

ÖKOLOGISCHE TRANSFORMATION DES INFRASTRUKTURBAUS

Robert Veit-Egerer . VCE

FCP VCE  KliNa

KliNa
Tag
2024

Klimaschutz &
Nachhaltigkeit
im Bauwesen

Betriebswirtschaftlich

Bauliche und betriebliche Maßnahmen



direct LCC

(Bildquelle: Freepik)

Volkswirtschaftlich

Verfügbarkeit der Infrastruktur



indirect LCC

(Bildquelle: wikipedia, Pfalz.de, Freepik)

Bewertung der Umweltauswirkungen



LCA (Ökobilanz)

Betriebswirtschaftlich

Volkswirtschaftlich

Bauliche und betriebliche Maßnahmen



Baulastträgerkosten

(Bildquelle: Freepik)

Verfügbarkeit der Infrastruktur



Nutzerkosten

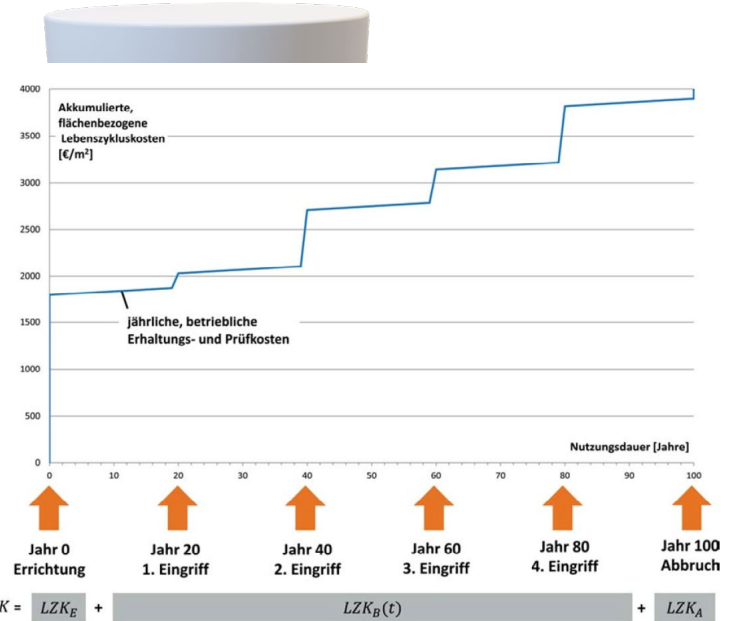
(Bildquelle: wikipedia, Pfalz.de, Freepik)



Erschwerniskosten

(BEK oder Pönale)

(Bildquelle: Freepik)

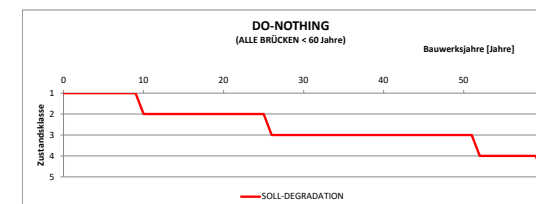
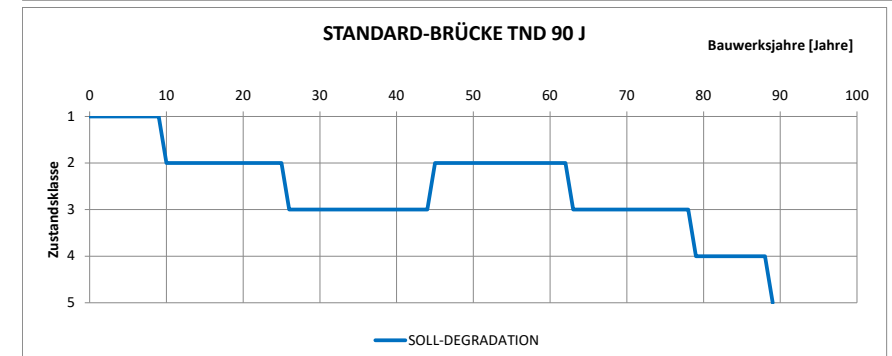
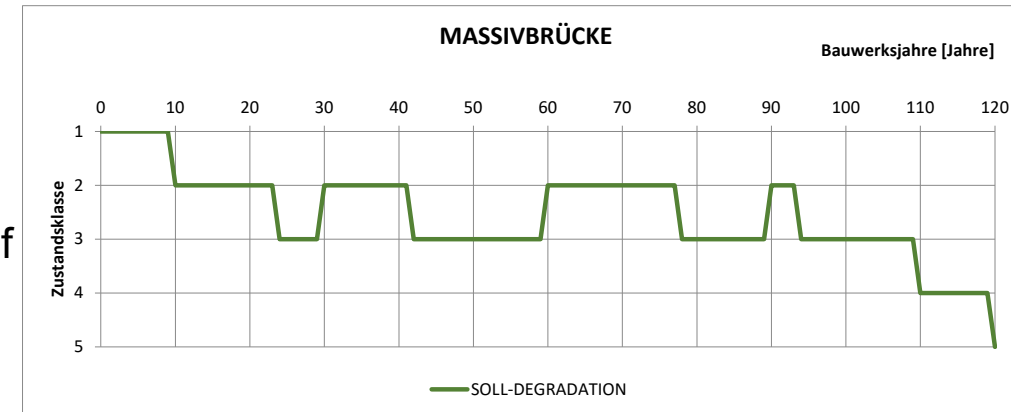


LIFE CYCLE MANAGEMENT (Modell FCP.VCE)

PROGNOSEN / OPTIMIERUNGS- & BACKLOG ANALYSEN

Vergleich des Finanzmittelbedarfs für IS/RI Maßnahmen bei Simulation unterschiedlicher Instandhaltungsstrategien:

- **Best Case Szenario:**
Zustandsbasierte LC Prognose zur Maximierung der technischen Nutzungsdauer unter Zugrundelegung einer präventiven IH-Strategie auf Grundlage der tatsächlichen Zustandsnoten
Ergebnis: Erforderliche Realisierungsmengen & Kosten, damit kein Backlog (=Investitionsrückstau) entsteht
- **Derzeitige, zumeist reaktive IH-Strategie (Zustands-basiert)**
Infolge Budget-Zwängen und der Fortschreibung historischer Budgets
- **Worst Case Szenario:**
Zustandsbasierte LC Prognose unter Zugrundelegung einer sog. Do Minimum IH-Strategie auf Grundlage der tatsächlichen Zustandsnoten



ANLAGEN-GLIEDERUNG

SPEZIFIKATION DER GEOMETRIE / MATERIAL)

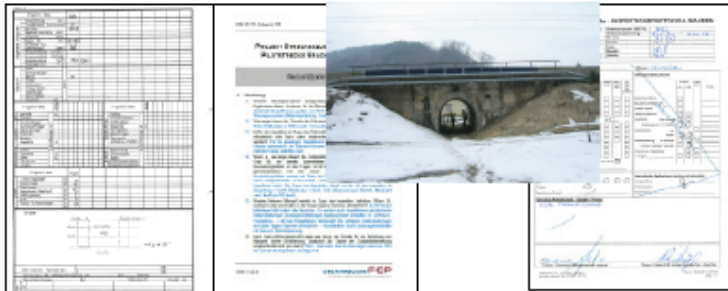
⇒ **INVENTARISIERUNG AUF ELEMENT-LEVEL BZW ANLAGEN-LEVEL**

DEGRADATIONSMODELLE & MASSNAHMEN-KATALOGE

ZUSTANDSKLASSEN => ALTERUNGSPROGNOSEN + MASSNAHMENABLEITUNG AUF ELEMENT-LEVEL BZW AUF ANLAGEN-LEVEL

KOSTENMODELLE

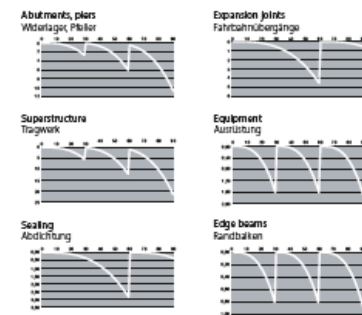
ELEMNTKOSTENKATALOGE BZW. BENCHMARKS IN FORM VON IS- BZW. RI-KOSTEN / ANLAGENFLÄCHE



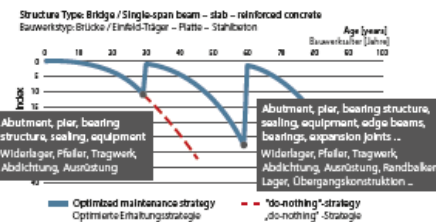
Ageing Model for Structural Members

Alterungsmodell für Bauteile

Local Ageing of Components
Lokale Alterung Bauteile



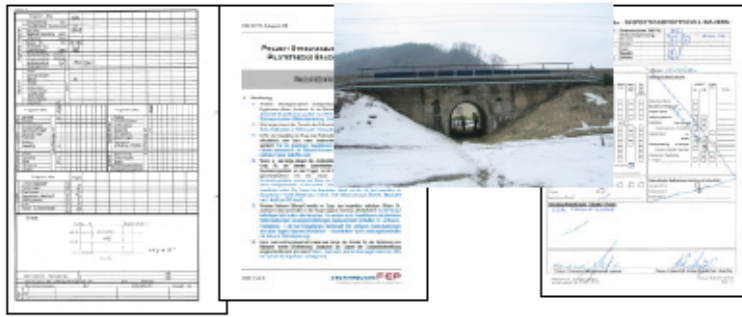
Global Ageing Curve per Structure
Resultierende globale Alterung (bauwerksspezifisch)



9.2 Anhang 2: Kostenmodell Betrieb B2

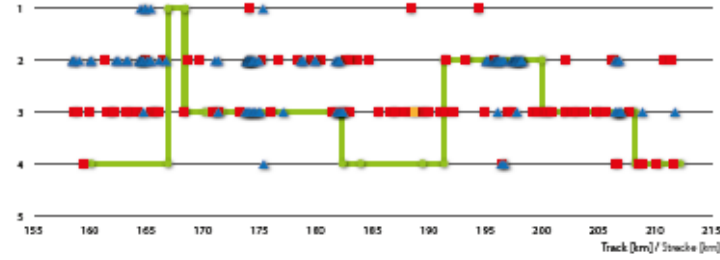
Bauwerksteil	Einheit	Preis [€]
Betoninstandsetzung Tragwerksuntersicht, Stützen oder Widerlager (einschließlich Rüstung) Preis je m ² Instandsetzungsfläche	m ²	150,-
Randbalkenerneuerung OHNE Kragplattenverstärkung (einschließlich Abbruch, Ausrüstung)	m	450,-
Oberflächenschutz Stahl (einschließlich Rüstung, Einhausung usw.)	m ²	120,-
Abdichtungserneuerung (einschließlich Abtrag Abdichtung, Entsorgung und Untergrundvorbereitung)	m ²	50,-
FÜK-Elastische Belagsdehnfuge bituminös bis 80 mm Dehnweg (einschließlich Abtrag)	m	2.000,-
FÜK-Elastische Belagsdehnfuge bituminös über 80 mm Dehnweg (einschließlich Abtrag)	m	2.600,-
FÜK-Finger oder Profilkonstruktion bis 80 mm Dehnweg (einschließlich Abtrag)	m	3.000,-
FÜK-Finger oder Profilkonstruktion über 80 mm Dehnweg (einschließlich Abtrag)	m	7.000,-
Lager Elastomer (ohne Rüstung, einschließlich Pressen)	Stk.	3.000,-
Topflager, Kalottenlager (ohne Rüstung, einschließlich Pressen)	Stk.	15.000,-

Input Data Eingangsdaten



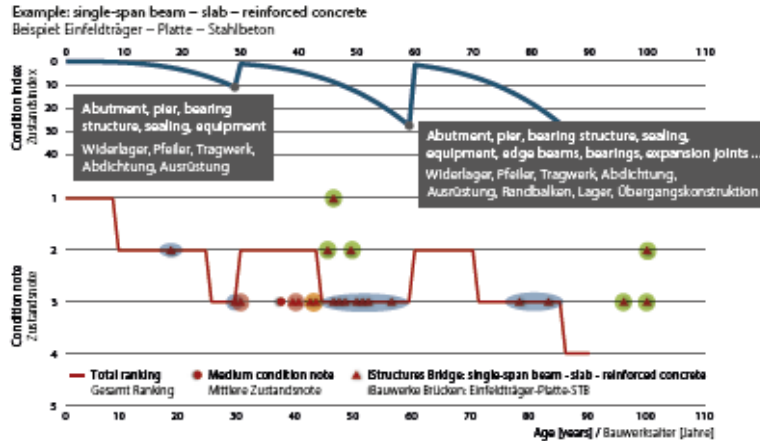
Condition Classes Zustandsklassen

- Condition Overhead Contact Lines
Zustand Oberleitung
- Condition Tunnels
Zustand Tunnel
- Condition Bridges
Zustand Brücken
- ▲ Condition Retaining Walls
Zustand Stützmauern



