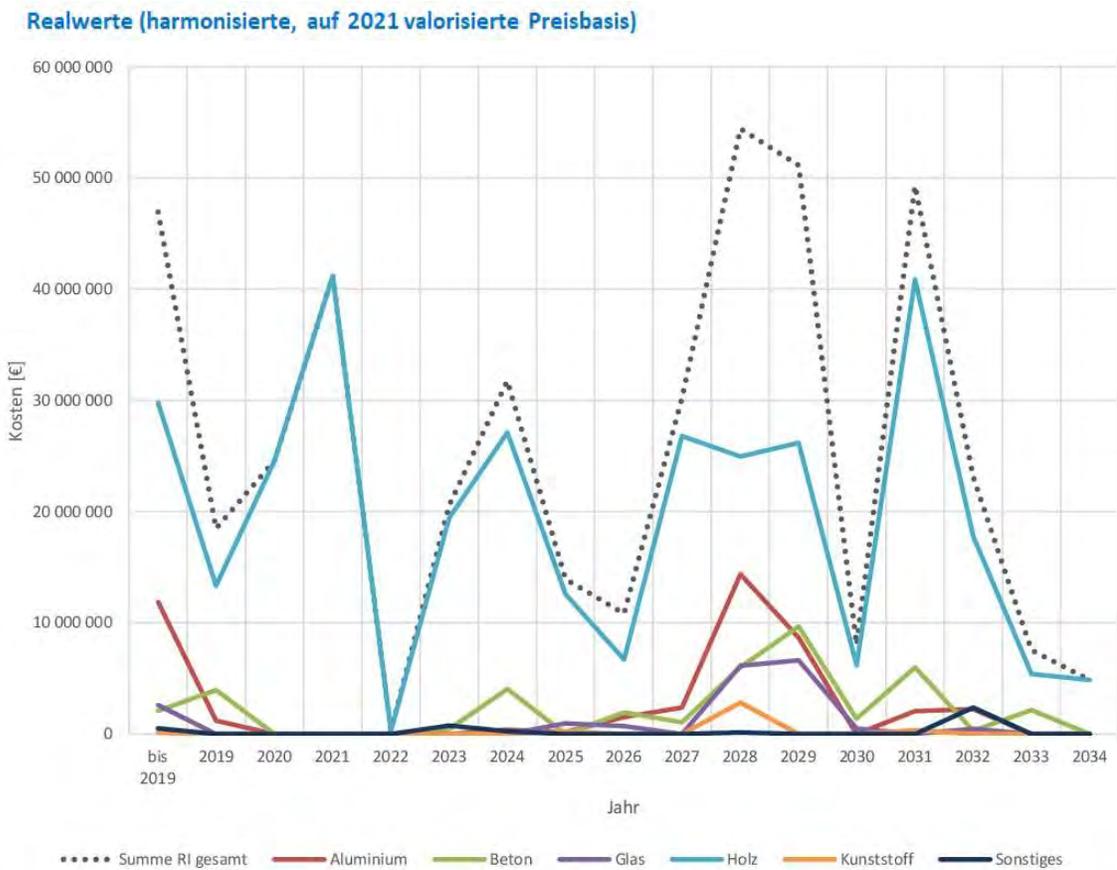


Abbildung 15: RI-Kostenprognose für das LSW-Portfolio der ASFINAG als grafische Zeitreihe (Fokus zugrundeliegende Hauptmaterialgruppen)

H. Weiterführende Analysen

Für die Datenbestände der ASFINAG und ÖBB, für die Zustandsnoten vorliegen, konnten in einem weiteren Schritt jeweils die Anteile der Zustandsnoten (Stand 2019) an den prognostizierten Kosten ermittelt werden.

Für den Datenbankauszug der ASFINAG (Abbildung 16) konnten Bauwerke der Zustandsnote 3 als hauptsächliche Treiber der Reinvestitions-Prognose 2019-34 identifiziert werden (die Zustandsnote 3 steht als Auslöser für 46,85 % der entstehenden RI-Kosten). Ein deutlich geringerer Anteil von 10,96 % der Kosten resultiert aus LSW-Anlagen der Zustandsnote 4. Diese Umstände sind eine Folge des im Zuge der Portfolio-Degradationsanalyse festgestellten, planmäßigen Erhaltungszustands (siehe **ANHANG B**).

DB ASFINAG	
Note 1	8,81%
Note 2	33,39%
Note 3	46,85%
Note 4	10,96%

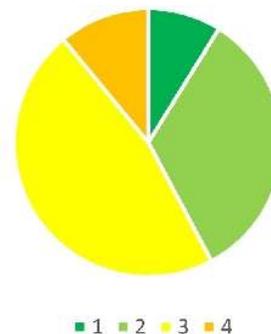


Abbildung 16: Anteile der prognostizierten Reinvestitionskosten je Bauwerksnote für den Datenbankauszug der ASFINAG (Stand 2019)

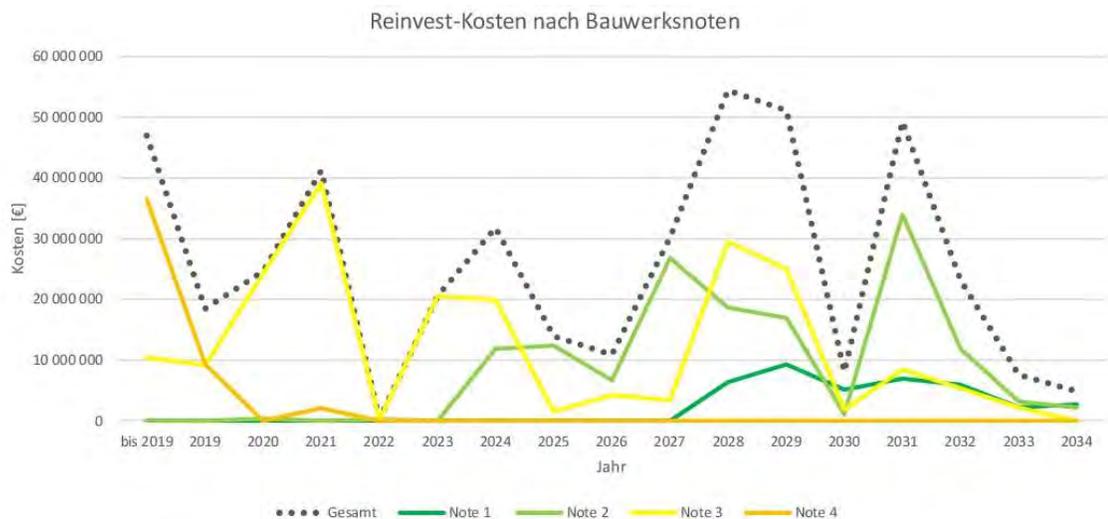


Abbildung 17: RI-Kostenprognose für das LSW-Portfolio der ASFINAG als grafische Zeitreihe - (Fokus auslösender Erhaltungszustand)

Für den Datenbankauszug der ÖBB (Abbildung 18) konnten Bauwerke der Zustandsnote 2 als hauptsächliche Treiber der Reinvestitions-Prognose 2019-34 identifiziert werden (die Zustandsnote 2 steht als Auslöser für 48,63 % der entstehenden RI-Kosten). Ein deutlich geringerer Anteil von 5,06 % der Kosten resultiert aus LSW-Anlagen der Zustandsnote 4. Diese Umstände sind eine Folge des im Zuge der Portfolio-Degradationsanalyse festgestellten, tendenziell überplanmäßigen Erhaltungszustands (siehe **ANHANG B**).

Der im Vergleich zum ASFINAG Portfolio bessere Erhaltungszustand der LSW-Anlagen der ÖBB lässt sich insbesondere auf die folgenden Umstände zurückführen:

- (1) Robustere Konstruktionsweise durch die größeren, aufzunehmenden (aerodynamischen) Lasten
- (2) Kaum Streusalzeinfluss (nur indirekt aus ggf. benachbarter Straßeninfrastruktur).

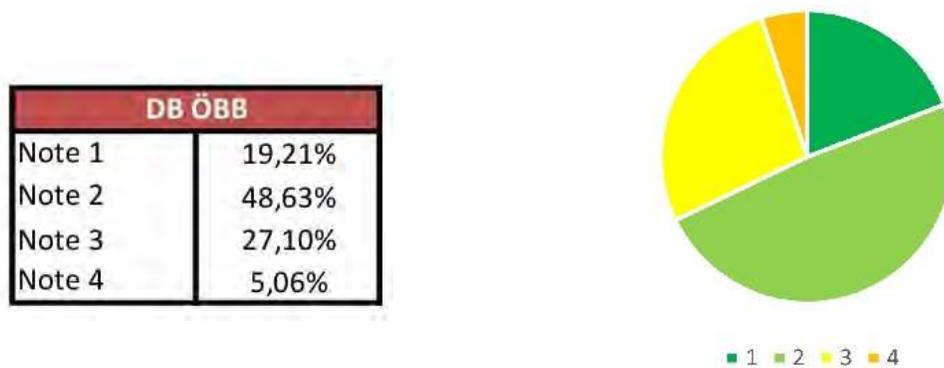


Abbildung 18: Anteile der prognostizierten Reinvestitionskosten je Bauwerksnote für den Datenbankauszug der ÖBB (Stand 2019)

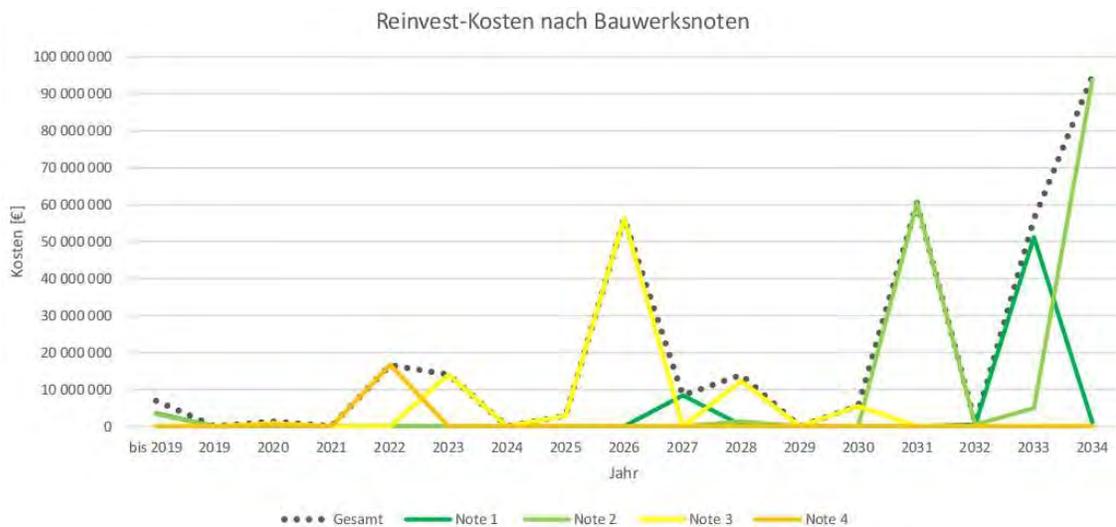


Abbildung 19: RI-Kostenprognose für das LSW-Portfolio der ASFINAG als grafische Zeitreihe - (Fokus auslösender Erhaltungszustand)

4.4 Zusammenfassung zu den Erkenntnissen der Langfrist-Prognose

4.4.1 Aufgabenstellung

Das ausgearbeitete **SMART NOISE-Prognosemodell** wurde auf die 3 zur Verfügung gestellten Datensätze (LSW-Gesamtbestände Land NÖ/ASFINAG/ÖBB) angewandt. Der vordergründig untersuchte **Betrachtungszeitraum** bezieht sich auf den Zeitabschnitt 2019 bis 2034, d.h. **auf 15 Jahre**.

- Für die 5 definierten Material-Hauptgruppen wurden jeweils unterschiedliche Degradationsmodelle (TND 20-40 Jahre) entwickelt
- Es hat sich gezeigt, dass für Prognoserechnungen auf Portfolio-Ebene ein material-übergreifend, weitgehend gleiches Kostenmodell angesetzt werden kann (Ausnahme Glas)

4.4.2 Ergebnisse

LCM Prognose der mittelfristigen RI-Interventionen (binnen 15 Jahren) in Form eines Mengengerüsts & Kosten auf Gesamt-Netzebene für ein näherungsweise Berechnungs-Szenario.

- Die vorliegende Simulationsrechnung versteht sich v.a für die Verwendung bei den folgenden beiden Aspekten
 - 1) Sensibilisierung für die zukünftig tatsächlich notwendigen Mittel für ein mittelfristiges LCM
 - 2) Herausarbeiten/Priorisieren der anstehenden, "investitionsstarken" Jahre unter Berücksichtigung eines ausreichend weit gefassten Betrachtungshorizontes

4.4.3 Wesentliche Erkenntnisse

- Holz stellt derzeit einen relevanten Faktor innerhalb der untersuchten LSW-Inventarisierung dar, d.h. es liegen hohe Anteile (20-40%) an den jeweiligen, aktuellen LSW-Gesamtbeständen vor.
- Holz stellt die älteste Materialgruppe dar und weist tendenziell den schlechtesten Erhaltungszustand aller untersuchten Materialien auf.
- Holz befindet sich derzeit – je nach Betreiber - tendenziell am Ende seiner TND (~20 Jahre gemäß RVS 13.05.11) oder bereits darüber
- Holz stellt aufgrund des vorliegenden Anteils der Anlagen in den Zustandsnoten 4 und 3 die derzeit maßgeblichste Materialgruppe in Hinblick auf die in näherer Zukunft zu erwartenden Reinvestitions-Zeitpunkte (Erneuerungen) dar.

- Die ermittelten Anteile an RI-Kosten für die Holz-Anlagen korrespondieren mit der Gewichtung dieser Materialgruppe innerhalb der Gesamtportfolien, wobei aufgrund der kürzeren technischen Nutzungsdauer von 20 Jahren mit einer etwa doppelt so hohen Kosten-Gewichtung gegenüber der Inventar-Gewichtung zu rechnen war. Dies wurde bestätigt (siehe Tabelle 12).
 - Land NÖ (Portfolioanteil 25% => Kostenanteil Holz 62%)
 - ASFINAG (Portfolioanteil 48% => Kostenanteil Holz 75%)
 - ÖBB (Portfolioanteil 24% => Kostenanteil Holz 63%)
- Weitere Beiträge zu einer höheren Gewichtung der Holzkosten ergeben sich aus dem gewichteten Erhaltungszustand (= Relation Zustand/Alter) gegenüber den anderen Materialgruppen.

Tabelle 12: Betreiber-übergreifender Vergleich zur Portfolio-Analyse: Material-Gewichtung innerhalb der Inventarisierung & Gewichtung der Ergebnisse der Prognoserechnungen: Realisierungsmengen (Erhaltungsflächenanteil) bzw. Kosten (Erhaltungskostenanteil)

Materialgruppe	Land Niederösterreich			ÖBB			ASFINAG		
	Anteil DB	Anteil Erhaltungsflächen	Anteil Erhaltungskosten	Anteil DB	Anteil Erhaltungsflächen	Anteil Erhaltungskosten	Anteil DB	Anteil Erhaltungsflächen	Anteil Erhaltungskosten
	%			%			%		
Aluminium	21,8	6,0	5,9	36,0	23,2	23,2	25,2	10,4	10,3
Beton	15,2	5,8	5,7	31,2	2,1	2,1	25,6	9,0	8,9
Glas	3,8	2,2	3,5	0,0	0,0	0,0	4,0	2,6	4,1
Holz	24,5	63,2	62,4	22,8	61,8	61,8	40,5	76,2	75,0
Kunststoff	0,0	0,0	0,0	1,6	3,8	3,8	0,8	0,8	0,8
Sonstiges	34,8	22,8	22,5	4,5	7,8	7,8	3,9	0,9	0,9
Unbekannt	0,0	0,0	0,0	3,8	1,3	1,3	0,0	0,0	0,0

Sämtliche Ergebnisse der detaillierten Analysen zur Langfrist-Prognose der RI Maßnahmen (Realisierungsmengen & Kosten) für ganze LSW Portfolien können getrennt für die drei Betreiber Land NÖ/ASFINAG/ÖBB in tabellarischer und grafischer Form im **ANHANG B & ANHANG C** nachvollzogen werden.

4.5 Modul Nichtverfügbarkeit

4.5.1 Allgemeines

Wie bereits erwähnt, ist der Modul für die Nichtverfügbarkeit eine komplementäre Form zum Modul Zustandsprognose und zum Modul Erhaltungsmaßnahmenkatalog. Dabei werden grundsätzlich zwei Ansätze diskutiert, die einerseits die Wirkungen einer „geplanten“ Erhaltungsmaßnahme auf die Streckenverfügbarkeit des Verkehrsweges betreffen und andererseits die möglichen Auswirkungen von „ungeplanten“ Erhaltungsaktivitäten bewerten.

4.5.2 Nichtverfügbarkeit infolge geplanter Erhaltungsmaßnahmen

Liegen die Detailinformationen für die Durchführung einer Erhaltungsmaßnahme vor (Art der Maßnahmen, Dauer der Maßnahme, etc.), so kann eine Abschätzung der Auswirkungen auf die Streckenverfügbarkeit inkl. einer monetären Bewertung grundsätzlich vorgenommen werden. Eine wesentliche Voraussetzung für eine solche monetäre Bewertung ist jedoch das Vorhandensein von entsprechenden Kostenansätzen für die Nichtverfügbarkeit einer Strecke oder eines Streckenabschnittes, wenn tatsächlich eine Sperre erforderlich ist. Dabei sind in erster Linie die direkten Kosten der Verfügbarkeitseinschränkung, die dem Erhalter (ASFINAG, Land, ÖBB) „direkt“ anfallen, zu berücksichtigen. Im Bereich der Autobahnen und Schnellstraßen kann dies über den Entgang von Mauteinnahmen quantifiziert werden und im Bereich der Schiene durch einen Entfall von Einnahmen auf der Grundlage der Berechnung der Trassenpreise. Auf den Landesstraßen ist eine solche Berechnung von direkten Kosten nur dort möglich, wo ebenfalls Maut eingehoben wird und diese bei einer Sperre entfallen würde.

Die nachfolgende Tabelle 13 zeigt die mögliche Art der Beeinträchtigung unter Heranziehung der Gliederung der Bauteile nach RVS 13.03.71 [11] und der in Tabelle 10 beschriebenen Grundstruktur des Maßnahmenkatalogs.

Tabelle 13: Grundstruktur Maßnahmenkatalog und Beeinträchtigung

Maßnahmen-kategorie	Bauteil	Beschreibung der Beeinträchtigung
Instandhaltung (Wartung)	Gründung und Fundamente	keine Maßnahmen
	Konstruktion	
	Paneele	Keine Beeinträchtigung bzw. Durchführung der Arbeiten außerhalb von maßgebenden Betriebszeiten oder außerhalb von Zeiten mit hoher Verkehrsbelastung
	Ausrüstung	
Instandsetzung	Gründung und Fundamente	keine Maßnahmen
	Konstruktion	Keine Beeinträchtigung bzw. Durchführung der Arbeiten außerhalb von maßgebenden Betriebszeiten oder außerhalb von Zeiten mit hoher Verkehrsbelastung
	Paneele	
	Ausrüstung	
Erneuerung	Gründung und Fundamente	<ul style="list-style-type: none"> • Keine direkte Beeinträchtigung sofern im Rahmen der Durchführung von Erneuerungen bzw. Generalsanierung der angrenzenden Fahrbahn • Ausschließliche Erneuerung LSW <ul style="list-style-type: none"> ○ Autobahn / Schnellstraße: Sperre des angrenzenden befestigten Seitenstreifens (Abstellstreifen) sowie Geschwindigkeitsreduktion im Baustellenbereich auf 80km/h ○ Landesstraße: Sperre des angrenzenden Fahrstreifens sowie Geschwindigkeitsreduktion im Baustellenbereich (30km/h) und Einrichtung Gegenverkehrslösung ○ Schiene: Sperre des angrenzenden Gleises bei zumindest zweigleisiger Streckenführung und Einrichtung einer Langsamfahrstrecke oder komplette Streckensperre außerhalb der maßgebenden Betriebszeiten
	Konstruktion	
	Paneele	
	Ausrüstung	

Gerade im Bereich der Straße kann in den meisten Fällen auf eine Vollsperrung verzichtet werden. Durch die Einrichtung einer entsprechenden Verkehrsführung im Baustellenbereich ist die (eingeschränkte) Verfügbarkeit der Strecke fast überall gegeben und somit kann auch ein Mautentgang in fast allen Fällen ausgeschlossen werden (z.B. sind bei längeren Baustellendauern auch die Mautgantries im ASFINAG-Netz entsprechend zu adaptieren). Direkte Kosten für eine eingeschränkte Verfügbarkeit (ohne Vollsperrung) ergeben sich derzeit im Bereich der Straße nur auf Konzessionsstrecken (z.B. Bonaventura PPP-Y im Netz der ASFINAG) und werden im Rahmen der gegenständlichen Berechnung aufgrund des generellen Ansatzes ausgeklammert.

Eine differenzierte Betrachtung ist im Bereich des Verkehrswegs Schiene erforderlich. Erlaubt eine zwei- oder mehrgleisige Strecke ebenfalls noch eine „Verkehrsumlegung“ vom durch die Maßnahme betroffenen Gleis auf ein anderes verfügbares Gleis, so kann bei eingleisigen Strecken durchwegs die Vollsperrung des Verkehrswegs für die Durchführung der Erhaltungsmaßnahme an der Lärmschutzwand notwendig sein.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt ist natürlich die Zusammenführung von Baumaßnahmen bzw. Erhaltungsmaßnahmen auf unterschiedlichen Anlagen (Oberbau, Brücken, etc.) zu einer anlagenübergreifenden Gesamtmaßnahme. Gerade bei umfangreichen Erhaltungsmaßnahmen, wie z.B. einer Generalsanierung, ist die Sanierung bzw. Erneuerung der Lärmschutzwand nur ein Teilaspekt des Projektes und die Kosten einer Nichtverfügbarkeit (sofern vorhanden) können nur anteilmäßig der Lärmschutzwand zugeordnet werden. Dieser Umstand sollte auf jeden Fall bei der Abschätzung der Kosten Berücksichtigung finden.

4.5.2.1 Berechnungsansatz Kosten Nichtverfügbarkeit Straßennetz

Um direkte Kosten infolge Nichtverfügbarkeit durch geplante Erhaltungsmaßnahmen an Lärmschutzwänden zu quantifizieren, müssen im Bereich der Straße folgende Voraussetzungen gegeben sein:

- Die Erhaltungsmaßnahme verursacht eine Vollsperrung des betroffenen Streckenabschnittes (über eine bestimmte Zeitperiode) und eine entsprechende Verkehrsführung zur Aufrechterhaltung des Verkehrs auf der Strecke ist nicht möglich.
- Die Erhaltungsmaßnahme bzw. das Erhaltungsmaßnahmenprojekt beinhaltet auch einen Baukostenanteil im Bereich einer Lärmschutzwand.
- Durch die Sperrung ergibt sich ein quantifizierbarer Mautentgang.
- Die Dauer der Erhaltungsmaßnahme (inkl. der notwendigen Zeiten für die Einrichtung und den Abbau der Baustelle) ist bekannt.

Unter Berücksichtigung dieser Randbedingungen lassen sich die Kosten einer Nichtverfügbarkeit im Bereich der ASFINAG wie folgt berechnen, wobei hier ausschließlich die direkten Kosten des Mautentgangs für den LKW-Verkehr (> 3,5 t hzG) in Rechnung gestellt werden können:

$$Kst_{NV,s} = \left(\sum_i DTLV_{i,s} \cdot MT_i \right) \cdot \frac{AVK_s}{100} \cdot \frac{Kst_{B,ges,LSW,s}}{Kst_{B,ges,s}} \cdot D_{M,s} \cdot L_s \quad \text{Gl. 4}$$

mit

- $Kst_{NV,s}$ Kosten Nichtverfügbarkeit am betroffenen Abschnitt s in €
- $DTLV_{i,s}$ Durchschnittlicher täglicher Lastverkehr der Kategorie i gem. Mauttarif auf dem betroffenen Abschnitt s in LKW/24h
- MT_i Mauttarif der Fahrzeugkategorie i auf dem betroffenen Abschnitt s in €/LKW km
- AVK_s Anteil des täglichen Verkehrs während der Sperrung in % ($AVK_s = 100\%$ bei einer Vollsperrung von 24h, AVK_s ergibt sich aus der Verteilung des täglichen Verkehrs)

- während der Sperrzeiten in Abhängigkeit von der mittleren Tagesganglinie des Abschnitts s)
- $K_{stB,ges,LSW,s}$ Gesamtbaukosten der Erhaltungsmaßnahme an der Lärmschutzwand auf dem Abschnitt s in €
- $K_{stB,ges,s}$ Gesamtbaukosten der gesamten Erhaltungsmaßnahme auf dem Abschnitt s in €
- $D_{M,s}$ Dauer der Maßnahme in Tagen d
- L_s Länge des von der Sperre betroffenen Abschnitts s in km

Der Faktor AVK ermöglicht die Modellierung von Sperren nur zu gewissen Zeiten während eines Tages (z.B. außerhalb der Verkehrsspitzen) und kann über die Verteilung des Verkehrs während des Tages (z.B. über die mittlere Tagesganglinie des betrachteten Abschnitts) abgeschätzt werden.

Grundsätzlich kann die obige Funktion auch auf Mautstrecken im Landesstraßennetz angewendet werden, wobei neben dem LKW-Verkehr möglicherweise auch andere Kraftfahrzeuge betroffen sind. Dies gilt grundsätzlich auch für die Sondermautstrecken im Netz der ASFINAG.

Durch den Quotienten aus Baukosten der Erhaltungsmaßnahme im Bereich der LSW und den Gesamtbaukosten des Erhaltungsprojekts kann auch dem Umstand Rechnung getragen werden, dass das Projekt mehrere Anlagen gleichzeitig betrifft.

