

## Hintergrund

Durch Bauprozesse werden ein Großteil der zur Verfügung stehenden Ressourcen verbraucht und immense Mengen an CO<sub>2</sub> ausgestoßen. Da sich Baumaßnahmen nicht in signifikantem Umfang reduzieren lassen, ist es zur Reduzierung des Energiebedarfs bzw. des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes zwingend erforderlich, die CO<sub>2</sub>-Bilanz in Bauprojekten in stärkerem Maße zu bewerten und zu optimieren.

Die Tätigkeiten im konstruktiven Ingenieurbau der FH Kiel umfassen hierzu aktuell:

1. Erstellung von CO<sub>2</sub>-Bilanzen typischer Bauwerke und Aufbereitung in Katalogen, um Transparenz zu schaffen, durch welche Bauweise im Mittel wieviel CO<sub>2</sub> verbraucht wird
2. Identifikation der wesentlichen CO<sub>2</sub>-Treiber
3. Optimierung der unter 2. identifizierten CO<sub>2</sub>-Treiber hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Bilanz

## Forschungsprojekte an der FH Kiel

### Laufend

#### 1. CO<sub>2</sub>-Bilanzierung und Optimierung von Brückenbauwerken

Gemeinsames Projekt mit der Ingenieurbüro Mohn GmbH, gefördert durch die Gesellschaft für Energie und Klimaschutz Schleswig-Holstein GmbH (EKSH), seit 04/2021

#### 2. Entwicklung ressourcenschonender, dauerhafter und frostbeständiger Brückenkappen auf Grundlage nichtmetallischer Bewehrung und Betonen mit 100% rezyklierter Gesteinskörnung.

Gemeinsames Projekt mit der Hochschule München, der Deutschen Basaltfaserstab GmbH und der Erdtrans GmbH, gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, seit 01/2021

#### 3. CO<sub>2</sub>-Bilanzierung und Optimierung von Landesbauten in Schleswig-Holstein

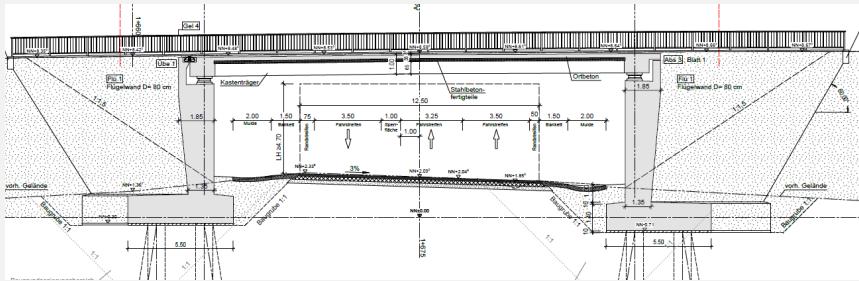
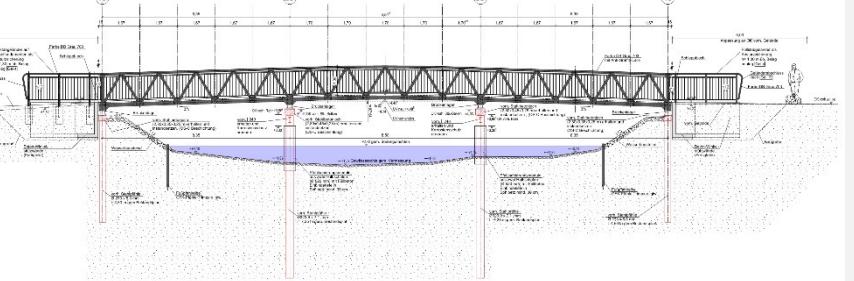
Projekt mit Unterstützung der Gebäudemanagement Schleswig Holstein AöR (GMSH), Kleinförderung durch die EKSH, seit 11/2020