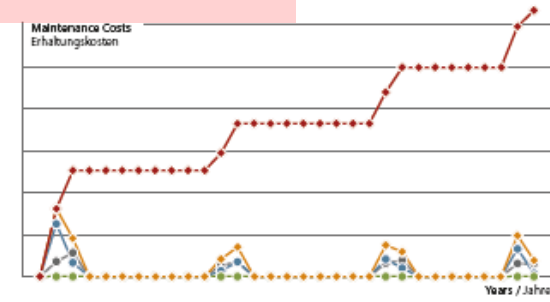
Ageing Models Alterungsmodelle

- **Real ageing behaviour = forecast model**
Reales Alterungsverhalten = Prognosemodell
- **Real ageing behaviour better than model**
=> measures to be planned later
Reales Alterungsverhalten besser als Modell
=> Maßnahmen später einzuplanen
- **Maintenance not yet carried out**
=> measures to be planned
Instandsetzung noch nicht erfolgt
=> Maßnahmen einzuplanen
- **Real ageing behaviour worse than model**
=> measures to be planned earlier
Reales Alterungsverhalten schlechter als Modell
=> Maßnahmen früher einzuplanen



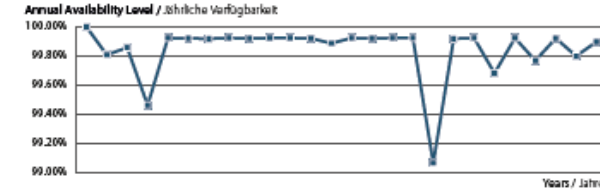
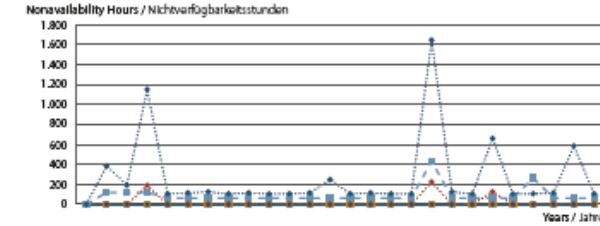
Outcome: Optimized Maintenance Schedules regarding Costs Optimierte Erhaltungspläne hinsichtlich Kosten

- Bridges
Brücken
- Tunnels
Tunnel
- Gantries
Überkopfwegweiser
- Sum
Summe
- Accumulated sum
Akkumulierte Summe



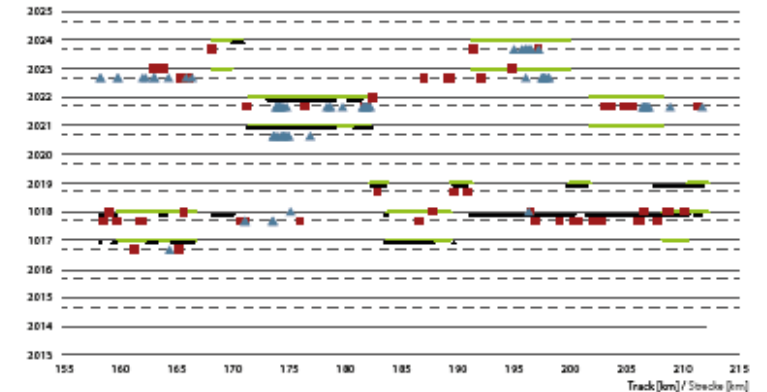
Outcome: Optimized Maintenance Schedules regarding Infrastructure Availability Optimierte Erhaltungspläne hinsichtlich Verfügbarkeit

- Peak Hours / Spitzenstunden**
- Driving Direction not available
Fahrtrichtung gesperrt
- Closed Lane
Fahrspur gesperrt
- Reduced Speed
reduzierte Geschwindigkeit
- Standard Hours / Normalstunden**
- Driving Direction not available /
Fahrtrichtung gesperrt
- Closed Lane
Fahrspur gesperrt
- Reduced Speed
reduzierte Geschwindigkeit



Graphical Strip Map Including Maintenance Treatments Grafisches Streckenband inklusive bauliche Erhaltungsmaßnahmen

- Overhead Contact Lines
Oberleitung
- Permanent Way
Oberbau
- Bridges
Brücken
- ▲ Retaining Walls
Stützmauern



F & E (national / EU)

IRIS
Integrated European Industrial Risk Reduction System IP:
 European Commission FP7 (2009-2012)

OptIMAL - Optimisation and Integrated Modelling for Asset-management and Lifecycle Analysis of Transportation Infrastructure (FFG 2010-2012)

SMOOTH OPERATOR – Minimisation of Traffic Impediment for Infrastructure during Operation and Maintenance of Road Networks (FFG 2012-2014)

EINSTEIN - Risikobasiertes Entscheidungsmodell zur Ermittlung des optimalen Instandsetzungszeitpunktes von Infrastrukturbauten (2014-16)

OPTimAL - Optimierte Instandsetzungsplanung der tunnelspezifischen baulichen und elektromaschinellen Ausrüstung mittels LCA (VIF 2018-20)

SMART NOISE - Holistischer Bewertungs- und Analyseprozess für optimiertes Life Cycle Management von Lärmschutzwänden (VIF 2018-21)

Beratungsprojekte

PPP A15, Brücken Erhaltungskonzept 25 Jahre, Maasvlakte – Vaanplein, Niederlande (2009/10)

PPP BAB A9 – Kunstbauten Erhaltungskonzept 24 Jahre, BRD (2010)

ASFINAG S6 Erhaltungskonzept Kunstbauten 30 Jahre (2011/12)

PPP A5 Nord – Erhaltungskonzept Kunstbauten 25 Jahre, PORR (2012)

A13 Luegbrücke Lebenszyklusanalyse & Prognose der Rest-ND (2012/2014)

LZK basierter ABTAUSCH von innerstädtischen Infrastruktur-Objekten MA29 & WIENER LINIEN (2013/2018)

PPP Umfahrung Zwettl - Erhaltungskonzept, Kunstbauten & Straße 25 Jahre, Hinteregger/Granit (2014)

LCM Prüf- und Tauschkonzept für das Lichtmasten-Portfolio der MA33 Wien (2016/17)

LCC-Variantenuntersuchung Donaubrücke Stein-Mautern (2019/21)

Überplattungsbauwerke A22 Donau-City Evaluierung der Wartungs- und Erhaltungskosten (2022)

Ablösekosten der Marchfeldkanal-Brücken, MA29 & Land NÖ (2019/23)

daraus entstandene Regelwerke / Tools

Integrated Asset Management Tool for Highway Infrastructure (software environment dTIMS_CT™ (2010-2015);

EN 16286-1: Risk-Based Inspection Framework (CEN/TC 319) – Annex “Ageing behaviour of Structural Components” (seit 2014)

RVS 13.05.11 & RVS 13.05.21: Ermittlung der Lebenszyklus- und der Ablösekosten für Brücken (seit 2014-2018)

&
LZK Tool (2018/19)

RVS 13.05.12 & RVS 13.05.22:
 Ermittlung der Lebenszyklus- und der Ablösekosten für Straßen und Wege (seit 2023)

RVS 13.05.11 & RVS 13.05.21:
 Ermittlung der Lebenszyklus- und der Ablösekosten für Brücken (seit 2023)

&
LZK Tool (2024)

EINZELTRAGWERKS-ANALYSEN:

STRECKEN-UNTERSUCHUNGEN:

PORTFOLIO-UNTERSUCHUNGEN:

2009

2012

2016

2019

2023

Life Cycle Costs (LCC)

Life Cycle Management (LCM)

Life Cycle Analysis (LCA)

Maßnahmenorientierte LC-Kostenmodellierung FCP/ÖBB eingearbeitet in RVS 13.05.11

Einzeltragwerk Varianten-Studien (exemplarisch)

- Brücke Zentralverschiebebahnhof Wien
- Kugelsteinbrücke
- Pass Lueg
- Meidlinger Einschnitt

Evaluierung LCC- Modelle (Großbrücken)

5 Bauvorhaben (15 Brücken)
(Standardisierte Benchmarks für unterschiedliche Projektphasen)

Modellierung indirekte LCC (BEK)

- Standardhilfsbrücke SFH- 265
- Hilfsbrückentyp BB18 (HHB-265)

Strecken LCM

Betrachtung der Gewerke KI, UB ET

- Eisenbahnstrecke Bruck/ Mur - Graz (Erhaltungskonzept Zielnetz 2025+)
- Eisenbahnstrecke Linz – Wels (Erhaltungskonzept Stilllegung)
- Nordbahnstrecke (Erhaltungskonzept Zielnetz 2025+)

LCM Projektbewertung

8 Brückenobjekte im Bestand
(IH-Variantenanalyse & LCM basierte Prognosen des voraussichtlichen Reinvestitionszeitpunktes)

Degradationsmodellierung für die wesentlichsten Brückentypen im ÖBB Bestandsnetz

Degradationsmodelle aufgenommen in CEN bzw. EN

CEN/ WS 063/ CWA 16633:2013
„Ageing behaviour of Structural Components“

LCE Analyse Ko- Schutz

Resttragfähigkeit/ Zuverlässigkeit und Restnutzungsdauer als Grundlage für zukünftige IH-Strategie Ko-Schutz

Risiko LCM (VIF EISTEIN)

Wahrscheinlichkeit Funktionsverlust d. Anlagen => Konsequenz Kosten/ Verfügbarkeit

Überarbeitung Degradationsmodelle FCP

Bisheriger Abdeckungsgrad im Bestandsnetz ÖBB rund 93 %

LCE Brückenanalyse 1000 ausgewählter Brücken aus dem Bestandsnetz der SBB anhand der LC-Modelle ÖBB/FCP in Form von 3 standardisierten Erhaltungsstrategien (DACH Arbeitsgruppe): Vereinfachte LCC Projektion/ „Rechtzeitige Instandsetzung“/ „Verschleißsen lassen“

Beschleunigte STRECKEN-LCE Prognose des kurz- mittel- und langfristigen Instandhaltungs- und Reinvestitions-Bedarfs von Brückenbauwerken auf 3 ausgewählten Strecken der ÖBB unter Berücksichtigung unterschiedlicher Erhaltungsstrategien
betroffene Strecken Nordbahn, Pyhrnbahn und Südbahn

2013

2014

2015

2016

2017

Life Cycle Costs (LCC)

Life Cycle Management (LCM)

Life Cycle Analysis (LCA)

2018

Varianteuntersuchung potentieller Ablösekosten zwischen ÖBB & MA29 im Bereich des Meidlinger Einschnitts

WIENER LINIEN **FCP**

Shift2Rail **Gesamtnetzanalyse : 500 Brückentragwerke (inkl. Denkmalschutz)** **IN2SMART**

Ausarbeitung von LCE Prognosen für den kurz- und mittelfristigen Instandhaltungs- und Reinvestitions-Bedarfs sämtlicher Brückentragwerke im Bestand der Wiener Linien unter Berücksichtigung unterschiedlicher Instandhaltungsstrategien

2019

unter Berücksichtigung unterschiedlicher Instandhaltungsszenarien nach RVS 13.05.21

ÖBB INFRA **FCP**

Gesamtnetzanalyse : 10 000 Tragwerke

Ausarbeitung von LCE Prognosen für den kurz- und mittelfristigen Instandhaltungs- und Reinvestitions-Bedarfs sämtlicher Brückentragwerke im Bestandsnetz der ÖBB Infrastruktur AG

Evaluierung Standarderhaltungspläne (STEPS) im ÖBB Streckennetz

Ermittlung eines übergeordneten **LCM-Brücken-Kostenmodelles** auf Element- und Normanlagenbasis (Benchmarks für die Beurteilung des gewichteten Streckenkilometers)

Eisenbahnbrücke „Buchser Rheinbrücke“

Berechnung Lebenszykluskosten in Form einer Variantenuntersuchung: Bestandssanierung (Stahlfachwerk) vs. potentielle Reinvestition (Stahlbogen)

2020

- Rad- und Fußwegquerung „Belghofer Steg“
- Fußgängersteg „Grießer Steg“

WIENER LINIEN **FCP**

Shift2Rail **Weiterentwicklung Predictive Maintenance LCE Tool anhand 2er Simulationsaufgaben:** **IN2SMART 2**

- Maßnahmenherleitung und -priorisierung für einen vorgegebenen Finanzrahmen (**Optimierungsaufgabe**)
- Simulation der Konsequenz, wenn infolge Budgetvorgaben gezielt Maßnahmen nicht oder verzögert realisiert werden (**Backlog Analyse**)

2021

Lebenszykluskostenermittlung an Gesamtportfolien

(Vergleichende Portfolioanalyse am Wiener Linien Brücken-Gesamtnetz)

Kostenmodelle Brückenbenchmarks WL/VCE/ÖBB

Interventionen an der fiktiven Modellanlage in €/m² Grundrissfläche

Modell 2020	< 20 m				
	IH1	IH2	IH3	IH4	RI
Massiv	349	1284	629		3000
Gewölbe	187	444	450	450	3000
Stahl	341	1213	394		3750

> 20 m < 60 m				
IH1	IH2	IH3	IH4	RI
172	629	360		2250
243	682	528	528	2250
315	1281	406		3250

> 60 m				
IH1	IH2	IH3	IH4	RI
130	457	327		2000
416	1640	463		3000

Modell 2020	< 20 m					
	IH1	IH2	IH3	IH4	RI	IHDS
DS						
Massiv	1284	1284	1284		3000	1284
Gewölbe	444	444	444	444	3000	444
Stahl	1213	1213	1213		3750	1213

> 20 m < 60 m					
IH1	IH2	IH3	IH4	RI	IHDS
629	629	629		2250	629
682	682	682	682	2250	682
1281	1281	1281		3250	1281

> 60 m					
IH1	IH2	IH3	IH4	RI	IHDS
457	457	457		2000	457
1640	1640	1640		3000	1640

Aufschläge:

Risiko und Unvorhergesehenes	50%
Planung und Örtliche Bauaufsicht	20%
Baustellengemeinkosten	30%
Urbanes bauen	x%
Summe	100%

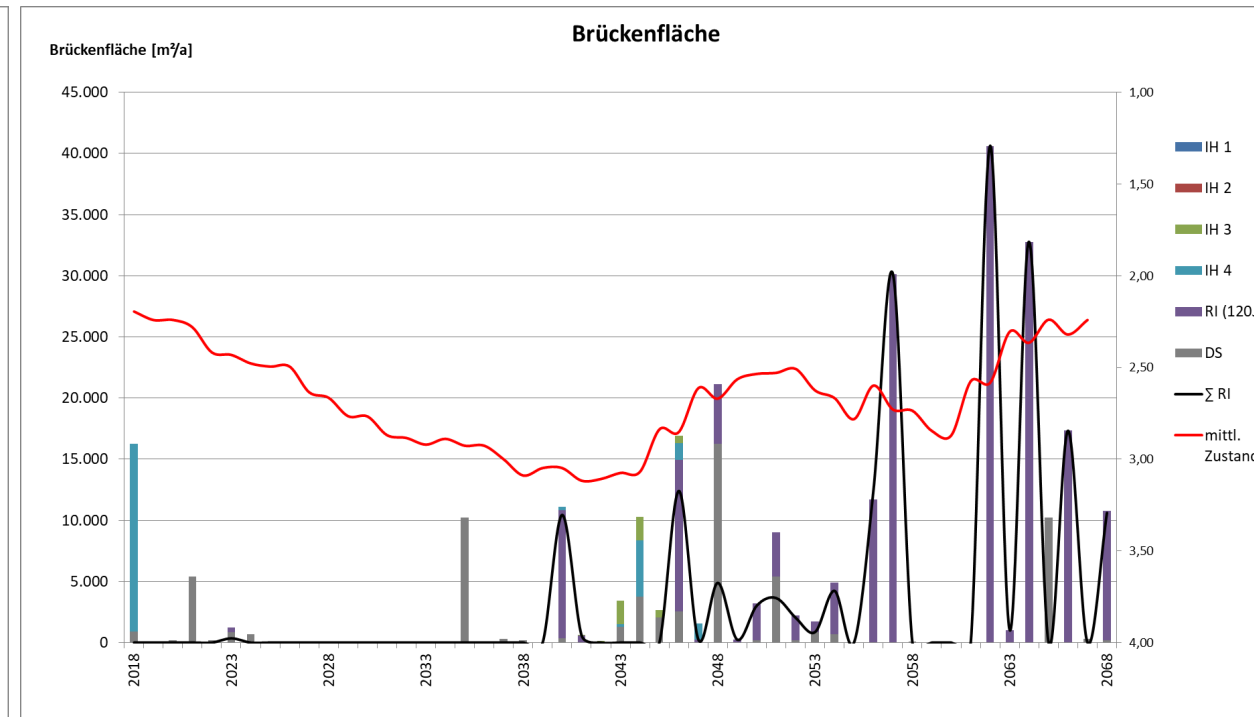
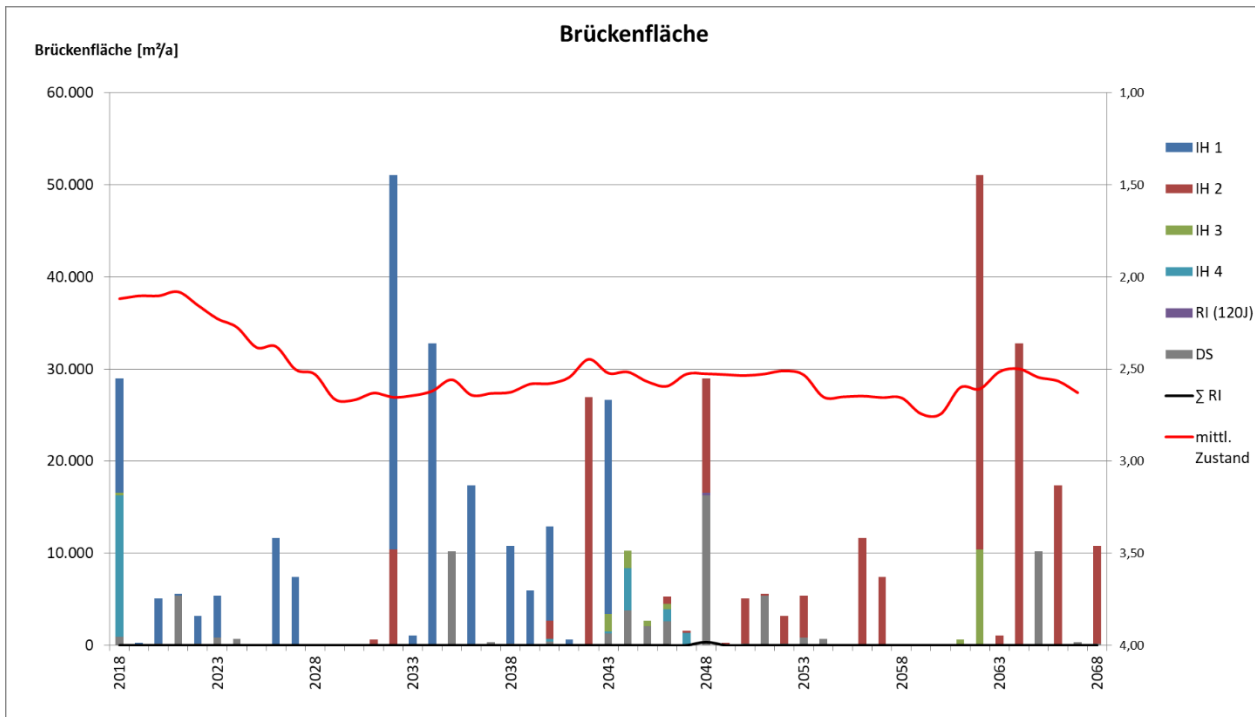
Valorisierung der Kosten:

Annahme für langjähriges Mittel: 2,5% pro Jahr

Vergleichende Portfolioanalyse VCE am WL Brücken-Gesamtnetz

Prognostizierte Realisierungsmengen
als Folge der Umsetzung der Maßnahmenableitung
aus dem LCM Prognoseszenario
„präventive, Zustands-basierte
Instandhaltungsstrategie“

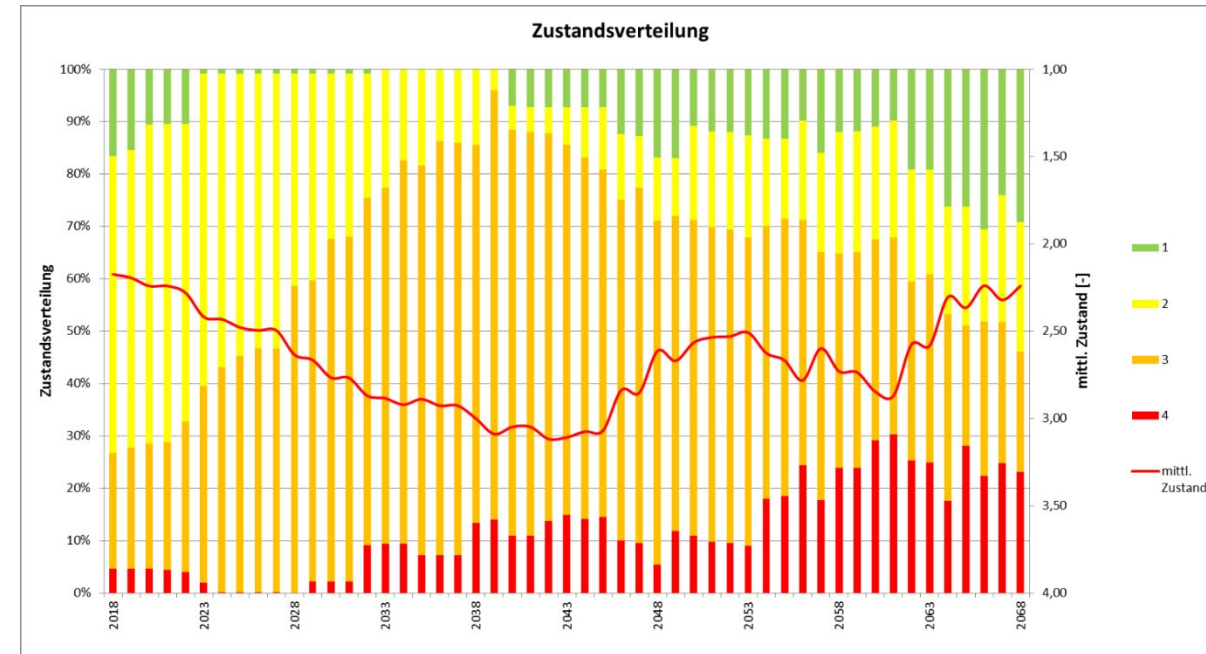
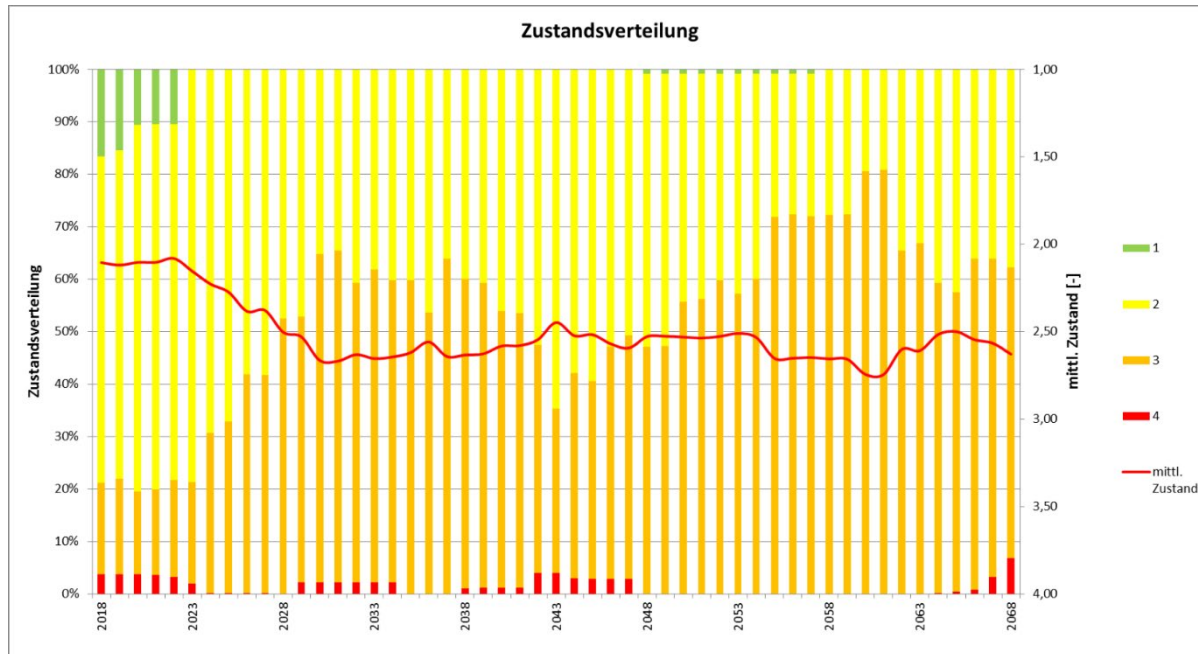
Prognostizierte Realisierungsmengen als Folge der
Umsetzung der Maßnahmenableitung
aus dem LCM Prognoseszenario
„Do-Minimum Strategy“



Vergleichende Portfolioanalyse VCE am WL Brücken-Gesamtnetz

Prognostizierter durchschn. Zustandsverlauf
als Folge der Umsetzung der Maßnahmenableitung
aus dem LCM Prognoseszenario
„präventive, Zustands-basierte
Instandhaltungsstrategie“

Prognostizierter durchschn. Zustandsverlauf
als Folge der Umsetzung der Maßnahmenableitung
aus dem LCM Prognoseszenario
„Do-Minimum Strategy“