4.5.2.2 Berechnungsansatz Kosten Nichtverfügbarkeit Schienennetz

In analoger Weise zu den Straßen können auch die Kosten einer Nichtverfügbarkeit im Schienennetz abgeschätzt werden. Dazu müssen folgende Voraussetzungen zutreffen:

- Die Erhaltungsmaßnahme verursacht eine Vollsperrung des betroffenen Streckenabschnittes (über eine bestimmte Zeitperiode) und eine entsprechende Verkehrsführung zur Aufrechterhaltung des Verkehrs auf der Strecke ist nicht möglich.
- Die Erhaltungsmaßnahme bzw. das Erhaltungsmaßnahmenprojekt beinhaltet auch einen Baukostenanteil im Bereich einer Lärmschutzwand.
- Durch die Sperre ergibt sich ein quantifizierbarer Entgang von Einnahmen zur Benutzung der Trasse.
- Die Dauer der Erhaltungsmaßnahme (inkl. der notwendigen Zeiten für die Einrichtung und den Abbau der Baustelle) ist bekannt.

Unter Berücksichtigung dieser Randbedingungen lassen sich die Kosten einer Nichtverfügbarkeit im Bereich der Schienen wie folgt berechnen. Dabei werden sowohl Güter- als auch Personenzüge berücksichtigt:

$$Kst_{NV,s} = \left(\sum_i DTGzV_{i,s} \cdot DT_{i,s} \cdot TP_{i,s} + DTPzV_s \cdot TP_{Pz,s} \right) \cdot \frac{AVK_s}{100} \cdot \frac{Kst_{B,ges,LSW,s}}{Kst_{B,ges,s}} \cdot D_{M,s} \cdot L_s \quad \text{Gl. 5}$$

mit

- Kst_{NV,s} Kosten Nichtverfügbarkeit am betroffenen Abschnitt s in €
- DTGzV_{i,s} Durchschnittlicher täglicher Güterzugverkehr der Kategorie i gem. Trassenpreis auf dem betroffenen Abschnitt s in Gz/24h (Anzahl der Güterzüge pro Tag)
- DTPzV_s Durchschnittlicher täglicher Personenzugverkehr auf dem betroffenen Abschnitt s in Pz/24h (Anzahl der Personenzüge pro Tag)
- DT_{i,s} Durchschnittliche Tonnage je Güterzug der Kategorie i auf dem betroffenen Abschnitt s
- TP_{i,s} Trassenpreis für die Güterzugkategorie i von auf dem betroffenen Abschnitt s in €/Gz t km
- TP_{Pz,s} Trassenpreis für Personenzüge auf dem betroffenen Abschnitt s in €/Pz km
- AVK_s Anteil des täglichen Verkehrs während der Sperre in % am Gesamtverkehr (AVK_s = 100% bei einer Vollsperrung von 24h, AVK_s ergibt sich aus der Verteilung des täglichen Verkehrs während der Sperrzeiten in Abhängigkeit von der mittleren Tagesganglinie des Abschnitts s)
- Kst_{B,ges,LSW,s} Gesamtbaukosten der Erhaltungsmaßnahme an der Lärmschutzwand auf dem Abschnitt s in €
- Kst_{B,ges,s} Gesamtbaukosten der gesamten Erhaltungsmaßnahme auf dem Abschnitt s in €
- D_{M,s} Dauer der Maßnahme in Tagen d
- L_s Länge des von der Sperre betroffenen Abschnitts s in km

Auch bei den Schienen ermöglicht der Faktor AVK die Modellierung von Sperren nur zu gewissen Zeiten während eines Tages (z.B. außerhalb der Verkehrsspitzen) und kann über die Verteilung des Verkehrs während des Tages (z.B. über die mittlere Tagesganglinie des betrachteten Abschnitts) abgeschätzt werden.

4.5.3 Ungeplante Erhaltungsmaßnahmen, Nichtverfügbarkeitsrisiko

Im Vergleich zu geplanten Erhaltungsmaßnahmen an Lärmschutzwänden und deren Auswirkungen auf die Nichtverfügbarkeit ist es sinnvoll und zweckmäßig, auch das Risiko einer Nichtverfügbarkeit einer Strecke aufgrund des Anlagenzustandes und der örtlichen Randbedingungen zu bewerten. Dies kann dabei einen maßgebenden Einfluss auf die Wahl der Erhaltungsstrategie, die Auswahl von Materialien sowie die Planungen im Rahmen von Erhaltungsprogrammen einnehmen.

Um dieses Risiko zu quantifizieren sind die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls der Anlage infolge des schlechten Zustandes und die daraus entstehenden Auswirkungen auf die betroffene Strecke (auf der Konsequenzseite) zu bewerten.

Um eine risikobasierte Aussage zu ermöglichen, muss das Risiko genau definiert werden. Unter Bezugnahme auf die Ergebnisse des Forschungsprojektes EINSTEIN [20] und der Diskussionen in SMART NOISE lässt sich der Begriff „Erhaltungsrisiko bzgl. Nichtverfügbarkeit“ wie folgt definieren:

Das Erhaltungsrisiko in der systematischen Erhaltungsplanung ist eine Funktion aus Versagenswahrscheinlichkeit von Anlagen der Straßeninfrastruktur unter Berücksichtigung des Anlagenzustandes oder des Anlagenalters und den daraus resultierenden Auswirkungen auf die Nichtverfügbarkeit einer Strecke.

Diese Definition erfüllt auch die Vorgaben der internationalen Richtlinie ISO 31000: 2009 [21], die sich mit Risikoanalysen technischer Anlagen befasst. Dabei wird das Risiko als das Produkt der Ausfallswahrscheinlichkeit und der damit verbundenen Auswirkungen verstanden. Das Risiko wird dabei für eine bestimmte und eindeutige „Situation“ definiert und kann über eine Risikomatrix qualitativ ermittelt werden. Die Berechnung eines qualitativen Risikowertes bzw. einer Risikoklasse R_{qual} erfolgt dabei als Funktion der Ausfallswahrscheinlichkeit (PoF) und den Auswirkungen (CoF) unter Verwendung einer Risikomatrix. Das Risiko kann dabei in dieser Matrix mit entsprechender Färbung dargestellt werden.

Die mathematische Definition des Risikos kann für die Risikoanalyse im Lebenszyklus direkt herangezogen werden, wobei lediglich die Dimension „Zeit“ (t) wie folgt berücksichtigt werden muss:

$$R_{\text{NV},t,s} = f(\text{PoF}_{\text{Zust},t,s}, \text{CoF}_{t,s}) \quad \text{Gl. 6}$$

mit

- $R_{\text{NV},t,s}$ Erhaltungsrisiko bzgl. Nichtverfügbarkeit zum Zeitpunkt t am Abschnitt s
- $\text{PoF}_{\text{Zust},t,j}$ Ausfallswahrscheinlichkeit Zustand zum Zeitpunkt t am Abschnitt s
- $\text{CoF}_{t,s}$ Auswirkung bzgl. Nichtverfügbarkeit zum Zeitpunkt t am Abschnitt s

Wie die Risikofunktion zeigt, ist die Wahrscheinlichkeit des Ausfalls (PoF) zu einem bestimmten Zeitpunkt t wesentlich vom Zustand abhängig. Ein schlechter Zustand bedeutet eine höhere Wahrscheinlichkeit des Ausfalls, wobei der Zustand der Lärmschutzwand über den Gesamtwert beschrieben werden kann. Daher ist zunächst eine Grundausfallswahrscheinlichkeit $\text{PoF}_{0,t,s}$ über einen linearen Zusammenhang mit dem Zustand (Gesamtwert) zu verknüpfen, wobei eine Zustandsnote von 1,0 eine Ausfallswahrscheinlichkeit von 0,1 (0 muss aus technischer Sicht ausgeschlossen werden) und eine Zustandsnote von 5,0 eine Ausfallswahrscheinlichkeit von 1,0 besitzt:

$$\text{PoF}_{0,t,s} = 0,225 \cdot \text{GW}_{\text{LSW},t,s} - 0,125 \quad \text{Gl. 7}$$

mit

$\text{PoF}_{0,t,s}$ Grundausfallswahrscheinlichkeit zum Zeitpunkt t am Abschnitt s

$\text{GW}_{\text{LSW},t,s}$ Gesamtwert Lärmschutzwand zum Zeitpunkt t am Abschnitt s

Über zusätzliche Konfidenzfaktoren kann in einem nächsten Schritt die Grundausfallswahrscheinlichkeit zur einer Gesamtausfallswahrscheinlichkeit verknüpft werden:

$$\text{PoF}_{\text{Zust},t,s} = \text{PoF}_{0,t,s} \cdot \text{CF}_Q \cdot \text{CF}_M \quad [0 \leq \text{PoF}_{\text{Zust},t,s} \leq 1] \quad \text{Gl. 8}$$

mit

$\text{PoF}_{\text{Zust},t,s}$ Ausfallswahrscheinlichkeit Zustand zum Zeitpunkt t am Abschnitt s

$\text{PoF}_{0,t,s}$ Grundausfallswahrscheinlichkeit zum Zeitpunkt t am Abschnitt s

CF_Q Konfidenzfaktor Datenqualität

CF_M Konfidenzfaktor Intensität Monitoring bzw. Zustandserfassung

Die beiden Konfidenzfaktoren ermöglichen eine Erhöhung oder Verminderung der Ausfallswahrscheinlichkeit. Erfolgt z.B. aufgrund des aktuellen Zustands eine intensivere Beobachtung der Lärmschutzwand, kann der Konfidenzfaktor CF_M einen Wert $< 1,0$ annehmen, was bedeutet, dass die Ausfallswahrscheinlichkeit reduziert wird. Ähnliches gilt für die Qualität der Daten. Sind diese nicht qualitätsgesichert, so kann der Konfidenzfaktor CF_Q auch einen Wert $> 1,0$ annehmen und somit die Ausfallswahrscheinlichkeit erhöhen. Mit diesen Faktoren ist es möglich, die Ausfallswahrscheinlichkeit auch über nicht-bauliche Maßnahmen zu beeinflussen. In den meisten Fällen wird jedoch mit einem Standardwert von 1,0 gerechnet.

Um die Auswirkungen auf die Streckenverfügbarkeit (Nichtverfügbarkeit) eines Ausfalls ($\text{CoF}_{t,s}$) auf dem Abschnitt s zum Zeitpunkt t beurteilen zu können, müssen verschiedene Indikatoren berücksichtigt werden. Hierfür kann die nachfolgende Tabelle 14 herangezogen werden:

Tabelle 14: Bewertung Auswirkungen für die Berechnung des Nichtverfügbarkeitsrisikos

Kategorie COF _{t,s}	Beschreibung
A	Durch eine notwendige Erhaltungsmaßnahme ergeben sich keine Auswirkungen auf die Verfügbarkeit. Die LSW steht abseits der Trasse oder ist über benachbarte Wege zugänglich
B	Durch eine notwendige Erhaltungsmaßnahme ergeben sich in kurzen Zeiträumen geringfügige Auswirkungen auf die Verfügbarkeit (z.B. temporäre Geschwindigkeitsreduktion). Die LSW steht entlang der Trasse ist aber über benachbarte Wege zugänglich.
C	Durch eine notwendige Erhaltungsmaßnahme ergeben sich während der gesamten Dauer der Erhaltungsmaßnahme Einschränkungen im Verkehrsfluss (Geschwindigkeitsreduktion, Fahrstreifeneinengungen, etc.). Die LSW steht entlang der Trasse und ist über benachbarte Wege nur bedingt zugänglich.
D	Durch eine notwendige Erhaltungsmaßnahme ergeben sich während der gesamten Dauer der Erhaltungsmaßnahme deutliche Einschränkungen im Verkehrsfluss (Geschwindigkeitsreduktion mit Fahrstreifenreduktion, ein Gleis bei einer zweigleisigen Strecke ist nicht befahrbar, kurzzeitige Vollsperrungen, etc.). Die LSW steht entlang der Trasse und ist über benachbarte Wege nicht oder nur sehr eingeschränkt zugänglich.
E	Durch eine notwendige Erhaltungsmaßnahme ergeben sich während der gesamten Dauer der Erhaltungsmaßnahme über einen längeren Zeitraum Vollsperrungen des Verkehrsweges.

Werden sowohl die Ausfallswahrscheinlichkeit als auch die Auswirkungen für eine LSW quantifiziert, kann die Risikobewertung über eine einfache 5x5-Risikomatrix, wie in Abbildung 20 dargestellt, in Anlehnung an [20] erfolgen. Durch das Einsetzen der entsprechenden PoF- und CoF-Werte kann das Risiko zu jedem beliebigen Zeitpunkt t ermittelt werden. Die Festlegung der jeweiligen Risiken (Farbe in der Matrix) obliegt den Risikoexperten der Infrastrukturverwaltungen, sodass die Abbildung 20 nur einen ersten Vorschlag darstellt.

Ausfallswahrscheinlichkeit $PoF_{Zust,t,s}$	[0,8-1,0]					
	[0,6-0,8]					
	[0,4-0,6]					
	[0,2-0,4]					
	[0-0,2]					
		A	B	C	D	E
		Auswirkungen $CoF_{t,s}$				

Abbildung 20: Risikomatrix zur Bewertung des Erhaltungsrisikos bzgl. Nichtverfügbarkeit

Die Matrix zeigt sehr deutlich, dass gerade in jenen Bereichen, in denen die Auswirkungen sehr groß sind, auch ein entsprechend guter Zustand vorhanden sein sollte, um das Risiko gering zu halten. Ungeachtet dessen gibt es aber Lärmschutzwände, wo auch mit einem sehr guten Zustand das Risiko zumindest als „hoch“ identifiziert werden muss. Gerade dort ist es zweckmäßig, die Intensität der Beobachtungen bzw. die Qualität der Daten sehr hochzuhalten. Bauliche Erhaltungsmaßnahmen sollen auch zu einer Verminderung des Erhaltungsrisikos führen. Dies ist in erster Linie durch eine Verbesserung des Zustandes und somit einer Reduktion der Ausfallswahrscheinlichkeit möglich. Die Veränderungen der Konsequenzen sind oft nur mit weitreichenderen Aktivitäten möglich (z.B. Verbesserung von der Zugänglichkeit bei Baumaßnahmen), sodass ein Sprung in eine niedrigere Auswirkungskategorie in den meisten Fällen ausgeschlossen werden muss.

5 LEBENSZYKLUSBETRACHTUNG UND VERFAHREN ZUR BEWERTUNG DES LEBENSZYKLUS VON LÄRMSCHUTZWÄNDEN

5.1 Allgemeines

Die Lebenszyklusanalyse ist ein weltweit verbreitetes Verfahren zur Beurteilung von Erhaltungsaktivitäten technischer Einrichtungen. Die Auswahl einer SMART NOISE Erhaltungsstrategie unter vorgegebenen Randbedingungen ist das oberste Ziel einer solchen Untersuchung, wobei als Randbedingungen entweder monetäre (budgetäre) Restriktionen oder Anforderungen an den Zustand definiert werden [22]. Im Zusammenhang mit der Erhaltung von Anlagen der Straßeninfrastruktur hat sich die Lebenszykluskostenanalyse als geeignetes Verfahren zur Beurteilung der Erhaltungsnotwendigkeiten erwiesen. Sie liefert die Grundlage für eine effiziente und nachvollziehbare Erhaltungsplanung. Heute kann die Lebenszyklusanalyse als „Stand der Technik“ für die Planung von baulichen Erhaltungsmaßnahmen auf sensiblen Straßen und Schienennetzen angesehen werden und somit auch für den Einsatz bei Lärmschutzwänden.

Zur Beurteilung der Erhaltungsmaßnahmen im Lebenszyklus einer Lärmschutzwand werden unterschiedliche, grundsätzlich technisch mögliche Erhaltungsmaßnahmen während der Betrachtungsperiode herangezogen und deren optimaler Einsatzzeitpunkt bei Erreichen eines schlechten Zustandes untersucht. Der Zeitpunkt einer Erhaltungsmaßnahme erfolgt in der Regel in Abhängigkeit vom Zustand der Bauteile, die Abfolge, vor allem von Instandsetzungs- und Erneuerungsmaßnahmen, ist hingegen an einen bestimmten dynamisch adaptierbaren Standardlebenszyklus gebunden, der nachfolgend beschrieben ist bzw. für die Analysen definiert wird.

Die Simulationen von Lebenszyklusbewertungsverfahren (z.B. LCA, LCCA) verfolgen stets den Zweck eines standardisierten, resultierenden Ergebnisses in nachfolgender Form:

- Interventions-Zeitplan (Maßnahmen-Zeitplan)
- Interventions-Kostenplan
- Ermittlung etwaiger Maßnahmen- und Erhaltungsrückstand (bei limitierten Erhaltungsbudgets)

Die gelisteten Ergebnis-Kategorien werden im Zuge der Berechnungsverfahren generiert, unabhängig davon, welche der nachfolgenden Bewertungsparameter den Analyse-Szenarien zugrunde liegen:

- Reine Lebenszykluskostenprojektion unter Heranziehen des Alters und der Anlageneigenschaften (Inventar)
- Zustandsbasierte Erhaltungsstrategie (vorbeugende Instandsetzung vs. Nichts-Tun oder ausschließliche Instandhaltung)
- Risiko-basierte Erhaltungsstrategie (Risiko der Wiederbeschaffung vs. Risiko der Nichtverfügbarkeit, etc.)

Jedes der Berechnungsszenarien liefert andere Optima in Form direkter und indirekter Lebenszykluskosten. Die Gegenüberstellung von zustands- und risikobasierten Szenarien soll insbesondere eine Priorisierung der Erhaltungsmaßnahmen unter unterschiedlichen Gesichtspunkten gewährleisten. Zu berücksichtigen ist weiters die generelle Vorgabe von Berechnungsrandbedingungen für jede der vorliegenden Simulationsvarianten in Form

- eines verfügbaren Erhaltungsbudgets für Lärmschutzwände,
- einer gewünschten Zustandsverteilung der Anlagenkategorie Lärmschutzwände auf Netzebene und
- einer zulässigen Einschränkung der Netzverfügbarkeit

Wie in der Einleitung zuvor beschrieben, besteht die Zielsetzung der Lebenszyklusbewertung im Rahmen von SMART NOISE in der Entscheidungsfindung für Erhaltungsmaßnahmen in Abhängigkeit von der Änderung des Zustandes der einer LSW zugeordneten Bauteile:

- Bewertung von Abfolgen von Erhaltungsmaßnahmen (mit Bezug auf die Bauteile) auf der Grundlage der zu erwarteten Lebenszyklen der einzelnen Bauteile von LSW
- Bewertung der Objekte auf der Grundlage der Abfolge von Erhaltungsmaßnahmen unter Heranziehung von allgemeinen und/oder bauteilbezogenen Verhaltensfunktionen

Unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Informationen sowie auf der Grundlage der Diskussionen mit den Auftraggebern ergibt sich derzeit folgender Lösungsansatz für die Anwendung einer Lebenszyklusbewertung auf LSW:

- Generalisierter Lebenszyklus, der unter Verwendung der bauteilbezogenen Prognosemodelle und des aktuellen Zustandes kalibriert wird
- Vordefinierter Prozess für die Kalibrierung des Lebenszyklus unter Verwendung der Zustands- und Inventardaten
- Bewertung des Erhaltungsrisikos im Rahmen der Lebenszyklusbetrachtung (Lebenszyklusrisikoanalyse)

5.2 Lebenszyklusbewertung LSW

5.2.1 Standardlebenszyklus und Erhaltungsintervalle

Wie bereits mehrmals beschrieben, erfolgt die Abschätzung von aktuell und zukünftig notwendigen Erhaltungsmaßnahmen unter Heranziehung von standardisierten Lebenszyklen, die in Abhängigkeit vom aktuellen Zustand einer Lärmschutzwand entsprechend kalibriert werden müssen. Die untersuchten Daten haben gezeigt, dass in Abhängigkeit vom Material der Wandelemente bzw. Paneele sowie der Örtlichkeit der Lärmschutzwand entlang eines bestimmten Verkehrswegs (Straße oder Schiene) eine entsprechende Auswahl von standardisierten Lebenszyklen möglich ist. Grundsätzlich sind dabei folgende Randbedingungen zu beachten bzw. zu berücksichtigen:

- Die Intervalle von Erhaltungsmaßnahmen (unterschiedlicher Art und Intensität) ergeben sich aus den Erhaltungsintervallen der Wandelemente bzw. Paneele, da diese als der „erhaltungskritische Bauteil“ eingestuft wurden, vor allem wenn es sich um Wandelemente bzw. Paneele aus Holz handelt. Bei Wandelementen bzw. Paneelen aus Holz sind auch als mögliche Lösung 2 Erhaltungsintervalle vorgesehen, bevor eine Erneuerung bzw. Erweiterung der Lärmschutzwand vorgenommen wird.
- Die technische Nutzungsdauer einer Lärmschutzwand sollte unter Berücksichtigung unterschiedlicher Erhaltungsmaßnahmen zumindest 30 Jahre betragen, sofern nicht durch erhöhte Anforderungen an den Lärmschutz eine frühzeitige Erneuerung bzw. Erweiterung erforderlich wird. Eine technische Nutzungsdauer von 40 Jahren sollte nicht überschritten werden. Kurzlebigere Bauteile (z.B. Ausrüstung) sind entweder durch entsprechende Instandsetzungsmaßnahmen oder laufende Instandhaltungsmaßnahmen zu verbessern, sodass die angestrebte technische Nutzungsdauer erreicht werden kann.
- Beim Erreichen der Zustandsnote 4 der Lärmschutzwand (Gesamtnote bzw. Gesamtwert) ist in der Mitte des Notenintervalls die erforderliche Erhaltungsmaßnahme anzusetzen, um die zuvor beschriebene angestrebte technische Nutzungsdauer zu erreichen (sofern erforderlich). Die Intensität der Erhaltungsmaßnahme richtet sich nach der Dauer bis zum Erreichen der angestrebten Nutzungsdauer, zumindest ist eine Zustandsnote von 3,0 nach dem Durchführen der Maßnahme sicherzustellen.
- Nach dem Durchführen einer Instandsetzungsmaßnahme ist davon auszugehen, dass eine Verschlechterung des Zustandes rascher voranschreitet als vor der Erhaltungsmaßnahme.

- Die technische Nutzungsdauer der Standardlebenszyklen sollte mit der technischen Nutzungsdauer des angrenzenden Oberbaus korrelieren, sodass die entsprechenden Synergieeffekte im Rahmen von Baumaßnahmen angestrebt werden können.

Unter Berücksichtigung der hier aufgelisteten Randbedingungen, Vorgaben sowie Empfehlungen ergeben sich die nachfolgend beschriebenen Standardlebenszyklen für Lärmschutzwände für den Verkehrsweg Straße und für den Verkehrsweg Schiene (siehe Tabelle 15 bis Tabelle 21). Es sei hier nochmals explizit erwähnt, dass es sich hier um Vorschläge handelt, die unter Heranziehung der RVS 13.05.11 [17] sowie der untersuchten Daten entwickelt wurden. Neben den unterschiedlichen Erhaltungsintervallen sind auch die entsprechenden Erhaltungsmaßnahmen während der technischen Nutzungsdauer beschrieben.