### Abgeschlossen:

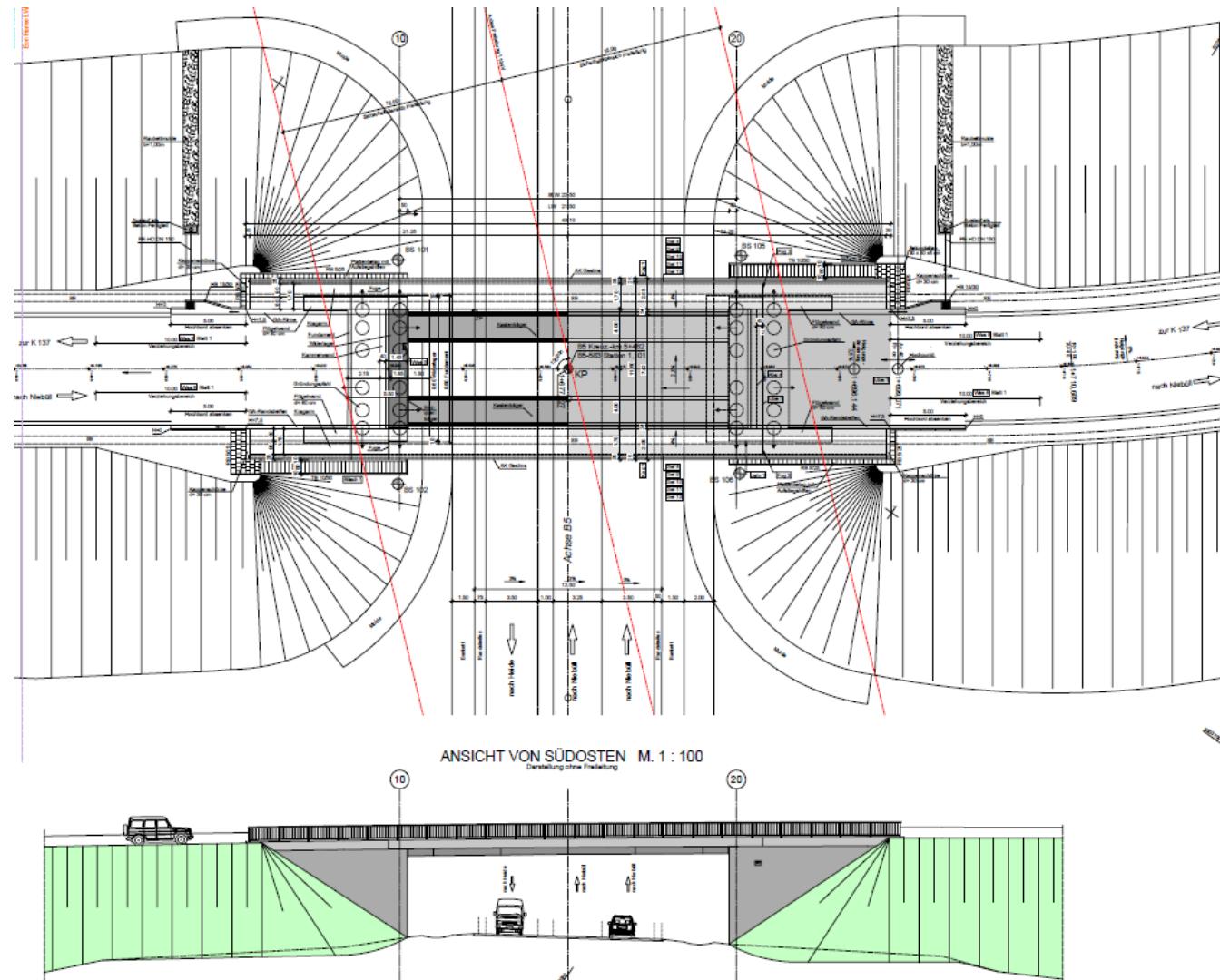
#### 1. Ökobilanzierung von Brückenbauwerken und Optimierung unter klimatischen Gesichtspunkte

Gemeinsames Projekt mit der Ingenieurbüro Mohn GmbH, Kleinförderung durch die EKSH, Zeitraum 10/2020 – 03/2021