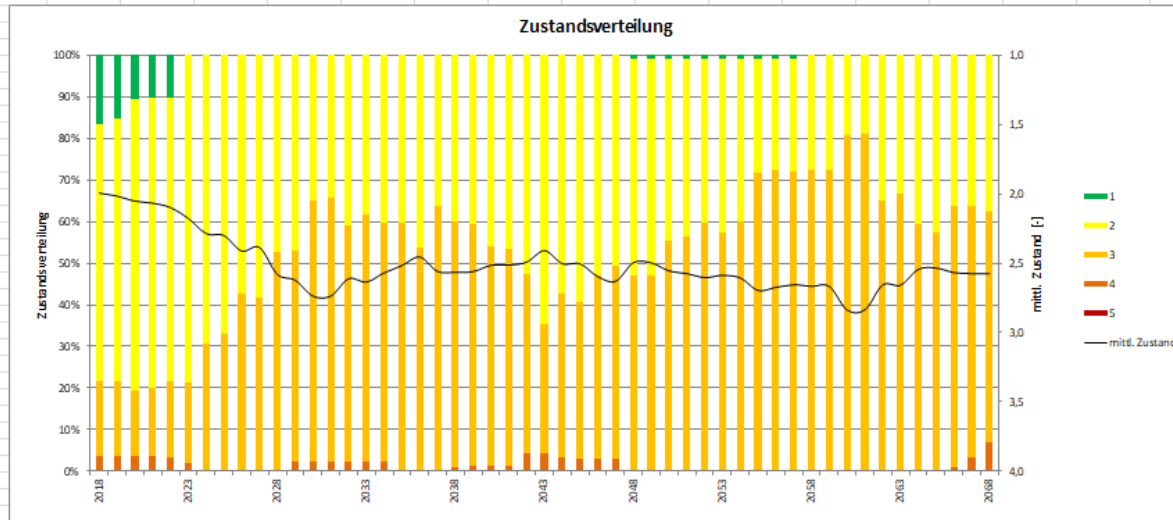


Vergleichende Portfolioanalyse VCE am WL Brücken-Gesamtnetz

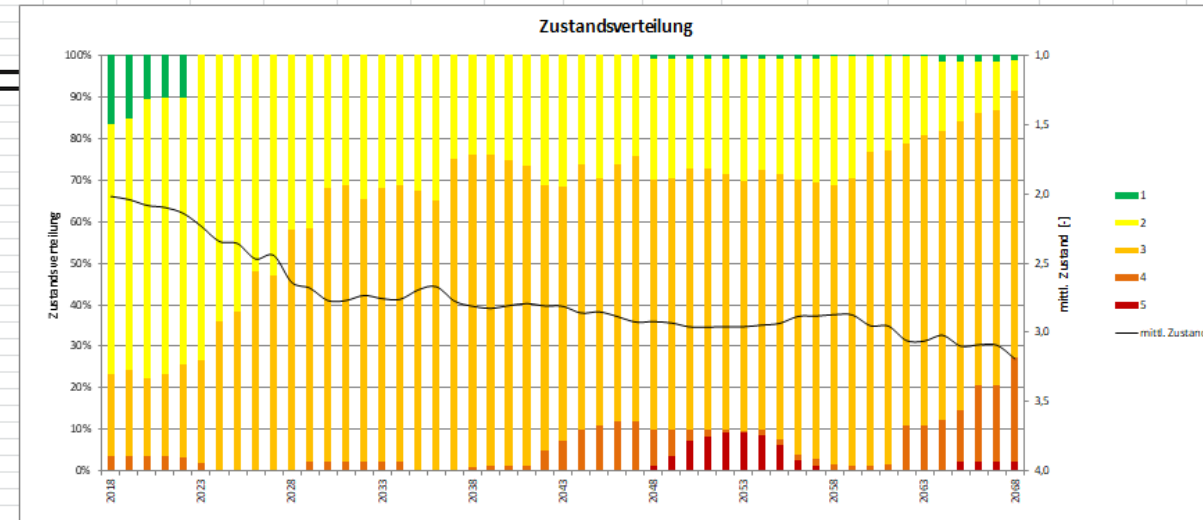
Prognostizierter durchschn. Zustandsverlauf
als Folge der Umsetzung der Maßnahmenableitung
aus dem LCM Prognoseszenario
„präventive, Zustands-basierte
Instandhaltungsstrategie“

Prognostizierter durchschn. Zustandsverlauf
als Folge der Umsetzung der Maßnahmenableitung
aus dem LCM Prognoseszenario
„Zustands-basierte Optimierung im Rahmen der
Budgetvorgabe“

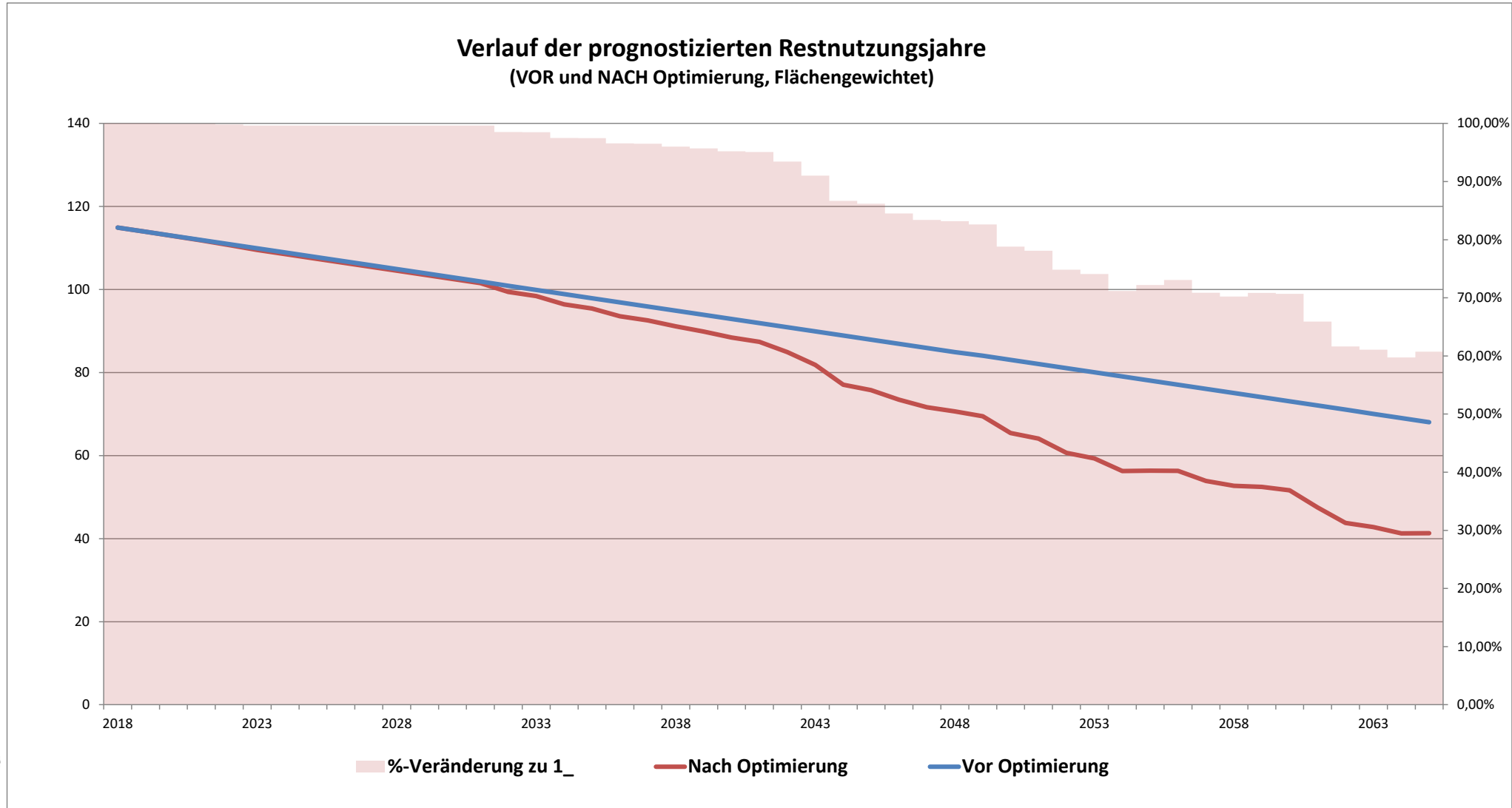
VOR BUDGET-OPTIMIERUNG



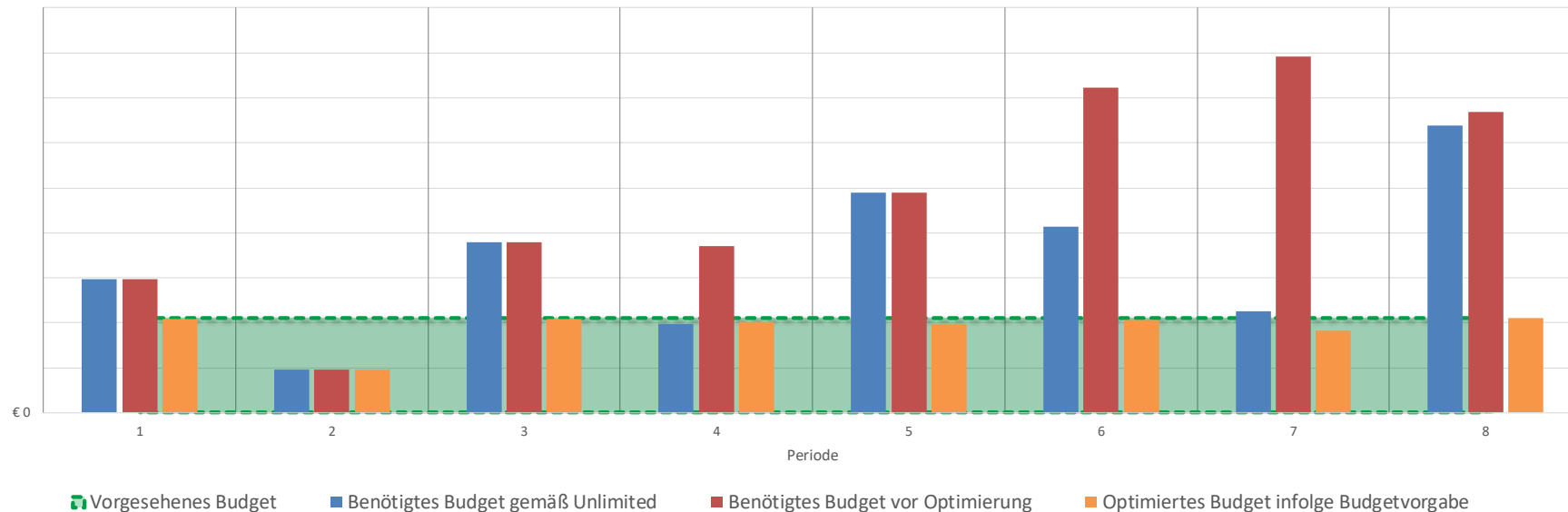
NACH BUDGET-OPTIMIERUNG



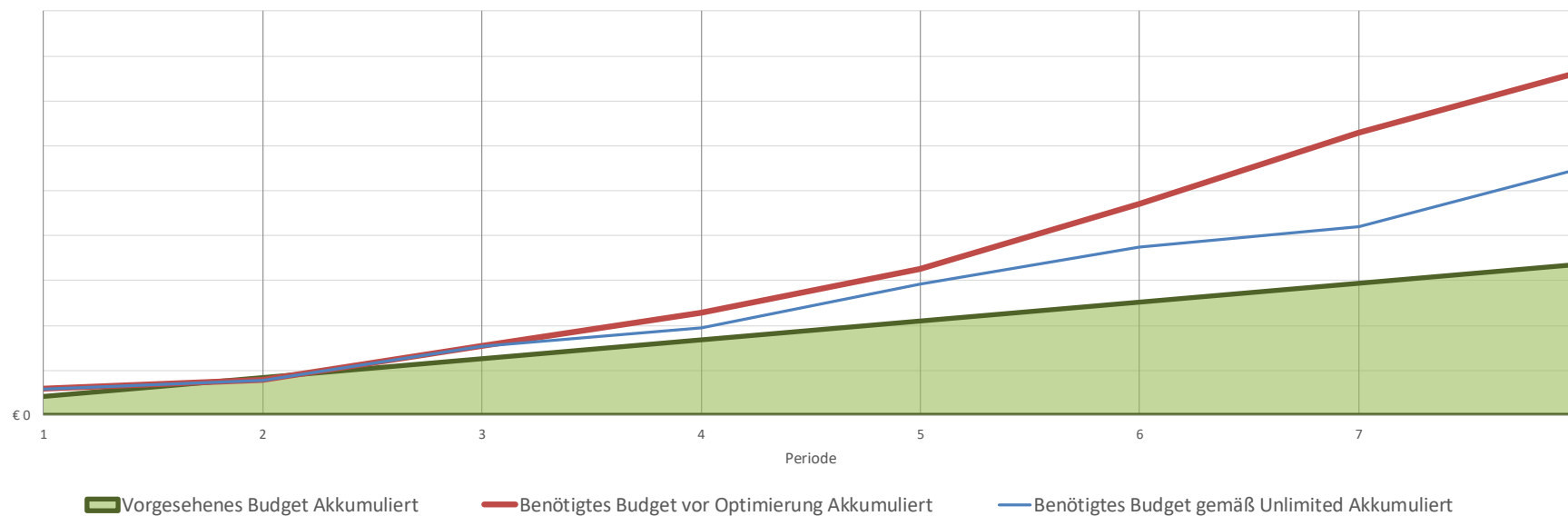
Backloganalyse – Budget Optimierung als Prozess-Bündel aus Priorisierung vs. Maßnahmenverschiebung und der simulierten Konsequenzen daraus



