MIEBACH
INGENIEURBÜRO

Öko-Bilanz
Holzbrücken im Vergleich zu alternativen Baustoffen

MIEBACH INGENIEURBÜRO

Vergleichsstudie von Aluminium, Holz, Stahlbeton und Stahl

Grundlage:

Bachelorarbeit von B. Eng. Nils Stoll

Thema: Vergleich der Ökobilanzen von Stahlbeton, Stahl, Aluminium und Holz am Beispiel einer Brücke

Hochschule: HAWK Hildesheim

Prüfer: Prof. Nikolaus Nebgen

Zweitprüfer: Dipl.-Ing Frank Miebach

MIEBACH INGENIEURBÜRO

Vergleichsstudie von Aluminium, Holz, Stahlbeton und Stahl

Aluminium

Holz

Stahl

Stahlbeton

MIEBACH INGENIEURBÜRO

Vergleichsstudie von Aluminium, Holz, Stahlbeton und Stahl

Grundlagenermittlung

Planerischer Entwurf	Vorstatik	Baubeschreibung

Analyse

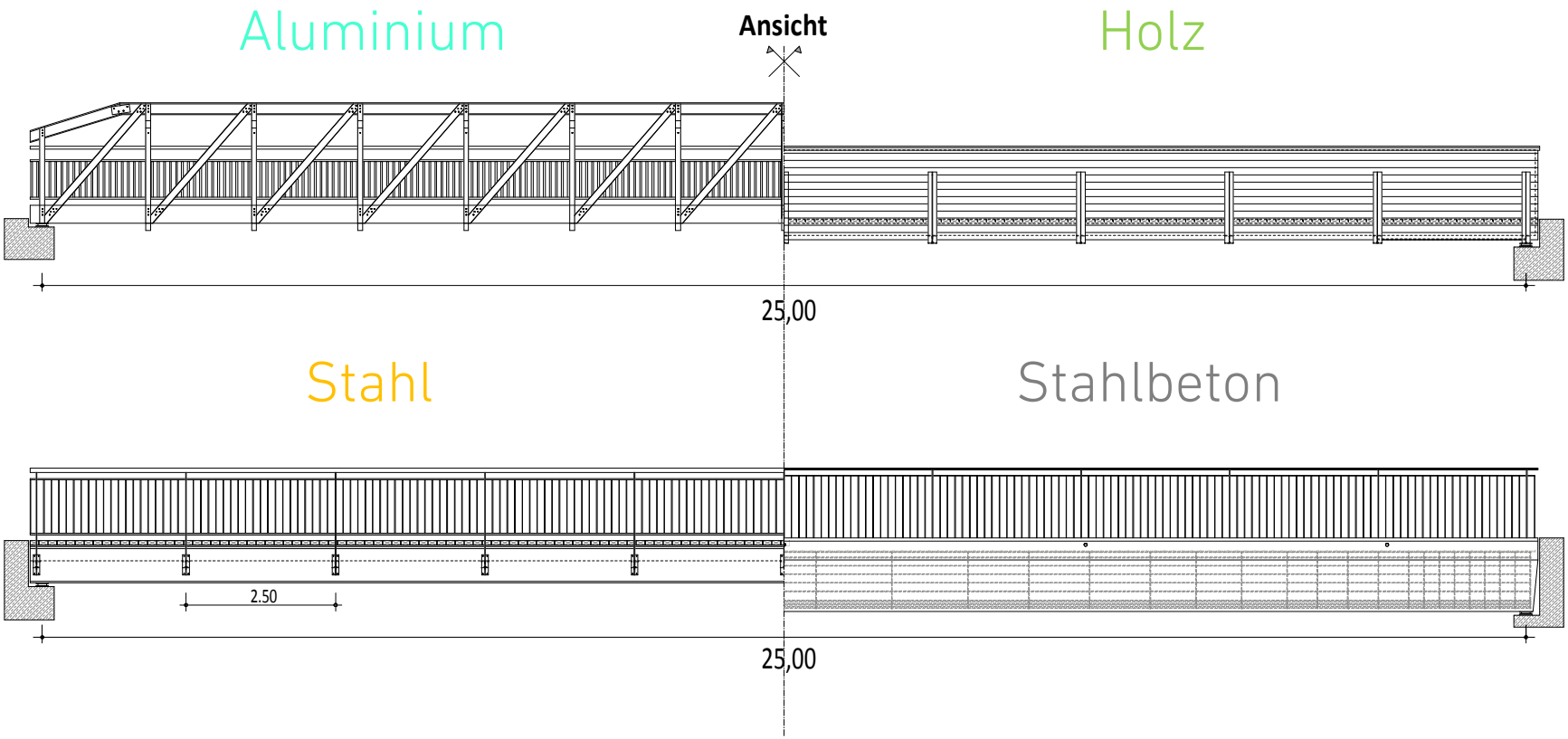
Massenermittlung	Ermittlung Primärenergiebedarf	Ermittlung Treibhauspotential

Auswertung

Vergleich der Öko-Bilanz	Vergleich der Baukosten	Kostenvergleich im Bezug zur Lebensdauer

