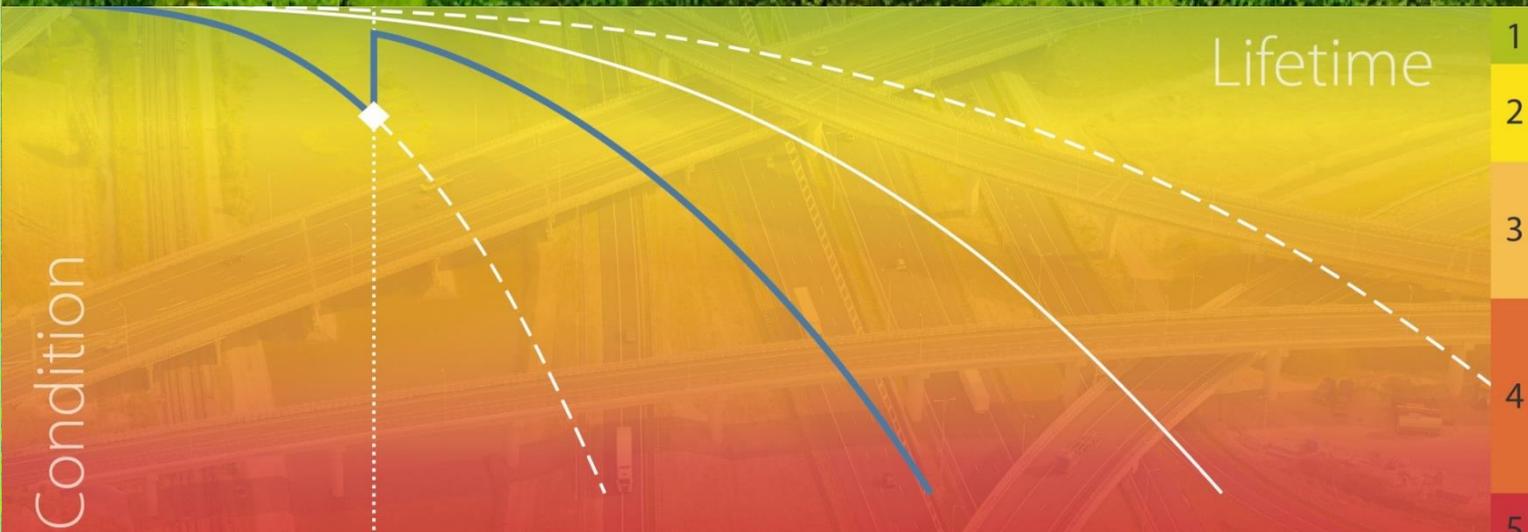


Decarbonisation First

Methoden zur CO2 Bilanzierung im Lebenszyklus von Infrastrukturbawerken

18.09.2023



**FCP KliNa**

INHALT - DECARBONISATION FIRST

AUSGANGSLAGE / EINFÜHRUNG

METHODISCHE VORGEHENSWEISE

SYSTEMABGRENZUNG

GWP – KATALOG

BERECHNUNGSTOOL

SIMULATIONSRECHNUNGEN / VALIDIERUNG & OPTIMIERUNG

ZUSAMMENFASSUNG

DISKUSSION



Methoden zur CO₂-Bilanzierung im Lebenszyklus von
Infrastrukturbawerken

DecarbonisationFirst

SIEGERPROJEKT DER VIF 2020 AUSSCHREIBUNG (VERKEHRINFRASTRUKTURFORSCHUNG IM BEREICH KLIMASCHUTZ)

Kategorie	Anmerkungen
Forschungsprogramm	Schwerpunkte im Bereich Klimaschutz, Verkehrsinfrastrukturforschung 2020
Ausschreibungsschwerpunkt	2.2.3 CO ₂ -Bilanz bei Infrastrukturprojekten (Planungsphase)
Auftraggeber	BMK / ASFINAG
Projektkoordinator & Projektpartner	VCE – Vienna Consulting Engineers ZT GmbH CC Asset Management & BRIMOS
Projektpartner	Umweltbundesamt Abteilung für Abfall & Stoffflussmanagement / Abteilungen für Ökobilanzierung TU-Wien Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement
Projektdauer	20 Monate (Laufzeit: 06/2021 – 01/2023)



AUSGANGSLAGE

- Der **Baubranche** lassen sich **bis zu 50% der weltweiten CO2 Emissionen** zuordnen- wodurch für deren CO2 Fußabdruck ein enormes Einsparungspotential vorliegt.
- Im **Tiefbausektor** werden **Entscheidungen** z.B. im Zuge von Ausschreibungen und Wettbewerben in erster Linie **auf Grundlage der zu erwartenden baulichen Lebenszykluskosten (=Primärkosten)** getroffen.
- Ein für die **Branche allgemein anwendbares Tool zur Berechnung** der damit einhergehenden **Umweltfolgekosten gab es zu Projektbeginn nicht.**
- DECARBONISATION FIRST verfolgt den Gedanken, dass zukünftige Entscheidungsfindungen für Baumaßnahmen auf einer **deutlich stärkeren Gewichtung der Kosten infolge CO2-Fußabdruck** erfolgen und gleichzeitig die **Akzeptanz der damit einhergehenden Primärkosten** gehoben wird.



AUSSCHREIBUNGSZIELE

- Im Forschungsprojekt „DECARBONISATION FIRST“ wurde zunächst **Datenbank mit für Österreich repräsentativen CO₂-Äquivalenten** (“Cradle to Grave”) für die relevanten **Baustoffe von definierten Assetkategorien** (Brücken, Straßenoberbau, Dämme, Stützmauern, Wannen, Lärmschutzwände) **erstellt**.
- Darauf aufbauend wurde eine **Berechnungsmethodik für die Verknüpfung von Lebenszykluskostenberechnung** (RVS 13.03.11) mit einer **CO₂-Bilanzierung** (ÖNORM EN ISO 14040 Ökobilanz) unter Berücksichtigung der Streuungen der Eingangparameter **entwickelt**.
- Für die Durchführung von Variantenuntersuchungen von Infrastrukturbauwerken wurde ein **praktisches Berechnungstool** erstellt, das **Kosten und CO₂ über den gesamten Lebenszyklus** (Herstellung, Bau, Betrieb, Abbruch, Entsorgung/Wiederverwertung) **ermittelt**.