Budgetvergleich der Periode

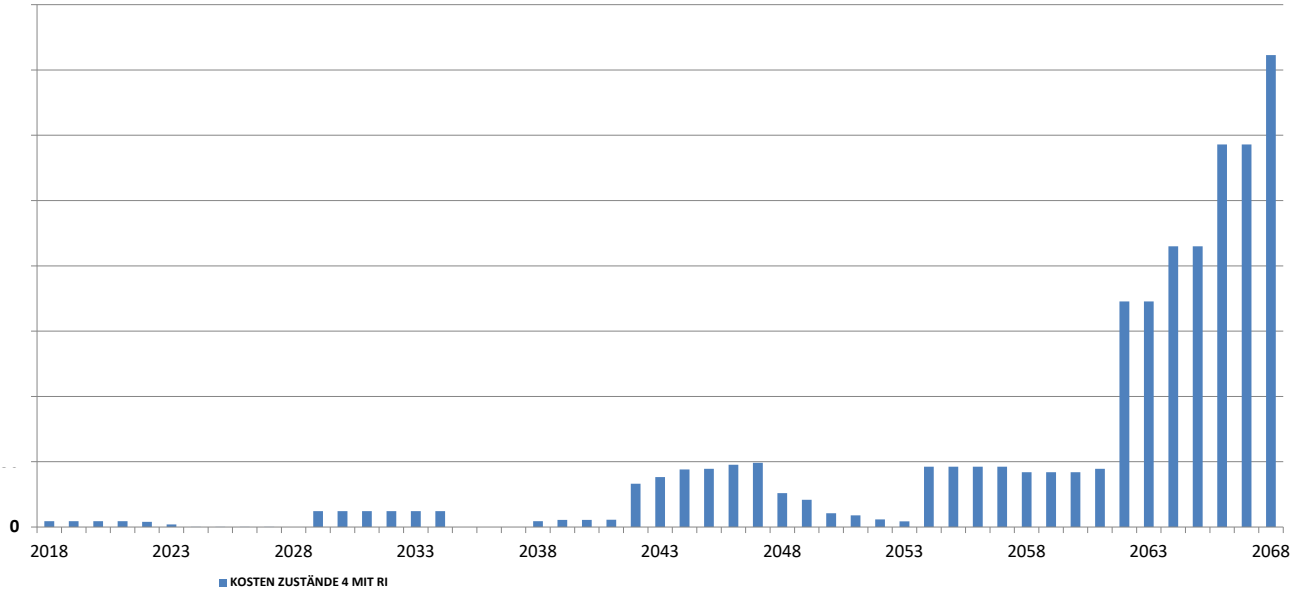


Akkumulierter Backlog

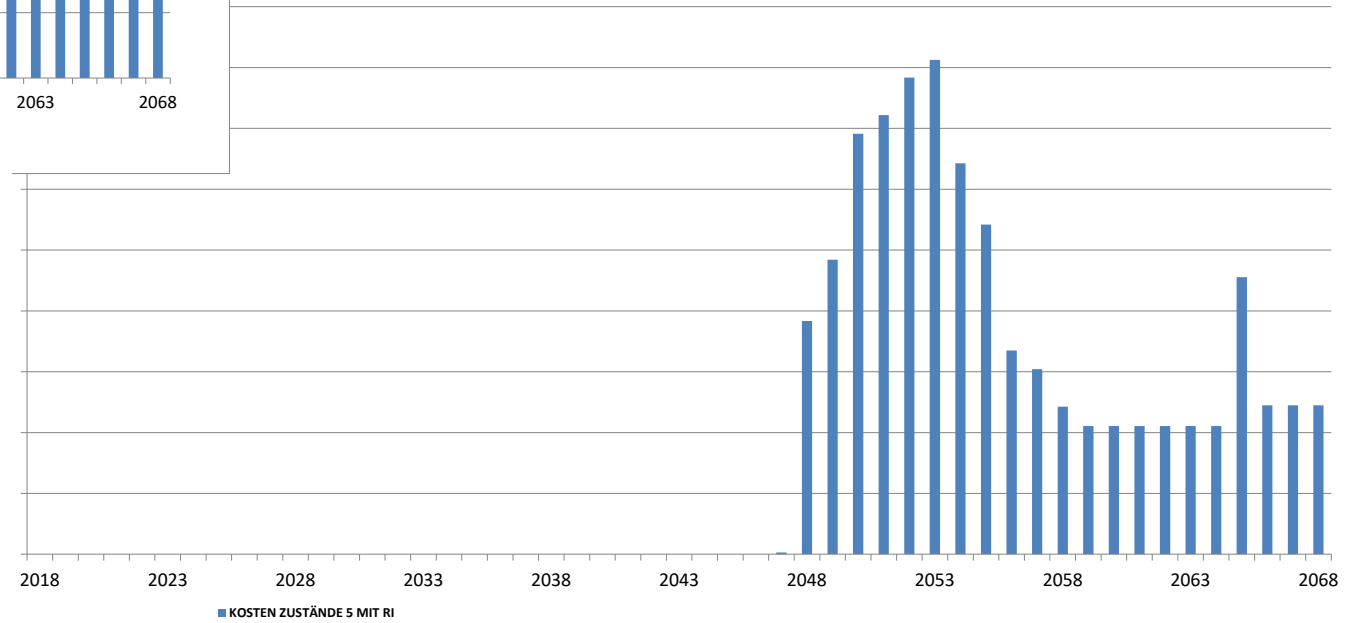


POTENTIELLE RI KOSTEN INFOLGE ERREICHTEM **ZUSTAND 4**
(NACH Optimierung)

Millionen



POTENTIELLE RI KOSTEN INFOLGE ERREICHTEM **ZUSTAND 5**
(NACH Optimierung)



F & E (national / EU)

Beratungsprojekte

daraus entstandene Regelwerke / Tools

2021

DECARBONISATION FIRST - Methoden zur Co2-Bilanzierung im Lebenszyklus von Infrastrukturbauwerken (**VIF 2021-2023**)

LZinfra - Lebenszyklustool zur Nachhaltigkeitsbewertung von Verkehrsinfrastrukturen (**öbv Collective Research 2023-2026**)

BrAI - Bridge management with AI for sustainAble engineering, FFG AI for Green 2023 (FFG 2024-2027);

FOURIER InnOvative ArtiFicial Intelligence methodologies for monitoRing and maintaining large scale complex infrastrUctures and obtaining greener, more Resilient and smart Societies, Horizon Europe Framework Programme (2024-26)

2023

Standardisierte CO2 Bilanzrechnung für Brücken und Konstruktive Durchlässe im Netz der ÖBB (2023/24)

Entwicklung und Ermittlung von KPIs, dh Erfolgsfaktoren in der aktuellen Planungsphase zur **Reduktion der CO2-Belastung im Zuge des FCP.VCE Projektes Gäubahn (seit 2024)**

LCCO2 Tool (2022/23)

öbv Arbeitskreis Ökodaten
GWP Katalog & Leitfaden
f. d. **standardisierte GWP-Bewertung** im Bereich der **Infrastruktur (seit 2023)**

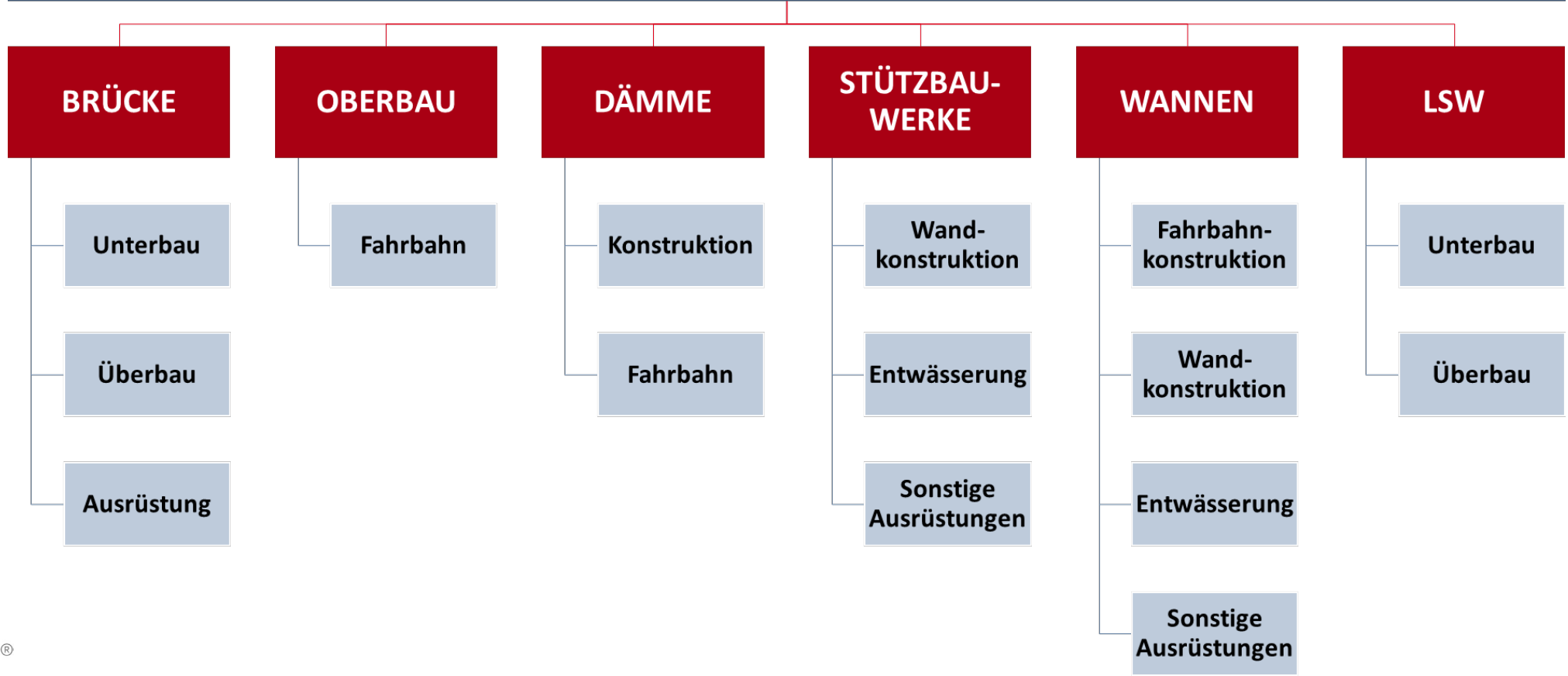
LZ Infra Tool (2024-26)

2025

2027

FOKUS Einsparpotentiale

INFRASTRUKTURBAUTEN STRASSE



SYSTEMABGRENZUNG (FRAMEWORK KONSTRUKTIONSEINHEITEN / BAUTEILE)

Hauptmaterialien

GWP – KATALOG



Ausrüstung

sonstige Materialien

Lebenszyklusphasen lt ÖNORM EN 15804

Herstellungsphase A1-A3: Möglichst EPD basiert

Bauphase A4: Mittels eigenen Transportrechnern abgebildet

Bauphase A5: Möglichst EPD basiert

Nutzungsphase B: Rechnerische Abbildung anhand der Phasen A1-A5 und C

Entsorgungsphase C: Möglichst EPD basiert

LEGENDE

- Daten aus publizierten Quellen (vordergründig EPDs)
- Daten aus Quellen für sehr ähnliche Materialien übernommen
- Übertragung der Annahmen aus den EPD basierten Werten der Hauptmaterialien
- Daten aus publizierten Quellen extra-/interpoliert
- seitens GVTB 2023 erhobene Werte für Österr. Durchschnittsbetone incl 10% Aufschlag
- Eigene Abschätzung Transport (A4)
- Eigene Modellierung
- Eingabefelder für eigene Materialien

Bezugsgröße für Ergebnisbenchmark (Draufsichtsfläche)

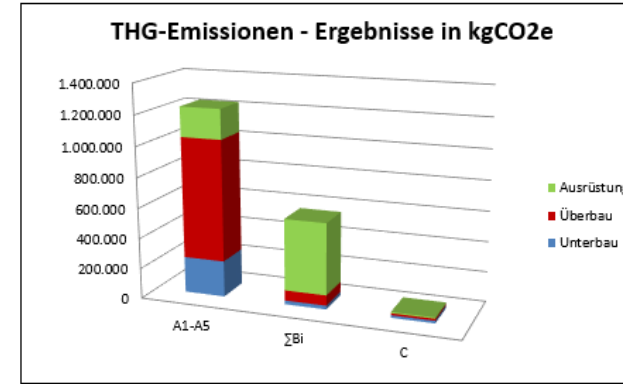
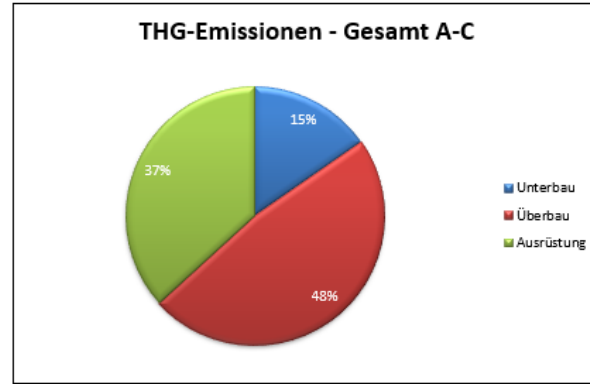
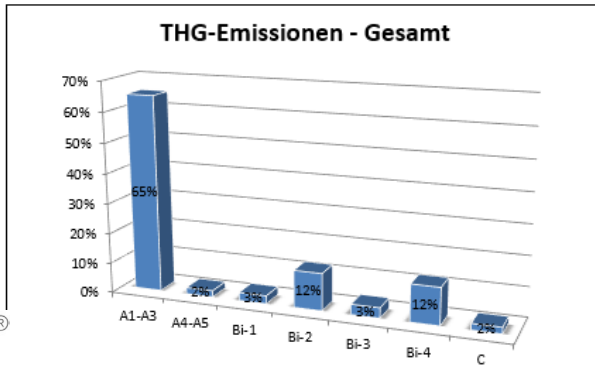
1878 m²