Tabelle 15: Standardlebenszyklus LSW Straße – Wandelemente / Paneele aus Holz mit Austausch der Wandelemente / Paneele

Standardlebenszyklus LSW Straße – Material Wandelement: Holz mit Austausch				
Lebenszyklus				
Bauteile und Erhaltungsmaßnahmen				
Jahr Maßnahme		19		34
Gründung und Fundamente				Erweiterung oder Austausch LSW
Konstruktion		oberflächliche Instandsetzung		
Wandelemente / Paneele		Instandsetzung oder teilweiser Ersatz		
Sonstige Ausrüstung				

Tabelle 16: Standardlebenszyklus LSW Straße – Wandelemente / Paneele aus Holz ohne Austausch der Wandelemente / Paneele

Standardlebenszyklus LSW Straße – Material Wandelement: Holz ohne Austausch		
Lebenszyklus		
Bauteile und Erhaltungsmaßnahmen		
Jahr Maßnahme		19
Gründung und Fundamente		Erweiterung oder Austausch LSW
Konstruktion		
Wandelemente / Paneele		
Sonstige Ausrüstung		

Tabelle 17: Standardlebenszyklus LSW Straße - Wandelemente / Paneele sonstige Materialien

Standardlebenszyklus LSW Straße – Material Wandelement: sonstige Materialien		
Lebenszyklus		
Bauteile und Erhaltungsmaßnahmen		
Jahr Maßnahme		39
Gründung und Fundamente		Gesamterneuerung, Erweiterung oder Austausch LSW
Konstruktion	Laufende Instandhaltung, teilweiser Austausch von Ausrüstungselementen	
Wandelemente / Paneele		
Sonstige Ausrüstung		

Tabelle 18: Standardlebenszyklus LSW Schiene – Wandelemente / Paneele aus Holz mit Austausch der Wandelemente / Paneele

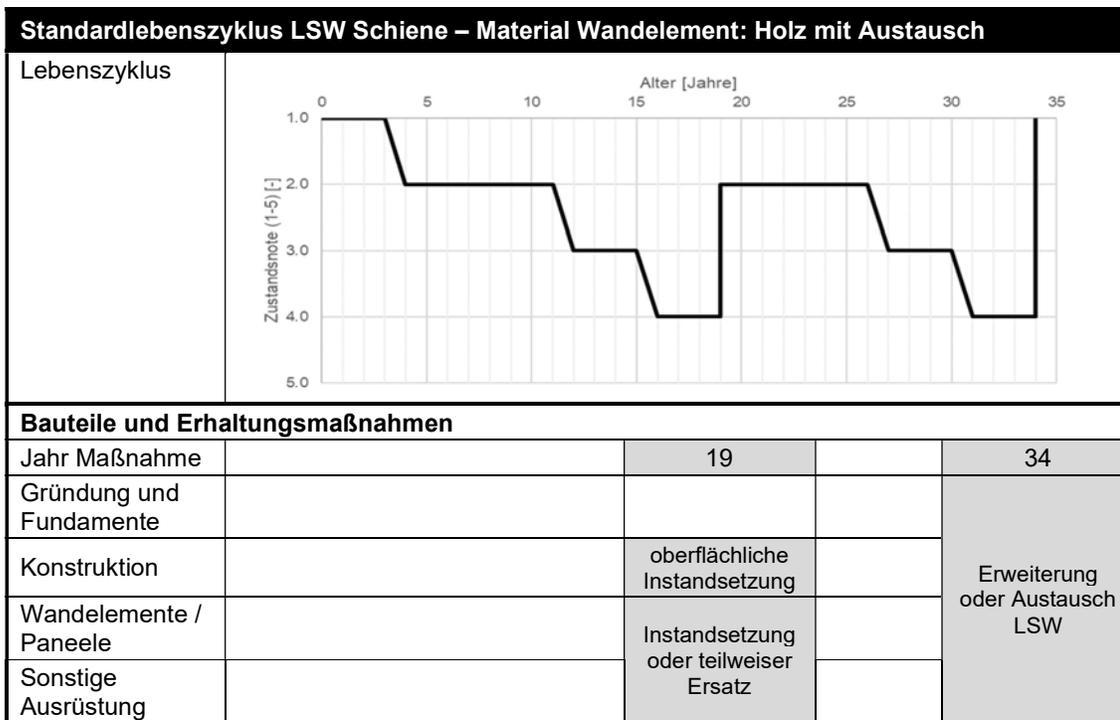


Tabelle 19: Standardlebenszyklus LSW Schiene – Wandelemente / Paneele aus Holz ohne Austausch der Wandelemente / Paneele

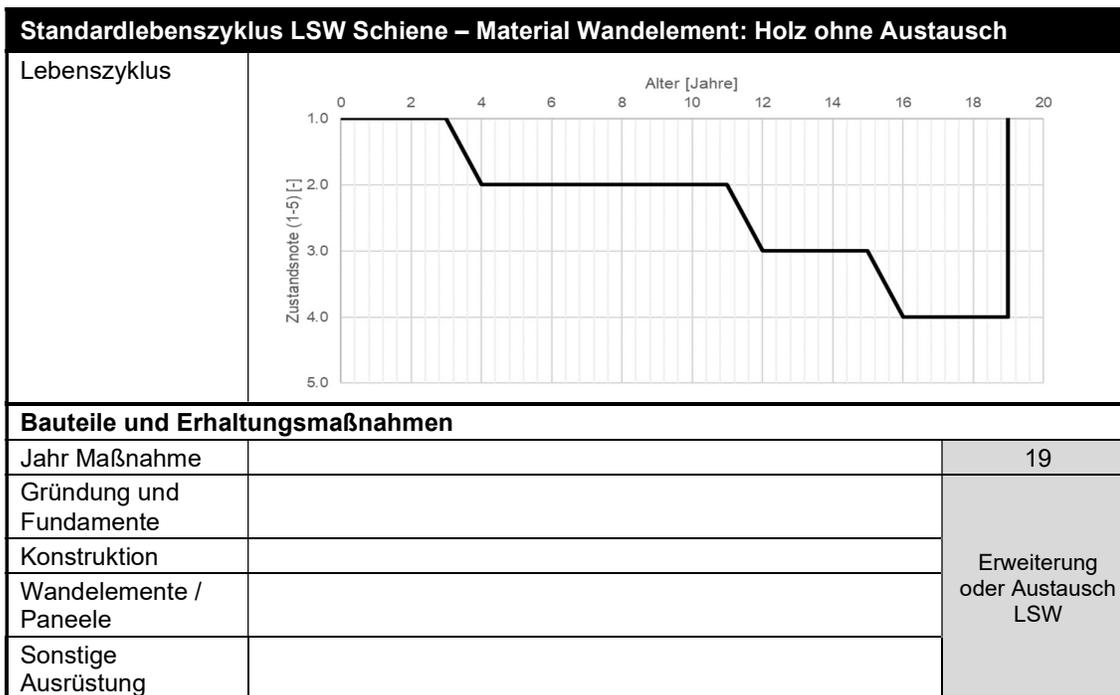


Tabelle 20: Standardlebenszyklus LSW Schiene – Wanelemente / Paneele aus Beton

Standardlebenszyklus LSW Schiene – Material Wanelement: Beton														
Lebenszyklus	<table border="1"> <caption>Data for Table 20 Graph</caption> <thead> <tr> <th>Alter [Jahre]</th> <th>Zustandsnote (1-5) [-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.0</td></tr> <tr><td>20</td><td>3.0</td></tr> <tr><td>25</td><td>4.0</td></tr> <tr><td>30</td><td>4.0</td></tr> </tbody> </table>		Alter [Jahre]	Zustandsnote (1-5) [-]	0	1.0	5	2.0	20	3.0	25	4.0	30	4.0
Alter [Jahre]	Zustandsnote (1-5) [-]													
0	1.0													
5	2.0													
20	3.0													
25	4.0													
30	4.0													
Bauteile und Erhaltungsmaßnahmen														
Jahr Maßnahme		29												
Gründung und Fundamente		Erweiterung oder Austausch LSW												
Konstruktion														
Wanelemente / Paneele	laufende Instandhaltung													
Sonstige Ausrüstung														

Tabelle 21: Standardlebenszyklus LSW Schiene – Wanelemente / Paneele sonstige Materialien

Standardlebenszyklus LSW Schiene – Material Wanelement: sonstige Materialien														
Lebenszyklus	<table border="1"> <caption>Data for Table 21 Graph</caption> <thead> <tr> <th>Alter [Jahre]</th> <th>Zustandsnote (1-5) [-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>5</td><td>2.0</td></tr> <tr><td>15</td><td>3.0</td></tr> <tr><td>20</td><td>4.0</td></tr> <tr><td>25</td><td>4.0</td></tr> </tbody> </table>		Alter [Jahre]	Zustandsnote (1-5) [-]	0	1.0	5	2.0	15	3.0	20	4.0	25	4.0
Alter [Jahre]	Zustandsnote (1-5) [-]													
0	1.0													
5	2.0													
15	3.0													
20	4.0													
25	4.0													
Bauteile und Erhaltungsmaßnahmen														
Jahr Maßnahme		24												
Gründung und Fundamente		Erweiterung oder Austausch LSW												
Konstruktion														
Wanelemente / Paneele	lauf. Inst. hltg.													
Sonstige Ausrüstung														

Das maßgebende Bauteil für die Bestimmung bzw. Festlegung der gesamten technischen Nutzungsdauer sind die Gründungen und Fundamente. Die Konstruktion der LSW kann einmal einer Instandsetzung kleineren Umfangs unterzogen werden (oberflächliche Instandsetzung, Korrosionsschutz) oder laufender Instandhaltungsmaßnahmen, sodass eine Verlängerung der Lebensdauer dieses Bauteils bis zur Gesamtlebensdauer möglich wird, sofern überhaupt eine Maßnahme aufgrund des Zustandes erforderlich ist.

Ein deutlich kürzeres Erhaltungsintervall wird den Wandelementen bzw. Paneelen und der Ausrüstung zugeordnet, wobei der Instandsetzungszyklus der Wandelemente bzw. Paneele (Austausch einzelner Wandelemente bzw. Paneelteile) wesentlich von der Bauweise und vom eingesetzten Material abhängig ist. Bei Holzpaneelen kann auch von einer Instandsetzungsmaßnahme innerhalb des Gesamtlebenszyklus ausgegangen werden, sofern die LSW nach 19 Jahren tatsächlich noch den Anforderungen entspricht. Lärmschutzwände, bei denen Holzpaneelen starken Beanspruchungen durch Auftaumittel ausgesetzt sind, können auch einer intensiveren laufenden Instandhaltung unterzogen werden. Bei Wandelementen bzw. Paneelen aus Betonfertigteilen ist es andererseits auch möglich, dass deren Lebensdauer jenem der Gesamtlebensdauer entspricht.

Ist ein erhöhter Anteil von Ausrüstung vorhanden, so muss davon ausgegangen werden, dass ein- bis zweimal intensivere Erhaltungsmaßnahmen notwendig werden, vor allem zur Sicherstellung einer ausreichenden Funktion.

Die Wirkung einer Erhaltungsmaßnahme auf den Zustand eines Bauteils ist wesentlich vom Umfang der Schädigung und der Intensität der Maßnahme abhängig. Wird eine Maßnahme gesetzt, so kann davon ausgegangen werden, dass der Anteil an Schädigung auf ein sehr geringes Ausmaß zurückgeht bzw. zur Gänze behoben wird. Dabei kann entweder ein bestimmtes Bauteil aber auch mehrere Bauteile gleichzeitig instandgesetzt werden. Grundsätzlich wird nach dem Durchführen einer Instandsetzungsmaßnahme dem Objekt eine Note von 2,0 (Gesamtnote oder Gesamtwert) zugeordnet. Im Zuge einer Erneuerung muss jedoch davon ausgegangen werden, dass nach dem Durchführen dieser Maßnahme das LSW-Objekt einer neuwertigen Konstruktion entspricht bzw. ein neuer Gesamtlebenszyklus beginnt.

5.2.2 Kalibrierung standardisierter Lebenszyklen auf LSW-Objekt

Unter Heranziehung der aktuell zur Verfügung stehenden Daten über den Zustand einer Lärmschutzwand und der zuvor beschriebenen standardisierten Lebenszyklen ist es mit dem nachfolgend beschriebenen Verfahren möglich, für jedes einzelne zu untersuchende Objekt eine Kalibrierung des Lebenszyklus vorzunehmen. Die grundsätzliche Idee besteht dabei in einer horizontalen Verschiebung des standardisierten Lebenszyklus (entlang der Zeitachse) unter Berücksichtigung des aktuellen Zustandes (Gesamtnote oder Gesamtwert) sowie des Alters der Lärmschutzwand. Die nachfolgende Abbildung 21 ist eine schematische Darstellung dieser Vorgehensweise und zeigt eine Verschiebung von 7 Jahren aufgrund einer rascheren

Verschlechterung der Lärmschutzwand im Vergleich zum standardisierten Lebenszyklus. Die neue technische Nutzungsdauer ergibt durch die Verschiebung ein Alter von 25 Jahren.

Abbildung 21: Schematische Darstellung Kalibrierung standardisierter Lebenszyklus (horizontale Verschiebung entlang der Zeitachse)



Die Kalibrierung besteht grundsätzlich aus 2 Prozessschritten:

- Auswahl des entsprechenden Zustandsnotenintervalls in Abhängigkeit von der Zustandsnote bzw. vom gerechneten Zustandswert und dem Alter der Konstruktion (zum Zeitpunkt der letzten Erfassung) und erste Abschätzung eines theoretischen Alters der Konstruktion als Grundlage für die Verschiebung entlang der Zeitachse (Verschiebungsvektor)
- Detaillierte Ermittlung des theoretischen Alters der Konstruktion (für die Ermittlung der horizontalen Verschiebung des Standardlebenszyklus) in Abhängigkeit vom gerechneten Zustandswert (sofern vorhanden, siehe hierzu Kapitel 3.6.3) sowie der Differenz zwischen dem aktuellen Alter der Konstruktion (zum Zeitpunkt der Erfassung) und dem Zeitrahmen des identifizierten Zustandsnotenintervalls des Standardlebenszyklus

Um diese Kalibrierung vornehmen zu können und somit eine korrekte Zuordnung zu ermöglichen, müssen verschiedene Fälle im Rahmen der beiden Bewertungsschritte untersucht werden. Diese sind nachfolgend im Detail beschrieben:

A. Auswahl des Zustandsnotenintervalls

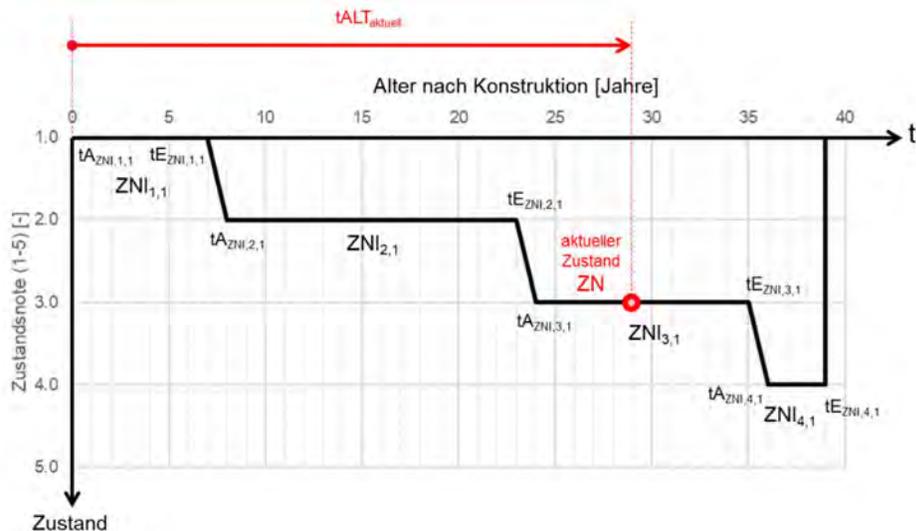
Der erste Schritt der Kalibrierung besteht, wie bereits erwähnt, in der Auswahl des Zustandsnotenintervalls $ZNI_{i,j}$ im standardisierten Lebenszyklus (mit den Zustandsnoten $i = 1, \dots, 4$ und dem Intervall $j = 1$ oder 2 bei Standardlebenszyklen, wo der Wert des Zustandsnotenintervalls zumindest 2mal auftreten kann). Dies geschieht dabei unter Heranziehung der Gesamtnote aus der visuellen Zustandsbewertung oder beim Vorhandensein von bauteilbezogenen Benotungen unter Verwendung des rechnerischen Gesamtwertes (siehe hierzu Kapitel 3.6.3). Gleichzeitig erfolgt eine Überprüfung, inwieweit das Alter der Konstruktion mit dem prognostizierten (standardisiertem) Zustandsverlauf übereinstimmt.

Im Schritt A wird zunächst die Zustandsnote bzw. der ganzzahlig gerundete Zustandswert in das entsprechende Zustandsnotenintervall $ZNI_{i,j}$ gesetzt. Ergibt sich aus dem Alter der Konstruktion und der Zustandsnote ein Widerspruch, muss eine Diskussion über ein theoretisches Alter der Lärmschutzwand tAL_{theor} geführt werden und eine erste Abschätzung vorgenommen werden. Im zweiten Schritt B wird dieses Alter präzisiert.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die möglichen Fälle bei der Auswahl des Zustandsnotenintervalls und die entsprechende Vorgehensweise im Detail:

Fall A-1: Die Zustandsnote bzw. der gerundete Zustandswert ZN kann in Abhängigkeit vom Alter der Lärmschutzwand $tAL_{aktuell}$ (seit Errichtung, zum Zeitpunkt der Zustandserfassung) eindeutig einem Zustandsnotenintervall zugeordnet werden (siehe Abbildung 22).

Abbildung 22: Fall A1 – eindeutige Zuordnung Zustandsnotenintervall



Fall A-2: Das Alter der Lärmschutzwand $t_{ALT_{\text{aktuell}}}$ (seit Errichtung, zum Zeitpunkt der Zustandserfassung) und die Zustandsnote bzw. der gerundete Zustandwert ZN divergieren. Die Zustandsnote bzw. der gerundete Zustandwert ZN kann jedoch eindeutig einem Zustandsnotenintervall zugeordnet werden (siehe Abbildung 23 und Abbildung 24). Es ergibt sich ein theoretisches Alter $t_{ALT_{\text{theor}}}$, welches für weiterführende Anpassungen zunächst in die Mitte des jeweiligen Zustandsnotenintervalls gesetzt wird.

Abbildung 23: Fall A-2 – Alter und Note divergieren, eindeutige Zuordnung Zustandsnotenintervall möglich – Zustandsentwicklung progressiver

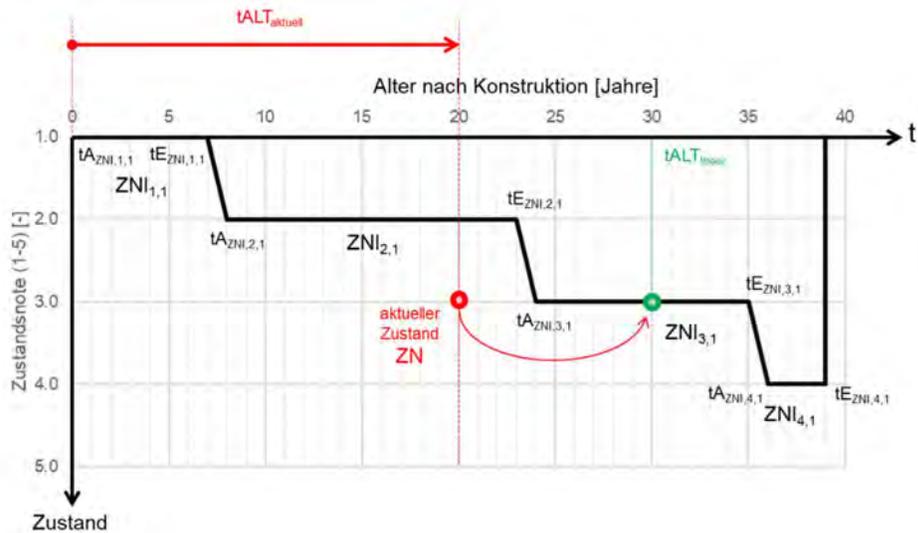
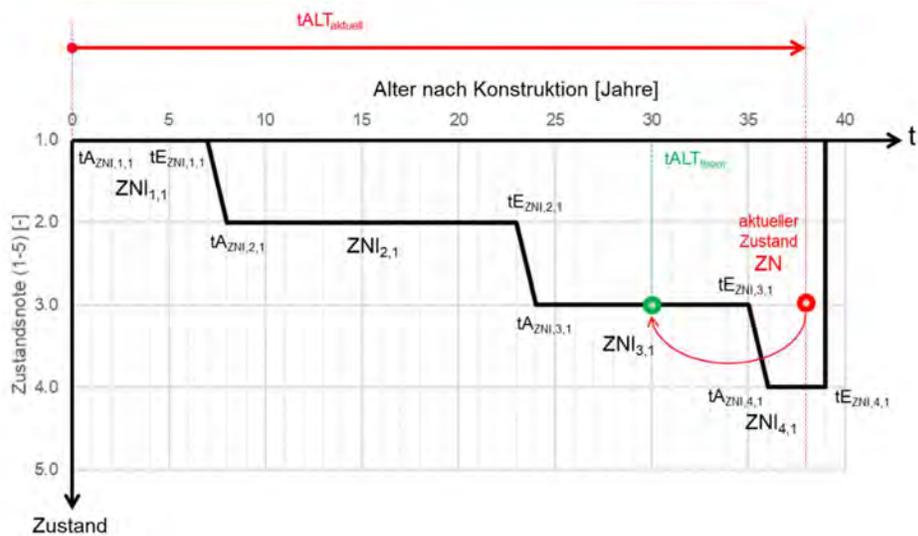
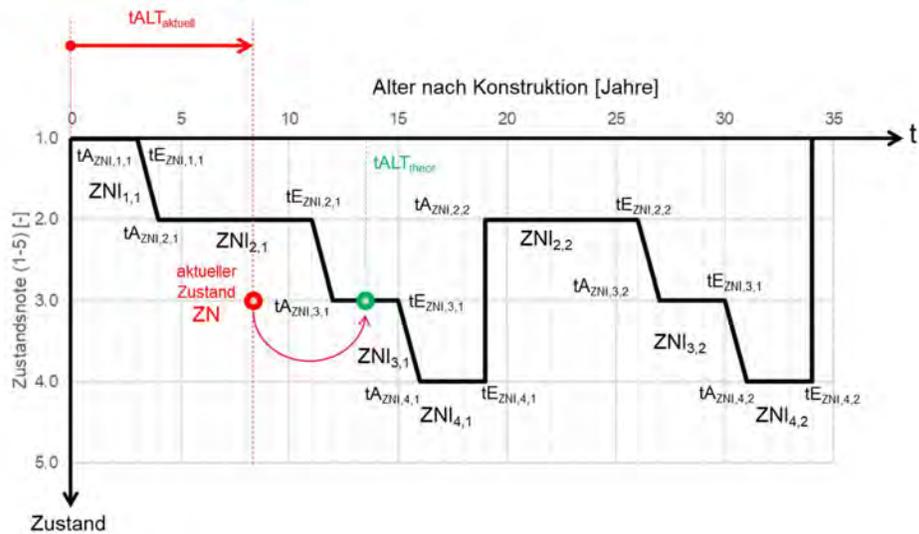


Abbildung 24: Fall A-2 – eindeutige Zuordnung Zustandsnotenintervall unter Heranziehung des Alters der Lärmschutzwand – Zustandsentwicklung moderater



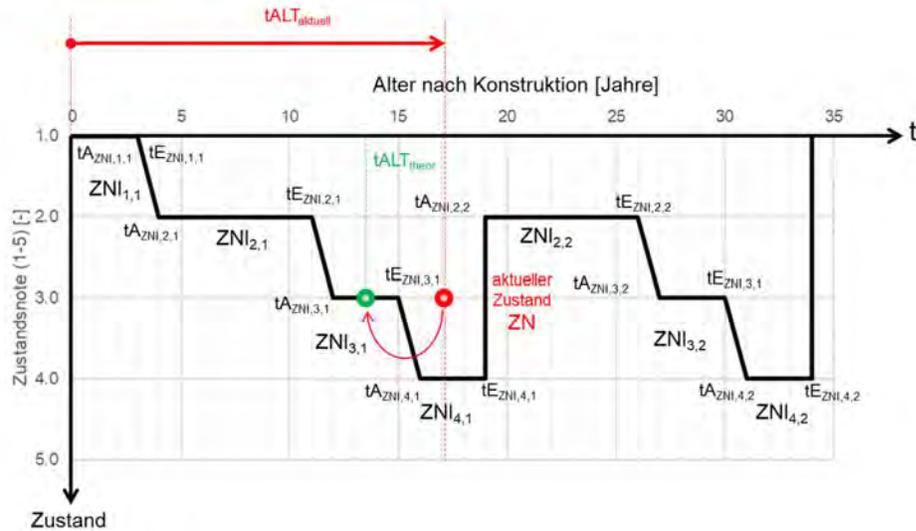
Fall A-3: Es sind mehrere Zustandsnotenintervalle gleichen Niveaus vorhanden. Das Alter der Lärmschutzwand $t_{ALT_{aktuell}}$ (seit Errichtung, zum Zeitpunkt der Zustandserfassung) ist geringer als der Anfang des entsprechenden ersten Zustandsnotenintervall $t_{AZNI_{i,j}}$ (siehe Abbildung 25). Die Zustandsnote bzw. der gerundete Zustandwert ZN wird dem ersten entsprechenden Zustandsnotenintervall zugeordnet und das theoretische Alter $t_{ALT_{theor}}$ wird wiederum über die Mitte des nachfolgenden Zustandsnotenintervalls definiert und ist die Grundlage für weiterführende Diskussionen.

Abbildung 25: Fall A-3 – Mehrere Zustandsnotenintervalle mit gleichem Niveau, Zuordnung Zustandsnotenintervall unter Heranziehung des Alters der Lärmschutzwand, Zustandsentwicklung progressiver



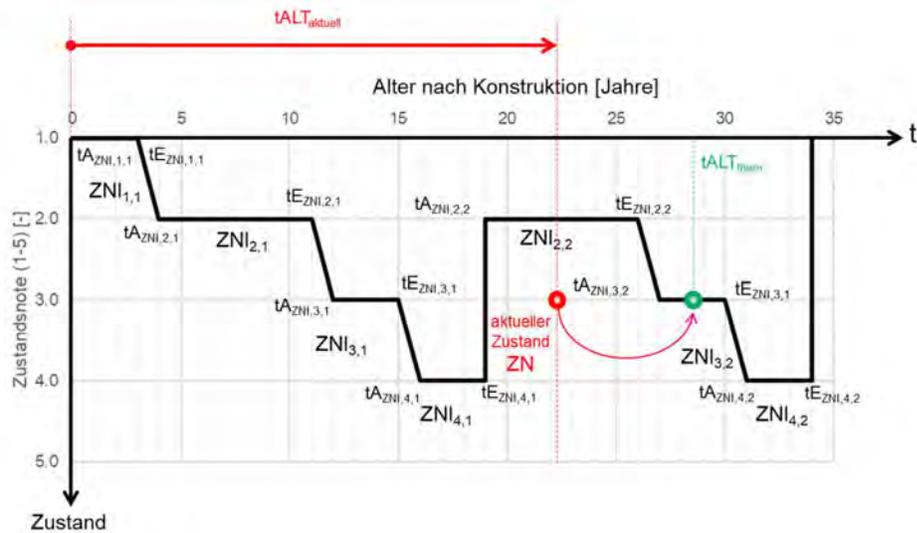
Fall A-4: Es sind mehrere Zustandsnotenintervalle gleichen Niveaus vorhanden. Das Alter der Lärmschutzwand $t_{ALT_{aktuell}}$ (seit Errichtung, zum Zeitpunkt der Zustandserfassung) ist höher als das Ende des entsprechenden ersten Zustandsnotenintervall $t_{EzNI_{i,j}}$ (siehe Abbildung 26). Dabei ist die Altersdifferenz zwischen dem Alter der Konstruktion (zum Zeitpunkt der Erfassung) $t_{ALT_{aktuell}}$ und dem Ende des ersten Zustandsnotenintervalls $t_{EzNI_{1,1}}$ von maßgebender Bedeutung. Kann das Alter der Konstruktion (noch) dem nachfolgenden Zustandsnotenintervall zugeordnet werden, wird das erste entsprechende Zustandsnotenintervall ausgewählt. Das theoretische Alter $t_{ALT_{theor}}$ wird wiederum über die Mitte des ausgewählten Zustandsnotenintervalls definiert und ist die Grundlage für weiterführende Diskussionen.