METHODIK LEBENSZYKLUSKOSTEN

Betriebswirtschaftlich



„ \sum Massen
x Einheitspreise“

RVS 13.05.11

Volkswirtschaftlich



„ \sum Maßnahmendauer
x Zeitkostensätze“

RVS 02.01.22



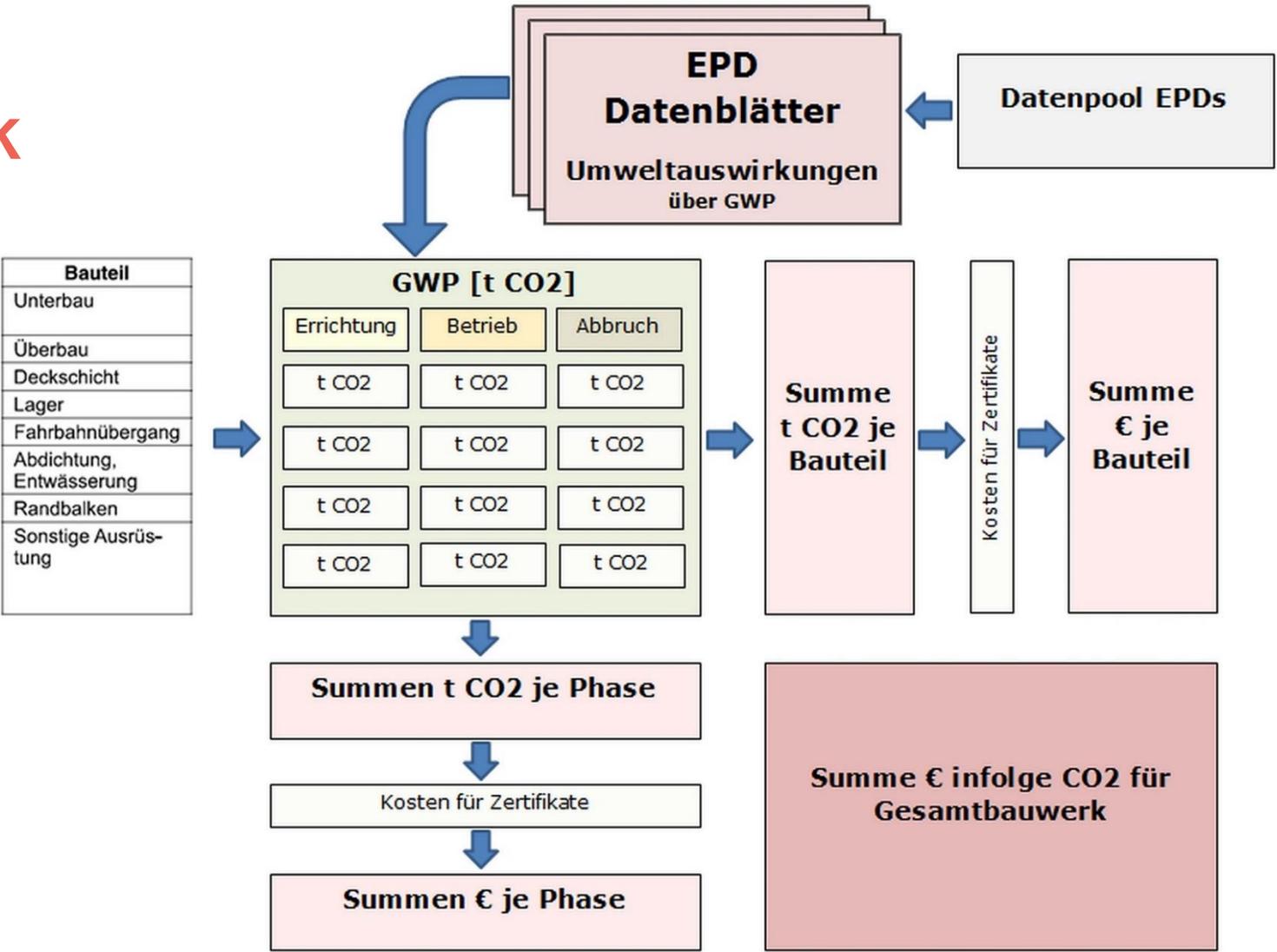
„ \sum Massen
x Emissionsfaktoren“

ÖNORM EN 15804

z.B. kg CO₂-Äq.,
Wasserverbrauch, Feinstaub, ...



METHODIK



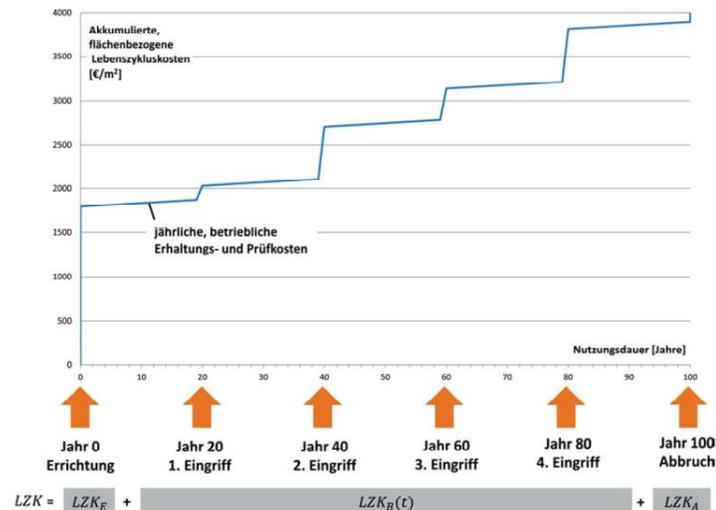
METHODIK

Qualitätssicherung bauliche Erhaltung
Entwurf und Planung

Blatt 0.0

LEBENSZYKLUSKOSTENERMITTLUNG FÜR BRÜCKEN RVS 13.05.11

Quality Assurance for Structural Maintenance
Planning and Design
Calculation of Life-Cycle-Costs for Bridges



$$LZK = LZK_E + LZK_B(t) + LZK_A$$

Abbildung 1: Schema LZK-Grundmodell (theoretische Nutzungsdauer von 100 Jahren)

LEBENSZYKLUSKOSTENERMITTLUNG FÜR BRÜCKEN RVS 13.05.11

9 Anhang

Den in den Tabellen E2 und B2 angegebenen Werten liegt der „Baupreisindex für den Hoch- und Tiefbau, Wert für Brückenbau, Preisbasis 2015“ zugrunde. Für die Berechnung der LZK sind die Einheitspreise (Nettopreise) der Tabellen an das Betrachtungsjahr anzupassen. Sofern keine anderen Kostenansätze vorliegen, sind die nachstehenden Einheitspreise für die Errichtung und den Betrieb anzuwenden. Für den Fall, dass andere Kostenansätze (Einheitspreise) angesetzt werden, sind diese nachvollziehbar zu begründen. Die konsequente Vergleichbarkeit der Kostenansätze muss gewährleistet sein.

9.1 Anhang 1: Kostenmodell Errichtung E2

Bauwerksteil	Einheit	Preis [€]
Unterbau		
Tiefgründung (einschließlich Erdbau, Pfahl D = 120 cm)	m	350,-
Konstruktiver Beton (z.B. Rostplatte)	m³	300,-
Spundwand (gerammte Fläche)	m²	100,-
Flachgründung (einschließlich Erdbau)	m²	300,-
Widerlager (Beton einschließlich Bewehrung, Füllbeton, Filterbeton)	m³	300,-
Pfeiler / Stützen (Beton einschließlich Bewehrung)	m³	530,-
Böschungspflaster	m²	100,-
Überbau		
Stahlbeton (Rüstung, Schalung, Bewehrung, Beton)	m³	400,-
Platten QS	m³	500,-
Plattenbalken	m³	700,-
Hohlkasten QS		
Spannbeton (Rüstung, Schalung, Bewehrung)		

GWP [t CO₂ äq]

9.2 Anhang 2: Kostenmodell Betrieb B2

Bauwerksteil	Einheit	Preis [€]
Betoninstandsetzung Tragwerksuntersicht, Stützen oder Widerlager (einschließlich Rüstung) Preis je m² Instandsetzungsfläche	m²	150,-
Randbalkenerneuerung OHNE Kragplattenverstärkung (einschließlich Abbruch, Ausrüstung)	m	450,-
Oberflächenschutz Stahl (einschließlich Rüstung, Einhausung usw.)	m²	120,-
Abdichtungserneuerung (einschließlich Abtrag Abdichtung, Entsorgung und Untergrundvorbereitung)	m²	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,-

GWP [t CO₂ äq]

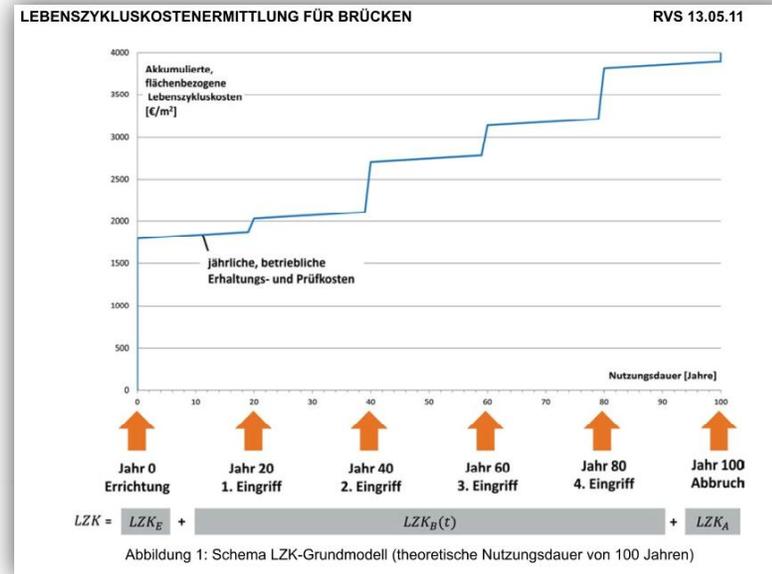


ANSÄTZE ZUR ERHALTUNGSPLANUNG IN DER NUTZUNGSPHASE

Umfang und Zeitpunkte lt. RVS 13.05.11

- Instandhaltungsmaßnahmen
- Tauschzyklen / Ersatz

Objekt	"Standardbrücke"
Brückenlänge [m]	112,00
Brückenbreite [m]	31,00
Brückenfläche [m ²]	3.472