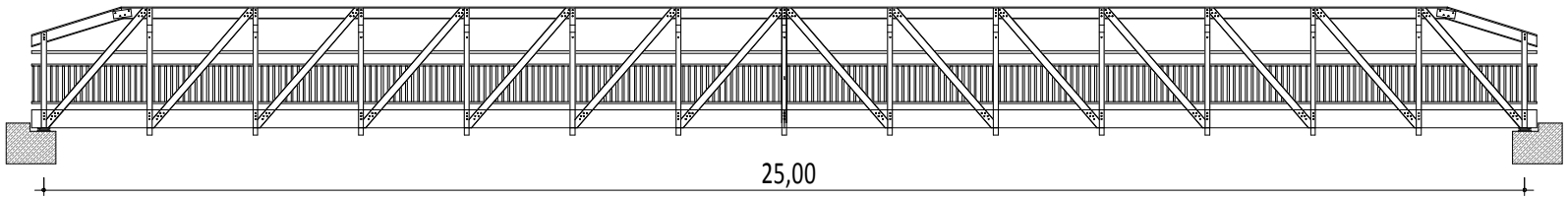
MIEBACH INGENIEURBÜRO

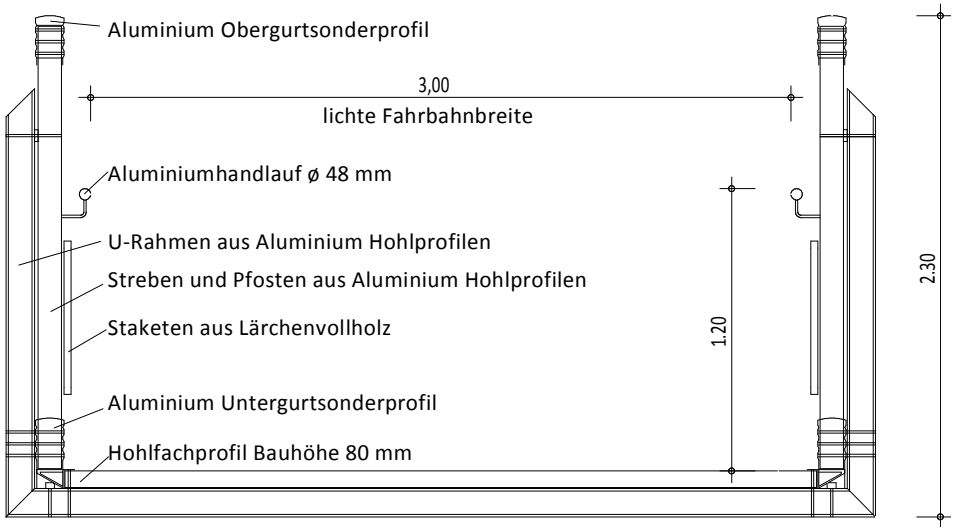
Vergleichsstudie von Aluminium, Holz, Stahlbeton und Stahl