Abbildung 26: Fall A-4 – Mehrere Zustandsnotenintervalle mit gleichem Niveau, Zuordnung Zustandsnotenintervall unter Heranziehung des Alters der Lärmschutzwand, Zustandsentwicklung moderat



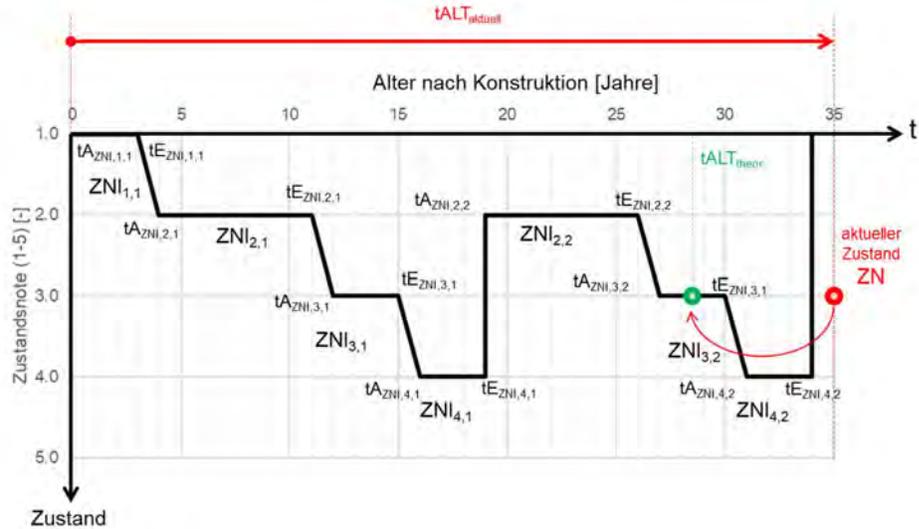
Fall A-5: Es sind mehrere Zustandsnotenintervalle gleichen Niveaus vorhanden. Das Alter der Lärmschutzwand $tALT_{\text{aktuell}}$ (seit Errichtung, zum Zeitpunkt der Zustandserfassung) ist höher als das Ende des entsprechenden ersten Zustandsnotenintervalls $tE_{ZNI,i,j}$ (siehe Abbildung 27). Dabei ist die Altersdifferenz zwischen dem Alter der Konstruktion (zum Zeitpunkt der Erfassung) $tALT_{\text{aktuell}}$ und dem Ende des ersten Zustandsnotenintervalls $tE_{ZNI,i,1}$ wiederum von maßgebender Bedeutung. Kann das Alter der Konstruktion nicht mehr dem nachfolgenden Zustandsnotenintervall zugeordnet werden, sondern einem späteren, wird das zweite entsprechende Zustandsnotenintervall ausgewählt. Das theoretische Alter $tALT_{\text{theor}}$ wird wiederum über die Mitte des zweiten Zustandsnotenintervalls definiert und ist die Grundlage für weiterführende Diskussionen.

Abbildung 27: Fall A-5 – Mehrere Zustandsnotenintervalle mit gleichem Niveau, Zuordnung Zustandsnotenintervall unter Heranziehung des Alters der Lärmschutzwand, Zuordnung zum zweiten Intervall



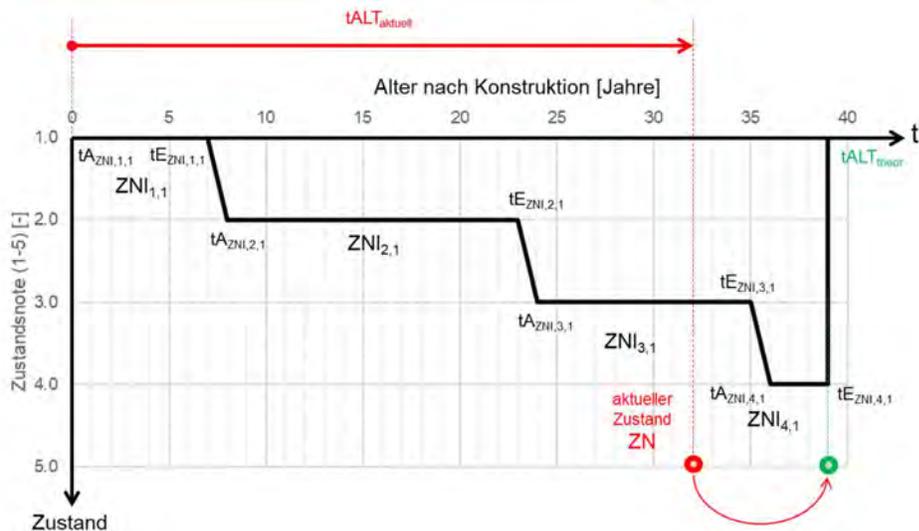
Fall A-6: Es sind mehrere Zustandsnotenintervalle gleichen Niveaus vorhanden. Das Alter der Lärmschutzwand $tALT_{\text{aktuell}}$ (seit Errichtung, zum Zeitpunkt der Zustandserfassung) liegt außerhalb der im Standardlebenszyklus gewählten maximalen technischen Nutzungsdauer (siehe Abbildung 28). Das zweite entsprechende Zustandsnotenintervall wird ausgewählt. Das theoretische Alter $tALT_{\text{theor}}$ wird wiederum über die Mitte des zweiten Zustandsnotenintervalls definiert und ist die Grundlage für weiterführende Diskussionen.

Abbildung 28: Fall A-6 – Mehrere Zustandsnotenintervalle mit gleichem Niveau, Zuordnung Zustandsnotenintervall unter Heranziehung des Alters der Lärmschutzwand, Alter außerhalb technischer Nutzungsdauer, Zuordnung zum zweiten Intervall



Fall A-7: Die Zustandsnote bzw. der gerechnete Zustandswert $ZN = 5$ (siehe Abbildung 29). Das Ende des letzten Zustandsnotenintervalls $t_{E_{ZNI,4,1(2)}}$ wird ausgewählt.

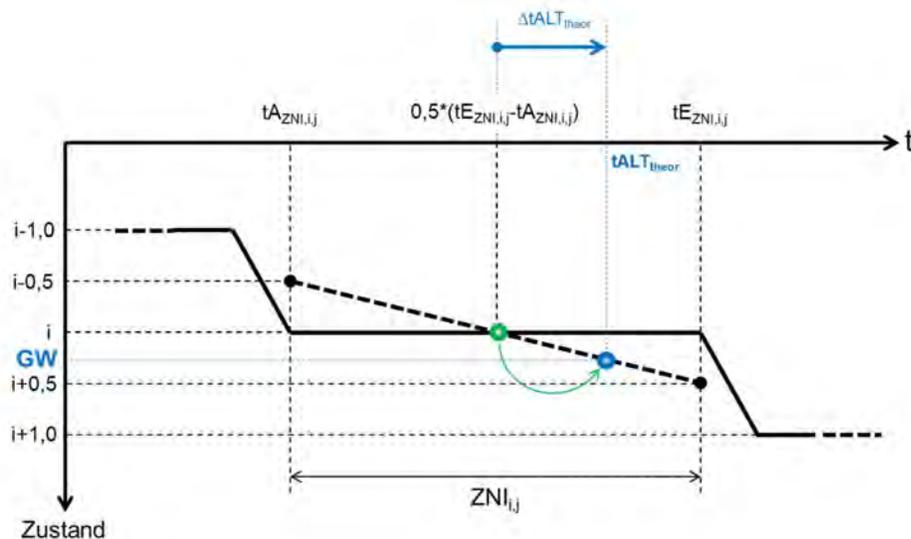
Abbildung 29: Fall A-7 – Zustandsnote $ZN = 5$



B. Ermittlung theoretisches Alter der Konstruktion (Verschiebungsvektor)

Die detaillierte Ermittlung des theoretischen Alters der Konstruktion und somit auch die Berechnung der horizontalen Verschiebung des Standardlebenszyklus ist die Aufgabe des nächsten Schrittes. Die Zustandsnotenintervalle besitzen unterschiedliche Dauern und deshalb sollte versucht werden, dass im Schritt A bestimmte theoretische Alter zu präzisieren. Dabei kann einerseits bei bestimmten Fällen nochmals auf das tatsächliche Alter der Konstruktion (zum Zeitpunkt der Zustandserfassung) zurückgegriffen werden, andererseits aber auch auf den rechnerischen Gesamtwert (sofern vorhanden, siehe hierzu Kapitel 3.6.3). Auch in diesem Zusammenhang sind unterschiedliche Fälle zu untersuchen, wobei bei Vorhandensein eines rechnerischen Gesamtwertes die Anpassung grundsätzlich wie folgt vorgenommen werden sollte (siehe Abbildung 30).

Abbildung 30: Ermittlung des theoretischen Alters der Konstruktion bei Vorhandensein eines rechnerischen Gesamtwertes



Die Ermittlung von $\Delta tALT_{theor}$ erfolgt unter Heranziehung einer linearen Funktion zwischen den Grenzen des Zustandsnotenintervalls und einer Zustandsnotenspannweite von $ZN-0,5$ und $ZN+0,5$ mit $i = 1, \dots, 4$ und $1,0 \leq GW < 4,5$.

$$\Delta tALT_{theor} = (GW - i) \cdot (tE_{ZNI,i,j} - tA_{ZNI,i,j}) \quad \text{Gl. 9}$$

$$[tA_{ZNI,i,j} \leq \Delta tALT_{theor} \leq tE_{ZNI,i,j}]$$

mit

$\Delta tALT_{theor}$ relative Zeitverschiebung theoretisches Alter [Jahre]

GW rechnerischer Gesamtwert [-]

i Notenintervall [-]

$\Delta t_{A_{ZNI,i,j}}$ Jahr Anfang Zustandsnotenintervall $ZNI_{i,j}$ mit Intervallnummer j [Jahre]

$\Delta t_{E_{ZNI,i,j}}$ Jahr Ende Zustandsnotenintervall $ZNI_{i,j}$ mit Intervallnummer j [Jahre]

Das theoretische Alter ergibt sich unter Berücksichtigung der zuvor berechneten relativen Verschiebung wie folgt:

$$t_{ALT_{theor}} = \frac{(t_{A_{ZNI,i,j}} + t_{E_{ZNI,i,j}})}{2} + \Delta t_{ALT_{theor}} \quad \text{Gl. 10}$$

$$[t_{A_{ZNI,i,j}} \leq t_{ALT_{theor}} \leq t_{E_{ZNI,i,j}}]$$

mit

$t_{ALT_{theor}}$ theoretisches Alter Lärmschutzwand [Jahre]

$\Delta t_{ALT_{theor}}$ relative Zeitverschiebung theoretisches Alter [Jahre]

$t_{A_{ZNI,i,j}}$ Jahr Anfang Zustandsnotenintervall $ZNI_{i,j}$ mit Intervallnummer j [Jahre]

$t_{E_{ZNI,i,j}}$ Jahr Ende Zustandsnotenintervall $ZNI_{i,j}$ mit Intervallnummer j [Jahre]

Die nachfolgenden Fälle sind die Grundlage für die endgültige Festlegung des theoretischen Alters:

Fall B-1: Der rechnerische Gesamtwert (siehe hierzu Kapitel 3.6.3) steht zur Verfügung und kann für die Präzisierung des theoretischen Alters direkt herangezogen werden. Die Berechnung erfolgt dabei nach dem zuvor beschriebenen Berechnungsalgorithmus.

Fall B-2: Der rechnerische Gesamtwert steht nicht zur Verfügung. Die Zustandsnote konnte direkt einem Zustandsnotenintervall zugeordnet werden (Fall A-1). Das theoretische Alter kann wie folgt definiert bzw. berechnet werden:

$$t_{ALT_{theor}} = t_{ALT_{aktuell}} \quad \text{Gl. 11}$$

mit

$t_{ALT_{theor}}$ theoretisches Alter Lärmschutzwand [Jahre]

$t_{ALT_{aktuell}}$ aktuelles Alter Lärmschutzwand zum Zeitpunkt der Zustandserfassung [Jahre]

Fall B-3: Der rechnerische Gesamtwert steht nicht zur Verfügung. Die Zustandsnote wurde in das nächste entsprechende Zustandsnotenintervall in Richtung der Zeitachse verschoben (Fall A-2, A-3 und A-5). Das theoretische Alter kann wie folgt definiert bzw. berechnet werden:

$$t_{ALT_{theor}} = t_{A_{ZNI,i,j}} \quad \text{Gl. 12}$$

mit

$t_{ALT_{theor}}$ theoretisches Alter Lärmschutzwand [Jahre]
 $t_{A_{ZNI,i,j}}$ Jahr Anfang Zustandsnotenintervall $ZNI_{i,j}$ mit Intervallnummer j [Jahre]

Fall B-4: Der rechnerische Gesamtwert steht nicht zur Verfügung. Die Zustandsnote wurde in das vorherige entsprechende Zustandsnotenintervall entgegen der Zeitachse verschoben (Fall A-2, A-4 und A-6). Das theoretische Alter kann wie folgt definiert bzw. berechnet werden:

$$t_{ALT_{theor}} = t_{E_{ZNI,i,j}} \quad \text{Gl. 13}$$

mit

$t_{ALT_{theor}}$ theoretisches Alter Lärmschutzwand [Jahre]
 $t_{E_{ZNI,i,j}}$ Jahr Ende Zustandsnotenintervall $ZNI_{i,j}$ mit Intervallnummer j [Jahre]

Fall B-5: Die Zustandsnote bzw. der gerechnete Zustandswert $ZN = 5$. Das Ende des letzten Zustandsnotenintervalls wird ausgewählt.

$$t_{ALT_{theor}} = t_{E_{ZNI,4,1(2)}} \quad \text{Gl. 14}$$

mit

$t_{ALT_{theor}}$ theoretisches Alter Lärmschutzwand [Jahre]
 $t_{E_{ZNI,4,1(2)}}$ Jahr Ende Zustandsnotenintervall $ZNI_{4,1(2)}$ mit Intervallnummer 1 oder 2 [Jahre]

5.3 Hinweise zur praktischen Anwendung

In einem nächsten Schritt sind die entwickelten Algorithmen in der Praxis zu erproben und auch auf deren Praxistauglichkeit zu überprüfen. Dabei sind folgende Hinweise zu beachten bzw. zur Erfüllung der Vorgaben auch entsprechend umzusetzen:

- Das Ziel der praktischen Anwendung besteht darin, unter Heranziehung der zur Verfügung stehenden Daten eine höchstmögliche Genauigkeit der Aussagen zu erzielen. Dies bedeutet, dass, wenn möglich, eine Zustandsbewertung der Bauteile vorliegen sollte, sodass auch die Teilwerte und ein rechnerischer Gesamtwert für die Analysen zur Verfügung stehen. Die Mindestvoraussetzung für die Anwendung der Algorithmen ist jedoch zumindest eine Gesamtnote.

- Grundsätzlich ist das vorgestellte Verfahren unabhängig von der Einteilung der LSW in einzelne Teile oder sogar Felder. Das Verfahren wird identisch angewendet, wobei bei einer abschnitts- oder feldweisen Betrachtung natürlich auch abschnitts- und feldweise unterschiedliche Ergebnisse vorhanden sein werden
- Die Algorithmen sind so gestaltet, dass sie in ein computerunterstütztes Asset Management System einfach und effizient integriert werden können, was auch im Zuge des Kapitels 6 erfolgte.
- Die Ergebnisse einer praktischen Anwendung sind Ergebnisse, die sich auf einzelne Objekte beziehen, müssen aber für strategische Entscheidungen auch auf Netzebene zusammengefasst werden, was natürlich eine entsprechende Anforderung an das Asset Management System darstellt.
- Es wird empfohlen, den Algorithmus nach Abschluss des Projektes im Rahmen einer flächen- oder teilflächendeckenden Anwendung umfassend zu testen und die daraus ableitbaren Ergebnisse und Kenntnisse im Hinblick auf deren Verwendung in den Erhaltungs- und Bauprogrammen zu prüfen.
- Lärmschutzwände sind nur eine von mehreren Anlagenteilen. Vor allem bei umfassenden Sanierungen von angrenzenden Anlagen (z.B. Straßen- oder Schienenoberbau) ist hier eine bauliche Abhängigkeit gegeben, wobei das Verfahren auch hierfür eingesetzt werden kann.

6 PRAKTISCHE ANWENDUNG

6.1 Allgemeines

Die Ziele dieses Kapitels bestehen in der praktischen Anwendung der ausgearbeiteten Grundlagen und Erkenntnisse (Kap. 2 bis 5) auf im Einvernehmen mit den Auftraggebern ausgewählten Testabschnitten und einer darauf aufbauenden Implementierung der Erkenntnisse in die optimierte Lebenszyklusbewertung. Die Ziele können wie folgt zusammengefasst werden:

- Entwicklung eines Prototypen für die praktische Anwendung der optimierten Lebenszyklusanalyse
- Praktische Anwendung der Modelle und Verfahren im Rahmen einer holistischen Gesamtbewertung
- Darstellung der Ergebnisse aus der praktischen Anwendung
- Implementierung der Erkenntnisse aus der praktischen Anwendung zur Verbesserung des Entscheidungs- bzw. Bewertungsprozesses einer optimierten Lebenszyklusanalyse
- Zusammenstellung der Erfahrungen zu einem Implementierungshandbuch

Im Zuge der praktischen Anwendung ist es zunächst notwendig, die entwickelten Prozesse und Algorithmen in ein Asset Management System überzuführen und einen ersten Prototypen zu entwickeln. Dies erfolgt dabei unter Heranziehung der Asset Management Software dTIMS. Darüber hinaus soll im Rahmen dieses Arbeitsschrittes der gesamte Prozess (von der Datenerfassung bis zur Analyse und Auswertung der Ergebnisse) praktisch an 3 Teststrecken getestet werden. Die Ergebnisse werden im Rahmen eines Leitfadens für die praktische Implementierung zusammengestellt. Die einzelnen Schritte können wie folgt präzisiert werden:

- Aufbau eines Asset Management System LSW-Prototypen unter Heranziehung der Asset Management Software dTIMS (Implementierung Datenstruktur für LSW-Daten, Zustandsprognosemodelle, Maßnahmenkatalog, Bewertungsverfahren und holistischer Gesamtbewertungsprozess, Berichtswesen)
- Datenerfassung und Erhebung auf 3 Teststrecken (je 1 Teststrecke ASFINAG, ÖBB und Landesstraße)
- Implementierung der Daten in den Prototypen und Analyse der Daten

- Aufbereitung der Ergebnisse und ingenieurmäßige Bewertung der Ergebnisse und des Prozesses, ggf. Verbesserung des Prozesses bzw. einzelner Schritte, Modelle, Verfahren, etc. bei Nichterreichung der Ziele
- Zusammenführung der Erfahrungen aus der praktischen Anwendung in einen Implementierungsleitfaden

6.2 Teststrecken

6.2.1 Überblick

Wie bereits erwähnt, ist es notwendig, die entwickelten Algorithmen praktisch zu testen. Im Einvernehmen mit den Auftraggebern wurden folgende 3 Teststrecken ausgewählt:

- Amt der NÖ-Landesregierung: Landesstraße B1 bei Prinzersdorf km 76,652 bis km 77,122 – LSW aus Holz (Baujahr 2005)
- ASFINAG: A 2 Süd Autobahn, Leobersdorf (Objektnummer LSW A2 29,260 li/3), km 29,145 bis km 31,267 - LSW aus Holz, teilweise aus Beton (Baujahr 1986 bzw. Erhöhung 2001)
- ÖBB: Praterkai (LSW-ID 271620256) km 7,28 bis km 7,70 – LSW aus Holz (Baujahr 1995)

Um die ausgearbeiteten Grundlagen im Bereich des Schadensbildkataloges sowie die entsprechenden Erkenntnisse einer objektiven Bewertung zu erhalten, wurde im Juli 2020 bereits die ÖBB LSW am Praterkai einer Erfassung und Bewertung unterzogen.

6.2.2 Lärmschutzwand Landesstraße B1 bei Prinzersdorf

Bei der untersuchten Lärmschutzwand im Bereich B1 Prinzersdorf handelt es sich um eine Ständerkonstruktion aus Stahl mit Holzpaneelen, die im Zuge des Baus der Umfahrung Prinzersdorf im Jahr 2005 errichtet wurde. Nachfolgende Tabelle 22 beschreibt die LSW im Detail.

Tabelle 22: LSW B1 Prinzersdorf - Eckdaten

LSW B1 Prinzersdorf	
Örtlichkeit	Landesstraße B1 bei Prinzersdorf km 76,652 bis km 77,122
Länge beurteilt	192 m
Höhe	2 m
Konstruktion	Stahlkonstruktion mit Sockel aus Beton und Holzpaneelen
Baujahr	2005

Die nachfolgende Abbildung 31 zeigt die Örtlichkeit der LSW entlang der Nordumfahrung Prinzersdorf sowie ein Bild der stark bewachsenen Holzpaneele, wobei dies angesichts des angebrachten Drahtgeflechts als „beabsichtigt“ beurteilt werden konnte.

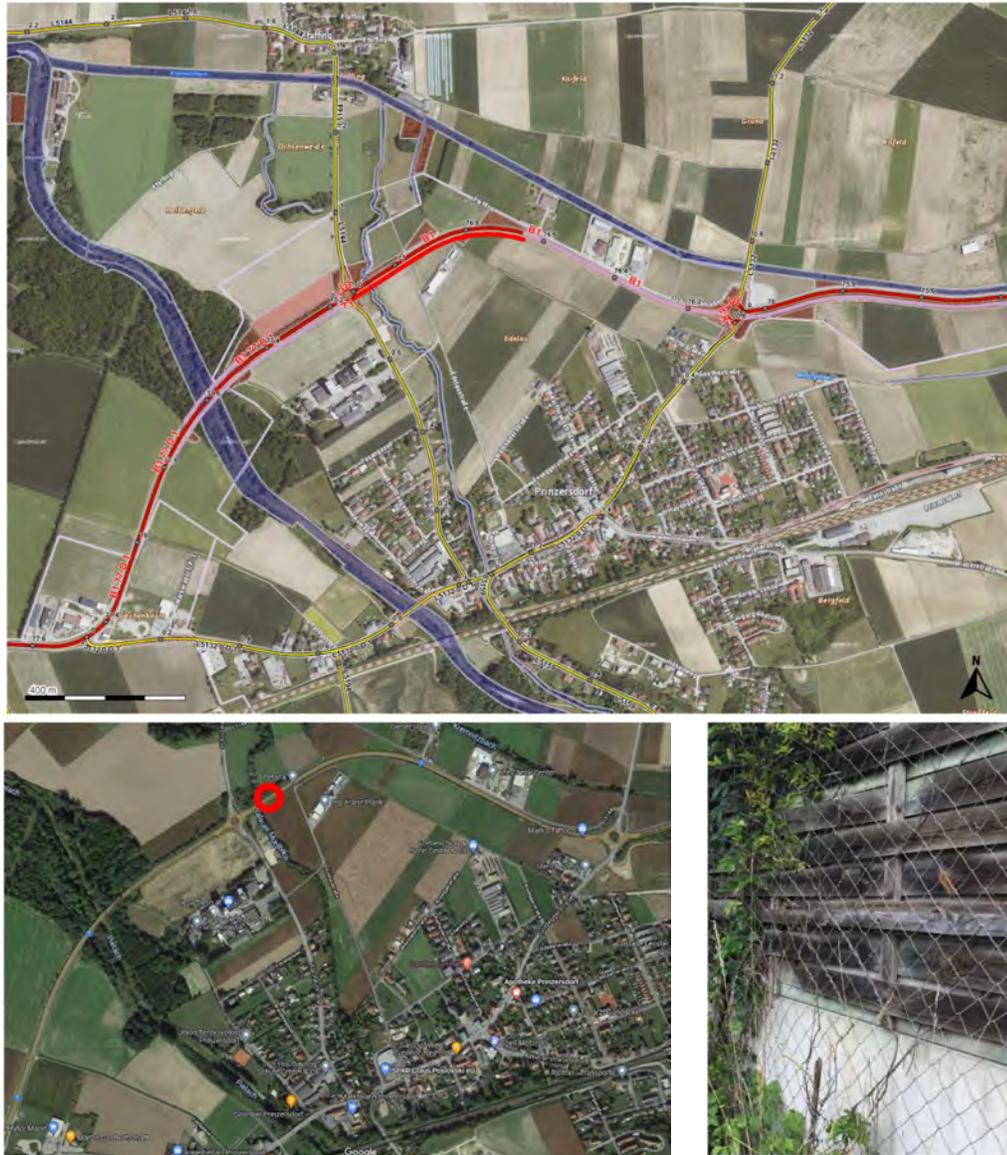


Abbildung 31: LSW B1 Prinzersdorf

Gemäß den Vorgaben für die Zustandsbeurteilung wurde am 20. August 2021 eine visuelle Zustandserfassung und Bewertung gemeinsam mit dem Amt der NÖ-Landesregierung durchgeführt. Insgesamt konnten 192 m der LSW von beiden Seiten beurteilt werden. Die nachfolgende Tabelle 23 zeigt die Ergebnisse der visuellen Zustandserfassung mit den entsprechenden Details.

Tabelle 23: Zustandsbeurteilung LSW B1 Prinzersdorf

Gesamtnote = Erfassungswert (nicht gerechneter Wert)

Zustandsbewertung und Beurteilung NÖ B1 Prinzersdorf								
Bauteil	Fehlstelle	Anzahl Schäden	Anzahl Fehlerklasse					Benotung Bauteil
			1	2	3	4	5	
Gründung und Fundament								1
Konstruktion								2
Wandelemente & Paneele	7.3.1 Risse und Brüche	7		6	1			3
	7.3.4 Mangelnder Verbund Konstruktion	1				1		
	7.3.5 Freiliegendes Dämmmaterial	5		3	1	1		
	7.3.6 Fehlende Einzelteile	2		2				
Sonstige Ausrüstung	8.1 Verformungen und Deformationen	2		2				2
	8.2 Bewuchs	1		1				
	8.3 Fehlende Einzelteile	1				1		
Summe		19	0	14	2	3	0	Gesamtnote
								2

6.2.3 Lärmschutzwand ASFINAG A2 Leobersdorf

Bei der untersuchten Lärmschutzwand im Bereich A2 bei Leobersdorf (Richtungsfahrbahn Wien) handelt es sich um eine Konstruktion, die in 3 Teile aufgeteilt werden muss. Nachfolgende Tabelle 22 beschreibt die LSW im Detail.