Auswahl	Spezifizierung	Betriebsphase								Kommentar
		1. Eingriff		2. Eingriff		3. Eingriff		4. Eingriff		
		Zeitpunkt [Jahre] ¹	Anteil [%] ² Erhaltung	Zeitpunkt [Jahre] ¹	Anteil [%] ² Erhaltung	Zeitpunkt [Jahre] ¹	Anteil [%] ² Erhaltung	Zeitpunkt [Jahre] ¹	Anteil [%] ² Erhaltung	
Unterbau										
	Gründung	20	0	40	0	60	0	80	0	
	Pfeiler und WL ohne Taumittelangriff	20	5	40	10	60	20	80	10	Bezogen auf 100% Betoninstandsetzung für den gesamten Unterbau
Überbau										
	Stahlbeton	20	10	40	30	60	10	80	30	Bezogen auf 100% Betoninstandsetzung
Ausrüstung										
	Elastomerlager	20	5	40	10	60	75	80	5	Bezogen auf Einheitspreise Lagertausch
	Fahrbahnbelag	20	40	40	100	60	40	80	100	Bezogen auf Einheitspreise für Abbruch, Entsorgung und Einbau
	Abdichtung	20	0	40	100	60	0	80	100	Bezogen auf Einheitspreise Abdichtungserneuerung
	Fahrbahnübergänge - aus Stahl Dehnweg ≤ 80	20	10	40	100	60	10	80	100	Bezogen auf Einheitspreise FÜK Tausch
	Entwässerung (inkl. Anschlüsse) - Kunststoff	20	30	40	100	60	30	80	100	Bezogen auf Einheitspreise Entwässerungstausch
	Randbalken überland	20	5	40	100	60	5	80	100	Bezogen auf Einheitspreise Randbalkentausch
	Fahrzeugrückhaltesystem	20	0	40	100	60	0	80	100	Bezogen auf Einheitspreise Rückhaltesystem
	Geländer - Stahl verzinkt / duplex	20	5	40	100	60	5	80	100	Bezogen auf Einheitspreise Geländer Neuherstellung
	Lärmschutzwand - Acrylglas	20	15	40	100	60	15	80	100	Bezogen auf Einheitspreise

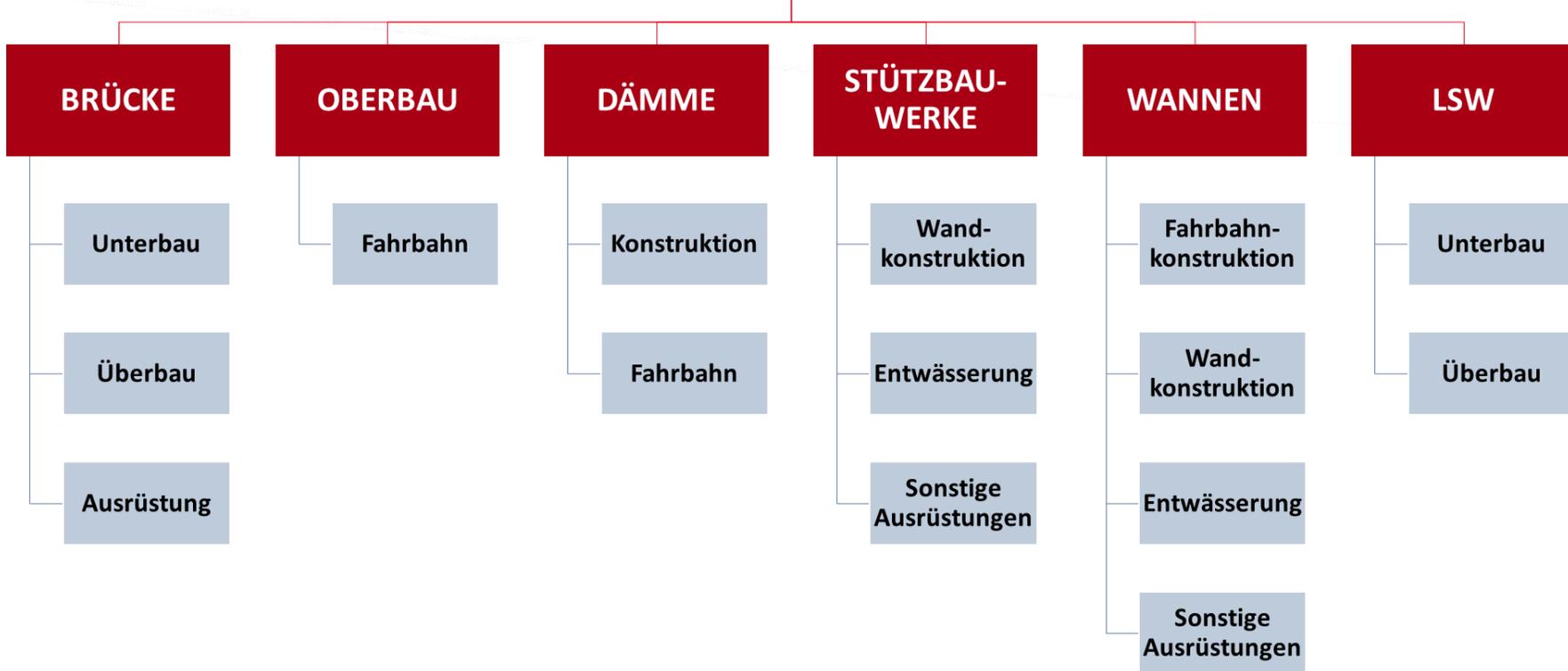
[1] Zeitpunkt [Jahre]: Interventionszeitpunkt Betriebsphase für Erhaltungsmaßnahmen

[2] Anteil [%] Erhaltung: Angesetzter prozentualer Anteil spiegelt das Ausmaß der Erhaltungsmaßnahme im Vergleich zum 100%-igen Erneuerung/ Instandsetzung/ Sanierung wider.



**SYSTEMABGRENZUNG
(FRAMEWORK KONSTRUKTIONSEINHEITEN / BAUTEILE)**

INFRASTRUKTURBAUTEN STRASSE



GWP KATALOG (EMISSIONSFAKTOREN)

Phasen der EPD													
Herstellungsphase			Errichtungsphase		Nutzungsphase				Entsorgungsphase		Vorteile und Belastungen		
A1-A3			A4	A5	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	D
QUELLE:													
- EPDs			- EPDs		- EPDs				- EPDs				
- GVTB Werte 2023									- EPDs - nicht vollständig angegeben				
ABLEITUNGEN:													
- 1:1 von ähnlichem Material übernommen			- 1:1 von ähnlichem Material übernommen		- 1:1 von ähnlichem Material übernommen				- 1:1 von ähnlichem Material übernommen		- 1:1 von ähnlichem Material übernommen		
- EPD Daten der Materialien									- EPD Daten der Materialien				
- Quelle extrapolieren					- aus den Werten von Phase A,C und D berechnet						- Quelle extrapolieren		
ABSCHÄTZUNG:													
- Eigene Modellierung			- Eigene Modellierung								- Eigene Modellierung		
			Abschätzung A4 (Statistik Austria)										

Aufbau folgt in Anlehnung an:

ISO 14025 – Umweltkennzeichnung und –deklaration
 ISO 15804 – Umweltproduktdeklaration – Grundregeln
 für die Produktkategorie Bauprodukte

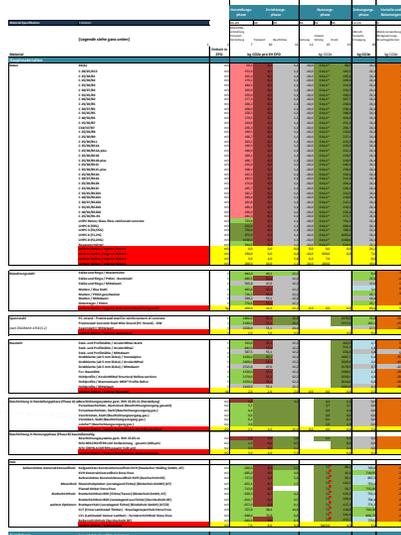
LEGENDE

Daten aus publizierten Quellen (vordergründig EPDs)
Daten aus Quellen für sehr ähnliche Materialien übernommen
Übertragung der Annahmen aus den EDP 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

Als Zusatzinformation für die optionale Anwendung bei Neubauobjekten mit geringen Nutzungsdauern (erreichtes Lebensende vor 2050):

Phase D: Die sogenannten Vorteile und Belastungen aus B und C wurden je Material auf Basis der für Österreich spezifischen Ansätze zur Wiederverwertung modelliert, wobei von einem 100% erneuerbaren Strom- und Wärmemix als zukünftig anzunehmenden Szenario ausgegangen wurde.