CO₂-Preis

94 €

kg CO ₂ e	A1-A3	A4-A5	Bi-1	Bi-2	Bi-3	Bi-4	C	D aus B	D aus EOL	SUMME A-C [kg CO ₂ e]	SUMME relativ A-C [%]
	Herstellungsphase	Errichtungsphase	Nutzungsphase Anteil Eingriff 1	Nutzungsphase Anteil Eingriff 2	Nutzungsphase Anteil Eingriff 3	Nutzungsphase Anteil Eingriff 4	Entsorgungsphase	Vorteile und Belastungen aus B*	Vorteile und Belastungen aus EOL*		
Unterbau	228.659	10.203	2.805	5.610	11.220	5.610	17.090	-289	-1.061	281.197	15%
	12%	1%	0%	0%	1%	0%	1%	0%	0%		
Überbau	780.018	18.385	6.519	27.468	6.519	27.468	12.904	-274	-94.097	879.281	48%
	42%	1%	0%	1%	0%	1%	1%	0%	-5%		
Ausrüstung	185.919	10.086	39.666	193.265	44.878	193.066	8.250	-63.726	-27.447	675.129	37%
	10%	1%	2%	11%	2%	11%	0%	-3%	-1%		
Gesamt	1.194.595	38.673	48.990	226.343	62.617	226.144	38.244	-64.289	-122.605	1.835.607	100%
	65%	2%	3%	12%	3%	12%	2%	-4%	-7%	100%	

Benchmark 977 kg CO₂e/m²



AP 5 SIMULATIONSRECHNUNG

AP 7 TOOL-VALIDIERUNG

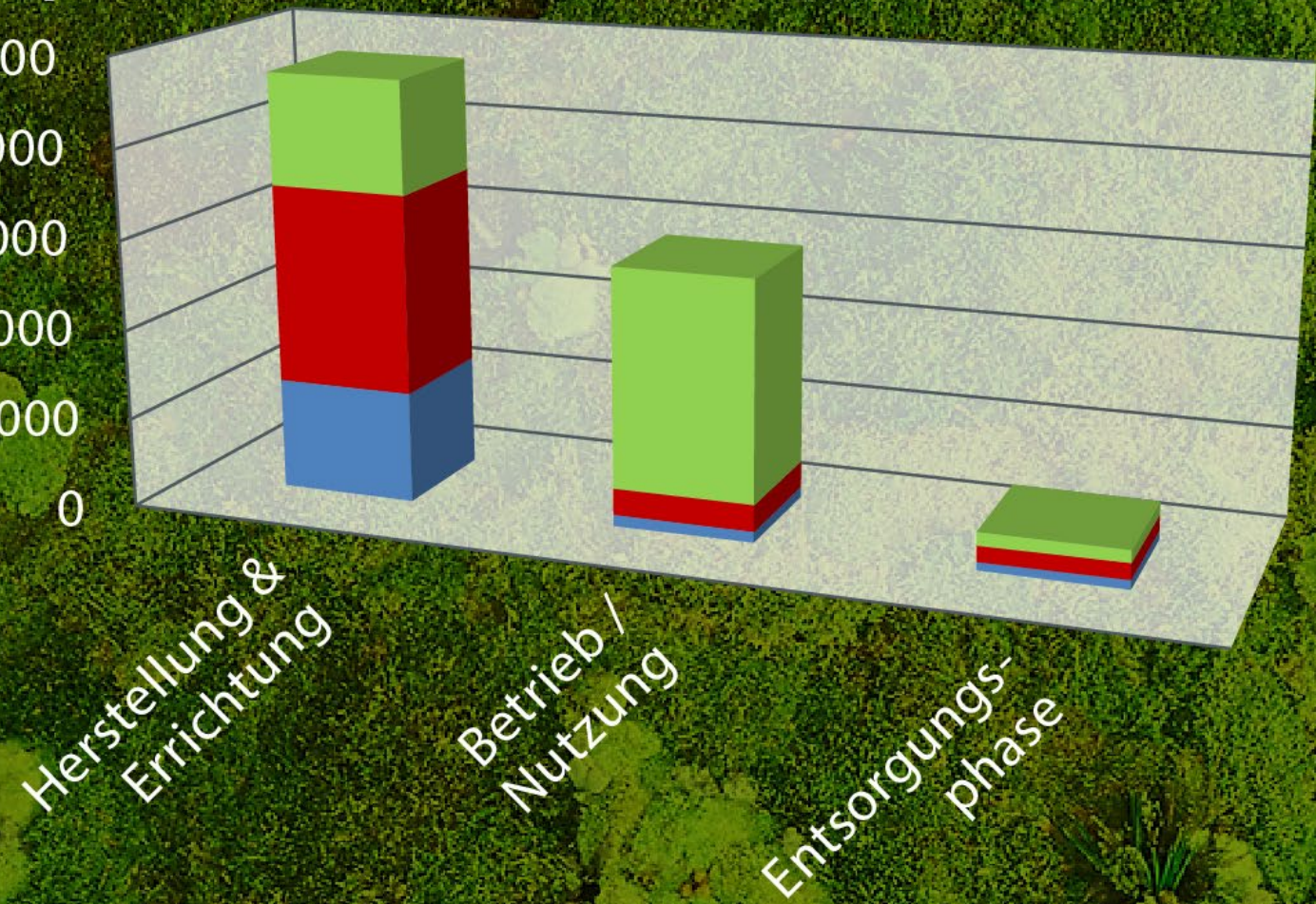
Anlagenkategorie	Fallbeispiel	Index der Varianten	Anlagenkategorie	Variante	CO ₂ Äqu A-C [kg CO ₂ e]	Benchmark - Vergleichsgröße A-C [kg CO ₂ e / m ²]	Benchmark - Vergleichsgröße D (gesamt) [kg CO ₂ e / m ²]
I	1a	1	Brücken	Spannbeton	1.725.896	919	-60
	1b	2		Verbund	1.835.607	977	-100
I	1c	3	Wildquerungshilfe	Variante 1 - Holz Dreigelenkbogen	1.752.045	749	-131
	1d	4		Variante 2 - Holz Rahmen	1.420.541	658	-114
	1e	5	Blumau	Variante 3 - Beton Rahmen	1.538.340	782	-36
	1f	6		Variante 4 - Beton Schalentragwerk	1.775.556	902	-41
II	2a	7	Oberbau	Asphalt	1.572.269	166	-34
	2b	8		Beton	924.654	97	-7
III	3	9	Erdbau	aus Variante 3 d.	442.306	225	-34
IV	4	10	Stützmauer	aus Variante 1 d.	1.073.481	1491	-112
V	5	11	Wanne	aus Variante 3 d. Wildquerungshilfe	1.467.547	746	-62
VI	6a	12	LSW Einheitswand L x H = 4 x 4 m	Aluminium	6.094	381	-20
	6b	13		Beton	3.818	239	-11
	6c	14		Glas	8.399	525	-30
	6d	15		Holz	3.598	225	-11
	6e	16		Kunststoff	7.161	448	-126
VI	6f	17	LSW Gesamtportfolio ASFINAG (nur Paneele)	Aluminium	44.138.367	290	-10
	6g	18		Beton	19.502.387	147	-1
	6h	19		Glas	16.559.821	434	-20
	6i	20		Holz	148.951.141	134	-1
	6j	21		Kunststoff	4.246.731	356	-116

Berechnungstool LCCO2

(standardisierte CO2- und Kostenbilanzierung über den Lebenszyklus von Tiefbauanlagen)

[kg CO2e]

1.000.000
800.000
600.000
400.000
200.000
0



- Ausrüstung
- Überbau
- Unterbau



VERKEHRSSINFRASTRUKTURFORSCHUNG (VIF) 2020
FFG DECARBONISATION FIRST

VCE umweltbundesamt^U TU WIEN bi.iwr

2021-23

CO₂-Bilanz bei Infrastrukturprojekten



öbv österreichische bautechnik vereinigung FFG
 universität innsbruck TU Graz TU WIEN VCE

LZinfra 2023-26

COLLECTIVE RESEARCH FFG / ÖBV

Straßeninfrastruktur

Straßen- & Schieneninfrastruktur

„LCCO₂-Tool“

- 1 Wirkungskategorie GWP
- 1 Betrachtungsebene Vorprojektphase



AG ÖKO-Daten
 Daten Beton
 Daten Stahl/Baustahl
 Daten Asphalt/Holz
 Daten Sonstiges

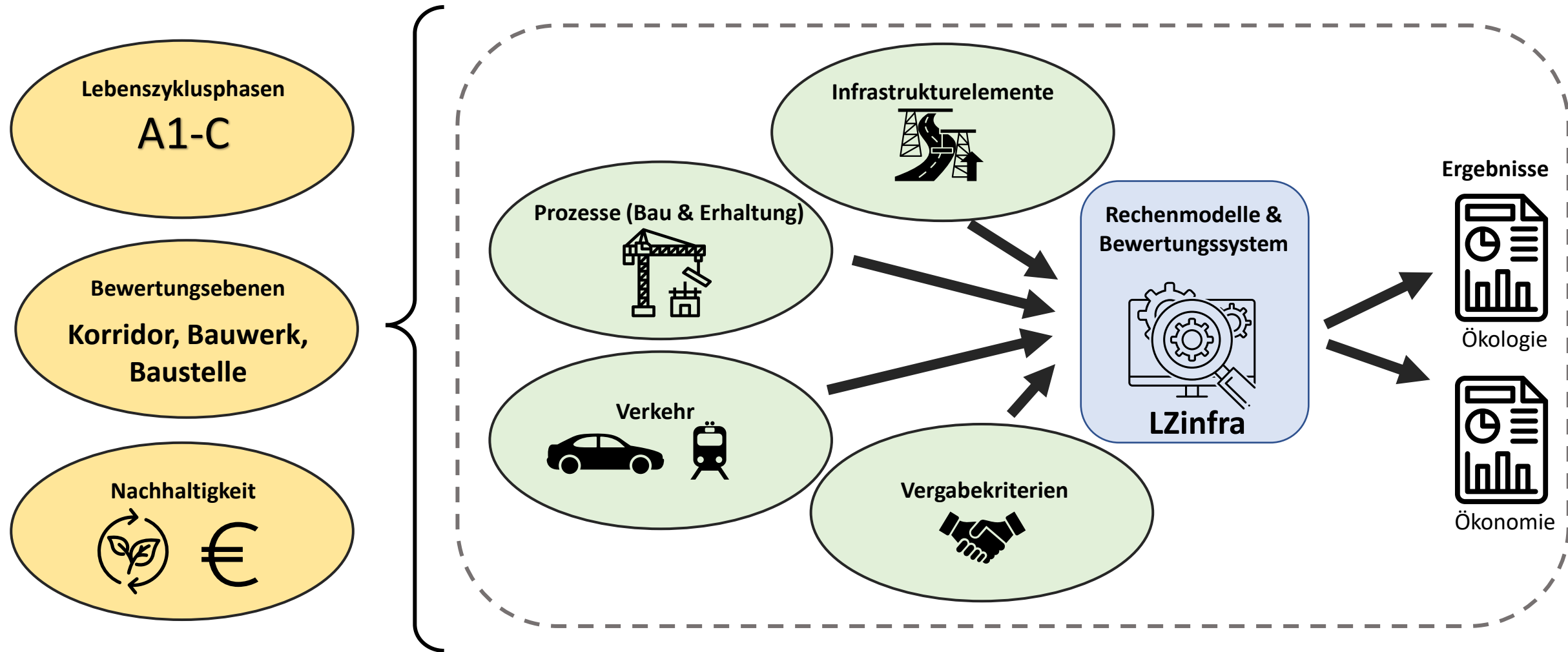
Ökologisierung & Nachhaltigkeit im Bauwesen

seit 2023

- 9 Wirkungsindikatoren**
 1. Klimawandel gesamt
 2. Wassernutzung
 3. Gesamteinsatz nicht erneuerbarer Primärenergie
 4. Einsatz von Sekundärrohstoffen
 5. Stoffe zum Recycling
 6. Humantoxizität
 7. Versauerungspotential
 8. Feinstaubemissionen
 9. Potentieller Bodenqualitätsindex

- 3 Betrachtungsebenen**
 - Korridor (Fokus: Trassenwahl & Verkehr)
 - Bauwerk (Fokus: Bauwerksoptimierung)
 - Baustelle (Fokus: Vergabe)

Kerninhalte von LZinfra



Gemeinsame Projekte mit dem Stab LCM (ÖBB Infrastruktur AG)

Standardisierte CO₂ Bilanzrechnung für Brücken und Konstruktive Durchlässe im Netz der ÖBB

Inhalt

1.	Herleitung & Ergebnisse der Benchmarks für THG EMISSIONEN infolge IS-Maßnahmen an Brücken	3
2.	Herleitung & Ergebnisse der Benchmarks für THG EMISSIONEN infolge IS-Maßnahmen an KDLs	16
3.	Herleitung & Ergebnisse der Benchmarks für THG EMISSIONEN infolge RI-Maßnahmen an Brücken	26
4.	Herleitung & Ergebnisse der Benchmarks für THG EMISSIONEN infolge RI-Maßnahmen an KDLs	35
5.	ERGEBNISZUSAMMENFASSUNG - FOKUS Emissionstreiber	43
6.	AUSBLICK – FOKUS Einsparpotentiale	54