## Parameterstudien an typischen Bauwerken

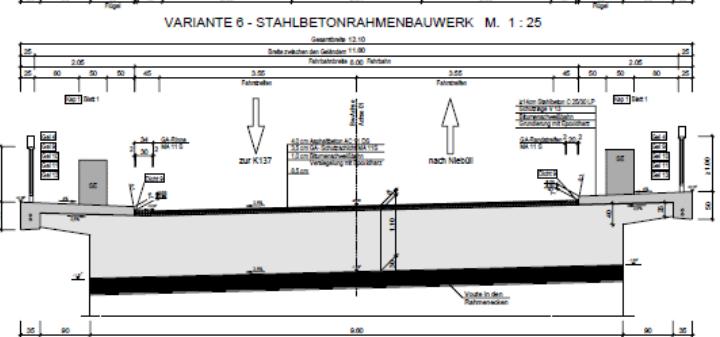
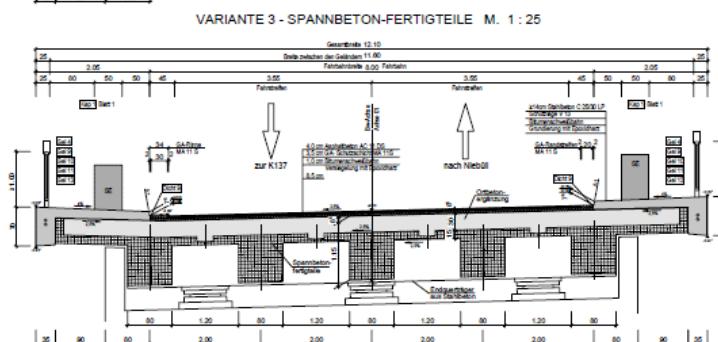
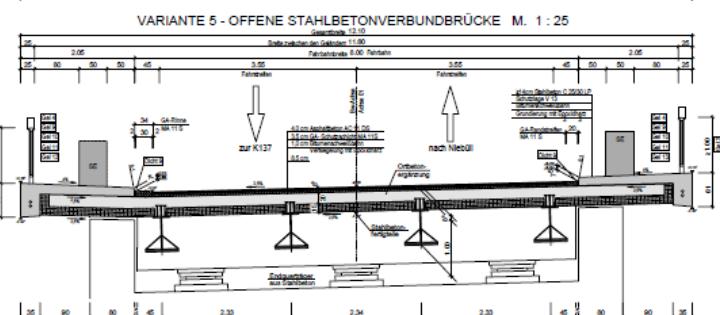
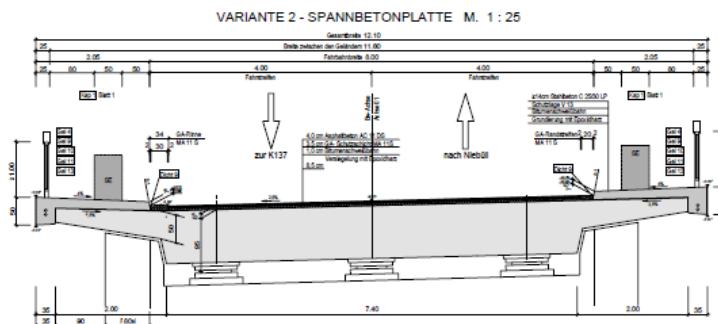
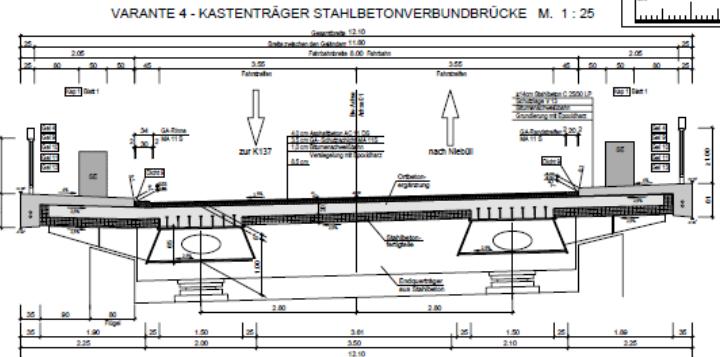
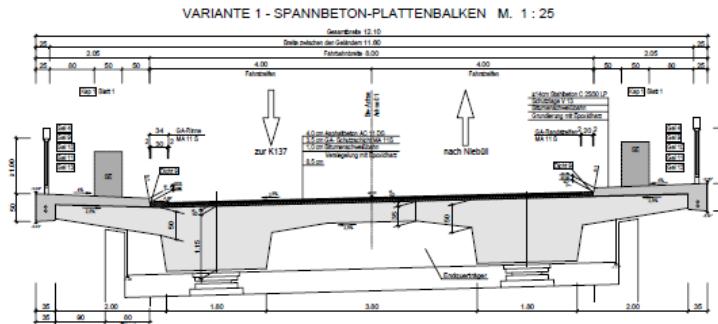
Type I	Type II
Überführung 2-4-spurige Straße über 2-4spurige Straße oder Gewässer	Fuß- und Radwegbrücke über 2-4 spurige Straße bzw. Gewässer
	