Hauptmaterialien



Ausrüstung



sonstige Materialien



GWP – KATALOG



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



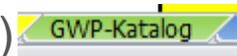
BERECHNUNGSTOOL LCCO2

Aufbau des Tools:

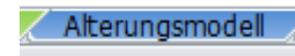
6 Anlagen-Tabs



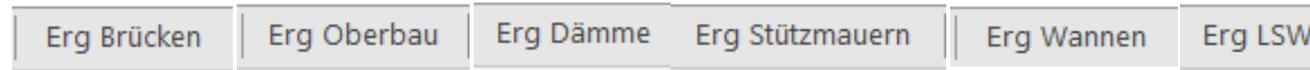
1 Material-Tabs (GWP Benchmarks + 1 optionale Eingabe pro Materialelement-Gruppe)



1 Alterungskatalog (Spezifikation der IH-Interventionen)



6 Ergebnis-Tabs



Eingabe:

Inventarisierung der baulichen Elemente im maßgeblichen Anlagenreiter

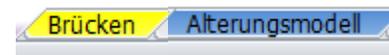


Materialspezifikation für jedes bauliche Element



Spezifikation Instandhaltungsdetails

(Alterungskatalog)



LZK-relevante Eingaben



SUMMEN-ERGEBNISSE (CO2 & LZK)

Ergebnis Brücken



kg CO2e	Herstellungshase	Errichtungshase	Nutzungsphase Anteil Eingriff 1	Nutzungsphase Anteil Eingriff 2	Nutzungsphase Anteil Eingriff 3	Nutzungsphase Anteil Eingriff 4	Entsorgungshase	Vorteile und Belastungen*	SUMME absolut [kg CO2e]	SUMME relativ [%]
Unterbau	236.294	11.945	2.759	5.519	11.038	5.519	20.139	0	293.215	18%
	15%	1%	0%	0%	1%	0%	1%	0%		
Überbau	432.046	11.385	7.250	21.749	7.250	21.749	37.951	0	539.378	34%
	27%	1%	0%	1%	0%	1%	2%	0%		
Ausrüstung	243.778	9.137	49.094	193.031	57.057	192.754	27.011	0	771.863	48%
	15%	1%	3%	12%	4%	12%	2%	0%		
Gesamt	912.119	32.468	59.103	220.298	75.345	220.022	85.101	0	1.604.455	100%
	57%	2%	4%	14%	5%	14%	5%	0%		

LZK Euro	Herstellung & Errichtung	Nutzungsphase Anteil Eingriff 1	Nutzungsphase Anteil Eingriff 2	Nutzungsphase Anteil Eingriff 3	Nutzungsphase Anteil Eingriff 4	Abbruch	SUMME absolut [Euro]	SUMME relativ [%]
	343.395 €	14.137 €	28.273 €	56.546 €	28.273 €	48.120 €	€ 518.743	13%
	9%	0%	1%	1%	1%	1%		
	782.702 €	37.466 €	112.398 €	37.466 €	112.398 €	109.680 €	€ 1.192.110	30%
	20%	1%	3%	1%	3%	3%		
	670.069 €	100.591 €	625.156 €	169.053 €	598.090 €	93.897 €	€ 2.256.857	57%
	17%	3%	16%	4%	15%	2%		
Gesamt	€ 1.796.166	€ 152.194	€ 765.827	€ 263.065	€ 738.760	€ 251.698	€ 3.967.710	100%
	45%	4%	19%	7%	19%	6%		

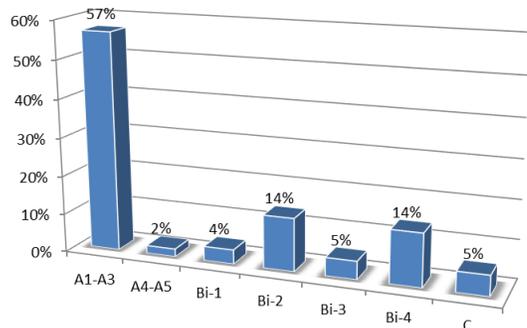
Benchmark 854 kg CO2e/m²

Benchmark 2.113 €/m²

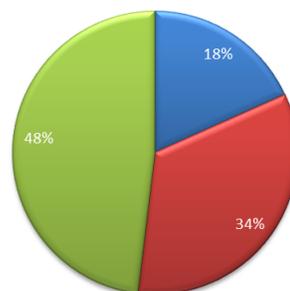
	Herstellung & Errichtung	Betrieb / Nutzung	Entsorgungshase	Vorteile und Belastungen*	Gesamt	exkl. D
Unterbau	248.240	24.835	20.139	0	293.215	
Überbau	443.431	57.996	37.951	0	539.378	
Ausrüstung	252.916	491.936	27.011	0	771.863	
Gesamt	944.587	574.767	85.101	0	1.604.455	

	Herstellung & Errichtung	Betrieb / Nutzung	Entsorgungshase	Gesamt
	343.395 €	127.229 €	48.120 €	518.743
	782.702 €	299.727 €	109.680 €	1.192.110
	670.069 €	1.492.891 €	93.897 €	2.256.857
Gesamt	1.796.166	1.919.847	251.698	3.967.710

Gesamt

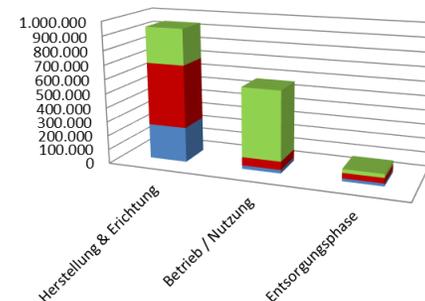


Gesamt A-C



■ Unterbau
■ Überbau
■ Ausrüstung

Ergebnisse



■ Ausrüstung
■ Überbau
■ Unterbau



AP 5 SIMULATIONSRECHNUNG

AP 7 TOOL-VALIDIERUNG

Anlagenkategorie	Fallbeispiel	Index der Varianten	Anlagenkategorie	Variante	Geometrische Bezugsgröße	
					[m ²]	Kommentar
I	1a	1	Brücken	Spannbeton	1.878	Draufsichtsfläche
	1b	2		Verbund	1.878	Draufsichtsfläche
II	2a	3	Oberbau	Asphalt	9.500	Draufsichtsfläche
	2b	4		Beton	9.500	Draufsichtsfläche
VI	3a	5	LSW Gesamtportfolio ASFINAG (nur Paneele)	Aluminium	152.437	Ansichtsfläche
	3b	6		Beton	132.393	Ansichtsfläche
	3c	7		Glas	38.187	Ansichtsfläche
	3d	8		Holz	1.115.434	Ansichtsfläche
	3e	9		Kunststoff	11.921	Ansichtsfläche
VI	4a	10	LSW Einheitswand L x H = 4 x 4 m	Aluminium	16	Ansichtsfläche
	4b	11		Beton	16	Ansichtsfläche
	4c	12		Glas	16	Ansichtsfläche
	4d	13		Holz	16	Ansichtsfläche
	4e	14		Kunststoff	16	Ansichtsfläche
I	5a	15	Wildquerungshilfe	Variante 1 - Holz Dreigelenkbogen	2.340	Draufsichtsfläche
	5b	16		Variante 2 - Holz Rahmen	2.160	Draufsichtsfläche
I	5c	17	Blumau	Variante 3 - Beton Rahmen	1.968	Draufsichtsfläche
	5d	18		Variante 4 - Beton Schalentragswerk	1.968	Draufsichtsfläche
V	6	19	Wanne	aus Variante 3 d. Wildquerungshilfe +Oberbau Asphalt	1.968	Draufsichtsfläche
IV	7	20	Stützmauer	aus Variante 1 d. Wildquerungshilfe	240	Ansichtsfläche
III	8	21	Erdbau	aus Variante 3 d. Wildquerungshilfe	1.968	Draufsichtsfläche



Verbundbrücke

Qualitätssicherung bauliche Erhaltung

Seite 30

LEBENSZYKLUSKOSTENERMITTLUNG FÜR BRÜCKEN

RVS 13.05.11

6.3 Variantenvergleich Neubau Verbundbau / Spannbeton

Nachfolgend wird das der vorliegenden RVS zugrundeliegende Prognosemodell an zwei Beispielen angewendet. Hierbei handelt es sich um eine Variantenstudie, bei der für denselben Längsschnitt und Grundriss, jeweils eine Verbundbau- sowie eine Spannbetonbauvariante ausgearbeitet wurden.

Die Lebenszykluskosten werden für Neubauten mit einer theoretischen Nutzungsdauer von 100 Jahren ermittelt. Abschließend werden die Kosten gegenübergestellt und verglichen.

Die Vorgehensweise der Berechnung ist analog dem Beispiel in Punkt 6.1.