Vergleichsstudie von Aluminium, Holz, Stahlbeton und Stahl

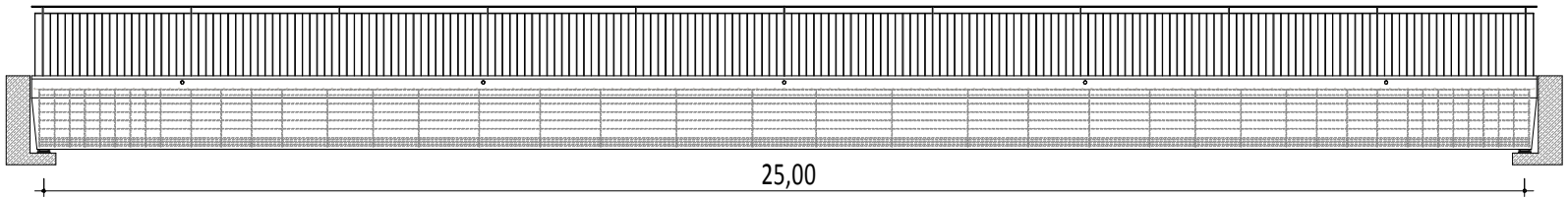
Aluminium

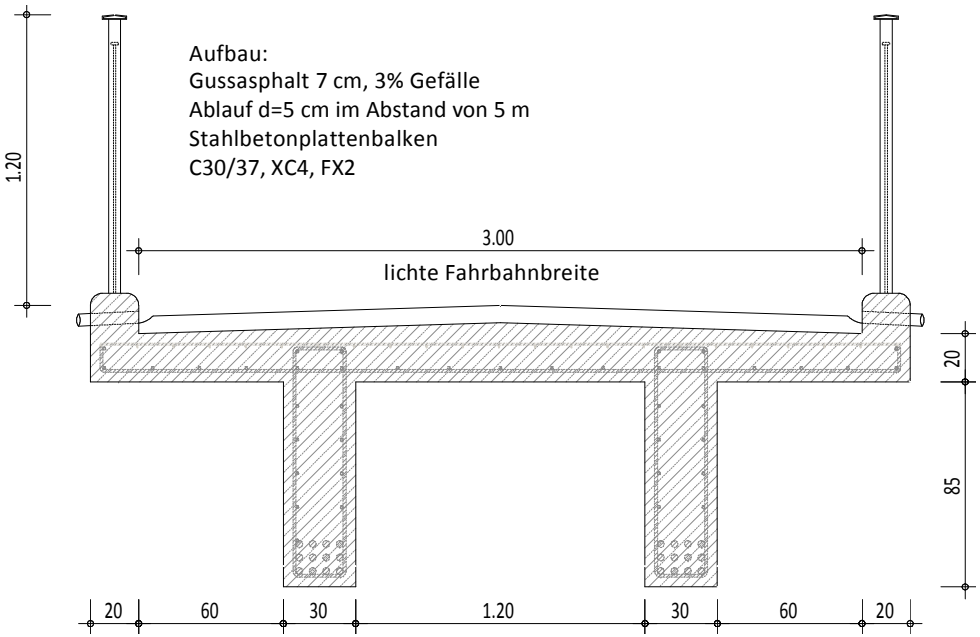




Vergleichsstudie von Aluminium, Holz, Stahlbeton und Stahl

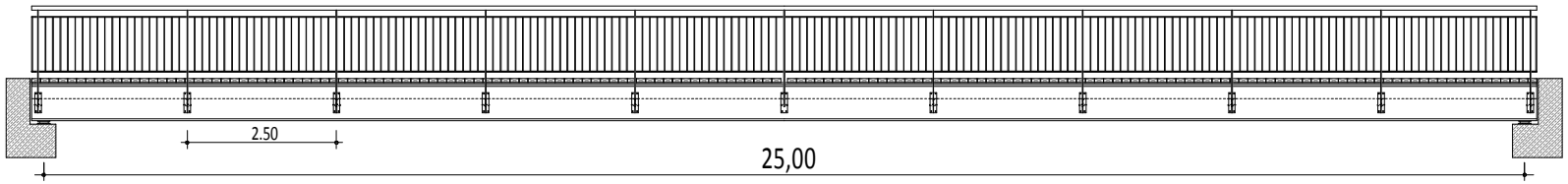
Stahlbeton

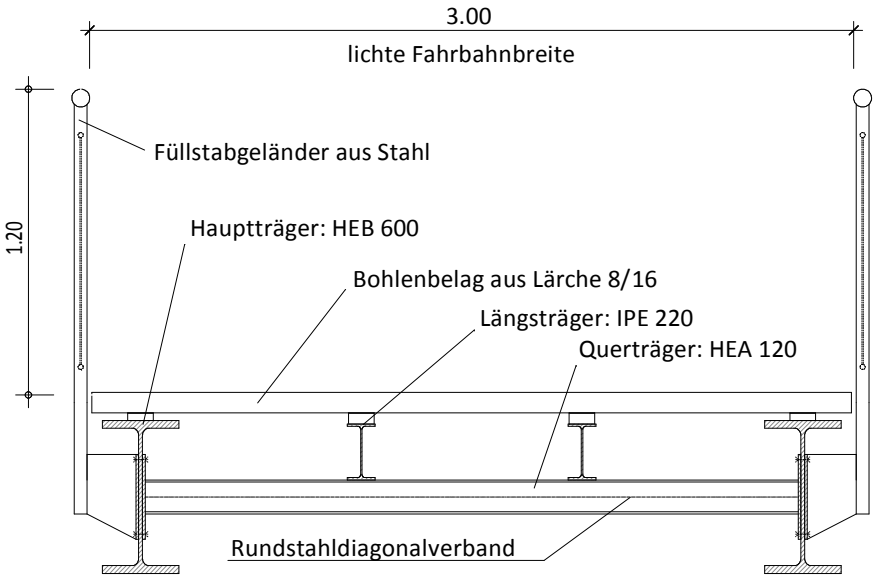




Vergleichsstudie von Aluminium, Holz, Stahlbeton und Stahl

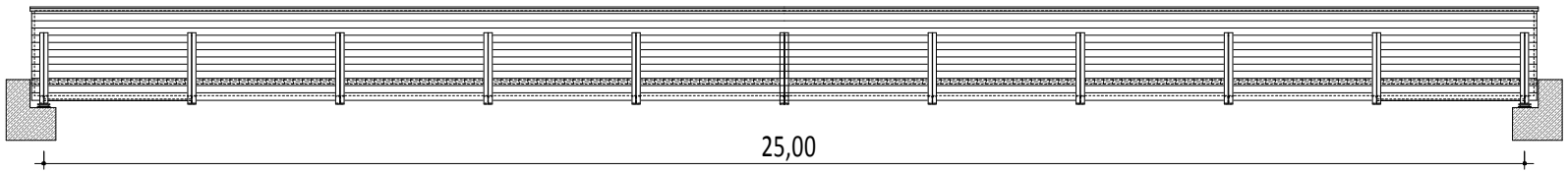
Stahl

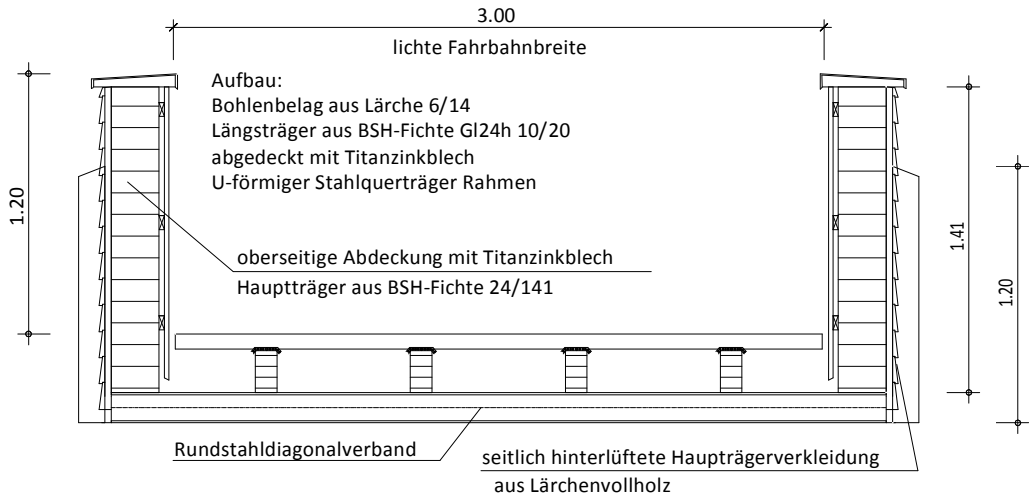




Vergleichsstudie von Aluminium, Holz, Stahlbeton und Stahl

Holz

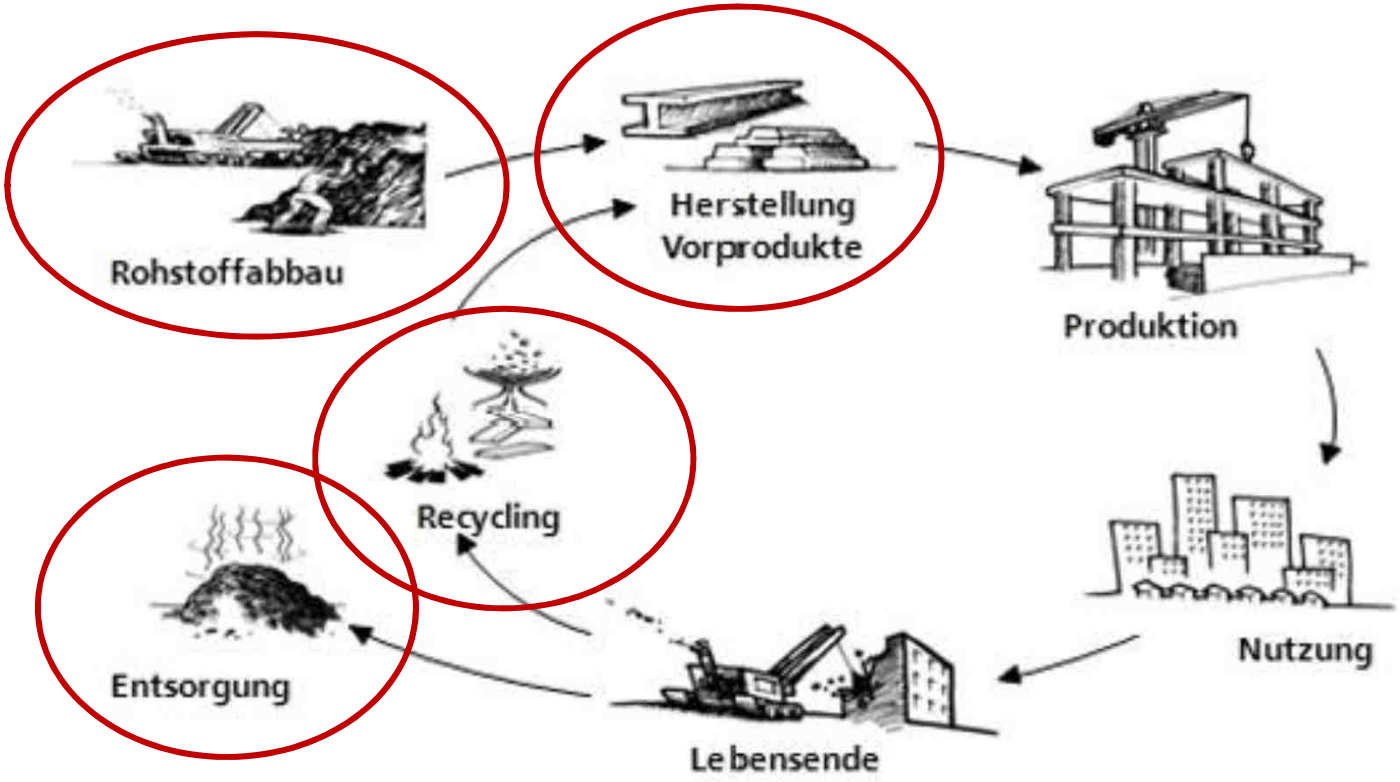




Nettomassen der Brückentypen

Brückentyp	Material	Volumen	Wichte	Gewicht
Aluminium	Aluminium	2,27 m³	27 kN/m³	6136 kg
	Vollholz	0,30 m³	7 kN/m³	209 kg
			Summe:	6,34 t
Stahlbeton	C30/37	33,19 m³	24 kN/m³	79650 kg
	Bewehrungsstahl	0,39 m³	79 kN/m³	3070 kg
	Gussasphalt	5,33 m³	23 kN/m³	12268 kg
	S 235	0,06 m³	79 kN/m³	462 kg
			Summe:	95,45 t
Stahl	S 235	1,77 m³	79 kN/m³	13924 kg
	Lärche VH	6,00 m³	7 kN/m³	4198 kg
			Summe:	18,12 t
Holz	BSH-Fichte	19,16 m³	5 kN/m³	9578 kg
	Fichte VH	1,06 m³	5 kN/m³	532 kg
	Lärche VH	8,61 m³	7 kN/m³	6028 kg
	Blech	26,82 m²	72 kN/m³	193 kg
	S 235	0,21 m³	79 kN/m³	1628 kg
			Summe:	17,96 t