Tabelle 24: LSW A2 Leobersdorf - Eckdaten

LSW A2 Leobersdorf (Richtungsfahrbahn Wien)	
Örtlichkeit	A 2 Süd Autobahn, Leobersdorf (Objektnummer LSW A2 29,260 li/3), km 29,145 bis km 31,267
Gesamtlänge	1982 m
Unterer Teil Holz	
Länge beurteilt	1000 m
Höhe	2 m
Konstruktion	Stahlkonstruktion mit Holzpaneelen
Baujahr	1986
Unterer Teil Beton	
Länge beurteilt	500 m
Höhe	2 m
Konstruktion	Krainerwand aus Betonfertigteilen
Baujahr	1986
Oberer und neuer Teil Holz	
Länge beurteilt	1982 m
Höhe	4 m (davon zum Teil 2m aufgeständert)
Konstruktion	Stahlkonstruktion mit Holzpaneelen
Baujahr	2001

Die ursprüngliche Konstruktion aus dem Jahr 1986 besteht zum Teil aus einer Ständerkonstruktion aus Stahl mit Holzpaneelen sowie aus einem längeren Bereich einer

Krainerwand aus Betonfertigteilen mit einer Höhe von ca. 2,0 m. Im Zuge der Generalsanierung der A2 im Jahr 2001 wurde in jenen Bereichen, wo noch keine LSW vorhanden war, diese ergänzt und hinter der bestehenden Konstruktion eine aufgeständerte 4 m-hohe neue LSW zusätzlich errichtet. Bei der neuen Konstruktion handelt es sich um eine Stahlständerkonstruktion mit Holzpaneelen. Die nachfolgende Abbildung 32 zeigt die Örtlichkeit der LSW entlang der A2 auf der Richtungsfahrbahn Wien.



Abbildung 32: LSW A2 Leobersdorf (RFb. Wien)

Gemäß den Vorgaben für die Zustandsbeurteilung wurde am 28. September 2020 eine visuelle Zustandserfassung und Bewertung durchgeführt, wobei in vielen Teilbereichen die Zugänglichkeit durch Bewuchs oder die Lage stark eingeschränkt war.



Abbildung 33: Beurteilung LSW A2 Leobersdorf (RFb. Wien)

Die nachfolgende Tabelle 25 zeigt die Ergebnisse der visuellen Zustandserfassung mit den entsprechenden Details.

Tabelle 25: Zustandsbeurteilung LSW A2 Leobersdorf (RFb. Wien)

Gesamtnote = Erfassungswert (nicht gerechneter Wert)

Zustandsbewertung und Beurteilung ASFINAG Untere Wand (Holz)								
Bauteil	Fehlstelle	Anzahl Schäden	Anzahl Fehlerklasse					Benotung Bauteil
			1	2	3	4	5	
Gründung und Fundament								1
Konstruktion	6.1 Korrosion	1		1				2
Wandelemente & Paneele	7.3.1 Risse und Brüche	2				2		3
	7.3.3 Mangelnder Verbund Konstruktion	2				2		
	7.3.5 Freiliegendes Dämmmaterial	1				1		
Sonstige Ausrüstung	8.2 Bewuchs (Zugänglichkeit Stiege)							2
Summe		6	0	1	0	5	0	
							Gesamtnote	2

Zustandsbewertung und Beurteilung ASFINAG Untere Wand (Beton)								
Bauteil	Fehlstelle	Anzahl Schäden	Anzahl Fehlerklasse					Benotung Bauteil
			1	2	3	4	5	
Gründung und Fundament								1
Konstruktion								1
Wandelemente & Paneele								2
Sonstige Ausrüstung								1
Summe		0	0	0	0	0	0	
							Gesamtnote	2

Zustandsbewertung und Beurteilung ASFINAG Obere Wand (Holz)								
Bauteil	Fehlstelle	Anzahl Schäden	Anzahl Fehlerklasse					Benotung Bauteil
			1	2	3	4	5	
Gründung und Fundament								1
Konstruktion								1
Wandelemente & Paneele								1
Sonstige Ausrüstung								1
Summe		0	0	0	0	0	0	
							Gesamtnote	1

6.2.4 Lärmschutzwand ÖBB Praterkai

Bei der untersuchten Lärmschutzwand im Bereich ÖBB Praterkai handelt es sich um zwei getrennte Teilobjekte mit Ständerkonstruktion aus Stahl und Holzpaneelen, die im Jahr 1995 errichtet wurden. Nachfolgende Tabelle 26 beschreibt die LSW im Detail.

Tabelle 26: LSW ÖBB Praterkai

LSW ÖBB Praterkai	
Örtlichkeit	Praterkai (LSW-ID 271620256) km 7,28 bis km 7,70
Gesamtlänge	1060 m
ÖBB Praterkai West (1)	
Länge beurteilt	560 m
Höhe	3 m
Konstruktion	Stahlkonstruktion mit Betonsockel und Holzpaneelen
Baujahr	1995
ÖBB Praterkai Ost (2)	
Länge beurteilt	500 m
Höhe	2,5 m
Konstruktion	Stahlkonstruktion mit Betonsockel und Holzpaneelen
Baujahr	1995

Die nachfolgende Abbildung 34 zeigt die Örtlichkeit der LSW entlang des Verbindungsgleises zwischen Ostbahn und Handelskaibahn sowie auf der Ostbahn vor der Ostbahnbrücke über die Donau.



Abbildung 34: LSW ÖBB Praterkai

Gemäß den Vorgaben für die Zustandsbeurteilung wurde am 30. Juli 2020 eine visuelle Zustandserfassung und Bewertung durchgeführt. Dabei konnte in Abhängigkeit von der Zugänglichkeit zumindest bei jeder LSW eine Seite inspiziert werden. Dabei hat sich gezeigt, dass doch eine größere Anzahl von Paneelen bereits eine deutliche Beeinträchtigung durch Zersetzung aufweist und somit die Schutzwirkung der LSW deutlich eingeschränkt.

Die nachfolgende Tabelle 27 zeigt die Ergebnisse der visuellen Zustandserfassung mit den entsprechenden Details.

Tabelle 27: Zustandsbeurteilung LSW ÖBB Praterkai

Gesamtnote = Erfassungswert (nicht gerechneter Wert)

Zustandsbewertung und Beurteilung LSW ÖBB Praterkai West (1)								
Bauteil	Fehlstelle	Anzahl Schäden	Anzahl Fehlerklasse					Benotung Bauteil
			1	2	3	4	5	
Gründung und Fundament								2
Konstruktion								2
Wandelemente & Paneele	7.3.1 Risse und Brüche	2			2			3
	7.3.7 Zersetzung	0						
	7.3.4 Bewuchs	0						
	7.3.5 Freiliegendes Dämmmaterial	4		2	2			
	7.3.6 Fehlende Einzelteile	1				1		
Sonstige Ausrüstung								2
Summe		7	0	2	4	1	0	
Gesamtnote								3

Zustandsbewertung und Beurteilung LSW ÖBB Praterkai Ost (2)								
Bauteil	Fehlstelle	Anzahl Schäden	Anzahl Fehlerklasse					Benotung Bauteil
			1	2	3	4	5	
Gründung und Fundament								2
Konstruktion								2
Wandelemente & Paneele	7.3.1 Risse und Brüche	1					1	4
	7.3.7 Zersetzung	1		1				
	7.3.4 Bewuchs	1			1			
	7.3.5 Freiliegendes Dämmmaterial	7		1		4	2	
	7.3.6 Fehlende Einzelteile	8		1	5	1	1	
Sonstige Ausrüstung								2
Summe		18	0	3	6	5	4	
Gesamtnote								4

6.3 dTIMS Prototyp Lärmschutzwand

6.3.1 Einleitung

Für die Erstellung und folglich praktische Anwendung wird auf die von der ASFINAG seit 1998 in Verwendung befindliche Asset Management Software dTIMS (Deighton Total Infrastructure Management System) zurückgegriffen, die auch in der Zwischenzeit von einer großen Anzahl von Landesstraßenverwaltungen eingesetzt wird. Auch bei anderen Forschungsprojekten, wo die ÖBB eingebunden gewesen ist, wurde mit diesem kommerziellen Softwareprodukt

gearbeitet.³ Eine Integration der Erkenntnisse in andere Asset Management Softwarelösungen ist dann möglich, wenn die Systeme eine ausreichende Flexibilität im Bereich Datenbank und Analyse aufweisen.

dTIMS ist ein holistisches Infrastructure Asset Management System, welches es dem Infrastrukturbetreiber erlaubt, sämtliche Anlagen der Infrastruktur zu verwalten, zu referenzieren, zu erhalten und im Rahmen einer nachhaltigen Lebenszyklusbetrachtung zu managen. dTIMS umfasst mehrere Komponenten. Für die strategische Erhaltungsplanung steht mit dTIMS Business Analytics (dTIMS BA) ein Instrument für die Planung und die Unterstützung von Entscheidungen zur Verfügung. Für den operativen Betrieb der Infrastruktur kann auf die Systemkomponente dTIMS Operations Management (dTIMS OM) zurückgegriffen werden. Zusammen bilden dTIMS BA dTIMS OM und das Management Dashboard dTIMS Business Intelligence (dTIMS BI) ein Smart-Management System der vierten Generation. Im Rahmen des gegenständlichen Projektes wurde auf die Komponente dTIMS Business Analytics (dTIMS BA) zurückgegriffen.

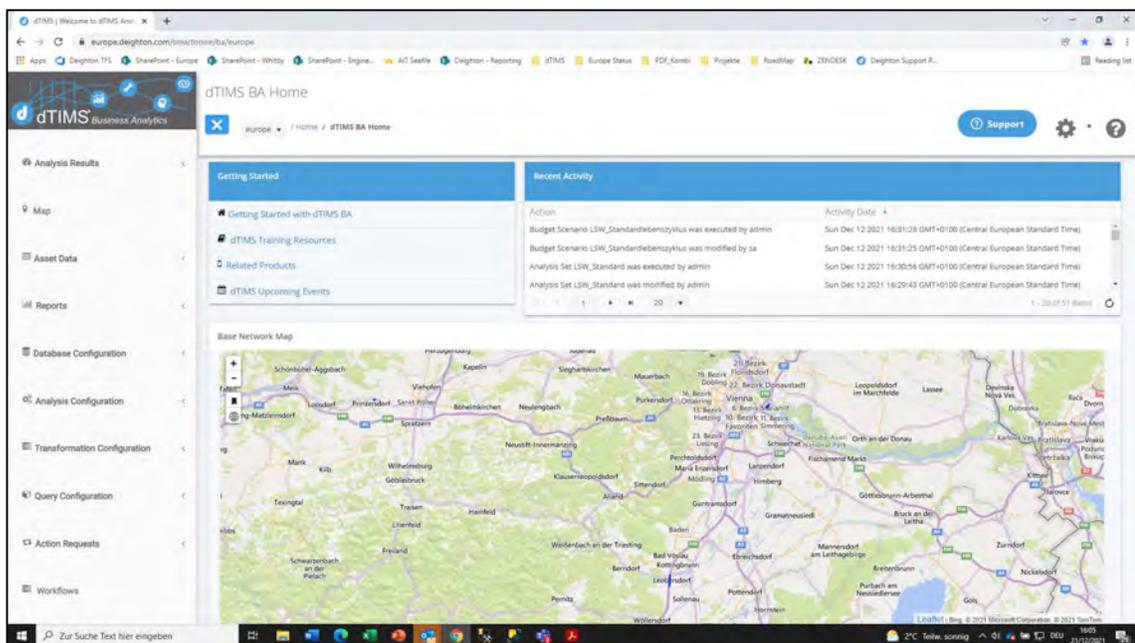


Abbildung 35: dTIMS BA Web-Anwendung

³ Bei dTIMS handelt es sich um ein kommerzielles Softwareprodukt, welches an die jeweiligen Anforderungen angepasst werden kann. dTIMS wurde deshalb ausgewählt, da sowohl die ASFINAG als auch die österr. Landesstraßenverwaltung eine Lizenz dieser Software besitzen und somit direkt auf die Anwendung zurückgreifen könnten. Darüber hinaus wurden sämtliche Konfigurationsdateien im MS Excel-Format aufbereitet (siehe elektronischer Anhang E).

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die Systembausteine und Funktionalitäten des dTIMS SMART NOISE Prototyps. Die Details können dem elektronischen **ANHANG E** entnommen werden, aus Gründen der Vollständigkeit wird in den einzelnen Kapiteln nochmals explizit darauf hingewiesen, was dem **ANHANG E** beigefügt wurde. Die Informationen im Anhang E können auch als Grundlage für andere Asset Management Anwendungen verwendet werden, sofern die angewendeten System eine ähnlich offene Struktur aufweisen.

6.3.2 Erstellung der dTIMS-Systemkonfiguration „SMART NOISE“ (Prototyp)

Unter Verwendung der Asset Management Software dTIMS werden die gewonnenen Grundlagen und Ergebnisse in einen lauffähigen Lebenszyklusalgorithmus überführt und in die Software dTIMS in Form eines Prototyps implementiert. Die Konfiguration besteht dabei aus folgenden Modulen bzw. Bausteinen:

- Datenbankstruktur zur Speicherung der Daten
- Algorithmus zur Aufbereitung bzw. Zusammenführung der Daten
- Zustandsprognose unter Verwendung der zuvor entwickelten Prognosemodelle für die entsprechenden bewertungsabhängigen und zeitrelevanten Indikatoren (Analysevariablen)
- Maßnahmenkatalog Erhaltung LSW (Kosten, Wirkungen, Anwendungsgrenzen, Dauer etc.)
- Analyseszenarien zur Bestimmung der Randbedingungen der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung und der Optimierung (Zielfunktion)
- Erstellung von Berichtsvorlagen für die Ergebnisauswertung

6.3.3 Praktische Anwendung Lebenszyklusalgorithmus

Im Zuge der praktischen Anwendung wird der in dTIMS implementierte Algorithmus (Prototyp) mit den von der ASFINAG übergebenen Daten befüllt und getestet. Die Analyseergebnisse (bauteil- bzw. gewerksbezogene Erhaltungsmaßnahmenvorschläge) werden auf Objekt- und Netzebene bewertet und im Hinblick auf deren Aussagegenauigkeit und Relevanz evaluiert. Die praktische Anwendung mit den Daten der ASFINAG besteht somit aus folgenden Schritten:

- Import der Daten
- Aufbereitung der Daten
- Analyse der Daten
- Kontrolle und Nachkorrektur des Analysealgorithmus anhand der Analyseergebnisse
- Analysen zur Ermittlung und Abschätzung des Erhaltungsbedarfs

6.3.4 Datenbankstruktur und Datenbankinhalt

6.3.4.1 Datentabellen

Zur Übernahme der Daten aus der visuellen Zustandserfassung sowie zur Speicherung der Algorithmen wurde eine SQL-Datenbank (SQL 2016) entsprechend konfiguriert. Diese Datenbank enthält folgende Datentabellen:

- LSW_Basis: Speicherung der Inventardaten der untersuchten LSW-Objekte (Basistabelle)
- LSW_Analyse: Speicherung der aufbereiteten Analysedaten (=Mastertabelle für die Analyse)
- LSW_Zustand: Speicherung der aktuellen Zustandsnoten der LSW-Bauteile
- LSW_Zustand_Schaden: Auflistung der aufgenommenen Schäden mit Bezug zu LSW_Zustand

Die nachfolgende Abbildung 36 zeigt einen Bildschirmausdruck der Konfigurationstabelle für die Datentabellen. Sämtliche Details zu den Datentabellen können dem elektronischen **ANHANG E** entnommen werden.

Display Name	Name	Description	Table Type	Base Table	Hidden	Lock	Mapping Attribute
LSW_Analyse	LSW_Analyse	LSW Analysistabelle	Section	LSW_Basis	False	True	Mapping
LSW_Basis	Base	Base	Chunks	False	False	True	Mapping
LSW_Zustand	LSW_Zustand	Zustandsdaten LSW	Section	LSW_Basis	False	True	Mapping
LSW_Zustand_Schaden	LSW_Zustand_Schaden	Schadensnoten LSW	Section	LSW_Basis	False	True	Mapping

Abbildung 36: dTIMS SMART NOISE Prototyp – Bildschirmausdruck – Datentabellen

6.3.4.2 Attribute (Datenfelder)

Jeder einzelnen Tabelle ist eine größere Anzahl von Attributen (Datenfeldern) zugeordnet. Diese Felder können wie folgt gruppiert werden:

- Interne Attribute zur Speicherung von Systemdaten und der Referenzierung
- Inventardatenfelder zur Speicherung der Inventarinformationen der LSW-Objekte (Länge, Höhe, Bauweise, etc.)
- Zustandsdatenfelder zur Speicherung der Zustandseigenschaften der LSW-Objekte der baulich-konstruktiven Anlageteile
- Analyseattribute zur Speicherung der Analysevariablen und der Analyseergebnisse
- Sonstige Attribute zur Speicherung weiterer Informationen (Datum, Kontrollattribute, etc.)

Die nachfolgende Abbildung 37 zeigt einen Bildschirmausdruck der Konfigurationstabelle für die Attribute. Sämtliche Details zu den Attributen können dem elektronischen **ANHANG E** entnommen werden.

Display Name	Name	Description	Table	Type	Expression	Size	Scale	Minimum
LSW_Analysis								
LSW_Basis								
Bedeutung	Bedeutung	Bedeutung Verkehr...	LSW_Basis	Smallint		1	0	1
Beschreibung	Beschreibung	Beschreibung	LSW_Basis	nvarchar		250	0	
Erhalter	Erhalter	Erhalter	LSW_Basis	nvarchar		50	0	
Mapping	Mapping	Mapping	LSW_Basis	Geometry		1	0	
LSW_Zustand								
Datum_Erfassung	Datum_Erfassung	Datum der Erfassung	LSW_Zustand	Date		1	0	2019-01-01T11
GN	GN	Gesamtnote	LSW_Zustand	Smallint		1	0	0
Mapping	Mapping	Mapping	LSW_Zustand	Geometry		1	0	
ZN_Gruendung_Fund	ZN_Gruendung_Fund	Zustandsnote Grün...	LSW_Zustand	Smallint		1	0	0
ZN_Konstruktion	ZN_Konstruktion	Zustandsnote Konst...	LSW_Zustand	Smallint		1	0	0
ZN_Sonstige_Ausru...	ZN_Sonstige_Ausru...	Zustandsnote sonst...	LSW_Zustand	Smallint		1	0	0
ZN_Wandelemente...	ZN_Wandelemente...	Zustandsnote Wand...	LSW_Zustand	Smallint		1	0	0
LSW_Zustand_Schaden								

Abbildung 37: dTIMS SMART NOISE Prototyp – Bildschirmausdruck – Attribute (Datenfelder)

6.3.4.3 Daten und Dateninhalte

Wie bereits erwähnt, wurden die im Rahmen der visuellen Zustandserfassung erhobenen Daten in den dTIMS SMART NOISE Prototyp übertragen. Die Daten wurden importiert und sind in der dem System dahinterliegenden SQL-Datenbank abgelegt. Die nachfolgende Abbildung 38 zeigt einen Bildschirmausdruck der Datentabelle für den Zustand im dTIMS SMART NOISE Prototyp.

Infantry	Datum_Erstellung	IGI	ZN_Gruendung_Fund	ZN_Konstruktion	ZN_Sonstige_Ausru...	ZN_Wandelerneu...
win	Mon Sep 28 2020 02:00:00 G...	1	1	1	1	1
win	Mon Sep 28 2020 02:00:00 G...	2	1	1	1	2
win	Mon Sep 28 2020 02:00:00 G...	2	1	1	2	1
win	Fri Aug 20 2021 02:00:00 GM...	2	1	1	2	1
win	Thu Jul 30 2020 02:00:00 GM...	1	1	1	2	1
win	Thu Jul 30 2020 02:00:00 GM...	4	1	1	2	1

Abbildung 38: dTIMS SMART NOISE Prototyp – Bildschirmausdruck – Zustandsdaten

6.3.4.4 Datenaufbereitung und -kontrolle

Die Datenaufbereitung und -kontrolle erfolgte unter Verwendung von entsprechenden Berechnungsalgorithmen, die auf die Daten angewendet werden. Hierfür wurden im System entsprechende Funktionen (Expressions- und Transformationsroutinen) implementiert.

Von wesentlicher Bedeutung im Rahmen der Datenaufbereitung ist die individuelle Zuordnung jedes einzelnen Objektes zum richtigen Startzeitpunkt für den Regellebenszyklus auf der Grundlage der aktuellen Ausgangssituation (Zustand, Alter etc.). Die nachfolgende Abbildung 39 zeigt einen Bildschirmausdruck der für die Analyse auf- bzw. vorbereiteten Daten im dTIMS SMART NOISE Prototyp.

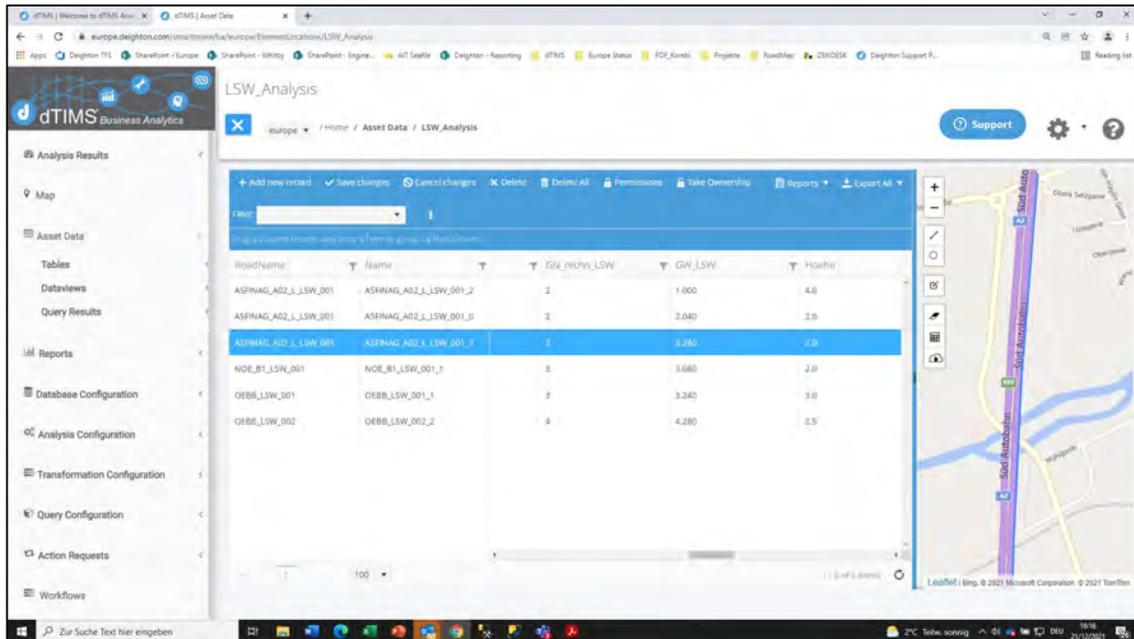


Abbildung 39: dTIMS SMART NOISE Prototyp – Bildschirmausdruck – Berechnungsalgorithmus zur Datenaufbereitung

6.3.5 Analysekonfiguration

6.3.5.1 Analysevariablen

Die Modellierung der Lebenszyklusanalyse erfolgt durch die Implementierung sogenannter Analysevariablen. Diese Variablen beschreiben die zeitliche Änderung der unterschiedlichen zu untersuchenden Eigenschaften und beinhalten somit auch die Modelle für die Zustandsprognose. Die Analysevariablen können dabei in folgende Gruppen eingeteilt werden:

- Zustandsanalysevariablen zur Beschreibung der Zustandsprognose (Gesamtwert/note)
- Inventarvariablen zur Beschreibung der zeitlichen Änderung von bestimmten Inventareigenschaften der analysierten LSW-Objekte (z.B. Bauweise)
- Maßnahmenvariablen zur Beschreibung von auf Erhaltungsmaßnahmen bezogenen Kenngrößen (z.B. Maßnahmenausmaß)
- Regellebenszyklusvariablen zur Beschreibung der Erhaltungsintervalle
- Kostenvariablen zur Beschreibung von monetären Kenngrößen (z.B. Maßnahmenkosten in einem bestimmten Analysejahr)
- Summationsvariablen zur Beschreibung von Summenwerten am Ende der Betrachtungsperiode (z.B. Gesamtkosten Erhaltungsmaßnahmenstrategie)

Im Rahmen der Definition der Analysevariablen ist es auch notwendig, weitere Module zu konfigurieren bzw. zu implementieren. Dabei handelt es sich um:

- Formeln zur Berechnung der Werte der Analysevariablen
- Tabellen zur Speicherung von Modellparametern für die Berechnung der Analysevariablen

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen einige Bildschirmausdrucke zur Definition der Analysevariablen im dTIMS SMART NOISE Prototyp. Sämtliche Details zu den Analysevariablen können dem elektronischen Anhang entnommen werden.