6.3.1 Verbundbrücke

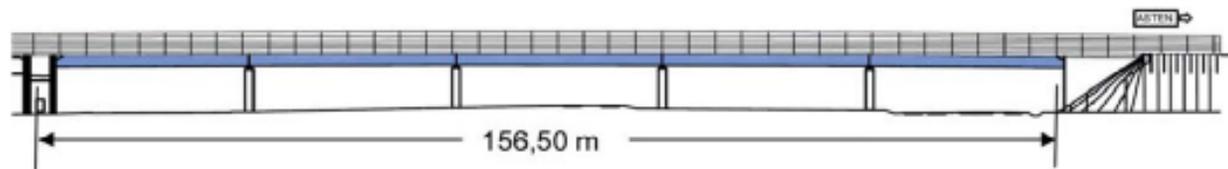


Abbildung 8: Ansicht Variante Verbundbau

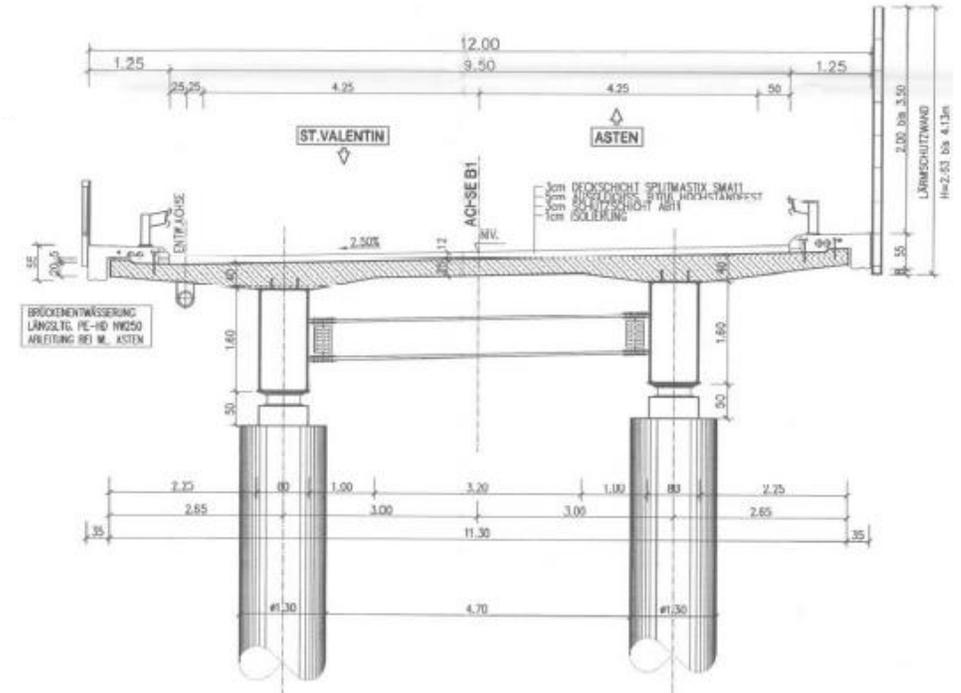
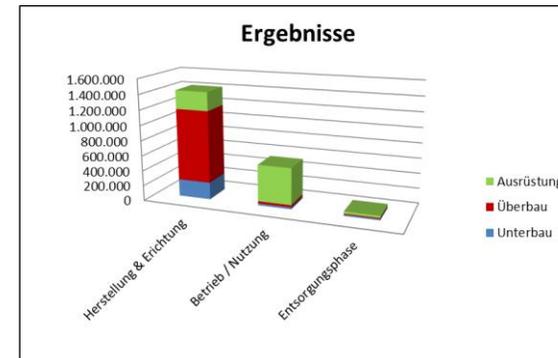
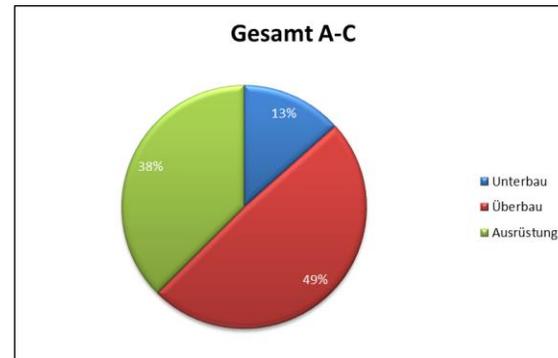
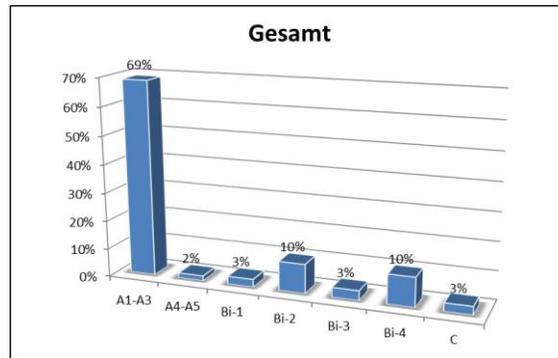


Abbildung 9: Regelquerschnitt Variante Verbundbau

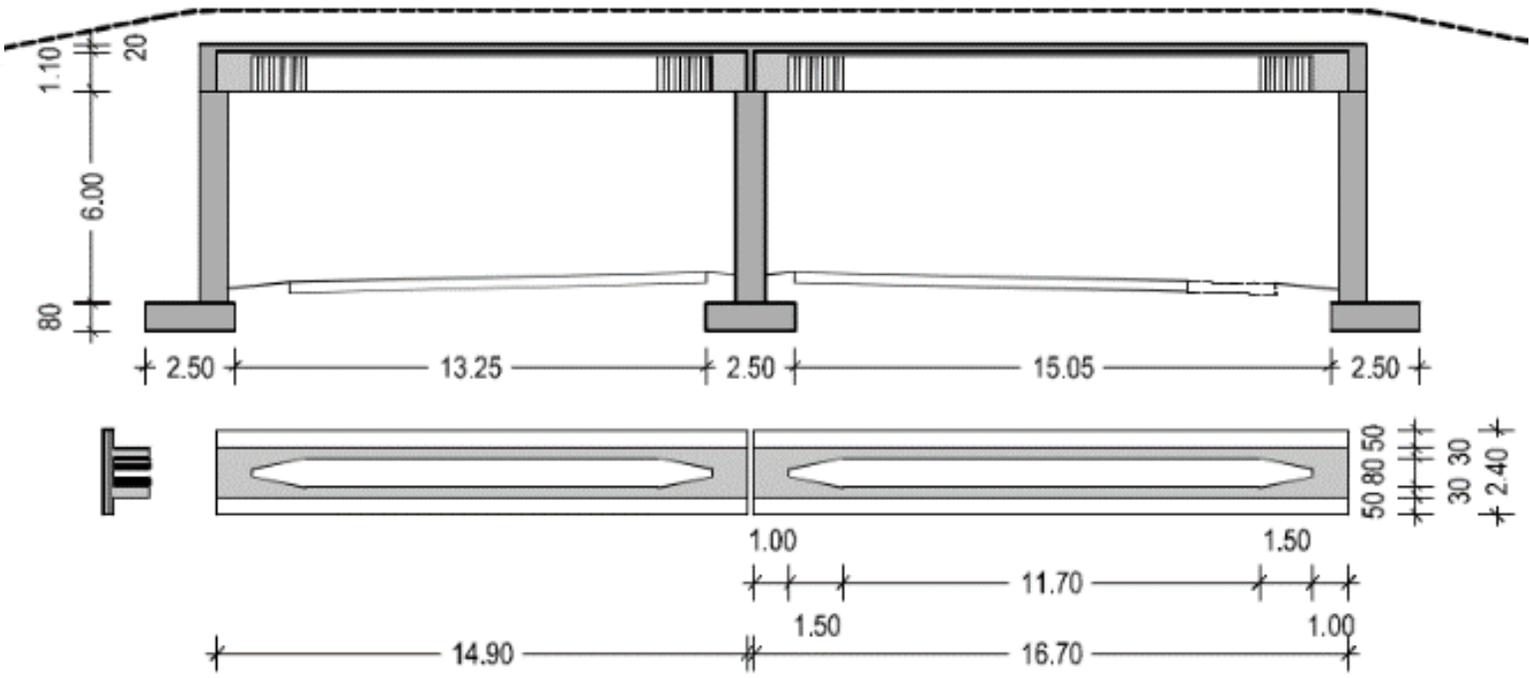


Verbund		Bezugsgröße für Ergebnisbenchmark (Draufsichtsfläche)						1878 m ²			
		Zertifikatspreis/t CO2						94 €			
kg CO2e	A1-A3	A4-A5	Bi-1	Bi-2	Bi-3	Bi-4	C	D aus B	D aus EOL	SUMME A-C [kg CO2e]	SUMME relativ A-C [%]
	Herstellungsphase	Errichtungsphase	Nutzungsphase Anteil Eingriff 1	Nutzungsphase Anteil Eingriff 2	Nutzungsphase Anteil Eingriff 3	Nutzungsphase Anteil Eingriff 4	Entsorgungsphase	Vorteile und Belastungen aus B*	Vorteile und Belastungen aus EOL*		
Unterbau	216.158	10.909	2.800	5.600	11.201	5.600	18.409	-366	-4.089	270.678	13%
	11%	1%	0%	0%	1%	0%	1%	0%	0%		
Überbau	936.734	14.154	3.294	11.351	3.294	11.351	11.728	-311	-416.728	991.906	49%
	46%	1%	0%	1%	0%	1%	1%	0%	-21%		
Ausrüstung	235.290	8.959	48.711	190.065	53.923	191.767	28.324	-156.746	-69.265	757.038	38%
	12%	0%	2%	9%	3%	9%	1%	-8%	-3%		
Gesamt	1.388.181	34.022	54.805	207.016	68.418	208.719	58.461	-157.423	-490.082	2.019.622	100%
	69%	2%	3%	10%	3%	10%	3%	-8%	-24%	100%	