Umweltbetrachtung



Berechnung der Umweltindikatoren

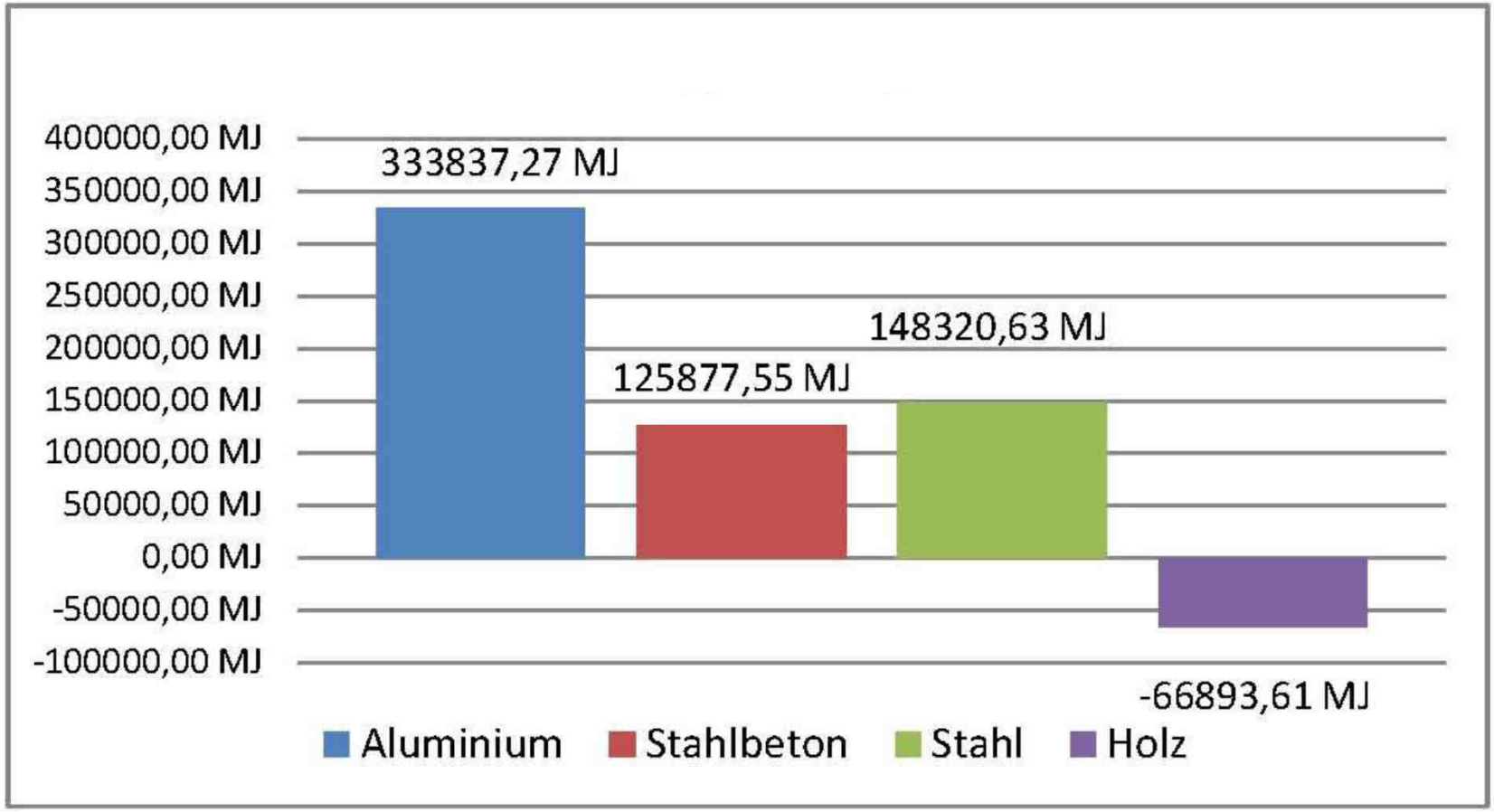
Brückentyp	Material	Volumen	Gewicht	PERE	PENRE	PERE + PENRE	GWP
Aluminium	Aluminium	2,27 m³	6136 kg	58903,48 MJ	276110,06 MJ	335013,54 MJ	19450 kg Co2-Äq
	KVH	0,30 m³	209 kg	454,67 MJ	-1630,94 MJ	-1176,27 MJ	-84 kg Co2-Äq
				59358,15 MJ	274479,12 MJ	333837,27 MJ	19366 kg Co2-Äq

Brückentyp	Material	Volumen	Gewicht	PERE	PENRE	PERE + PENRE	GWP
Holz	BSH-Fichte	19,16 m³	9578 kg	41449,59 MJ	-90306,44 MJ	-48856,85 MJ	-3808 kg Co2-Äq
	KVH	9,67 m³	6560 kg	14743,95 MJ	-52887,59 MJ	-38143,64 MJ	-2723 kg Co2-Äq
	S 235	0,21 m³	1628 kg	928,01 MJ	19178,87 MJ	20106,88 MJ	1302 kg Co2-Äq
				57121,56 MJ	-124015,16 MJ	-66893,61 MJ	-5228 kg Co2-Äq