Breite	11 m – 19 m
Spannweite	4 m (Bach) - 40 m
Lichte Höhe	1 m (Bach) - 4,80 m
Querschnitt:	Querschnitt: Stahlbeton /Spannbeton jeweils Platte und Plattenbalken, Stahlverbund jeweils als Hohlkasten bzw. mit I-Trägern
Sonstiges	Varianten als (lager- bzw. fugenlose) integrale Brücke bzw. Brücke mit zurückgesetztem Widerlager
Gründung	Pfahlgründung bzw. Flachgründung

## 1. Straßenüberführung mit ca. 22,50 m Spannweite



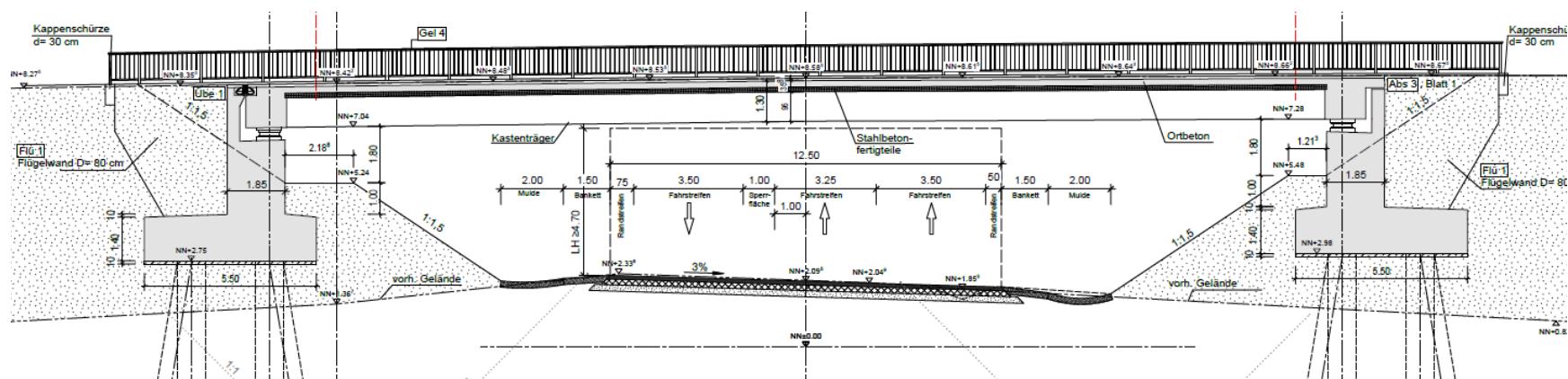
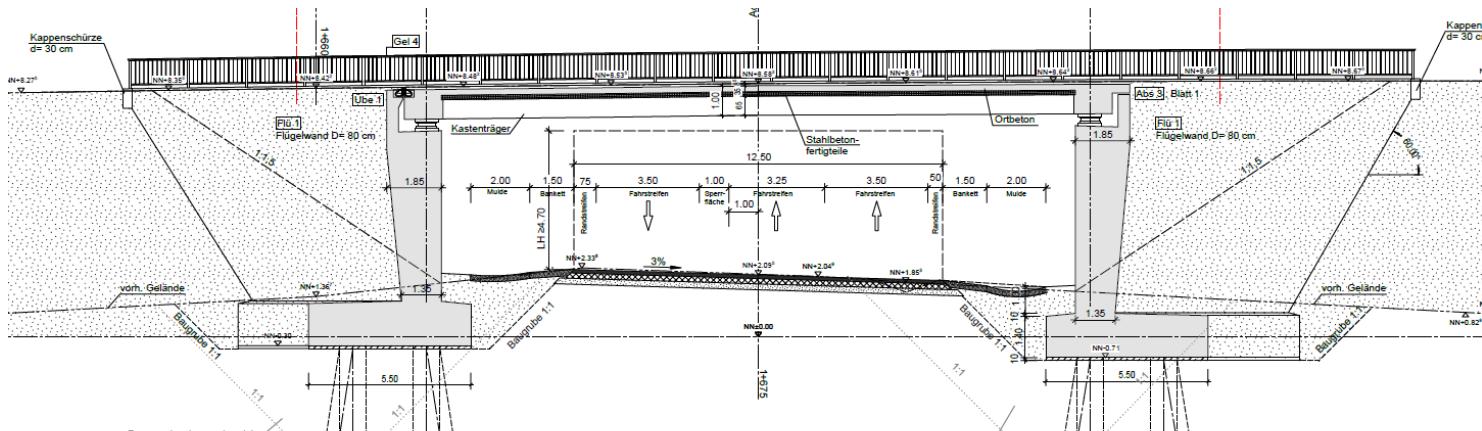
# 1. Straßenüberführung mit ca. 22,50 m Spannweite: Varianten