Benchmark 1.075 kg CO2e/m²
V&B aus B&D -345 kg CO2e/m²

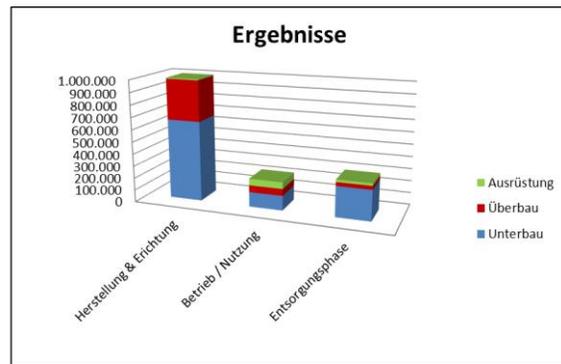
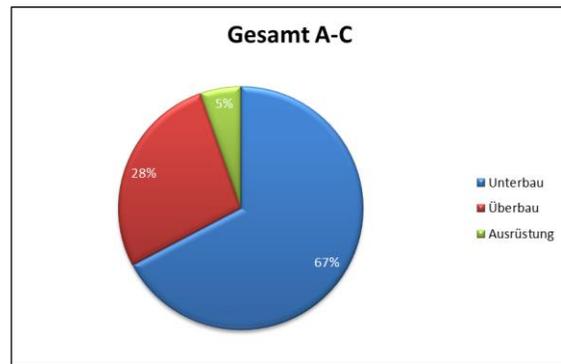
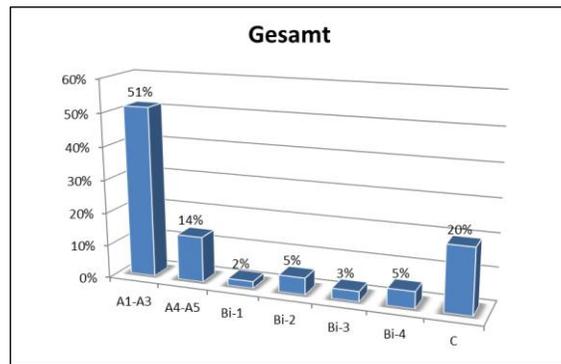


VARIANTE 3 – STAHLBETON RAHMENKONSTRUKTION



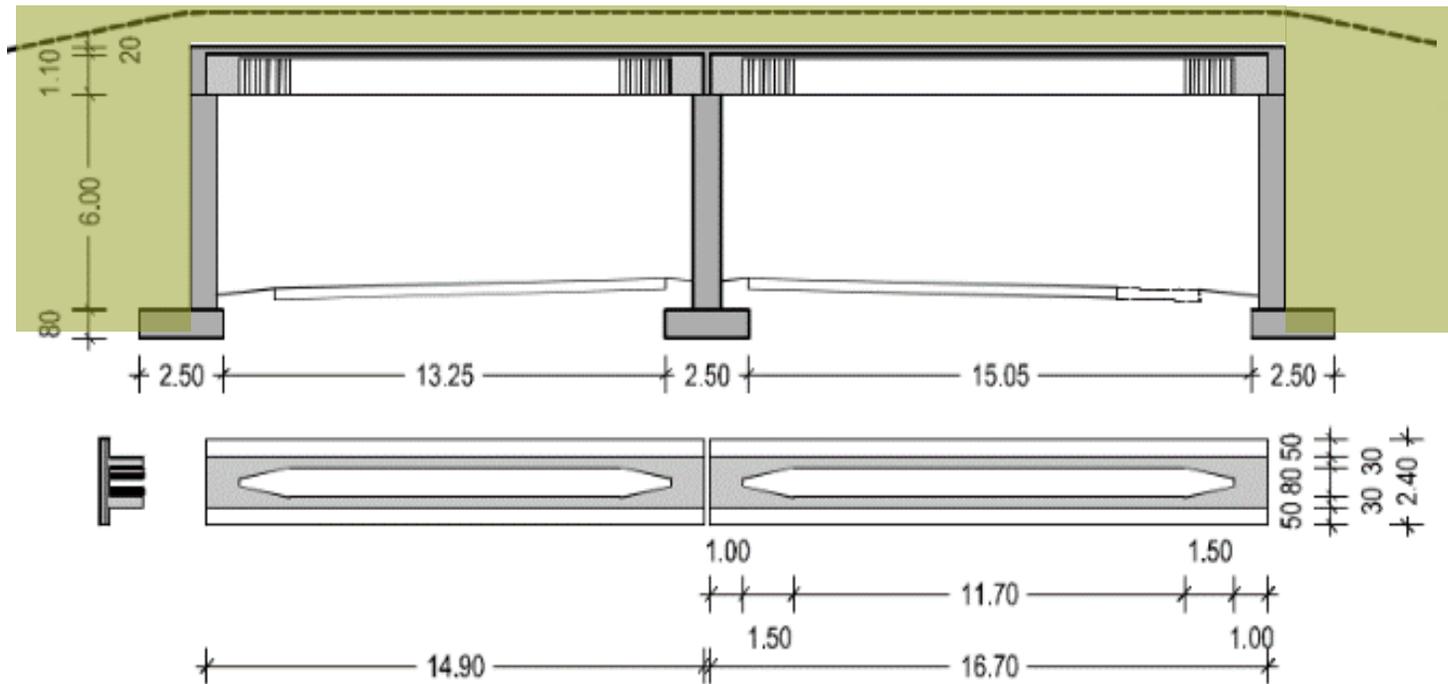
Variante-3_Beton-Rahmen Bezugsgröße für Ergebnisbenchmark (Draufsichtsfläche)										1968 m ²	
Zertifikatspreis/t CO2										94 €	
kg CO2e	A1-A3	A4-A5	Bi-1	Bi-2	Bi-3	Bi-4	C	D aus B	D aus EOL	SUMME A-C [kg CO2e]	SUMME relativ A-C [%]
	Herstellungsphase	Errichtungsphase	Nutzungsphase Anteil Eingriff 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	462.260	197.152	23.869	29.037	39.373	29.037	250.875	-682	-103.501	1.031.603	67%
	30%	13%	2%	2%	3%	2%	16%	0%	-7%		
Überbau	318.685	13.772	7.070	21.210	7.070	21.210	30.874	-828	-3.435	419.892	27%
	21%	1%	0%	1%	0%	1%	2%	0%	0%		
Ausrüstung	7.620	129	0	27.268	0	27.268	19.519	-1.949	-974	81.804	5%
	0%	0%	0%	2%	0%	2%	1%	0%	0%		
Gesamt	788.565	211.053	30.939	77.515	46.443	77.515	301.268	-3.459	-107.911	1.533.299	100%
	51%	14%	2%	5%	3%	5%	20%	0%	-7%	100%	

Benchmark **779 kg CO2e/m²**
V&B aus B&D **-57 kg CO2e/m²**



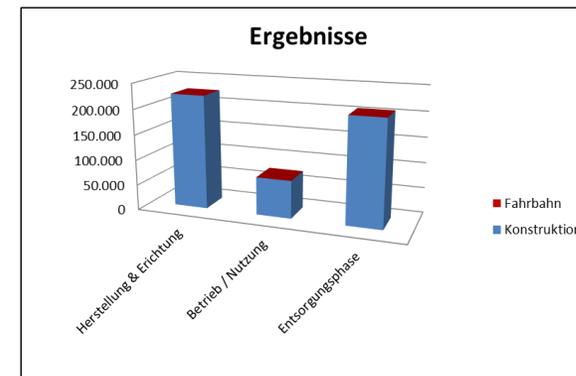
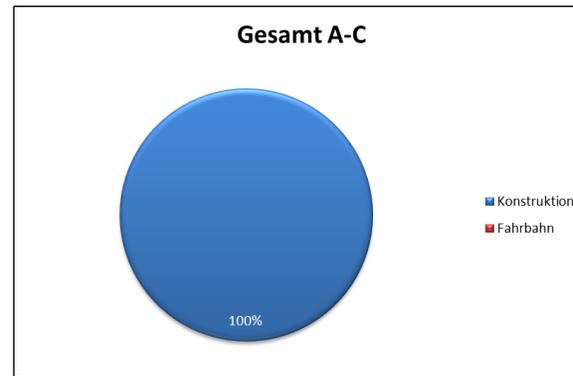
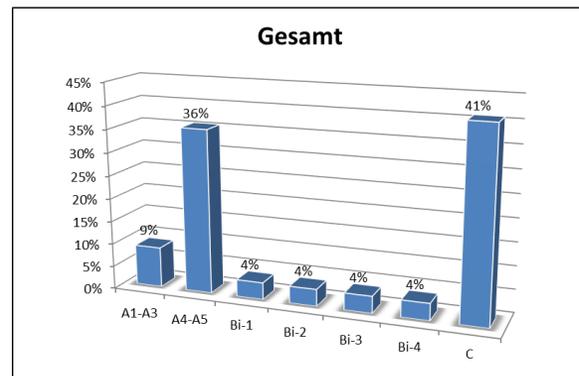
9. ANHANG I – ERDBAU