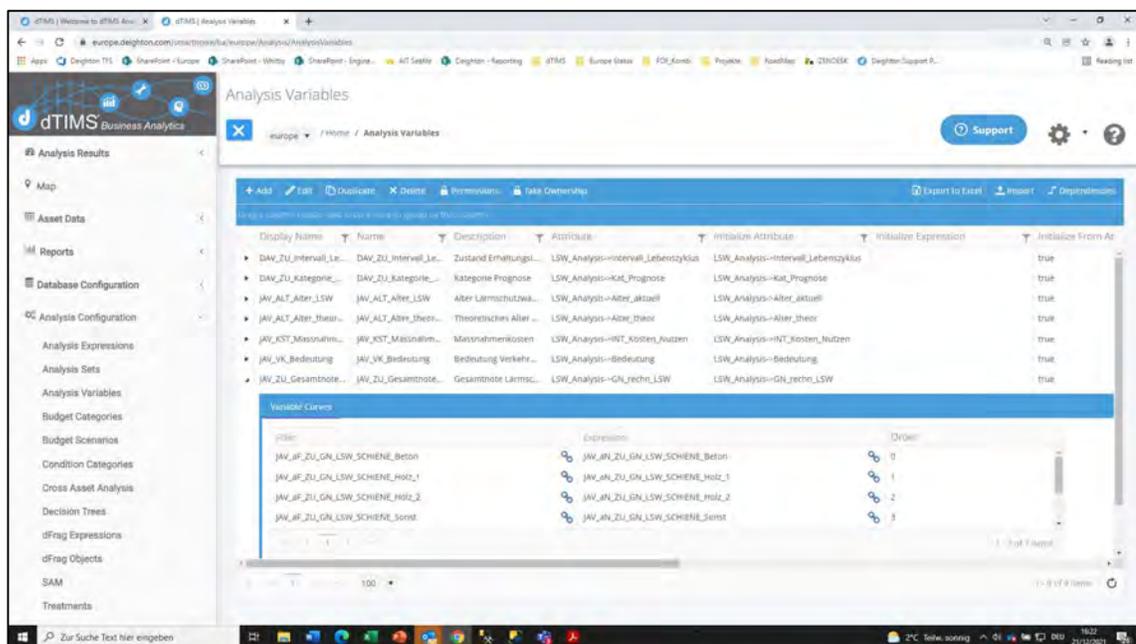


Abbildung 40: dTIMS SMART NOISE Prototyp – Bildschirmausdruck – Analysevariablen

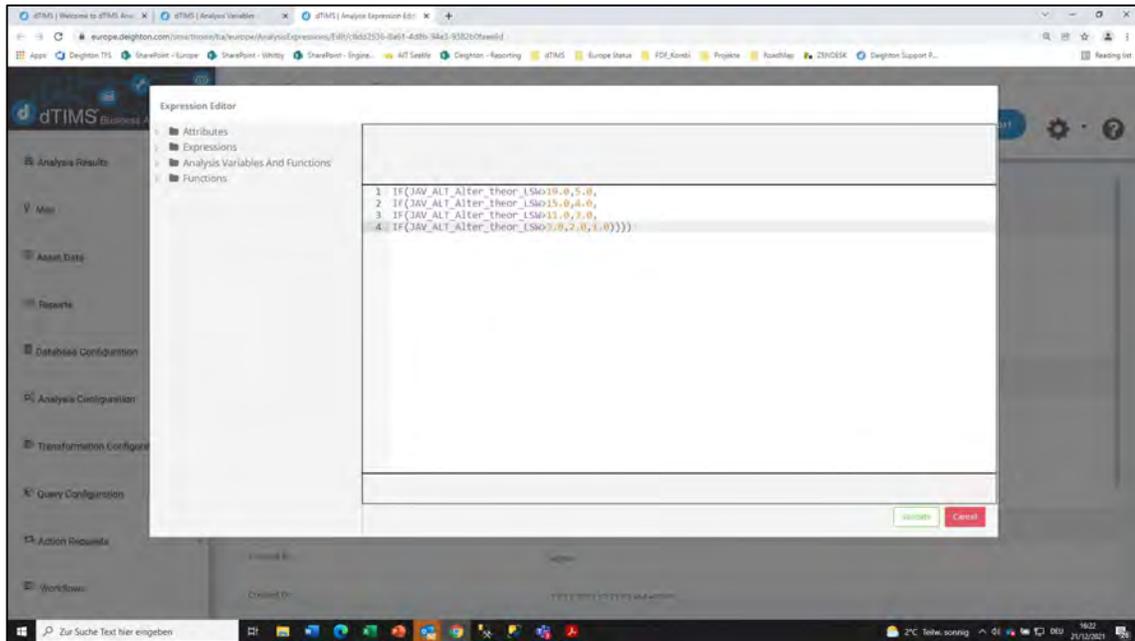


Abbildung 41: dTIMS SMART NOISE Prototyp – Bildschirmausdruck – Formel Prognosemodell Zustand

6.3.5.2 Maßnahmenkatalog

Neben den Analysevariablen spielen bei der Lebenszyklusanalyse vor allem die Erhaltungsmaßnahmen eine wesentliche Rolle. Im Rahmen der Definition des Maßnahmenkatalogs sind für jede einzelne Erhaltungsmaßnahme folgende Informationen in das System zu implementieren:

- Definition der Art der Maßnahme und ihrer Eigenschaften
- Kostenfunktionen zur Berechnung der Maßnahmenkosten
- Filter für die Anwendungsgrenzen der Maßnahme
- Funktion zur Beschreibung der Rücksetzwerte (Wirkungen) der Erhaltungsmaßnahmen

Im Rahmen der Konfiguration des dTIMS SMART NOISE Prototyp wurden ausschließlich Hauptmaßnahmen zum Auslösen von Erhaltungsmaßnahmen im Regellebenszyklus implementiert.

Die nachfolgende Abbildung 42 zeigt einen Bildschirmausdruck zur Definition des Maßnahmenkatalogs im dTIMS SMART NOISE Prototyp. Sämtliche Details zu den Erhaltungsmaßnahmen können dem elektronischen **ANHANG E** entnommen werden.

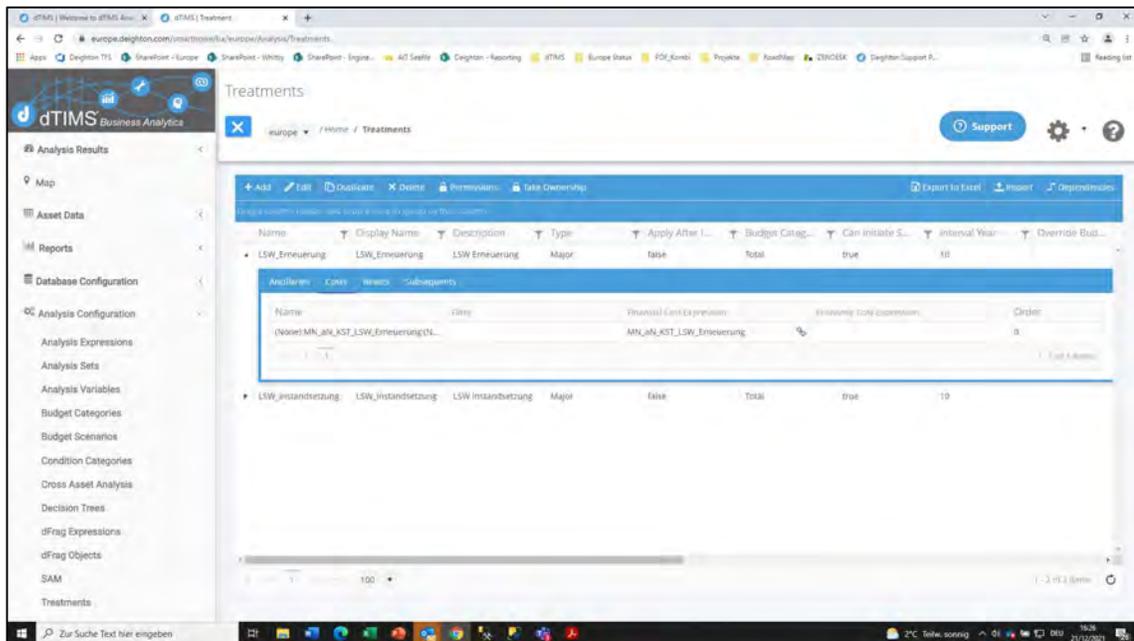


Abbildung 42: dTIMS SMART NOISE Prototyp – Maßnahmenkatalog

6.3.5.3 Analyseset und Szenario für Optimierung

Die Zusammenführung der unterschiedlichen Analysevariablen und des Maßnahmenkatalogs erfolgt im sogenannten Analyseset. Darüber hinaus wird im Analyseset der Zeitrahmen für die Analyse bestimmter Parameter der Lebenszyklusanalyse definiert. Im Rahmen der Definition eines Szenarios werden die Randbedingungen für die Optimierung definiert. Für die Konfiguration des dTIMS SMART NOISE Prototyp wurden folgende Festlegungen implementiert:

- Analyseset SMART NOISE Set 1 für eine 20-jährige Analyseperiode (Ergebnisse werden über 19 Jahre dargestellt)
- Szenario Standardlebenszyklus ohne budgetäre Restriktionen zur Auswahl der optimalen SMART NOISE Erhaltungsmaßnahmenstrategie

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen einige Bildschirmausdrucke zur Definition des Analysesets und des Analyseszenarios im dTIMS SMART NOISE Prototyp. Sämtliche Details zum Analyseset und zum Analyseszenario können dem elektronischen **ANHANG E** entnommen werden.

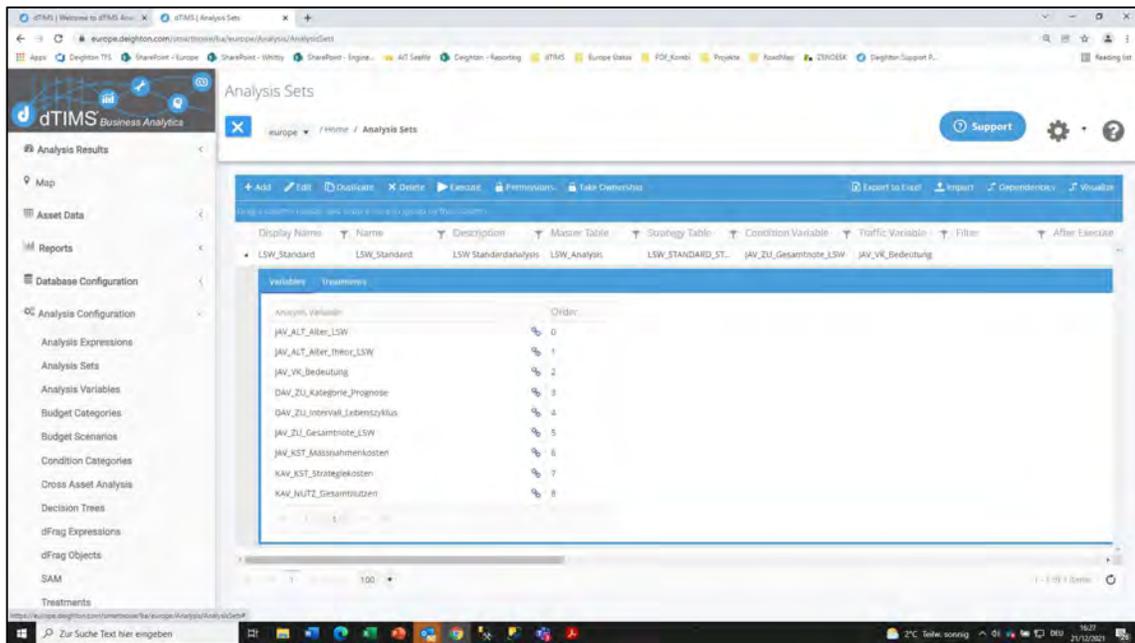


Abbildung 43: dTIMS SMART NOISE Prototyp – Bildschirmausdruck – Definitionen Eigenschaften Analyseaset

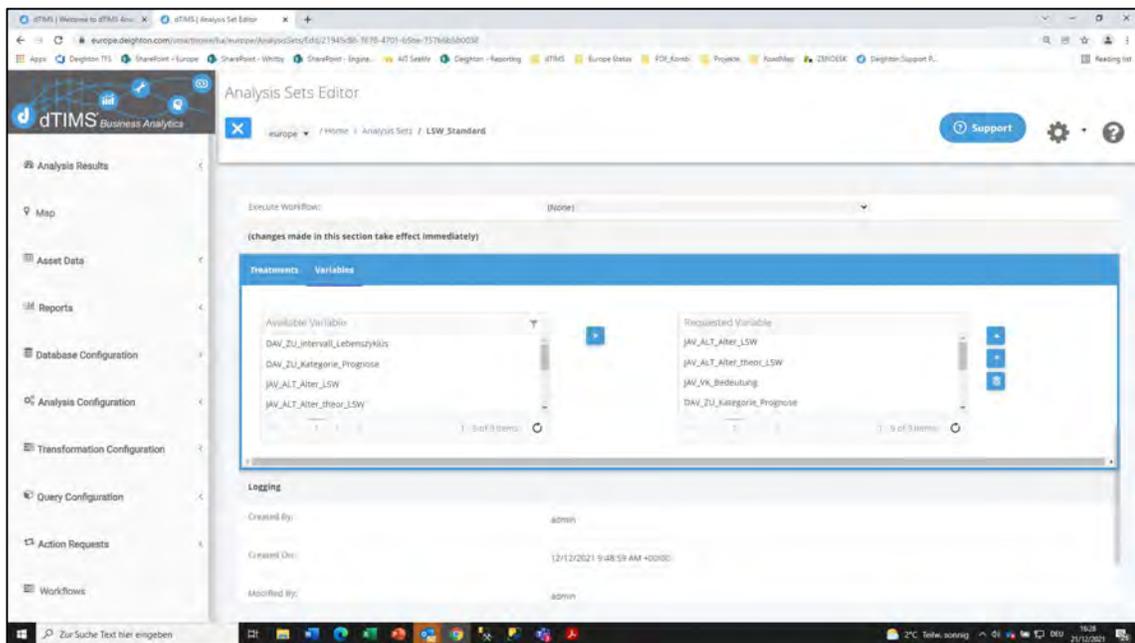


Abbildung 44: dTIMS SMART NOISE Prototyp – Bildschirmausdruck – Auswahl Analysevariablen für das Analyseaset

6.3.6 Systemergebnisse

6.3.6.1 Objektbezogene Ergebnisse

Die nachfolgende Abbildung 45 zeigt zunächst die Ergebnisse der Kalibrierung als Eingangswerte für die Analyse, die durch die entsprechende Kalibrieralgorithmen errechnet bzw. vom Anwender festgelegt werden.

RoadName	Name	Alter_Inzoo	Bedienung	Erhalter	GtA	GtA_rachn_LSW
ASPNAG_AD2_L_SW_001	ASPNAG_AD2_L_SW_001_2	13	3	ASPNAG	1	2
ASPNAG_AD2_L_SW_001	ASPNAG_AD2_L_SW_001_0	16	9	ASPNAG	2	2
ASPNAG_AD2_L_SW_001	ASPNAG_AD2_L_SW_001_3	25	9	ASPNAG	3	8
NOR_B1_L_SW_001	NOR_B1_L_SW_001_3	14	1	LAND NO	-3	8
OEBB_L_SW_001	OEBB_L_SW_001_1	25	4	OBB	3	3
OEBB_L_SW_002	OEBB_L_SW_002_2	88	10	OBB	-4	4

Abbildung 45: dTIMS SMART NOISE Prototyp – Bildschirmausdruck – Eingangswerte Analyse aus Kalibrierung

Nach dem Durchführen der Analyse stehen für jede einzelne LSW (Teilobjekt) genaue Ergebnisse aus der Lebenszyklusanalyse zur Verfügung. Dabei handelt es sich grundsätzlich um folgende Ergebnisse:

- Werte der Analysevariablen in jedem Jahr der Betrachtungsperiode (Zustandsverläufe, Risikoverläufe etc.)
- Erhaltungsmaßnahmen und Erhaltungsmaßnahmenstrategien
- SMART NOISE Erhaltungsmaßnahme und Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung

Sämtliche Ergebnisse werden in der SQL-Datenbank abgespeichert und können mit der Software dTIMS gesichtet werden. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen einige Bildschirmausdrucke dieser Ergebnisse im dTIMS SMART NOISE Prototyp.

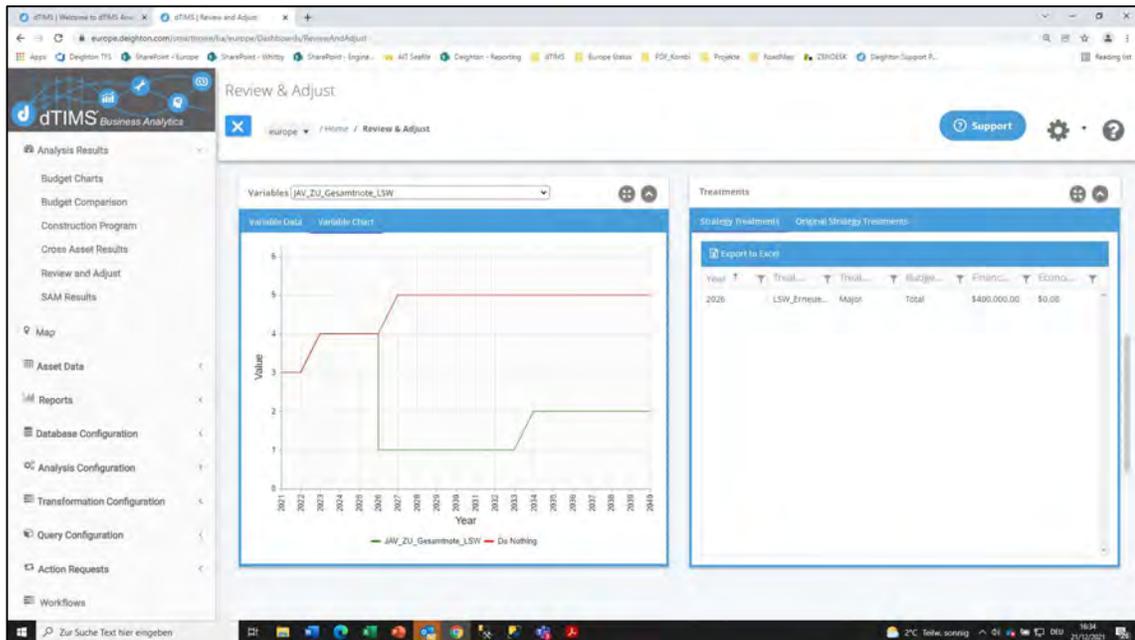


Abbildung 46: dTIMS SMART NOISE Prototyp – Bildschirmausdruck – LSW-Objektergebnisse (Verlauf Zustand Gesamtnote)

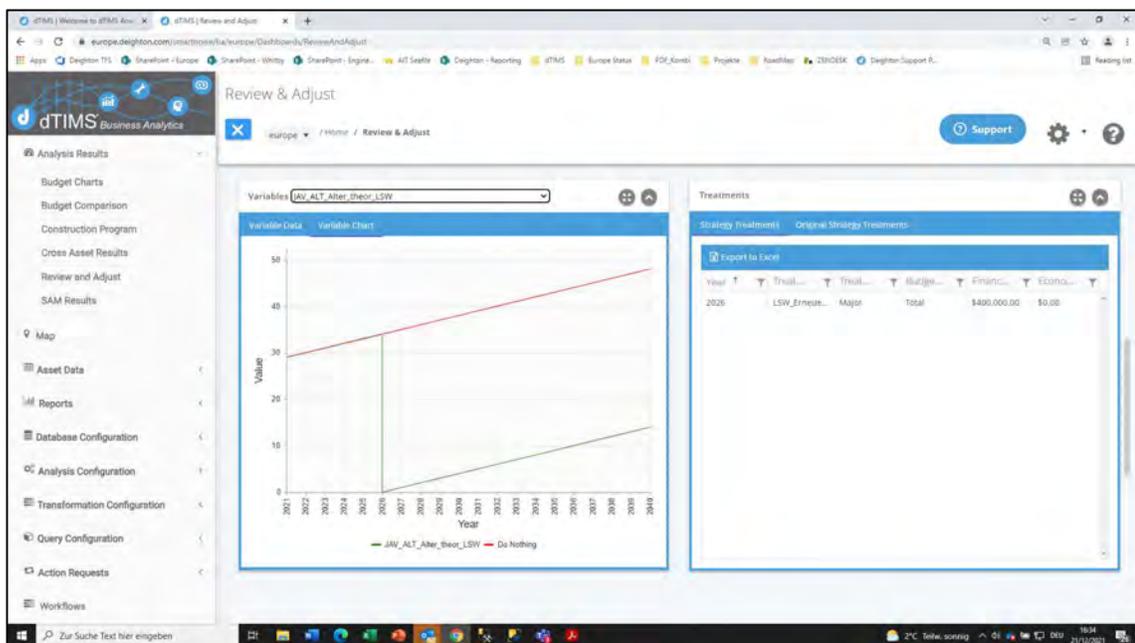


Abbildung 47: dTIMS SMART NOISE Prototyp – Bildschirmausdruck – LSW-Objektergebnisse (Verlauf theoretisches Alter)

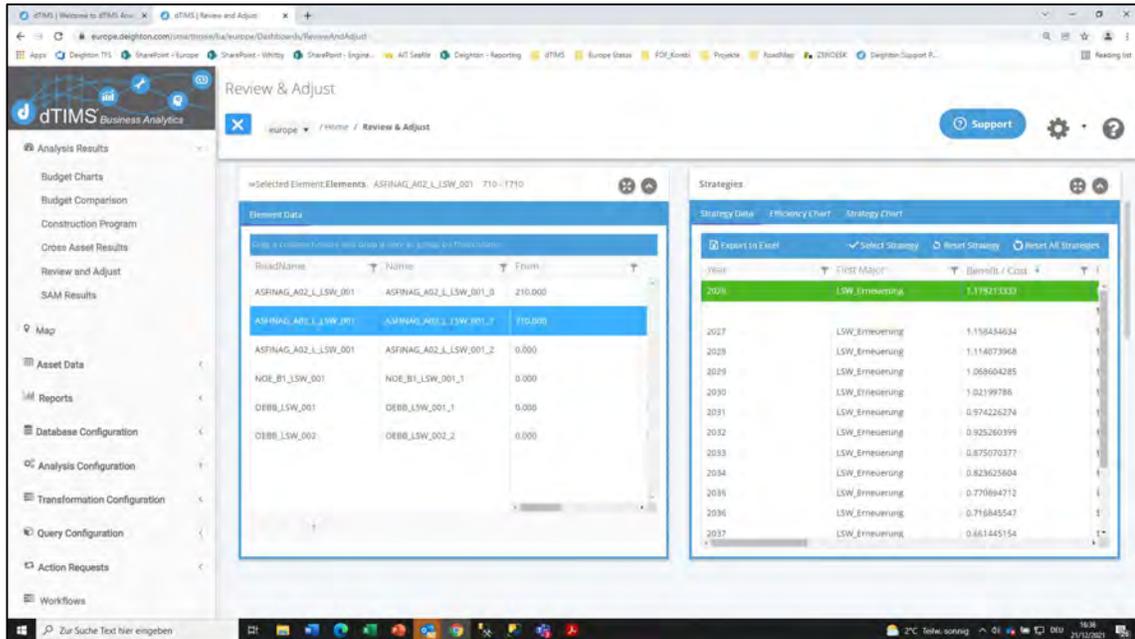


Abbildung 48: dTIMS SMART NOISE Prototyp – Bildschirmausdruck – LSW-Objektergebnisse (Objektliste und zugeordnete Erhaltungsmaßnahmenstrategien)

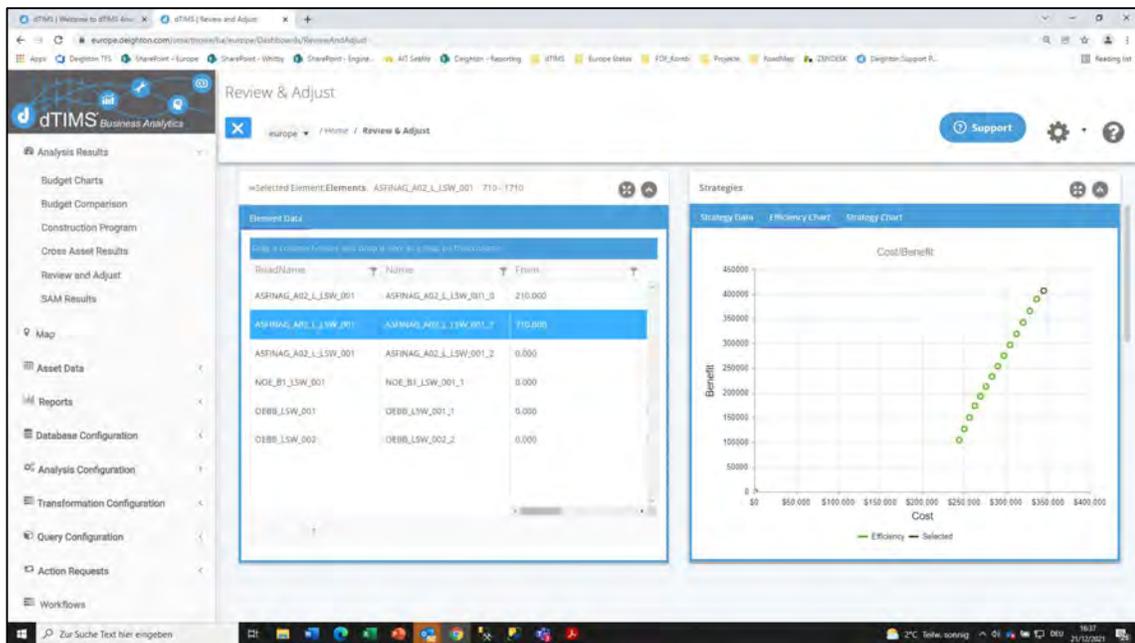


Abbildung 49: dTIMS SMART NOISE Prototyp – Bildschirmausdruck – LSW-Objektergebnisse (Ergebnis Wirtschaftlichkeitsuntersuchung)

6.3.6.2 Netzbezogene Ergebnisse

Für die netzweiten Ergebnisse, die eine Zusammenfassung der objektbezogenen Ergebnisse darstellen, stehen folgende Berichte für das berechnete Szenario zur Verfügung:

- Kostenentwicklung und Verteilung
- Zustandsentwicklung und Verteilung
- Risikoentwicklung Verteilung
- Maßnahmenkostenverteilungen
- Maßnahmenlängenverteilungen
- Entwicklung mittlerer Zustand
- Entwicklung Erhaltungsrückstand Zustand (Klasse 4 und 5)

Sämtliche Ergebnisse werden in der SQL-Datenbank abgespeichert und können mit der Software dTIMS gesichtet werden. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen einige Bildschirmausdrucke dieser Ergebnisse im dTIMS SMART NOISE Prototyp.