## a) 6 Querschnittsvarianten



## 1. Straßenüberführung mit ca. 22,50 m Spannweite: Varianten

- a) 6 Querschnittsvarianten
- b) 3 verschiedene Brückenlängen





## CO<sub>2</sub>-Einheitswerte aus:

- verfügbaren Datenbanken
  - Herstellerangaben
  - Eigene Überlegungen

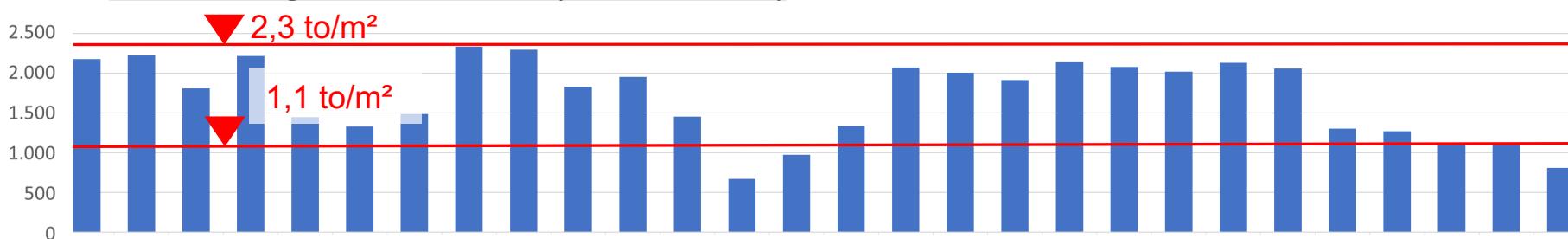


# 1. Die CO<sub>2</sub>-Aufwendungen liegen i.d.R. zwischen 1,1 to und 2,3 to je m<sup>2</sup> Fläche

## Auswertungen Querschnittsvarianten

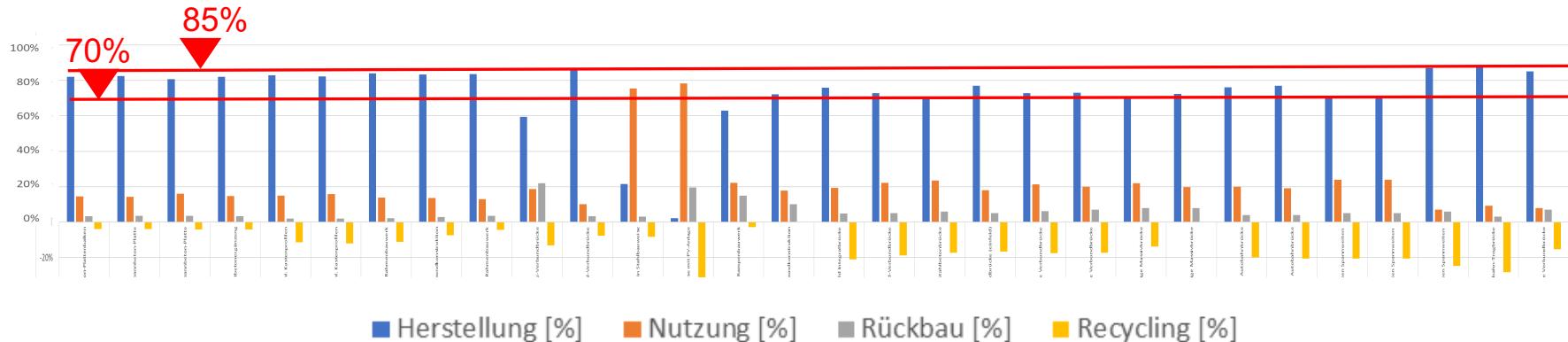
	V1	V2	V3	V4a	V4b	V5	V6
<b>Total [kg CO<sub>2</sub>-Äq.]</b>	<b>591.838</b>	<b>603.680</b>	<b>583.022</b>	<b>579.287</b>	<b>595.553</b>	<b>610.876</b>	<b>620.702</b>
Brückenfläche [m <sup>2</sup> ]	261,00	261,00	261,00	261,00	261,00	261,00	261,00
[kg CO <sub>2</sub> -Äq. pro m <sup>2</sup> Brückenfläche]	2.267,58	2.312,95	2.233,80	2.219,49	2.281,81	2.340,52	2.378,17
[kg CO <sub>2</sub> -Äq. pro m <sup>2</sup> Brückenfläche*a]	22,68	23,13	22,34	22,19	22,82	23,41	23,78
Erfüllungsgrad Kref, Brückenfläche	0,60	0,59	0,61	0,62	0,60	0,59	0,58
Anteil Gründ. & WL an Total CO <sub>2</sub> [%]	64	63	63	43	45	60	60
Anteil Überbau an Total CO <sub>2</sub> [%]	24	26	26	46	44	29	29
Anteil Austattung an Total CO <sub>2</sub> [%]	11	11	11	11	11	11	11
Anteil der Herstellungsphase an Total CO <sub>2</sub> [%]	76	76	79	85	86	82	78
Größter Anteil einzelne Pos. an Total CO <sub>2</sub>	Pos. 16	Pos. 16	Pos. 18	Pos. 15	Pos. 15	Pos. 20	Pos. 16
Differenz [%]	2	4	1	0	3	5	7
Differenz [kg]	12.551	24.393	3.735	0	16.267	31.589	41.415