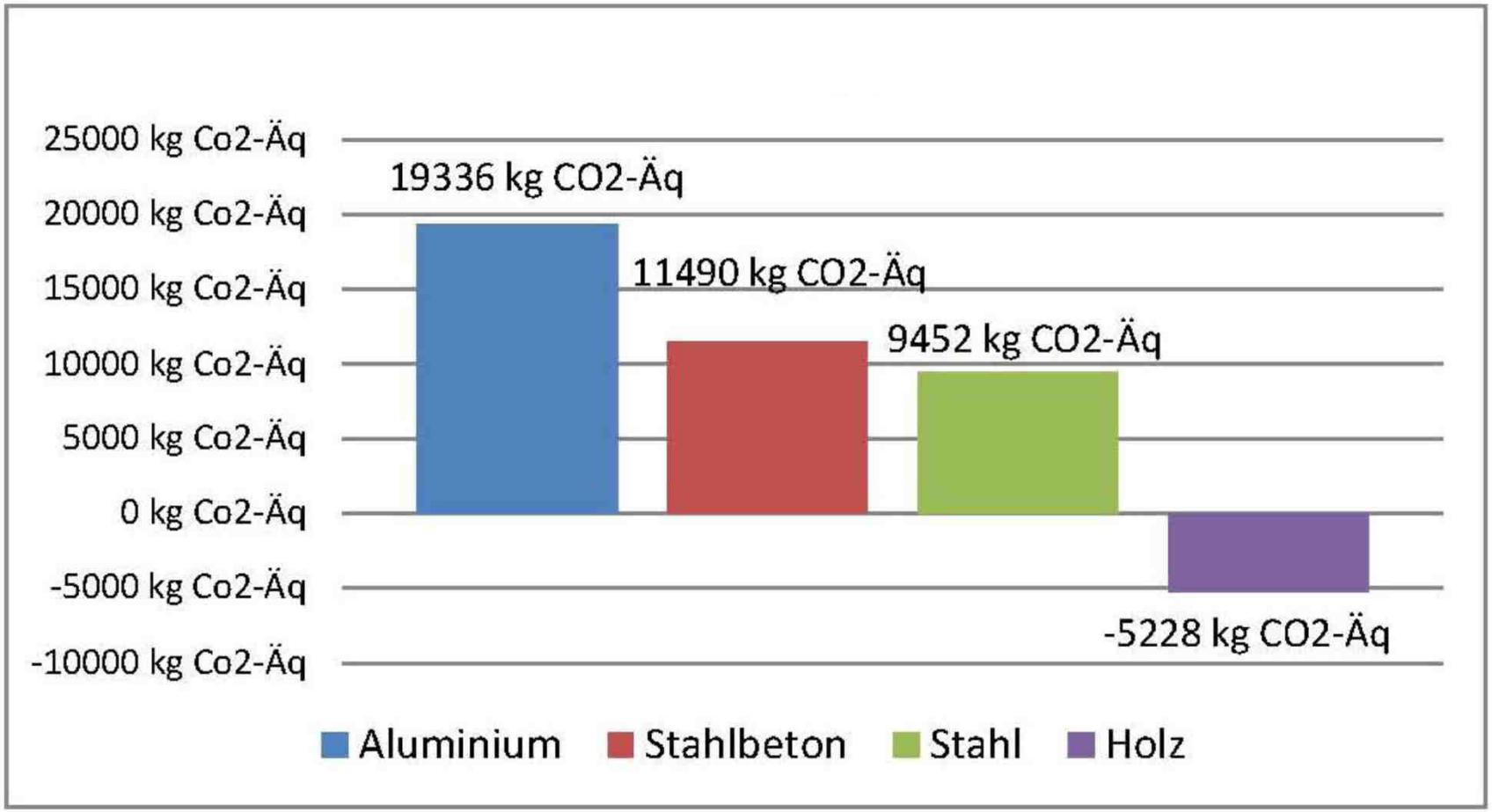
Brückentyp	Material	Volumen	Gewicht	PERE	PENRE	PERE + PENRE	GWP
Stahlbeton	C30/37	33,19 m³	79650 kg	-1428,36 MJ	33048,74 MJ	31620,38 MJ	8105 kg Co2-Äq
	Bewehrungsstahl	0,39 m³	3070 kg	3469,26 MJ	31315,44 MJ	34784,70 MJ	1931 kg Co2-Äq
	Gussasphalt	5,33 m³	12268 kg	408,53 MJ	53354,40 MJ	53762,93 MJ	1085 kg Co2-Äq
	S 235	0,06 m³	462 kg	263,52 MJ	5446,02 MJ	5709,54 MJ	370 kg Co2-Äq
				2712,95 MJ	123164,60 MJ	125877,55 MJ	11490 kg Co2-Äq

Brückentyp	Material	Volumen	Gewicht	PERE	PENRE	PERE + PENRE	GWP
Stahl	S 235	1,77 m³	13924 kg	7936,78 MJ	164026,76 MJ	171963,54 MJ	11139 kg Co2-Äq
	KVH	6,00 m³	4198 kg	9138,88 MJ	-32781,79 MJ	-23642,91 MJ	-1688 kg Co2-Äq
				17075,66 MJ	131244,97 MJ	148320,63 MJ	9452 kg Co2-Äq

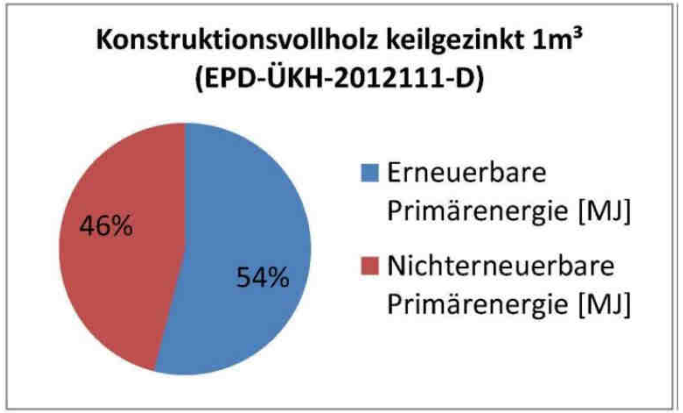
Ergebnis Primärenergiebedarf



Ergebnis Erwärmungspotential



Rohstoffgewinnung



Material	Anteil an erneuerbare Primärenergie	Anteil an nicht erneuerbare Primärenergie
KVH	54 %	46 %
BSH	47 %	53 %
Aluminium	32 %	68 %
Bewehrungsstahl	10 %	90 %
Stahlwalzprofile	3 %	97 %
Transportbeton C30/37	2 %	98 %
Gussasphalt	1 %	99 %

Rohstoffgewinnung

Eisenerzmine

Bauxitverarbeitung (Rotschlamm)

Kiesgrube

Forstarbeiten

Stahl

Eisenerzmine Nordschweden

- Hoher Flächenverbrauch
- Umweltschädliche Abwässer
- Weite Transportwege (Hauptproduzenten: China, Australien, Brasilien)
- Recyclingfähig