Generiert aus Massen der Variante 3 der Wildquerungshilfe Blumau



Variante-3_Beton-Rahmen_Erdbau		Bezugsgröße für Ergebnisbenchmark (Draufsichtsfläche)						1968 m ²		Zertifikatspreis/t CO2		94 €	
kg CO2e	A1-A3	A4-A5	Bi-1	Bi-2	Bi-3	Bi-4	C	D aus B	D aus EOL	SUMME A-C [kg CO2e]	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*				
Konstruktion	44.583	180.636	18.700	18.700	18.700	18.700	207.726	0	-94.994	507.745	100%		
	9%	36%	4%	4%	4%	4%	41%	0%	-19%				
Fahrbahn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%		
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%				
Gesamt	44.583	180.636	18.700	18.700	18.700	18.700	207.726	0	-94.994	507.745	100%		
	9%	36%	4%	4%	4%	4%	41%	0%	-19%	100%			

Benchmark V&B aus B&D: **258 kg CO2e/m²**
 V&B aus B&D: **-48 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	1.606.233	855	-132
	1b	2		Verbund	2.019.622	1075	-345
II	2a	3	Oberbau	Asphalt	1.612.663	170	-34
	2b	4		Beton	1.120.078	118	-10
VI	3a	5	LSW Gesamtportfolio ASFINAG (nur Paneele)	Aluminium	56.776.689	372	-145
	3b	6		Beton	19.053.212	144	-5
	3c	7		Glas	17.724.953	464	-120
	3d	8		Holz	182.847.813	164	-26
	3e	9		Kunststoff	4.973.105	417	-140
VI	4a	10	LSW Einheitswand L x H = 4 x 4 m	Aluminium	7.244	453	-151
	4b	11		Beton	3.588	224	-11
	4c	12		Glas	8.712	544	-126
	4d	13		Holz	3.908	244	-32
	4e	14		Kunststoff	7.960	497	-146
I	5a	15	Wildquerungshilfe Blumau	Variante 1 - Holz Dreigelenkbogen	1.933.659	826	-92
	5b	16		Variante 2 - Holz Rahmen	1.496.073	693	-76
	5c	17		Variante 3 - Beton Rahmen	1.533.299	779	-57
	5d	18		Variante 4 - Beton Schalentrage	1.790.161	910	-65
V	6	19	Wanne	aus Variante 3 d. Wildquerungshilfe	1.488.502	756	-72
IV	7	20	Stützmauer	aus Variante 1 d.	1.085.055	1507	-154
III	8	21	Erdbau	aus Variante 3 d.	507.745	258	-48



GWP-EMISSIONEN DER HERSTELLUNG: 3- UND 5-SCHICHT MASSIVHOLZPLATTEN



3-Schicht



5-Schicht

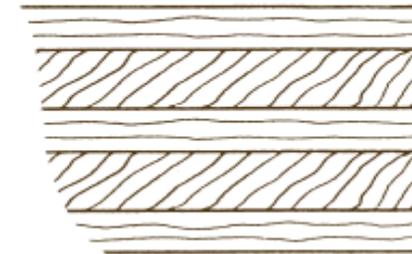
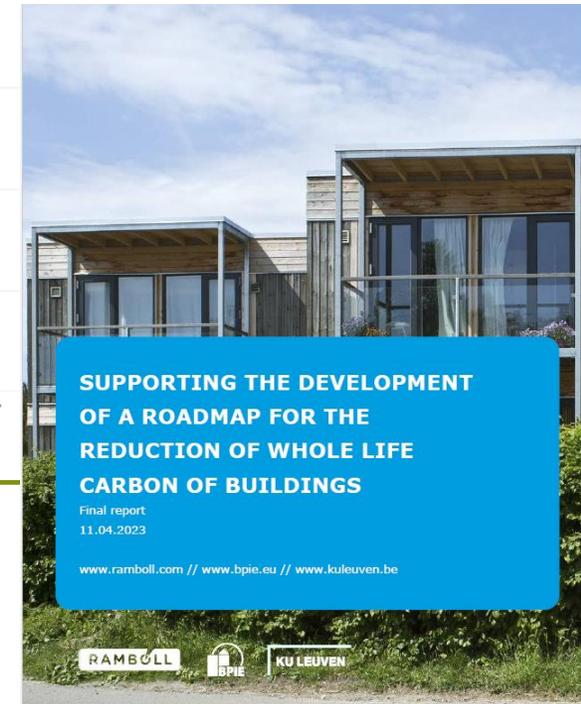
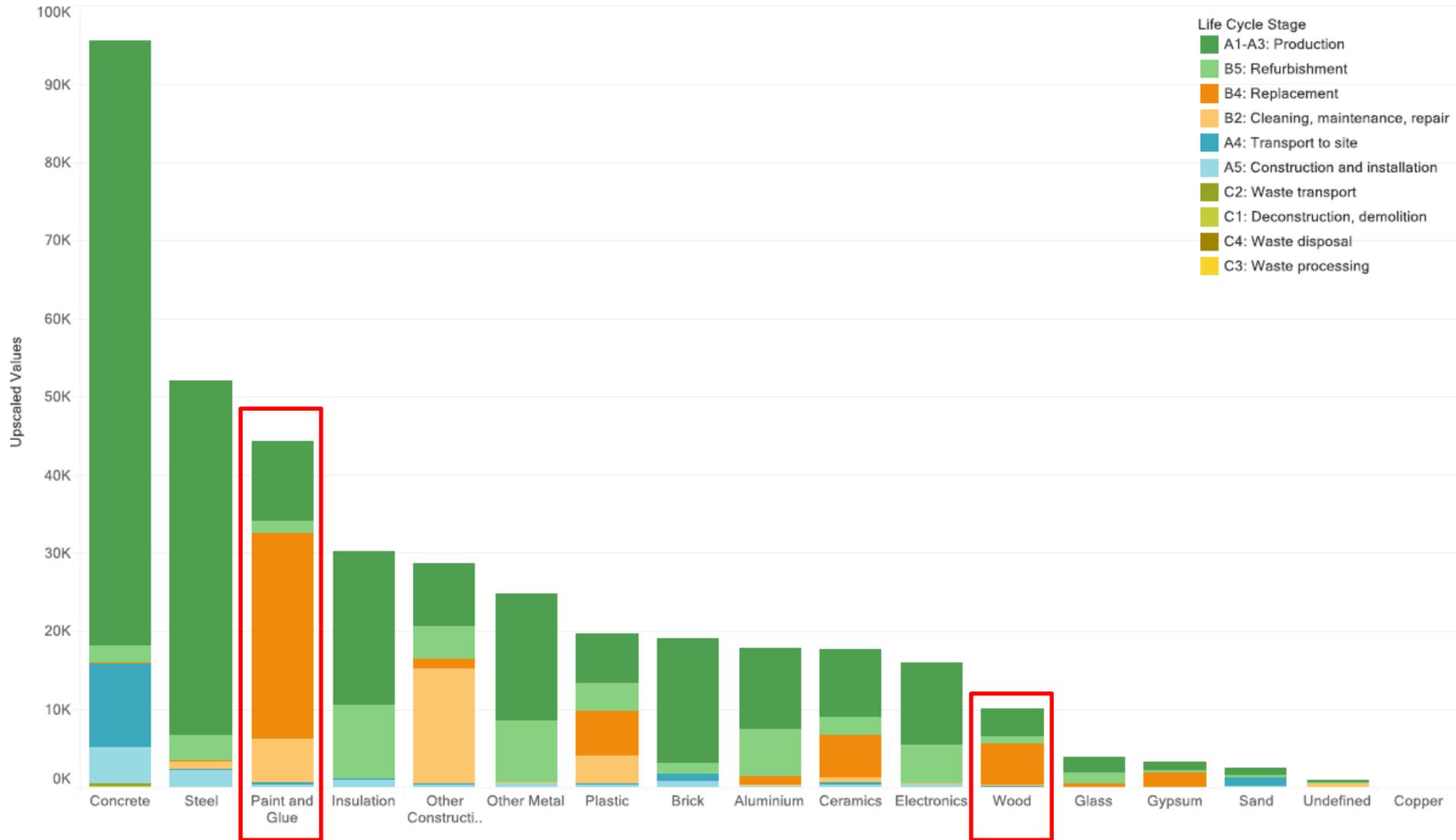