1.1 Gewichtung fiktive Modellanlagen Brücken

(aus STEPS-Projekt FCP ÖBB 2020)

DETAILS ZUR GEOMETRISCHEN HERLEITUNG UND DEM KONSTRUKTIVEN ANSATZ DER „FIKTIVE MODELLBRÜCKEN (TW)“ ANHAND VON AUSGEWÄHLTEN REFERENZOBJEKTEN

	<20	>20	Sonder
Massiv	EB Gemeindestr. (EFT-P) 50% EB Feldweg (EFT-P) 50%	Brücke über Autobahn, Linz- Wels "L/2" (DLT-P) 32% EB Lawinenbrücke (DLT-HK) 9% Siernigbrücke (DLT-PB) 7% EB St. Peterstraße (EFT-P) 5% EB Klausgrabenviadukt (GEW-KB) 7% EB Landgutgasse (RAH-UOR) 10%	Kugelsteinbrücke - Stahlbetonbogen (BO-TR) 62% Jauntal - Länge auf einen "Span" beschränkt (DLT-HK) - "L/5" 30%
Gewölbe	Lehnenviadukt (GEW-KB) 100%	Fadnerviadukt (GEW-KB) 70% Viadukt Hamelbach (GEW-KB) 30%	-
Stahl	EB Dörfleser Str. (EFT-BT) "B/2" 25% EB- Russbach (EFT-BT) "B/2" 25% EB Zayabach (EFT-BT) "B/2" 25% Str. 2092 Rollfährstraße (EFT-BT) "B/2" 25%	Lieserbrücke (EFT-FW) "B/2" 25% EB Erzbach (EFT-BT) 27% EB Frauenbach (DLT-BT) 26%	Kugelstein (EFT-FW) "B/2" (36/2)% Ennsbrücke - Selzthal (EFT FW) (36/2)% Ennsbrücke - Selzthal (EFT LB) 1% Mauthausner Donaubrücke (DLT-BT) 12% Buchser Rheinbrücke (DLT-FW) 19%

Mit Hilfe der nun in die 8 fiktiven Modellbrücken implementierten Referenzbrücken erzielte Abdeckungsgrade im ÖBB Gesamtnetz

Abdeckungsgrade	<20	>20	Sonder
Massiv	90%	Σ69%/95%=73%	92%
Gewölbe	100%	100%	-
Stahl	73%	78%	68%

Von einer Brückenclustering zu Key Performance Benchmarks (auf Portfoliolevel)

		Elementmasse n f.d. fiktive Modellbrücke	Elementmasse n f.d. fiktive Modellbrücke	Elementmasse n f.d. fiktive Modellbrücke	Elementmasse n f.d. fiktive Modellbrücke	Elementmasse n f.d. fiktive Modellbrücke	Elementmasse n f.d. fiktive Modellbrücke
		Massivbrücke < 20m	Gewölbebrücke < 20m	Stahlbrücke < 20m	Massivbrücke > 20m	Gewölbebrücke > 20m	Stahlbrücke > 20m
Länge	m	6,20	12,00	12,31	43,99	63,05	41,85
Breite	m	9,73	10,00	5,37	10,00	7,64	6,15
Fläche	m ²	60,33	120,00	74,30	423,70	455,44	262,18

Brücken: IS: Abdichtung	m ²	173,6	120,0		442,7	444,4	
Brücken: IS: Betoninstandsetzung Überbau	m ²	51,7	180,4		501,4	119,8	
Brücken: IS: Betoninstandsetzung Unterbau	m ²	147,3	320,6	46,5	416,5	1.179,8	279,7
Brücken: IS: Entwässerungseinrichtung	lfm		13,0	5,0	56,9	64,2	89,9
Brücken: IS: Fahrbahnübergangskonstruktion	lfm			1,3	16,7		3,5
Brücken: IS: Gehweg/Randbalken	lfm	45,4	5,0	16,0	69,7	121,5	108,6
Brücken: RI: Bewehrung Gehweg/Randbalken	t	4,1	0,5	1,4	6,3	10,9	9,8
Brücken: IS: Geländer	lfm	45,4	24,0	46,7	81,0	131,1	54,6
Brücken: IS: Korrosionsschutz	m ²			167,3			837,9
Brücken: IS: Lagertausch	Stk.			9,5	4,6		7,4
Brücken: IS: Lärmschutz	lfm			4,0	3,8		
Brücken: IS: Schutzbeton	m ²	173,6	120,0		408,2	442,4	
Brücken: RI: Bewehrung Schutzbeton	t	0,4	0,3		0,9	1,0	
Brücken: IS: Unterschottermatte	m ²			53,0	46,8		255,0

Brücken: IS: Abdichtung	Flüssigabdichtung	Dicke = 10 mm	→
Brücken: IS: Betoninstandsetzung Überbau	Modifizierte mineralische Mörtel der Gruppe 2, Instandsetzungsdicke 6 cm		→
Brücken: IS: Betoninstandsetzung Unterbau	Modifizierte mineralische Mörtel der Gruppe 2, Instandsetzungsdicke 6 cm		→
Brücken: IS: Entwässerungseinrichtung	Entwässerung aus GFK, PP	Gewicht = 2,0 kg/lfm	→
Brücken: IS: Fahrbahnübergangskonstruktion	Stahlprofile S235 und S355	Gewicht = 100 kg/lfm	→
Brücken: IS: Gehweg/Randbalken	lt. RP 08.01.00.20: Querschnittsfläche 0,75 m ² ; Betongüte C30/37/B5; Bewehrungsgrad 120 kg/m ²		→
Brücken: IS: Geländer	Stahl S235JR nach RP 08.01.00.60		→
Brücken: IS: Korrosionsschutz	Beschichtungsdicke	358 µm	→
Brücken: IS: Lagertausch	Elastomerlager klein bzw. mittel	Elastomerlager klein	→
Brücken: IS: Lärmschutz	Material: 2mm Alublech; 15 cm Mineralwolle; HEA160 Steher (beschichtet); Höhe 2 m		→
Brücken: IS: Schutzbeton	C25/30/B3/GK8, Bewehrungsgrad 43,2 kg/m ³	Dicke = 5 cm	→
Brücken: IS: Unterschottermatte	PUR Schaum	Dicke = 2 cm	→

**Standardisierte Beiträge
in Form von THG Emissionen
auf Element-Level
gemäß LCM Assistent**

Brücken: RI: Abdichtung	Flüssigabdichtung	Dicke = 10 mm	→
Brücken: RI: Beton Überbau	C30/37 B5 (lt. RVS 13.05.11)		→
Brücken: RI: Bewehrung Überbau	Bewehrungsgrad	250 kg/m ³	→
Brücken: RI: Spannstahl Überbau	Bewehrungsgrad		→
Brücken: RI: Stahl Überbau	Mittelung Baustähle		→
Brücken: RI: Beton Unterbau	Mittelung: C25/30/B3, C25/30/B5, C25/30/B7, C25/30/B11, C30/37/B5, C35/45/B5		→
Brücken: RI: Bewehrung Unterbau	Bewehrungsgrad	150 kg/m ³	→
Brücken: RI: Entwässerungseinrichtung	Entwässerung aus GFK, PP	Gewicht = 2,0 kg/lfm	→
Brücken: RI: Fahrbahnübergangskonstruktion	Stahlprofile S235 und S355	Gewicht = 100 kg/lfm	→
Brücken: RI: Gehweg/Randbalken	lt. RP 08.01.00.20: Querschnittsfläche 0,75 m ² ; Betongüte C30/37/B5; Bewehrungsgrad 120 kg/m ²		→
Brücken: RI: Geländer	Stahl S235JR nach RP 08.01.00.60		→
Brücken: RI: Korrosionsschutz	Beschichtungsdicke	358 µm	→
Brücken: RI: Lager	Elastomerlager klein bzw. mittel	Elastomerlager klein	→
Brücken: RI: Lärmschutz	Material: 2mm Alublech; 15 cm Mineralwolle; HEA160 Steher (beschichtet); Höhe 2 m		→
Brücken: RI: Schutzbeton	C25/30/B3/GK8, Bewehrungsgrad 43,2 kg/m ³	Dicke = 5 cm	→
Brücken: RI: Unterschottermatte	PUR Schaum	Dicke = 2 cm	→

**Von einer Brückenclusterung
zu Key Performance Benchmarks
(auf Portfoliolevel)**

5.5 Gesamtübersicht - Maßnahmenlevel & Fiktiver Modellanlagen-Level & Portfolio-Level & Lebenszyklusphasen-Level

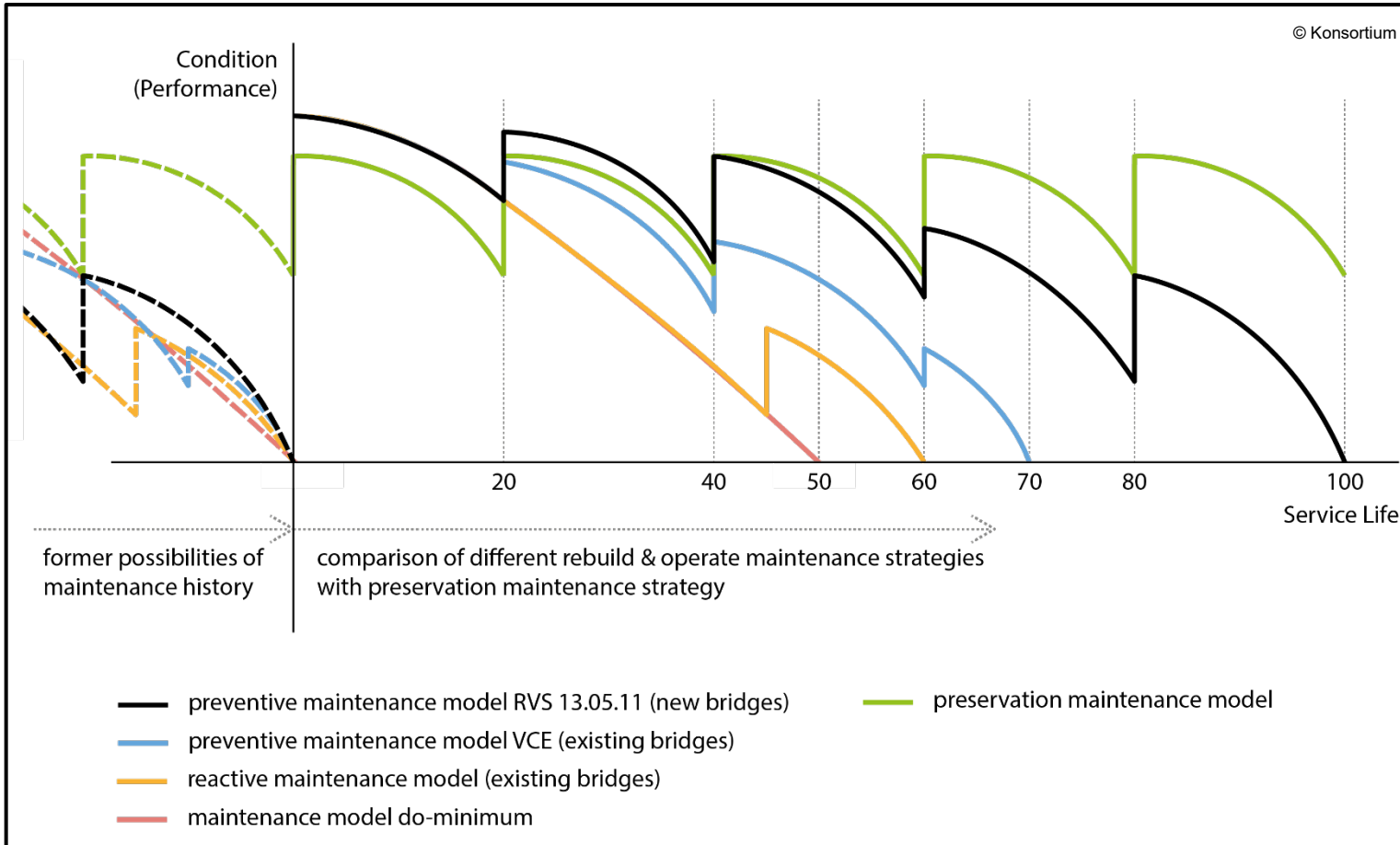
Fläche im ÖBB-Netz (m²) %				THG-Benchmarks - Instandsetzung								THG-Benchmarks - Reinvest					
				IS 1 (kgCO _{2e} /m²)	IS 1 (D) (kgCO _{2e} /m²)	IS 2 (kgCO _{2e} /m²)	IS 2 (D) (kgCO _{2e} /m²)	IS 3 (kgCO _{2e} /m²)	IS 3 (D) (kgCO _{2e} /m²)	IS 4 (kgCO _{2e} /m²)	IS 4 (D) (kgCO _{2e} /m²)	Summe IS (kgCO _{2e} /m²)	Summe IS (D) (kgCO _{2e} /m²)	RI C1-C4 (kgCO _{2e} /m²)	RI A1-A5 (kgCO _{2e} /m²)	Summe C+A (kgCO _{2e} /m²)	RI D (kgCO _{2e} /m²)
Brücken < 20 m	Massiv	435.322	37%	30,7	-4,3	279,2	-11,9	66,6	-4,7			376,5	-20,8	122,9	1695,4	1818,3	-31,8
	Gewölbe	100.821	9%	21,0	-1,4	79,4	-3,5	66,5	-2,0	94,5	-3,7	261,4	-10,6	127,6	1783,8	1911,4	-27,5
	Stahl	51.010	4%	31,7	-4,3	249,9	-31,1	38,5	-4,3			320,1	-39,7	122,3	1522,1	1644,4	-128,6
Brücken > 20 m	Massiv	365.667	31%	15,4	-1,5	120,9	-9,1	39,0	-1,7			175,3	-12,3	96,4	1228,3	1324,7	-33,7
	Gewölbe	75.156	6%	19,0	-2,0	118,5	-4,7	50,1	-2,3	128,8	-4,8	316,3	-13,8	96,0	1339,6	1435,7	-21,5
	Stahl	134.623	12%	18,9	-1,8	331,5	-38,4	30,5	-2,0			380,9	-42,2	140,7	1829,7	1970,4	-181,6
Summe:		1.162.599															