## Auswertungen 32 Brücken (inkl. Literatur)

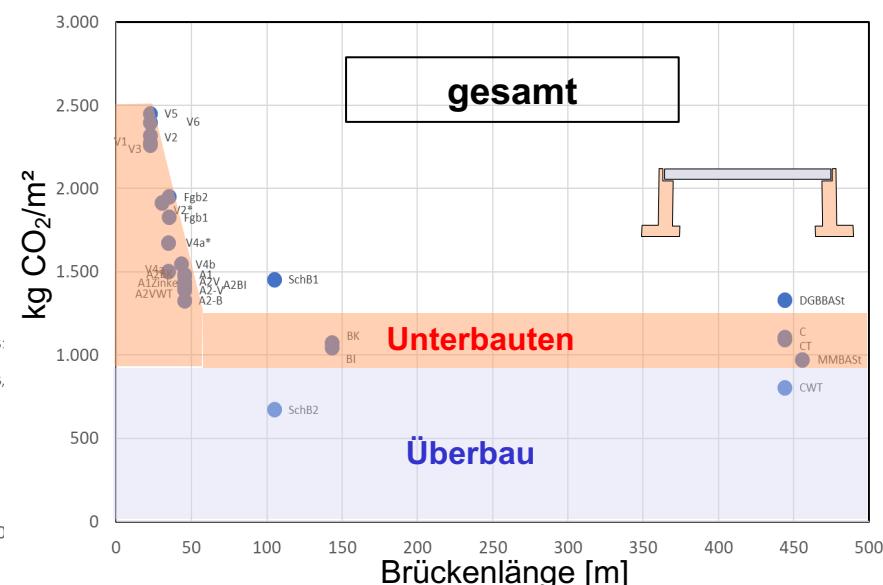
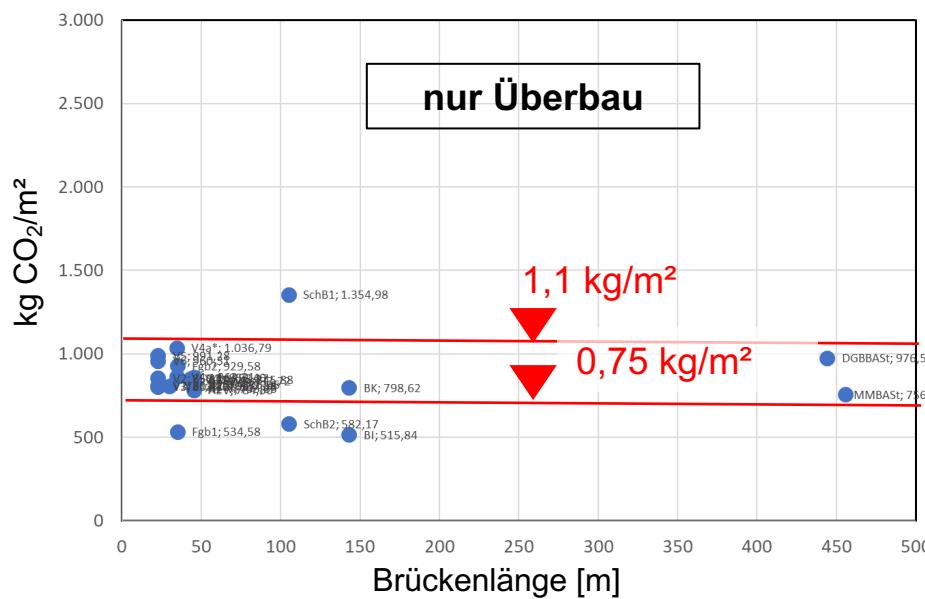


1. Die CO<sub>2</sub>-Aufwendungen liegen i.d.R. zwischen 1,1 to und 2,3 to je m<sup>2</sup> Fläche