Tabelle 3.2.11.E: Haupteinflussfaktoren auf die Ergebnisse der drei relevantesten Wirkungsindikatoren (nach Normierung) [kg/m³]

Nr.	Indikator	Σ (A1 bis A3)	Haupteinflussfaktoren
1	AP Versauerungspotential [SO ₂ -Äqv.]	0,597	23,2% - Wärmeproduktion ; 18,8% - Schnittholzvorkette ; 9,8% - Transport Rundholz ; 9,5% - Rundholzvorkette ; 7,1% - Werkslogistik ; 6,2% - MUF Klebstoff ; 5,4% - Strom Plattenverleim Prozess ; 3,5% - Strom Trocknung Prozess ; 3,4% - Transport andere ; Rest 13,1%
2	GWP Treibhausgaspotential – fossil [CO ₂ -Äqv.]	163,982	17,7% - MUF Klebstoff ; 12,1% - Strom Plattenverleim Prozess ; 10,8% - Schnittholzvorkette ; 8,1% - Transport Rundholz ; 8% - Strom Trocknung Prozess ; 6,7% - Strom Plattenverleim Sonstig ; 6,2% - Rundholzvorkette ; 4,8% - Wärmeproduktion ; 4% - Strom Trocknung Sonstige ; Rest 21,6%
3	POCP Ozonbildungspotential [Ethen-Äqv.]	0,126	29,4% - Prozess Trocknung ; 21,4% - Schnittholzvorkette ; 13,9% - Wärmeproduktion ; 7,5% - Zusätze Emissionen vor Ort ; 6,2% - Rundholzvorkette ; 4,6% - Transport Rundholz ; 4,5% - Werkslogistik ; 2,9% - MUF Klebstoff ; 1,7% - Transport andere ; Rest 7,9%



Figure 28 2050 overview of material embodied emissions relevant to different life cycle stages of buildings for the business-as-usual scenario.



FAZIT AUS DER DURCHGEFÜHRTEN SIMULATIONSRECHNUNGEN / TOOL-VALIDIERUNGEN

- Eine allgemeingültige, zu erwartende Aufteilung der CO₂ Emissionen gibt es nicht, diese ergibt sich nachweislich gesondert für jede bauliche Anlage.
- Der Fußabdruck folgt proportional den Elementen bzw. den Maßnahmen mit großem Inventar, d.h. den Bauteilen mit großen Volumina, Flächen, Linien.
- Ein prinzipieller Trend ist, dass der Großteil der Emissionen in der Herstellung anfällt (d.h. noch vor dem Einbau). Die Betriebsphase selbst und der Abbruch sind zumeist von geringerer Bedeutung.
- In der Phase D lassen sich im Rahmen der Rückgewinnung/Wiedereinsatz der eingesetzten Materialien noch THG-Potentiale in unterschiedlichem Ausmaß lukrieren, wobei diese lt. Norm nicht in die bis dahin entstandene Öko-Bilanz einfließt sondern als Zusatzinformation ausgewiesen wird (Nettoflussregel).
- Der CO₂ Fußabdruck mit Bezug zur geometrischen Benchmark dient der Vergleichbarkeit innerhalb der gleichen Assetkategorie, wie am Beispiel der Brücken sehr gut nachvollziehbar ist.



ZUSAMMENFASSUNG (1/2)

Das entwickelte LCCO₂ Berechnungstool wurde methodisch auf die beiden Regelwerke

- **RVS 13.05.11 Lebenszykluskostenermittlung für Brücken**
- **ÖNORM EN 15804:2022.** Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen aufgebaut. Dadurch sollte
 - sowohl die **Richtigkeit der baulichen & betrieblichen Lebenszykluskosten** (Alterungs- und Kostenmodelle lt. RVS)
 - als auch eine möglichst **passende Abbildung der ökobilanziellen Aspekte** im Lebenszyklus von Infrastrukturbauwerken gleichermaßen sichergestellt werden.
- Der im Zuge der Vorarbeiten zum Tool erarbeitete **GWP Katalog** ist eine Zusammenstellung unterschiedlicher Datenquellen mit für Österreich repräsentativen THG-Emissionsfaktoren (ausgedrückt in CO₂-Äquivalenten) für die relevanten Baustoffe von Infrastrukturbauwerken (Brücken, Oberbau, Dämme, Stützmauern, Wannen und Lärmschutzwände), wobei die Priorität darauf lag, **den Katalog zu einem möglichst hohen Anteil auf EPDs (Environmental Product Declaration) aufzubauen.**
- Weitere Inputs erfolgten auf Basis zusätzlicher Modellierungen (va Transportrechner, Wiederverwendungspotential) und Annahmen (Material-bedingte Analogien)



ZUSAMMENFASSUNG (2/2)

- Für die Durchführung von Variantenuntersuchungen von Infrastrukturbauwerken wurde im Rahmen des Projekts Decarbonisation First ein standardisiertes Berechnungstool entwickelt, welches die CO₂-Bilanz und die Kosten über den gesamten Lebenszyklus von Infrastrukturbauwerken (Herstellung, Bau, Betrieb, Abbruch, Entsorgung/Wiederverwertung) ermittelt.
- **Die mit dem Berechnungstool durchgeführten Simulationsrechnungen und Variantenuntersuchungen zeigen, dass anhand des Tools die sog. CO₂ Emissionstreiber sehr gut in Hinblick auf etwaige Einsparungspotentiale sichtbar gemacht werden.**
- Das vorliegende LCCO₂ Tool ist für die Vorprojektphase im Infrastrukturbau konzipiert worden und liefert eine erste Abschätzung der rechnerischen THG Emissionen.
- Vergleiche/Variantenuntersuchungen basieren auf einer Summenbetrachtung der Lebenszyklusphasen A bis C.
- Ermittlungen der rechnerischen THG Emissionen allein auf Basis des vorliegenden GWP Kataloges sind **nicht für die Detailplanung/Vergabe konkreter Projekte geeignet, da ansonsten die jeweiligen Projekttrandbedingungen außer Acht gelassen werden würden.**



AUSBLICK – WIE GEHT ES WEITER?



VERKEHRSMINISTERIUM
FFG **DECARBONISATION FIRST**

VCE umweltbundesamt^U TU WIEN bli.iwr

2021-23

 CO₂-Bilanz bei Infrastrukturprojekten

Straßeninfrastruktur

Wirkungskategorie: Treibhauspotential

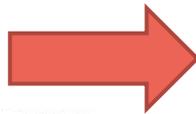
„LCCO₂-Tool“
(Vorprojektphase)




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

**Ökologisierung
& Nachhaltigkeit
im Bauwesen**

2023




2023-26

COLLECTIVE RESEARCH FFG / ÖBV



Straßen- & **Schiene**ninfrastruktur

Wirkungskategorien:

1. Treibhauspotential
2. Wassernutzung
3. Einsatz nicht erneuerbarer Primärenergie
4. Einsatz von Sekundärstoffen
5. Recyclingfähigkeit
6. Humantoxizität
7. Versauerung
8. Feinstaubemissionen

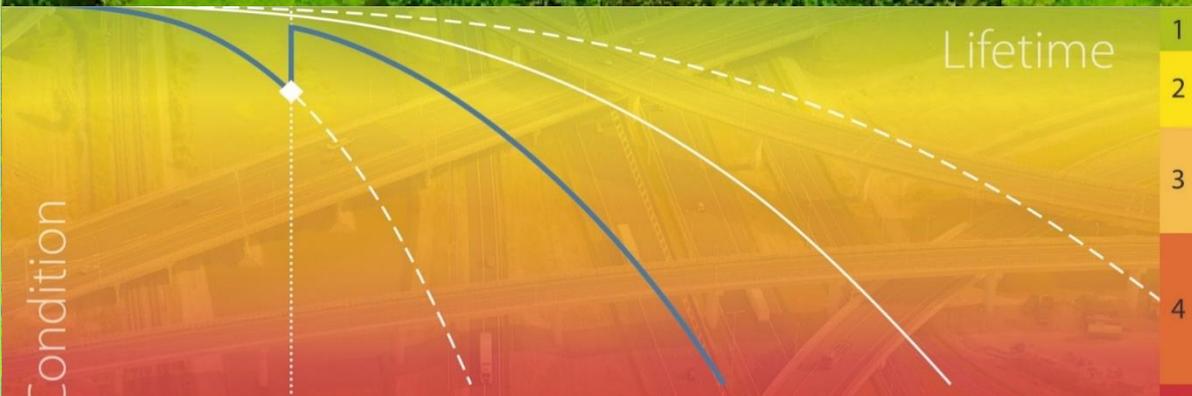
Korridorebene / Planungsphase
Vergabephase / Baustellenebene



Decarbonisation First

Methoden zur CO2 Bilanzierung im Lebenszyklus von Infrastrukturbawerken

18.09.2023



**FCP KliNa**