Fläche im ÖBB-Netz (m²) %				THG-Portfolioimpact - Instandsetzung								THG-Portfolioimpact - Reinvest					
				IS 1 (kgCO _{2e})	IS 1 (D) (kgCO _{2e})	IS 2 (kgCO _{2e})	IS 2 (D) (kgCO _{2e})	IS 3 (kgCO _{2e})	IS 3 (D) (kgCO _{2e})	IS 4 (kgCO _{2e})	IS 4 (D) (kgCO _{2e})	Summe IS (kgCO _{2e})	Summe IS (D) (kgCO _{2e})	RI C1-C4 (kgCO _{2e})	RI A1-A5 (kgCO _{2e})	Summe C+A (kgCO _{2e})	RI D (kgCO _{2e})
Brücken < 20 m	Massiv	435.322	37%	13.366.243	-1.863.143	121.554.706	-5.163.846	28.992.238	-2.041.898			163.913.186	-9.068.886	53.515.149	738.043.109	791.558.258	-13.834.163
	Gewölbe	100.821	9%	2.121.121	-144.665	8.003.578	-356.598	6.700.436	-197.051	9.530.016	-374.060	26.355.151	-1.072.373	12.867.111	179.841.213	192.708.325	-2.770.594
	Stahl	51.010	4%	1.617.582	-217.458	12.748.124	-1.586.831	1.964.795	-221.430			16.330.501	-2.025.719	6.238.741	77.640.495	83.879.236	-6.559.808
Brücken > 20 m	Massiv	365.667	31%	5.625.933	-540.663	44.218.832	-3.335.760	14.243.879	-639.249			64.088.643	-4.515.673	35.254.103	449.158.680	484.412.783	-12.307.141
	Gewölbe	75.156	6%	1.428.559	-147.604	8.903.673	-354.681	3.761.807	-174.295	9.681.423	-363.578	23.775.462	-1.040.158	7.218.522	100.681.803	107.900.325	-1.614.534
	Stahl	134.623	12%	2.545.028	-247.512	44.631.996	-5.163.161	4.107.351	-265.384			51.284.374	-5.676.057	18.944.240	246.322.120	265.266.360	-24.443.252
Summe:		1.162.599															

6. FOKUS Einsparpotentiale

6.3 3.HEBEL: Ökologisierung der Anlagentypen

BrAI - Bridge management with AI for sustainAble engineering - AI FOR GREEN 2023 (FFG)



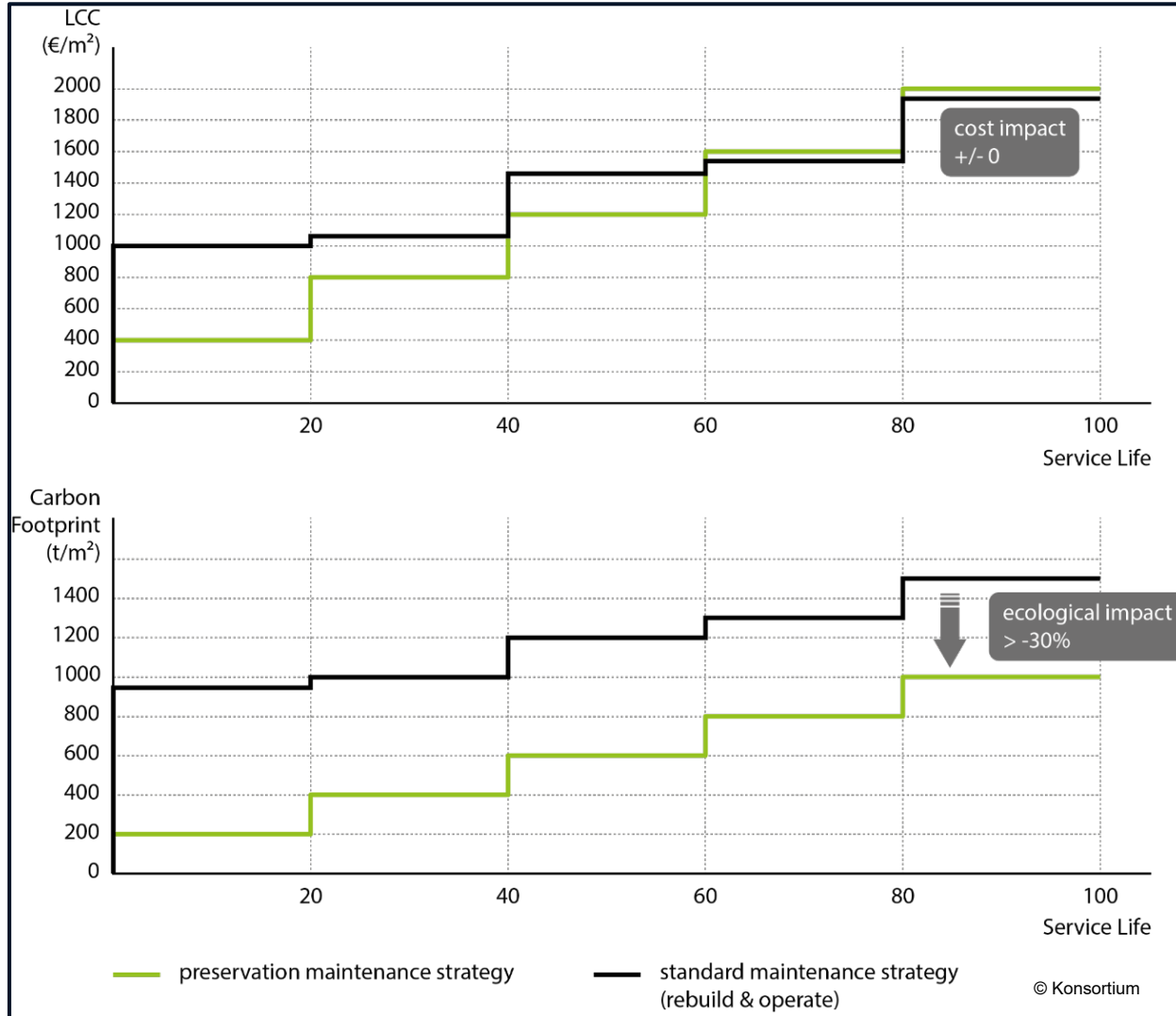
Schlüsselschritt 1 - KI basierte Identifikation von Mustern in bisher ungenutzten Brückendatenbanken im Zusammenhang mit der historischen Instandhaltung aufzeigen

Entwicklung und Anwendung von KI-Methoden für die Analyse von vordergründig unstrukturierten Brückendaten zur

- Identifikation von Schadens-Clustern hinter den Zustandsnoten auf Bauwerks- und Bauteilebene
- Identifikation von Maßnahmen-&Ursachen-Clustern

aus dem historischen Instandhaltungskontext und deren Auswirkungen auf die bisherige Bauwerks- und Bauteillebensdauer

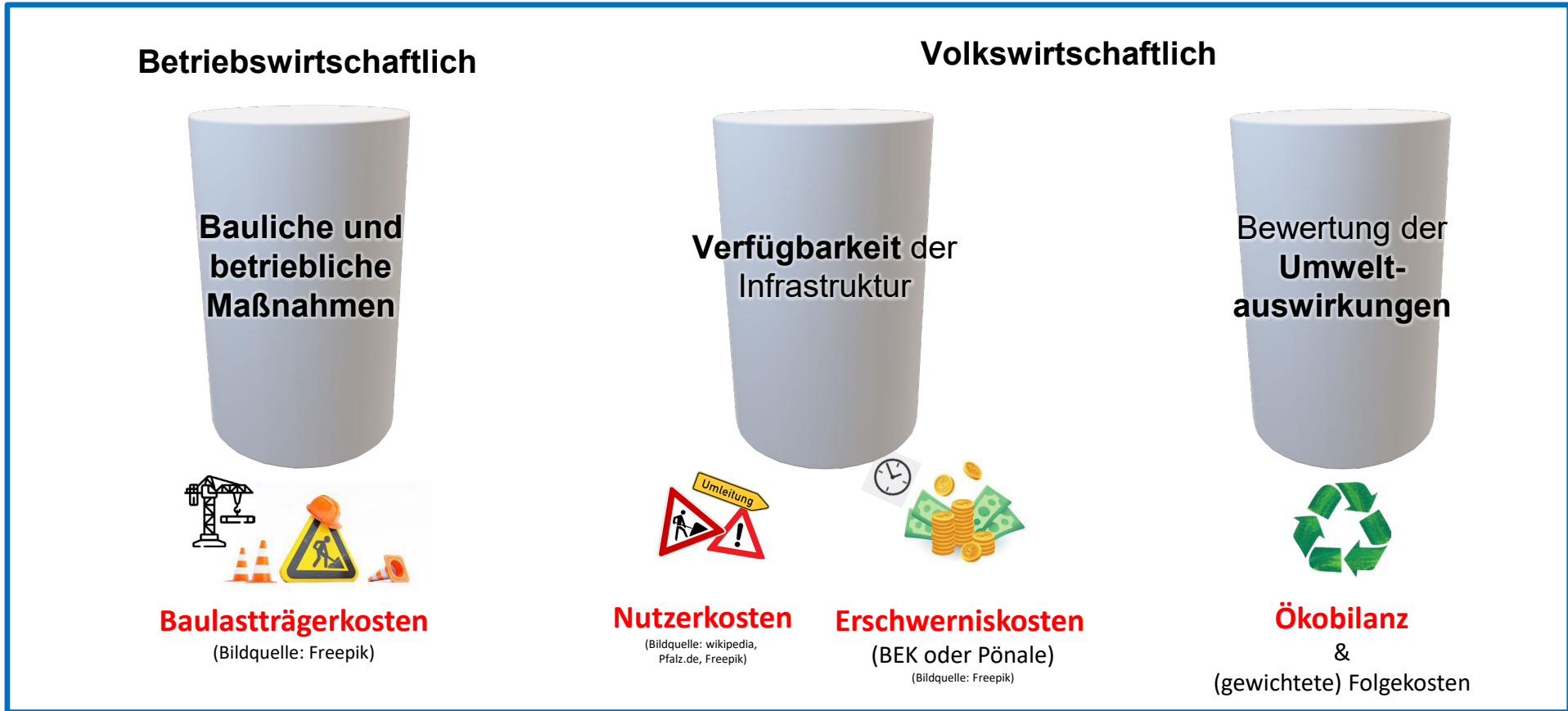
BrAIIn - Bridge management with AI for sustainAble engineering - AI FOR GREEN 2023 (FFG)



Schlüsselschritt 2 bewertet & quantifiziert die Auswirkungen historischer Instandhaltungsstrategien durch vergleichende Analysen der LZK & der Ökobilanzen
 => **die vertiefte Betrachtung soll sichtbar machen, welche der unterschiedlichen, bisher systematisch umgesetzten Instandhaltungs- bzw Reinvestitionsaktivitäten sich unter ökobilanziellen Gesichtspunkten als vorteilhaft und welche als nachteilig erwiesen haben, um entsprechende Schlüsse für eine nachhaltige Ausrichtung des künftigen Erhaltungsmanagements von Brücken ziehen zu können.**

FAZIT / FOKUS / AUSBLICK

- ⇒ Enormes Optimierungs-Potential durch ganzheitliche Betrachtung
- ⇒ Kostenwahrheit (ökonomisch & ökologisch)
- ⇒ Nachhaltigkeit erfordert langfristige Beurteilung (Life Cycle Assessment)



6. FOKUS Einsparpotentiale

- 6.1 1.HEBEL: Präventive IH-Strategie auf Portfolio-Level
- 6.2 2.HEBEL: Ökologisierung der Baumaterialien
- 6.3 3.HEBEL: Ökologisierung der Anlagentypen
- 6.4 4.HEBEL: Maßnahmen/Element-Level

- ⇒ Erhaltung statt Neubau => ökonomisches & ökologisches Optimum
- ⇒ Einsparungen > 50 % in naher Zukunft f.d. beiden Hauptwerkstoffe Beton & Stahl
- ⇒ gezieltes Forcieren/Vermeiden von Bauweisen
- ⇒ Smarte Lösungen auf Bauteil-Level