Eisenerzmine Brasilien

Acid Mine Drainage

Aluminium

- CO2-Belastung durch chemische Reaktion bei Herstellung (Schmelzflusselektrolyse)
- Hoher Flächenverbrach
- Drei Tonnen Rotschlamm entstehen bei der Produktion einer Tonne Aluminium
- Weite Transportwege (Hauptförderer von Bauxit: Australien, China, Brasilien)
- Schlechter recyclingfähig als Stahl

Rotschlammdepot

Kolontár-Dammbruch in Ungarn 2010

700.000 m^3 giftiger Rotschlamm

Beton

Kalkabbau

Sandgrube

Kiesgrube

- Großer Sand- und Kiesbedarf (Rohstoffverknappung)
- Hoher Flächenverbrauch
- Eingriff in sensible Ökosysteme (Flüsse, Gewässer)
- Regionaler Rohstoffabbau

Rohstoffgewinnung

Harvester

Holzernte

Forstarbeiten

- Nachhaltige Forstwirtschaft in Europa
- Geringer Energieaufwand
- Naturschutz muss mit wirtschaftlichem Nutzen in Einklang gebracht werden
- Kurze Transportwege
- Regionaler Rohstoffabbau

Kostenberechnungen

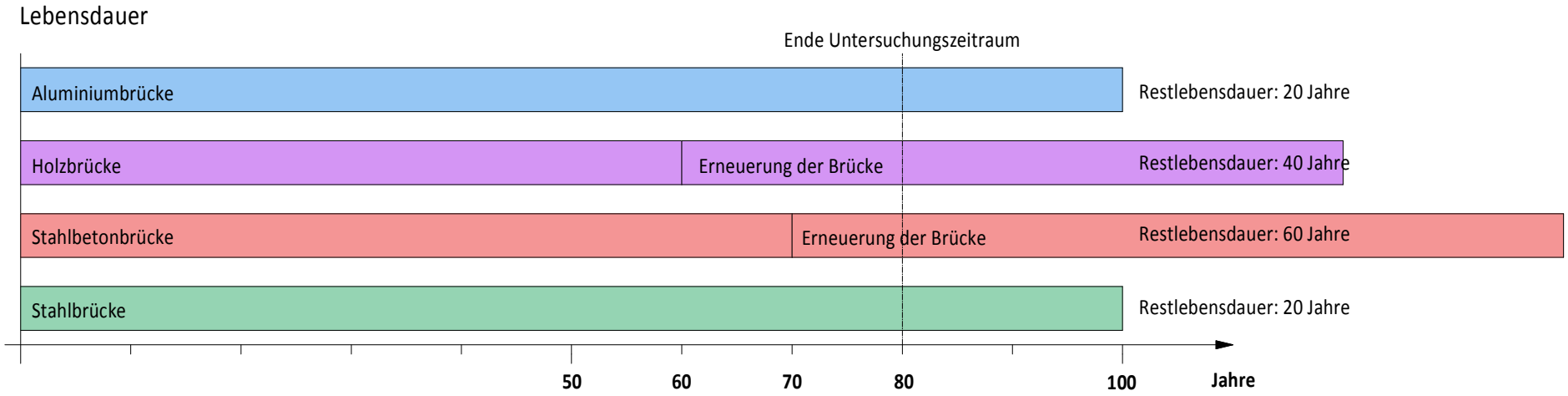
Auszug „Ablösungsbeträge-Berechnungsverordnung – ABBV", Ausgabe 2010

Theoretische Nutzungsdauer und Prozentsätze der jährlichen Unterhaltskosten von Ingenieurbauwerken

Tabelle 1: Brücken

1.2	Überbauten	Theoretische Nutzungsdauer m (in Jahren)				Prozentsatz der jährlichen Unterhaltungskosten p [v.H.]			
1.2.1	aus Stahlbeton	70				0,8			
1.2.2.1	aus Spannbeton mit internen Spanngliedern	70				1,3			
1.2.2.2	Spannbeton mit externen Spanngliedern	70				1,1			
1.2.3	aus Stahl	100				1,5			
	Jahr der Anpassung	2010	(2000)	[1988]	{1980}	2010	(2000)	[1988]	{1980}
1.2.5.1	**aus Holz** für Geh– und Radwege (**nicht geschützt**)	30	(40)	[30]	{25}	2,5	(2,5)	[3,0]	{5,0}
			*(ohne Schutzdach)						
1.2.5.2	**aus Holz** für Geh– und Radwege (**geschützt**es Haupttragwerk)	60	(50)	[45]	{25}	2,0	(2,0)	[3,0]	{5,0}
			*(mit Schutzdach)						
1.2.5.3	**aus Holz** für Straßen (**geschützt**es Haupttragwerk)	60	(40)	[-]	{25}	2,0	(2,0)	[-]	{5,0}

Untersuchungszeitraum



Untersuchungszeitraum

Variante	Aluminiumbrücke	Holzbrücke	Stahlbetonbrücke	Stahlbrücke
theoretische Nutzungsdauer in Jahren	100	60	70	100
Bewertungszeitraum	80	80	80	80
Prozentsatz der jährlichen Unterhaltskosten	1,0	2,0	0,8	1,5
Inflationsbereinigter Zinssatz in %	4	4	4	4
Baukosten	115.905,52 €	71.881,00 €	114.241,17 €	94.228,37 €
Rückbaukosten	9.150,00 €	16.774,00 €	22.074,00 €	14.246,00 €