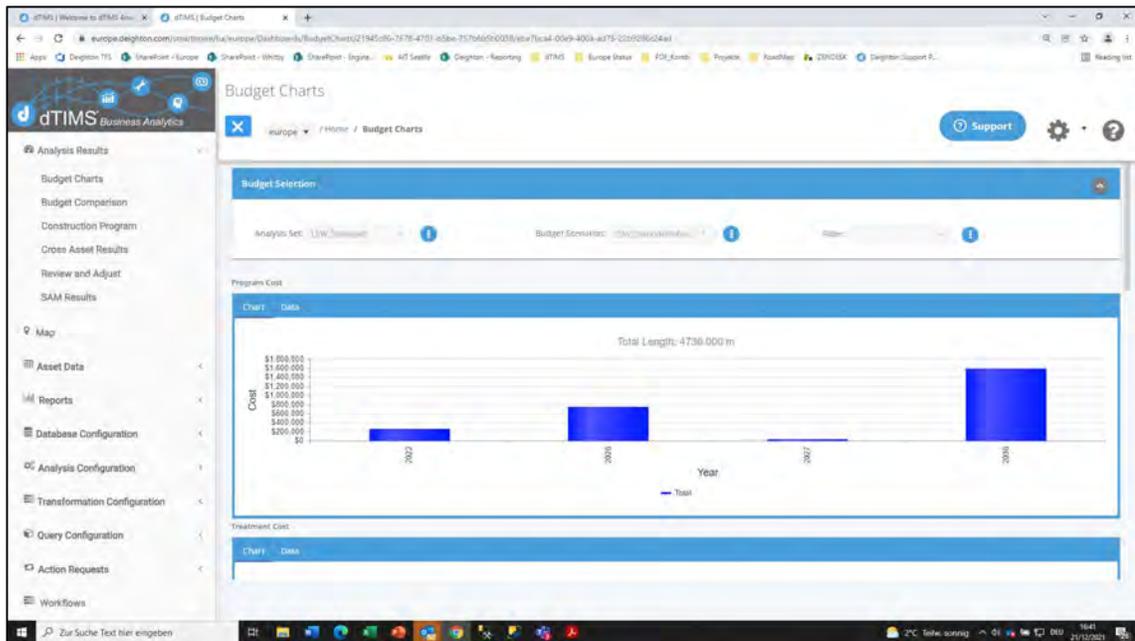


Abbildung 50: dTIMS SMART NOISE Prototyp – Bildschirmausdruck – Erforderliche Investitionen

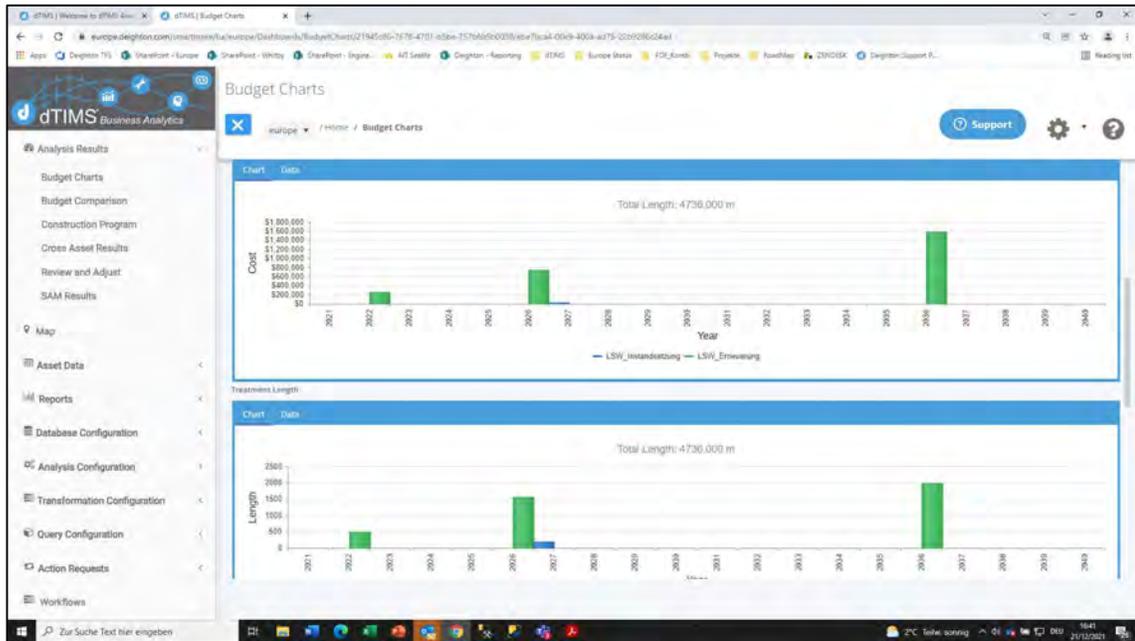


Abbildung 51: dTIMS SMART NOISE Prototyp – Bildschirmausdruck – Maßnahmenlängen und -kosten

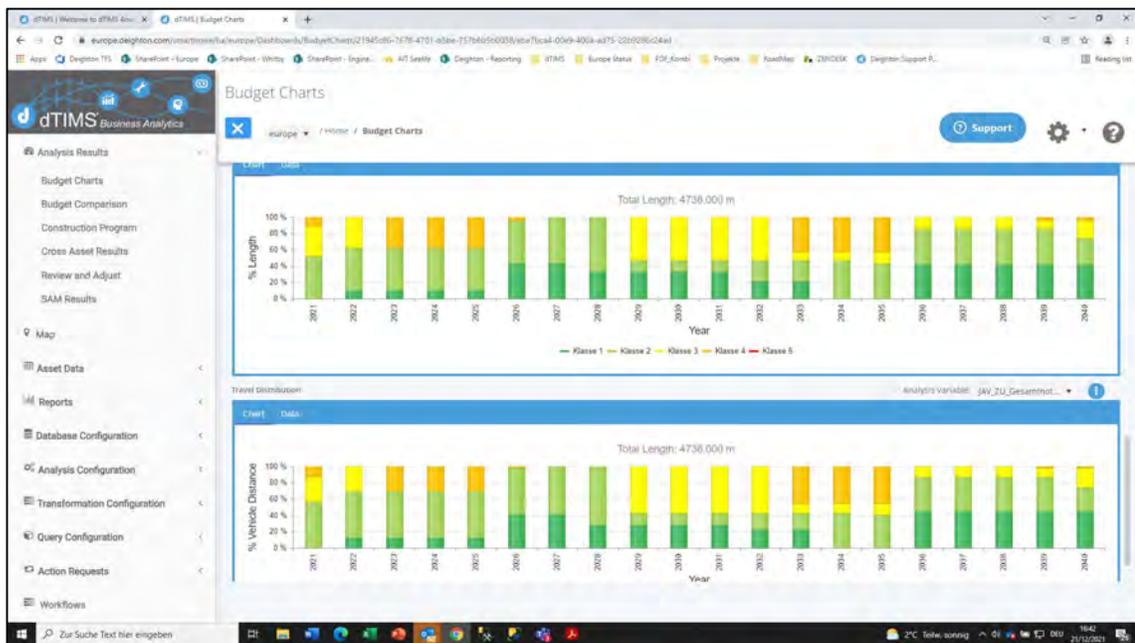


Abbildung 52: dTIMS SMART NOISE Prototyp – Bildschirmausdruck – Zustandsverteilung alle untersuchten LSWs

6.4 Ergebnisse der Bewertungen

Wie bereits mehrmals beschrieben, wurden die erhobenen Daten der inspizierten Lärmschutzwände direkt in den dTIMS SMART NOISE Portotypen eingegeben und entsprechend den vorgegebenen Algorithmen bewertet. Mit Ausnahmen der Beurteilung der Nichtverfügbarkeit konnte die Analyse automatisiert erfolgen. Für die detaillierte Beurteilung der Nichtverfügbarkeit durch Kosten liegen für alle untersuchten Lärmschutzwände keine ausreichend genauen Daten vor, sodass hier nur eine „generelle“ Bewertung des Nichtverfügbarkeitsrisikos (manuell, nicht über den dTIMS SMART NOISE Prototyp) vorgenommen werden konnte, was jedoch auch eine nachvollziehbare Aussage ermöglicht.

Die nachfolgende Tabelle 28 zeigt die vorgeschlagenen Erhaltungsmaßnahmen für die untersuchten Lärmschutzwände auf Teilobjektebene. Neben der Maßnahmenart, dem Jahr der Erhaltungsmaßnahme und den geschätzten Kosten beinhaltet die Tabelle auch die gerechnete Gesamtnote sowie das theoretische Alter als Eingangswerte. Sämtliche Ergebnisse sind als Realwerte mit Preisbasis 2020 aufgelistet.

Tabelle 28: Erhaltungsmaßnahmen untersuchte Lärmschutzwände (Teilobjekte)

Lärmschutzwand	theor. Alter	GN rechn.	Erh.- Intervall	Maßnahme	Jahr	Kosten [€]
LSW ASFINAG A2 Leobersdorf (RFb. Wien)						
ASFINAG A2 Holz 1986	29	3	2	LSW_Erneuerung	2026	400.000
ASFINAG A2 Holz 2001	19	2 ¹⁾	2	LSW_Erneuerung	2036	1.585.600
ASFINAG A2 Beton 1986	16	2	1	-	-	-
LSW NÖ B1 Umfahrung Prinzersdorf						
NÖ B1 Holz 2005	14	3	1	LSW_Instandsetzung	2027	30.720
LSW ÖBB Praterkai						
Praterkai West (1) Holz 1995	29	3	2	LSW_Erneuerung	2026	336.000
Praterkai Ost (2) Holz 1995	33	4	2	LSW_Erneuerung	2022	251.000

1) Obwohl dieser Teil-LSW eine Note von 1 im Rahmen der Inspektion zugeordnet wurde, erfolgte im Rahmen der Kalibrierung und der ingenieurmäßigen Beurteilung aufgrund des hohen Alters zumindest eine Zuordnung der Note 2 gem. dem standardisierten Lebenszyklus (Intervall 2)

Die Wirkungen der Erhaltungsmaßnahmen auf den Zustand können der nachfolgenden Abbildung 53 entnommen werden. Hier zeigt sich besonders gut, dass gem. den Vorgaben der standardisierten Lebenszyklen die notwendigen Maßnahmen auch zum entsprechenden Zeitpunkt „angesetzt“ werden.

Sowohl Tabelle 28 als auch Abbildung 53 zeigen sehr gut, welche Aussagen im Rahmen einer Lebenszyklusbetrachtung möglich sind. Natürlich können diese Ergebnisse auch für eine große Anzahl von untersuchten Objekten für ein Gesamtnetz zusammengefasst werden, vorausgesetzt, dass die entsprechenden Daten auch zur Verfügung stehen.

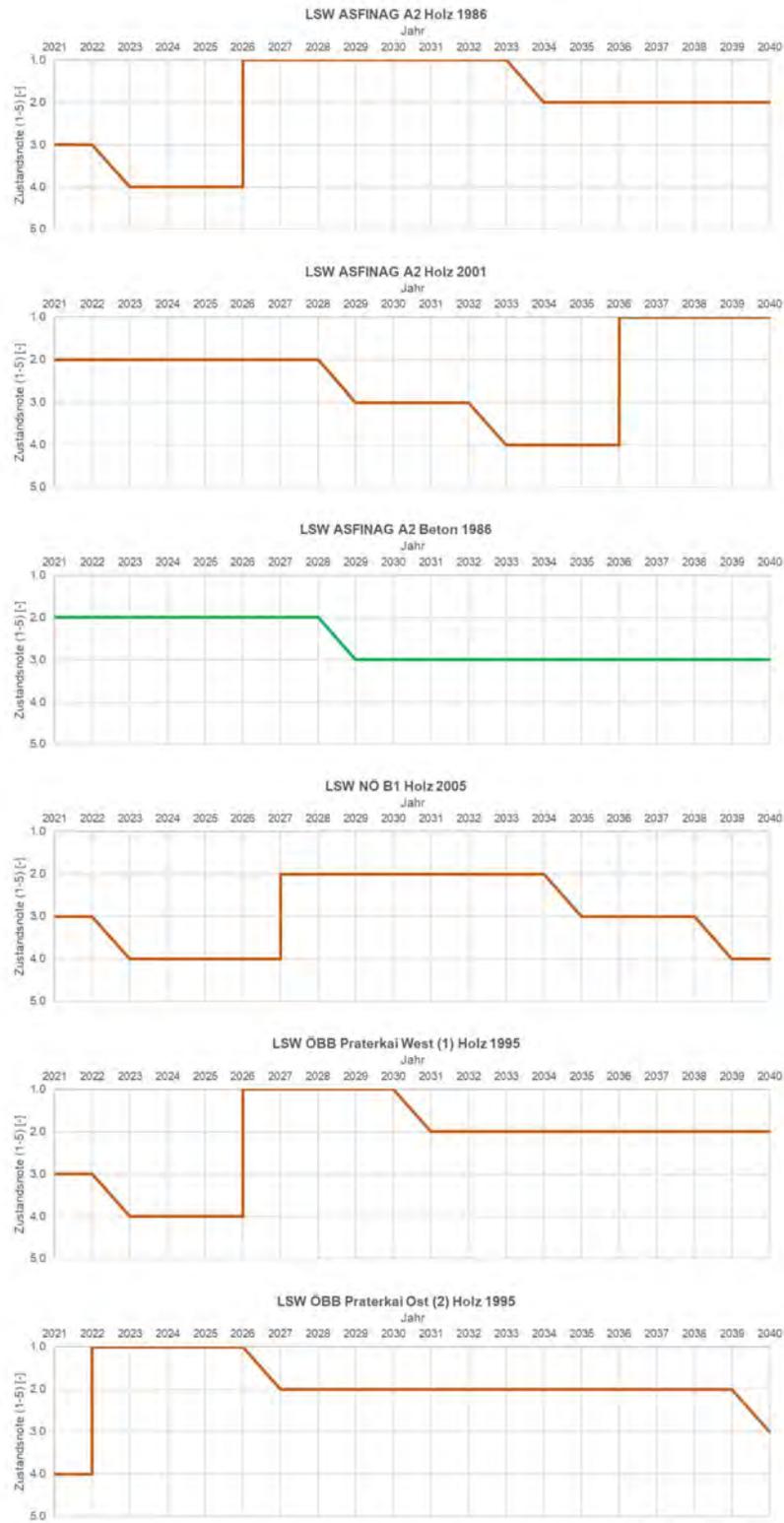


Abbildung 53: Zustandsverläufe Gesamtnote untersuchte Lärmschutzwände (Teilobjekte)

Eine weitere Zielsetzung des Projektes bestand in der Abschätzung der „Nichtverfügbarkeit“, wobei, wie bereits erwähnt, die Datenlage für eine genau Abschätzung nicht zur Verfügung stand und für die meisten Lärmschutzwände kurzfristig auch nicht zur Verfügung steht. Zumindest soll jedoch das in Kapitel 4.5.3 vorgestellte Risiko einer Nichtverfügbarkeit berechnet werden, da es mit den zur Verfügung stehenden Daten unter bestimmten Annahmen sehr einfach zu berechnen ist. Unter Heranziehung des Gesamtwertes und nachfolgender Eingangsdaten (zum Teil geschätzt) konnte die Entwicklung des Risikos einer Nichtverfügbarkeit für alle untersuchten Lärmschutzwände berechnet werden.

Tabelle 29: Eingangsdaten für die Abschätzung des Risikos einer Nichtverfügbarkeit

Konfidenzfaktoren Ausfallwahrscheinlichkeit	
Datenqualität	1,0
Intensität Monitoring	1,0
Kategorien Auswirkung	
LSW Landesstraße B1 Umfahrung Prinzersdorf	C
LSW ASFINAG A2 Leobersdorf (RFb. Wien) – alle Teilobjekte	C
LSW ÖBB Praterkai West (1)	E
LSW ÖBB Praterkai Ost (2)	D

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Entwicklung des errechneten Risikos einer Nichtverfügbarkeit unter Heranziehung der zuvor beschriebenen Annahmen sowie der im Kapitel 4.5.3. vorgeschlagenen Risikomatrix.

Lärmschutzwand	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
ASFINAG A2 Holz 1986	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange	Green	Yellow													
ASFINAG A2 Holz 2001	Yellow	Orange	Orange	Green	Green	Green	Green	Green												
ASFINAG A2 Beton 1986	Yellow																			
NÖ B1 Holz 2005	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Yellow	Orange												
Praterkai West (1) Holz 1995	Red	Red	Red	Red	Red	Yellow														
Praterkai Ost (2) Holz 1995	Red	Yellow																		

Tabelle 30: Entwicklung Risiko Nichtverfügbarkeit für die untersuchten Lärmschutzwände (Teilobjekte) über die gesamte Betrachtungsperiode unter Berücksichtigung der errechneten Erhaltungsmaßnahmen

Da im Rahmen der Lebenszyklusbetrachtung auch ein „Nichts-Tun-Verlauf“ des Zustandes (im Hintergrund) modelliert wird, zeigt die Tabelle 31 als Vergleich die Entwicklung des Risikos der Nichtverfügbarkeit unter Berücksichtigung dieser Entwicklung.

Lärmschutzwand	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
ASFINAG A2 Holz 1986	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Red													
ASFINAG A2 Holz 2001	Yellow	Orange	Orange	Orange	Red	Red	Red	Red												
ASFINAG A2 Beton 1986	Yellow																			
NÖ B1 Holz 2005	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Red													
Praterkai West (1) Holz 1995	Red																			
Praterkai Ost (2) Holz 1995	Red																			

Tabelle 31: Entwicklung Risiko Nichtverfügbarkeit für die untersuchten Lärmschutzwände (Teilobjekte) über die gesamte Betrachtungsperiode des Szenarios „Nichts-Tun“

Die Abschätzung des Risikos der Nichtverfügbarkeit ist auch mit wenigen Information möglich und liefert ein nachvollziehbares Ergebnis. Voraussetzung hierfür ist natürlich die Abschätzung der Auswirkungen, wobei mit der vorgeschlagenen Methodik der Kategorisierung auch hier die entsprechenden Eingangswerte sehr rasch ermittelt werden können.

7 ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG

7.1 Ausgangssituation und Zielsetzung

Die Erhaltung von Lärmschutzwänden (LSW) ist eine wichtige Aufgabe im Asset Management und somit in der Erhaltungsplanung. Eine systematische Vorgehensweise bei der Erfassung bzw. Bewertung der baulichen und akustischen Eigenschaften kann eine wesentliche Grundlage für eine nachvollziehbare und objektive Maßnahmenauswahl liefern. Die Untersuchung der aktuellen Situation hat gezeigt, dass obwohl in Österreich für die Bewertung von Lärmschutzwänden in bestimmten Bereichen bereits entsprechende Grundlagen vorhanden sind, diese für ein optimiertes Lebenszyklusmanagement nicht flächendeckend und systematisch eingesetzt werden. Die maßgebenden Vorschriften für die Bewertung können den ÖNORMEN sowie den aktuellen RVS- und RVE-Richtlinien entnommen werden.

Das bereits im Projektantrag definierte Hauptziel von SMART NOISE besteht in der Entwicklung und praktischen Erprobung eines holistischen Bewertungsverfahrens für ein optimiertes Lebenszyklusmanagement von Lärmschutzwänden verschiedener Materialien, wobei der Schwerpunkt vor allem auf Wände mit Holzpaneelen gesetzt wird. Im Rahmen der Projektbearbeitung wurden die entsprechenden Module und Modelle (Schadensbildkatalog, Maßnahmenkatalog, Zustandsprognosemodelle) entwickelt, in geeignete Bewertungsverfahren (LCA, LCCA, etc.) eingebettet und ein Prototyp SMART NOISE LSW entwickelt, der auf 3 ausgewählten Teststrecken angewendet wurde.

7.2 Schadensbildkatalog

Eine wesentliche Voraussetzung für die Bewertung von Lärmschutzwandsystemen liegt in einer einheitlichen Ansprache der Schäden und der damit verbundenen Erhaltungsmaßnahmen. Dabei ist es sinnvoll und zweckmäßig, eine einheitliche Struktur der zu bewertenden Bauteile unter Heranziehung der einschlägigen Richtlinien und Vorschriften zu definieren. Daher wurde im Rahmen des gegenständlichen Projektes ein umfassender Schadenskatalog für Lärmschutzwände entwickelt. Das in Österreich verwendete standardisierte 5-teilige Bewertungsschema wurde hierfür verwendet und entsprechend erweitert.

Um den Schadensbildkatalog in effizienter Art und Weise verwenden zu können, werden die möglichen Schäden in bestimmte Schadensarten gegliedert und mit der Gliederung der Bauteile von Lärmschutzwandkonstruktionen verknüpft.

Für jedes Schadensbild müssen spezifische Informationen vorgehalten werden, die es dem Anwender erlauben, das Schadensbild zu erkennen bzw. zu bewerten. Dabei handelt es sich um folgende Beschreibungen und Erläuterungen:

- Generelle Beschreibung des Schadens bzw. des Schadensbildes
- Bild bzw. Foto des Schadens (sofern vorhanden bzw. verfügbar)
- Hinweise zur Schadensursache
- Hinweise zur Bewertung des Schadensbildes
- Relevanz für die Bewertungsindikatoren Tragfähigkeit, Dauerhaftigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Funktionstauglichkeit

Der gesamte Schadensbildkatalog ist im **ANHANG A** zu finden (Beispiel siehe Abbildung 54).

7.3.5 Wandelemente und Paneele – Holz FREILIEGENDES DÄMMMATERIAL	
<p><i>Generelle Beschreibung des Schadens bzw. des Schadensbildes:</i> Freiliegendes Dämmmaterial am Wandelement / Paneel</p> <p><i>Hinweise Schadensursache:</i> Schaden durch Anfahrungsfall, Bewuchs, Zersetzung, Verwitterung, Tiere</p>	
<p>Foto fehlendes Dämmmaterial [3] Note der Bauteilbewertung: 5</p>	
<i>Hinweise zur Bewertung des Schadensbildes</i>	
Note	Beschreibung
1	kein freiliegendes Dämmmaterial erkennbar, keine Instandsetzung erforderlich
2	Einzelne Bereiche mit freiliegendem Dämmmaterial, keine Einschränkung der Bewertungsindikatoren, Behebung im Zuge von Wartungs- oder Instandsetzungsarbeiten empfohlen
3	Freiliegendes Dämmmaterial, Anzeichen einer Verminderung der Dauerhaftigkeit bzw. Funktionstauglichkeit, eine Instandsetzung sollte mittelfristig in Angriff genommen werden
4	Großflächig freiliegendes Dämmmaterial, Verminderung der Dauerhaftigkeit bzw. Funktionstauglichkeit, eine Instandsetzung sollte kurzfristig in Angriff genommen werden
5	Stark herausquellendes und großflächig freiliegendes Dämmmaterial mit massiver Einschränkung der Bewertungsindikatoren, Instandsetzungs-/Erneuerungsarbeiten sind unverzüglich einzuleiten
<i>Bewertungsindikatoren</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • Funktionstauglichkeit • Dauerhaftigkeit 	

Abbildung 54: Auszug Schadensbildkatalog

Die Grundlage für die Zuordnung einer Zustandsnote zum Bauteil kann der nachfolgenden Tabelle 32 entnommen werden.

Tabelle 32: Bewertungsgrundlage Bauteile nach RVS 13.03.71 [11]

Note	Beschreibung
1	Keine oder sehr geringe Schäden; Mängel aus der Bauherstellung wie Abweichungen der Abmessungen und ästhetische Mängel. Keine Einschränkung der Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit bzw. Funktionstauglichkeit und Dauerhaftigkeit. Keine Instandsetzung erforderlich.
2	Geringe, leichte Schäden, Mängel aus der Bauherstellung, die noch keine Verschlechterung zeigen. Bei Nichtbeheben kommt es erst längerfristig zu einer Verminderung der Gebrauchstauglichkeit, Funktionstauglichkeit bzw. Dauerhaftigkeit. Behebung im Zuge von Wartungs- oder Instandsetzungsarbeiten empfohlen.
3	Mittelschwere Schäden, die keine Einschränkung der Tragfähigkeit zur Folge haben. Es sind Anzeichen einer Verminderung der Gebrauchstauglichkeit, Funktionstauglichkeit bzw. der Dauerhaftigkeit des Bauteils zu erkennen. Eine Instandsetzung sollte mittelfristig in Angriff genommen werden, um die Gebrauchstauglichkeit, Funktionstauglichkeit bzw. die Dauerhaftigkeit auf das geplante Maß anzuheben.
4	Schwere Schäden, die derzeit noch keine Einschränkung der Tragfähigkeit zur Folge haben. Es ist eine Verminderung der Gebrauchstauglichkeit, Funktionstauglichkeit bzw. der Dauerhaftigkeit deutlich erkennbar. Eine Instandsetzung sollte kurzfristig in Angriff genommen werden, um die Gebrauchstauglichkeit, Funktionstauglichkeit bzw. die Dauerhaftigkeit auf das geplante Maß anzuheben.
5	Sehr schwere Schäden, die eine Einschränkung der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit bzw. Funktionalität bis zum Abschluss der Instandsetzung/Erneuerung zur Folge haben. Instandsetzungs-/Erneuerungsarbeiten sind unverzüglich einzuleiten.

7.3 Verfahren zur Bewertung des Zustands – Teilwerte und Gesamtwert

Die Bewertung des Bauwerkszustandes ist jener Teil im Asset Management, der die erfassten oder erhobenen Daten und Informationen sowie die daraus abgeleiteten Zustandsnoten mit bestimmten festgelegten Vorgaben und Anforderungen an das Bauwerk verknüpft. Dazu ist es erforderlich, bestimmte, auf die Eigenschaften des Bauwerks bezogene Standards festzulegen.

Um eine Lebenszyklusbewertung bzw. eine damit verbundene Auswahl und Zuordnung von Erhaltungsmaßnahmen vornehmen zu können, ist es sinnvoll und zweckmäßig, die Einzelbewertungen der Bauteile zu Teilwerten und folglich zu einem Gesamtwert

zusammenzufassen. Da in fast allen Fällen Lärmschutzwände eine längenmäßige Ausdehnung (lineare Infrastrukturanlagen) aufweisen, ist im Rahmen der Zustandsbewertung zu beachten, ob eine Lärmschutzwand in maßgebende Segmente bzw. Teilobjekte unterteilt oder als Gesamtobjekt benotet bzw. bewertet wird. Das Verfahren selbst sollte jedoch unabhängig von einer Segmentierung immer in gleicher Art und Weise zur Anwendung gelangen und dies auch in jedem Jahr einer Lebenszyklusanalyse. Auf der Grundlage einer bauteilbezogenen Zustandserfassung können im Rahmen dieses Verfahrens folgende Werte für eine Bewertung im Rahmen von SMART NOISE berechnet werden:

- **Konstruktionsindikator Lärmschutzwand** zur Bewertung des baulich-konstruktiven Zustandes
- **Ausrüstungsindikator Lärmschutzwand** zur Bewertung der Ausrüstung und der baulich-lärmtechnischen Funktion
- **Gesamtwert Lärmschutzwand** als maßgebende Kenngröße für die Lebenszyklusbetrachtung

Die hierfür notwendigen Berechnungsalgorithmen sind im Kapitel 3.6 im Detail beschrieben.

7.4 Module Lebenszyklusbetrachtung

Wie in der Einleitung beschrieben, ist die Entwicklung eines holistischen Bewertungsverfahrens für ein optimiertes Lebenszyklusmanagement von Lärmschutzwänden verschiedener Materialien (insbesondere Holzelemente) eine wesentliche Zielsetzung. Dafür ist es notwendig, eine Aussage hinsichtlich der Entwicklung des Zustandes einer Lärmschutzwand, der darauf basierenden Erhaltungsmaßnahmen und deren Wirkungen auf die Infrastruktur (Verfügbarkeit bzw. Nichtverfügbarkeit des Verkehrsweges) vorzunehmen. Ein Hauptziel des Projektes bestand daher in der Entwicklung dieser Grundlagen für eine optimierte Lebenszyklusbetrachtung. Die folgende Liste fasst die entwickelten Module zusammen:

- Entwicklung von Prognosemodellen für die Beschreibung der zeitlichen Veränderung des Zustandes und der Funktionalität über die Nutzungsdauer (siehe Kapitel 4.2, Beispiel siehe Abbildung 55).

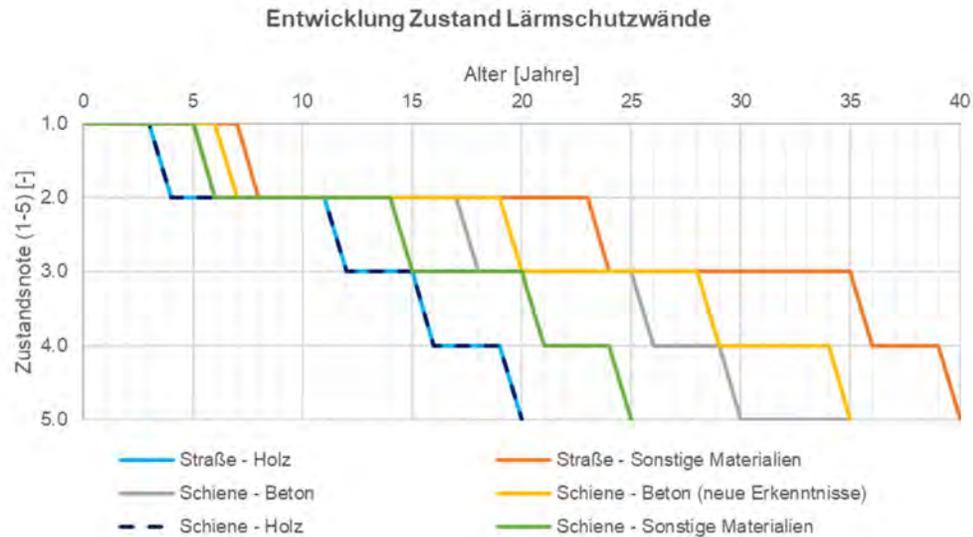


Abbildung 55: Zustandsprognosemodelle LSW

- Katalog von potenziellen Erhaltungsmaßnahmen auf Anlagen- und Bauteilniveau (siehe Kapitel 4.3)
- Entwicklung eines näherungsweise Kostenmodells für Portfolioanalysen und Langfrist-Prognosen von LSW-Anlagen komplementär zu den entwickelten Degradationsmodellen (siehe Kapitel 4.3). Die dabei ermittelten Einheitspreise für Reinvestitionen als einzig maßgebliche Maßnahmenkosten wurden pro Quadratmeter zu erneuernder Lärmschutzwand und jeweils für die Infrastrukturgruppen „Straße“ und „Schiene“ als infrastrukturenspezifische Benchmarks sowie innerhalb dieser beiden Systeme auch materialspezifisch für die definierten Hauptmaterialgruppen der Paneele ermittelt.
- Modelle für die Beurteilung der Verfügbarkeitseinschränkungen (Betriebserschwernis) im Einklang mit den katalogisierten, potenziellen Erhaltungsmaßnahmen und inkl. entsprechender Quantifizierung. Hierbei wurden 2 Ansätze entwickelt und im Detail beschrieben (siehe Kapitel 4.5):
 - Nichtverfügbarkeitskostenmodell
 - Risikomodelle der Nichtverfügbarkeit

7.5 Verfahren zur Bewertung des Lebenszyklus von Lärmschutzwänden

Zur Beurteilung der Erhaltungsmaßnahmen im Lebenszyklus einer Lärmschutzwand werden unterschiedliche, grundsätzlich technisch mögliche Erhaltungsmaßnahmen während der Betrachtungsperiode herangezogen und deren optimaler Einsatzzeitpunkt bei Erreichen eines schlechten Zustandes untersucht. Der Zeitpunkt einer Erhaltungsmaßnahme erfolgt in der

Regel in Abhängigkeit vom Zustand der Bauteile, die Abfolge, vor allem von Instandsetzungs- und Erneuerungsmaßnahmen, ist hingegen an einen bestimmten dynamisch adaptierbaren Standardlebenszyklus gebunden, der im Rahmen des gegenständlichen Projektes entwickelt bzw. als Vorschlag ausgearbeitet wurde.

Unter Bezugnahme auf die zur Verfügung stehenden Daten, die Projektvorgaben sowie die Empfehlungen der Fachexperten konnten für Lärmschutzwände für den Verkehrsweg Straße und für den Verkehrsweg Schiene folgende Standardlebenszyklen definiert werden:

- Lärmschutzwand Straße – Wandelemente/Paneele aus Holz
- Lärmschutzwand Straße – Sonstige Materialien Wandelemente/Paneele aus sonstigen Materialien
- Lärmschutzwand Schiene – Wandelemente/Paneele aus Holz
- Lärmschutzwand Schiene – Wandelemente/Paneele aus Beton (Beispiel siehe Tabelle 33)
- Lärmschutzwand Schiene –Wandelemente/Paneele aus sonstigen Materialien

Tabelle 33: Standardlebenszyklus LSW Schiene – Wandelemente / Paneele aus Beton

Standardlebenszyklus LSW Schiene – Material Wandelement: Beton		
Lebenszyklus		
Bauteile und Erhaltungsmaßnahmen		
Jahr Maßnahme		29
Gründung und Fundamente		Erweiterung oder Austausch LSW
Konstruktion		
Wandelemente / Paneele	laufende Instandhaltung	
Sonstige Ausrüstung		

Es sei nochmals explizit erwähnt, dass es sich hier um Vorschläge handelt, die unter Heranziehung der RVS 13.05.11 [17] sowie der untersuchten Daten entwickelt wurden.

Unter Heranziehung der aktuell zur Verfügung stehenden Daten über den Zustand einer Lärmschutzwand und der entwickelten standardisierten Lebenszyklen ist es mit dem entwickelten SMART NOISE Kalibrierverfahren möglich, für jedes einzelne zu untersuchende Objekt eine Kalibrierung des Lebenszyklus vorzunehmen. Die grundsätzliche Idee besteht dabei in einer horizontalen Verschiebung des standardisierten Lebenszyklus (entlang der Zeitachse) unter Berücksichtigung des aktuellen Zustandes (Gesamtnote oder Gesamtwert) sowie des Alters der Lärmschutzwand.

7.6 Praktische Anwendung

Im Zuge der praktischen Anwendung ist es zunächst notwendig, die entwickelten Prozesse und Algorithmen in ein Asset Management System überzuführen und einen ersten Prototypen zu entwickeln. Dies erfolgt dabei unter Heranziehung der Asset Management Software dTIMS durch die Entwicklung einer speziellen dTIMS SMART NOISE Konfiguration. Die Konfiguration besteht dabei aus folgenden Modulen bzw. Bausteinen:

- Datenbankstruktur zur Speicherung der Daten
- Algorithmus zur Aufbereitung bzw. Zusammenführung der Daten

The screenshot shows the dTIMS SMART NOISE Prototyp interface. The main window displays a table with the following data:

RoadName	Name	GW_rechner_LSW	GW_LSW	Höhe
ASPNAG_A02_L_LSW_001	ASPNAG_A02_L_LSW_001_2	2	1.000	4.0
ASPNAG_A02_L_LSW_003	ASPNAG_A02_L_LSW_001_0	2	3.040	3.0
ASPNAG_A02_L_LSW_001	ASPNAG_A02_L_LSW_001_1	1	3.080	3.0
NOE_B1_LSW_001	NOE_B1_LSW_001_2	3	3.080	3.0
OEBB_LSW_001	OEBB_LSW_001_1	2	3.240	3.0
OEBB_LSW_002	OEBB_LSW_002_2	4	4.280	2.5

The interface also includes a sidebar with navigation options like 'Analysis Results', 'Map', 'Asset Data', and 'Reports'. A map on the right side shows the geographical location of the data points.

Abbildung 56: dTIMS SMART NOISE Prototyp – Bildschirmausdruck – Berechnungsalgorithmus zur Datenaufbereitung

- Zustandsprognose unter Verwendung der zuvor entwickelten Prognosemodelle für die entsprechenden bewertungsabhängigen und zeitrelevanten Indikatoren (Analysevariablen)

- Maßnahmenkatalog Erhaltung LSW (Kosten, Wirkungen, Anwendungsgrenzen, Dauer etc.)
- Analyseszenarien zur Bestimmung der Randbedingungen der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung und der Optimierung (Zielfunktion)
- Erstellung von Berichtsvorlagen für die Ergebnisauswertung

Für die praktische Testung der Konfiguration wurden Daten von 3 Teststrecken implementiert und die im System verankerten Modelle bzw. Algorithmen angewendet. Im Einvernehmen mit den Auftraggebern wurden zuvor folgende 3 Teststrecken ausgewählt:

- Amt der NÖ-Landesregierung: Landesstraße B1 bei Prinzersdorf km 76,652 bis km 77,122 – LSW aus Holz (Baujahr 2005)
- ASFINAG: A 2 Süd Autobahn, Leobersdorf (Objektnummer LSW A2 29,260 li/3), km 29,145 bis km 31,267 - LSW aus Holz, teilweise aus Beton (Baujahr 1986 bzw. Erhöhung 2001)
- ÖBB: Praterkai (LSW-ID 271620256) km 7,28 bis km 7,70 – LSW aus Holz (Baujahr 1995)

Nach der Inspektion der Lärmschutzwände – gem. den Vorgaben des entwickelten und vorgeschlagenen Bewertungsprozesses – und dem Durchführen der Analyse stehen umfassende Ergebnisse für die Erhaltungsbedarfsplanung zur Verfügung, die hier wie folgt zusammengefasst werden können:

- Objektbezogene Ergebnisse (Zeitpunkt und Art der Erhaltungsmaßnahme)
- Kostenentwicklung und Verteilung
- Zustandsentwicklung und Verteilung
- Risikoentwicklung Nichtverfügbarkeit Verteilung
- Maßnahmenkostenverteilungen
- Maßnahmenlängenverteilungen
- Entwicklung mittlerer Zustand
- Entwicklung Erhaltungsrückstand Zustand (Klasse 4 und 5)

7.7 Ausgewählte Gedanken zur Spezifizierung der Projektinhalte und gesonderte Erkenntnisse

Die nachfolgende Auflistung ist eine Zusammenfassung der Ergebnisse der Diskussionsschwerpunkte des Projektes SMART NOISE:

- Die im vorliegenden VIF 2017 Forschungsprojekt SMART NOISE gesetzten Schwerpunkte sind Ergebnis eines periodischen Diskussionsprozesses zwischen den Auftraggeber-Vertretern ASFINAG, ÖBB und Land NÖ und den Vertretern des Projektkonsortiums. So wurden ausgehend von der VIF Projektausschreibung bzw. dem SMART NOISE Forschungsantrag im Zuge des Kick Offs, den abgehaltenen Workshops und den Projektbesprechungen gezielte, z.T. seitens der AGs bedarfsorientierte Spezifikationen des Projektinhalte besprochen und danach entsprechend weiterverfolgt.
- In einer sog. Key Performance Indicator Analyse (KPI) wurde anhand des Gesamtportfolios der ASFINAG der Einfluss der dokumentierten Bauteilnoten auf die Objektnote untersucht. Der Einfluss der bautechnischen Zustandsbeurteilung der Konstruktion und der Wandelemente überwiegt dabei sehr deutlich gegenüber den weiteren Bauteilnoten für Gründung/Fundamente und Ausrüstung (siehe **ANHANG B**). Daraus resultiert auch der Umstand, dass die technische Nutzungsdauer der LSW-Anlagen sehr stark von der Konstruktion bzw. den Paneelen abhängt (je nach Paneel-Werkstoff 20-40 Jahre). Die erzielbaren Lebensdauern der Steher und der Fundamente wären deutlich höher (ca. 80 Jahre) allerdings erfolgen umfassende Paneel-Reinvestitionen oft vor dem Hintergrund einer generell veränderten Verkehrssituation oder einer zu diesem Zeitpunkt anzuwendenden Bemessungsnorm, welche infolge geänderter Beanspruchungssituation eine Neudimensionierung bzw. einen Anlagen-gesamttausch nach sich zieht.
- Zusätzlich können sich infolge geänderter Anforderungen (z.B. Dienstanweisung Lärmschutz) zusätzliche Vorgaben ergeben, die Lärmschutzanlagen bereits deutlich früher zu tauschen als durch die oben angeführten Intervalle festgelegt. Dies erschwert mitunter die angestrebte, langfristige Auslegung des Infrastruktur-Betriebs.
- Ein wesentlicher Output aus dem Forschungsprojekt ist die Entwicklung von Degradationsmodellen für die LSW im System Bahn bzw. Straße (spezifiziert für die in den Portfolien auftretenden Materialhauptgruppen). Damit wurde ergänzend zur begleitenden Zustandsüberwachung ein unmittelbar einsetzbares, wesentliches Beurteilungs- und Prognoseinstrument für die präventive Lebenszyklusbetrachtung geschaffen (weitere Details siehe z.B. **ANHANG B**).
- Im Rahmen der Portfolio-Untersuchungen und der damit verbundenen Analyse der gesamten Datenbankauszüge wurden durchaus erhebliche Unterschiede in der Daten-

Qualität zwischen den einzelnen Infrastrukturbetreibern festgestellt. Diese Einschätzung ist Folge der Betrachtung der Vollständigkeit und Verwertbarkeit der übergebenen Datensätze bezüglich der nachfolgenden, hinterlegten Attribute:

- Flächen (Anlagengeometrie)
- Baujahre
- Prüfzeitpunkt
- Zustandsnote (beim Land NÖ zb gar nicht vorhanden)
- Material

Dadurch war vor der eigentlichen Datenanalyse ein entsprechender, Betreiber-spezifischer Konsolidierungsbedarf gegeben und liefert gleichzeitig das Potential einer jeweils Betreiber-internen vorhandenen Verbesserung der Datenqualität. Weitere Details siehe **ANHANG B**.

- Nach umfassenden Literaturrecherchen zur Bewertung der akustischen Funktionsfähigkeit und mehreren Diskussionen wurde gemeinsam mit den AGs beschlossen, im Projekt einen vereinfachten Ansatz zu verfolgen und auf die bautechnische Funktionsfähigkeit zu fokussieren. Grund dafür ist, dass in der praktischen Erhalter-Realität kein gängiges Verfahren für die regelmäßige und begleitende akustische Beurteilung - äquivalent zur durch Regelwerke sehr genau geregelten bautechnischen Beurteilung – nicht vorliegt, sondern lediglich als Sonderverfahren und umfassend messtechnisch hinterlegt zum Einsatz kommt.
- Die ausgearbeitete Prognose zu den näherungsweise zu erwartenden Reinvestitionskosten in den Portfolien für den Analysezeitraum 2019-2034 ist als zu erwartender Finanzmittel-Bedarf zu verstehen. Ein Abgleich mit den bestehenden Betreiber-Budgets bzw. eine daraus abgeleitete Optimierung wurde nicht vorgenommen. Diese bestehenden Budgets wurden einerseits nicht zur Verfügung gestellt bzw. liegen diese oft für die Anlagenkategorie der LSW gar nicht gesondert vor, sondern zumeist für ein ganzes Gewerk, eine Strecke bzw. eine Region in dem die LSW-Anlagen als Teil der Budgetplanung beinhaltet sind.
- Das Kostenmodell deckt den für die langfristige Budgetplanung maßgeblichen Aspekt der Tauschzeitpunkte infolge der Prognose des zu erwartenden Endes der Lebensdauer Rechnung. Eine Modellierung der Kosten auf Schadenslevel blieb bewusst aus, diese Kosten fallen als Teil der im Straßen- bzw. Bahnbetrieb durchgeführten, begleitenden Wartung (Kleinbaumaßnahmen) an.
- Bei sich über größere Längen erstreckende LSW-Anlagen wird empfohlen, von einer Objekt- bzw. bauteilspezifischen, pauschalen Gesamtbenotung abzugehen und stattdessen zukünftig eine Beurteilung
 - entweder gesondert für definierte Längsabschnitte

- oder in Form eine Gewichtung (welcher %-Anteil des Objektes/des Bauteils in welcher Zustandsklasse liegt)

vorzunehmen.

- Die dem Projekt SMART NOISE zugrundeliegende VIF2017 Ausschreibung griff die Problematik der unterschiedlichen Lebensdauern für unterschiedliche Lärmschutzwandelemente – je nach eingesetztem Werkstoff auf. Dabei wurde hervorgehoben, dass Lärmschutzwandelemente aus Holz infolge von Witterungseinflüssen die vorgesehenen Nutzungsdauern der Anlage nicht erreichen bzw. besonders kurze Lebensdauern aufweisen.
- Die vorliegenden Untersuchungen bestätigen diesen Umstand, welcher
 - getriggert durch bis zu halb so lange Haltbarkeiten wie andere Werkstoffe
 - zu bis zu doppelt so hohen Tauschraten führt
 - und damit rund doppelt so hohe Reinvestitionskosten in den prognostizierten Budgets verursacht.
- Dieser Ansatz ist unter dem Aspekt der beauftragten Life Cycle Cost Betrachtung auch absolut konsistent. Gleichzeitig weisen die Autoren an dieser Stelle abschließend darauf hin, dass eine Erweiterung dieser Vergleichsbetrachtung der einzelnen Werkstoffe z.B. um den zugrundeliegenden Carbon Footprint zu einer deutlichen Verschiebung innerhalb dieser Bewertung führen würde. Ein solcher Vergleich ist nicht Teil des Projektes SMART NOISE, wird aber derzeit im VIF 2020 Projekt Decarbonisation First behandelt, dessen Konsortialführer einer der vorliegenden Projektpartner (VCE) ist.

7.8 Schlussfolgerung

Ein wesentliches Ziel von nachhaltigen Lösungen für die Verkehrsinfrastruktur liegt in der Genauigkeit der Aussagen unter Heranziehung möglichst effizienter Entscheidungsgrundlagen und -kriterien. Der Nutzen von SMART NOISE, welches als „Schlüsselprojekt“ für ein nachhaltiges Bestandsmanagement angesehen wird, liegt nicht nur in der Verbesserung dieser Entscheidungsgrundlagen durch die Verbesserung der Erfassung der Grundlagen (Schadensbildkatalog), die Definition von objektiven Bewertungsgrößen in Form von Indikatoren, sondern auch in der Integration einer anlagenpezifischen Lebenszyklusbewertung zu einem anlagenübergreifenden Lösungsansatz. Dabei spielt natürlich die praktische Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse eine wesentliche Rolle - was einen Schwerpunkt von SMART NOISE darstellt -, sodass der Nutzen nicht nur auf theoretischen Ergebnissen beruht, sondern auch auf den praktischen Einsatz ausgedehnt werden kann.

Indem eine wesentliche Anlagenkategorie in einen objektiven und lebenszyklusbasierten Entscheidungsprozess integriert wird, liefert SMART NOISE einen wichtigen Technologiesprung in der Weiterentwicklung des Erhaltungsmanagements von Anlagen der Verkehrsinfrastruktur. SMART NOISE schließt wesentliche Lücken im aktuellen Bewertungsprozess und erweitert diesen auf die Anforderungen einer umfassenden und nachhaltigen, auf einem Lebenszyklusansatz basierenden systematischen Erhaltungsplanung von LSW (Asset Management 4.0).

SMART NOISE liefert somit eine Gesamtlösung, die nach Fertigstellung ohne zusätzlichen Aufwand in den Entscheidungsprozess der ASFINAG, der ÖBB und der Landesstraßenverwaltungen implementiert werden könnte. Natürlich obliegt es letztendlich den Erhaltern, die detaillierte Vorgehensweise intern festzuschreiben und in die konkreten Erhaltungsmanagementprozesse überzuführen. Das Instrumentarium dazu steht mit SMART NOISE zur Verfügung. SMART NOISE kombiniert somit die technisch-wissenschaftliche Problemlösung mit der praktischen Einsatzfähigkeit.

LITERATUR

- [1] CEN – EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION: „CEN Workshop Agreement CWA 16633: Ageing Behaviour of Structural Components with regard to Integrated Lifetime Assessment and subsequent Asset Management of Constructed Facilities“, Brussels 2013.
- [2] LARAS VISION – Holistische Lebenszyklusbewertung der Ausrüstung und Ausstattung der Verkehrsinfrastruktur (MdZ – 6. Ausschreibung - FFG Projekt Nr.:854899); Final Report (VCE, AIT, BOKU, PMS), 2019
- [3] CEDR-Projekt ISABELA - Integration of social aspects and benefits into life-cycle asset management (FFG-Projektnummer: 850723, 2015 – 2017)
- [4] SMOOTH OPERATOR - Minimisation of Traffic Impediment for Infrastructure during Operation & Maintenance of Road Networks (IV2Splus Ausschreibung 2011 - FFG Projekt Nr.: 835769); Final Technical Report (M. Widmann, R. Veit-Egerer - VCE Holding GmbH / M. Lunáček, M. Hubka – INFRAM), 2014
- [5] ÖNORM EN 14388: 2008. Lärmschutzeinrichtungen an Straßen – Vorschriften (konsolidierte Fassung). Austrian Standards, Wien 2018
- [6] RVE 04.01.01, Lärmschutzwände – Berechnung und Konstruktion, Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr, Wien 2014
- [7] ÖNORM EN 1793-1: 2017. Lärmschutzvorrichtungen an Straßen - Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften - Teil 1: Produktspezifische Merkmale der Schallabsorption in diffusen Schallfeldern. Austrian Standards, Wien 2017
- [8] ÖNORM EN 1793-2: 2017. Lärmschutzvorrichtungen an Straßen - Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften - Teil 2: Produktspezifische Merkmale der Luftschalldämmung in diffusen Schallfeldern. Austrian Standards, Wien 2017
- [9] ÖNORM EN 1794-1: 2018. Lärmschutzvorrichtungen an Straßen - Nichtakustische Eigenschaften - Teil 1: Mechanische Eigenschaften und Anforderungen an die Standsicherheit. Austrian Standards, Wien 2018
- [10] ÖNORM EN 1794-2: 2011. Lärmschutzeinrichtungen an Straßen - Nichtakustische Eigenschaften - Teil 2: Allgemeine Sicherheits- und Umwelanforderungen. Austrian Standards, Wien 2011
- [11] RVS 13.03.71, Überwachung, Kontrolle und Prüfung von Kunstbauten, Lärmschutzbauwerke, Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr, Wien 2016
- [12] ÖBB Infra: „Regelwerk 06.01.03 - Instandhaltung / Instandhaltungsplan Unterbauanlagen“, ÖBB-Infrastruktur AG Selbstverlag, Wien, Stand 01/2016
- [13] RVS 13.04.32, Bauwerksdatenbank, Lärmschutzwände und -dämme. Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr, Wien 2016
- [14] ASFINAG Service GmbH: Leitfaden Schadens- und Regelmaßnahmenkatalog – Lärmschutzwände und Lärmschutzdämme. Projekt Schimetta-Consult im Auftrag der ASFINAG, Linz, 2010

-
- [15] Weninger-Vycudil A., Antony C. und Honeger C.: Future oriented life-cycle approach on bridges in Austria. Proceedings for the World Conference on Pavement and Asset Management, WCPAM2017, Milano, Italy, 2017
 - [16] COST European cooperation in the field of scientific and technical research: The way forward for pavement performance indicators across Europe – COST-Action 354 “Performance Indicators for Road Pavements”. Final Report, FSV – Austrian Transportation Research Association, COST, Vienna – Brussels, 2008
 - [17] RVS 13.05.11, Entwurf und Planung, Lebenszykluskostenermittlung für Brücken. Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr, Wien 2017
 - [18] ÖBB Unterlagen zur Jahrestagung Bestandslärmsanierung (BMVIT, Länder und ÖBB-Infrastruktur AG) Instandhaltung von Lärmschutzwänden des Programms Lärmschutz, 2009
 - [19] ÖBB Unterlagen zum Bautechnischen Kurs „Erhaltungsstrategien Oberbau“ 2008
 - [20] EINSTEIN - Risikobasiertes Entscheidungsmodell zur Ermittlung des optimalen Instandsetzungszeitpunktes von Infrastrukturbauten. Forschungsprojekt im Rahmen der VIF 2014, finanziert durch ASFINAG and BMVIT, Wien, Österreich.
 - [21] ISO 31000 (2009): Risk management. ISO standard, Schweiz, 2009.
 - [22] Weninger-Vycudil A., Brozek B. Simanek P., Litzka J.: Handbuch Pavement Management in Österreich 2016. Handbuch im Auftrag der ASFINAG (unveröffentlicht), Wien, Fassung 2019