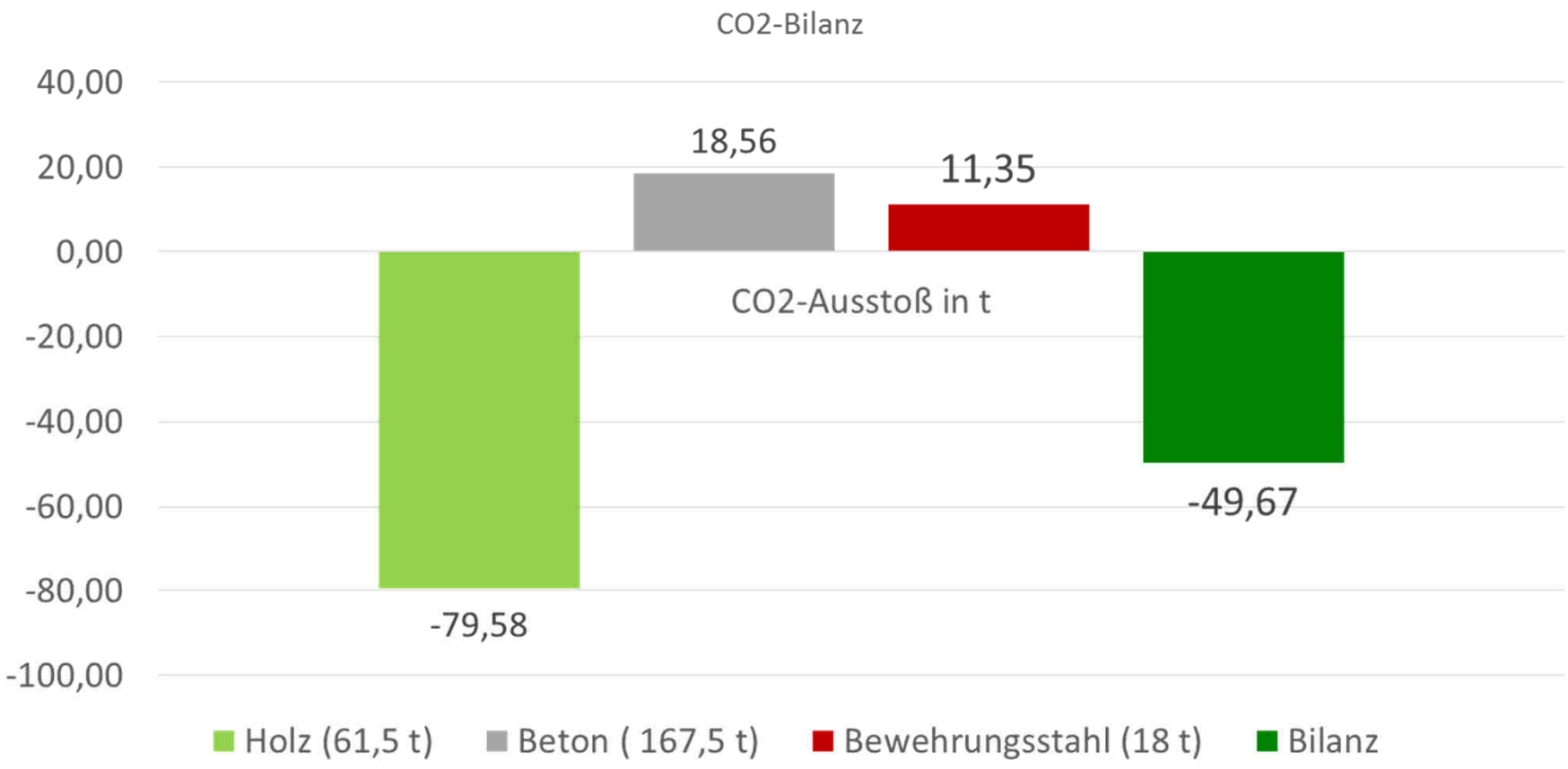
Variable	Beschreibung	Aluminiumbrücke	Holzbrücke	Stahlbetonbrücke	Stahlbrücke
$K_{B,EM}$	Kapitalisierte Baukosten der Erstmaßnahme	127.496,07 €	79.069,10 €	125.665,29 €	103.651,21 €
$K_{B,ZM}$	Kapitalisierte Baukosten der Zweitmaßnahme		9.270,34 €	9.629,49 €	
$K_{B,VAR}$	**Kapitalisierte Baukosten der Varianten**	**127.496,07 €**	**88.339,44 €**	**135.294,77 €**	**103.651,21 €**
$E_{U,EM}$	Kapitalisierte Unterhaltskosten im Falle einer Erstellung als Erstmaßnahme	30.491,18 €			37.182,89 €
$E_{U,EZ}$	Kapitalisierte Unterhaltskosten im Falle einer Erneuerung als Erstmaßnahme und einer Erneuerung als Zweitmaßnahme		37.819,37 €	24.042,68 €	
R_{EM}	Kapitalisierter Restwert des als Erstmaßnahme erstellten Bauwerks	1.005,70 €			817,61 €
R_{ZM}	Kapitalisierter Restwert des als Zweitmaßnahme erneuerten Bauwerks		2.079,01 €	4.248,24 €	
K_{VAR}	**Kapitalisierte Kosten der Varianten**	**156.981,56 €**	**124.079,80 €**	**155.089,21 €**	**140.016,49 €**

MIEBACH
INGENIEURBÜRO

CO2-Bilanz Realisiertes Projekt HBV-Brücke in Lohmar Schiffarth

MIEBACH INGENIEURBÜRO

CO2-Bilanz Realisiertes Projekt HBV-Brücke in Lohmar Schiffarth



Datengrundlage: Ökobau.dat

MIEBACH INGENIEURBÜRO

CO2-Bilanz Realisiertes Projekt HBV-Brücke in Lohmar Schiffarth

CO2-Bilanz (Holz und Beton): -49,7 Tonnen CO2