2. Ca. 70-85% entfällt auf die Erstellung des Bauwerks
3. Die Beton- bzw. Stahl-Positionen dominieren mit ca. 80% des CO<sub>2</sub>-Anteils

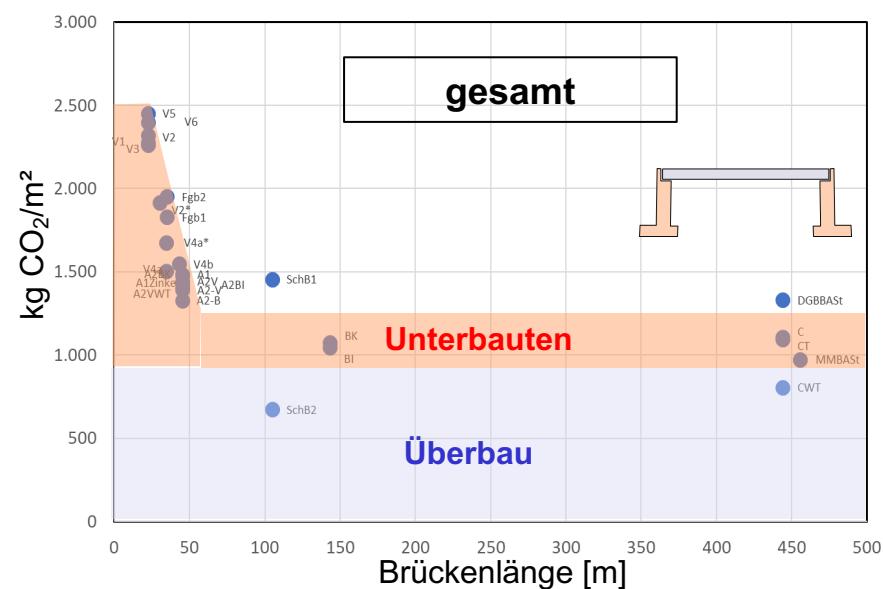
### Auswertungen 32 Brücken (inkl. Literatur)



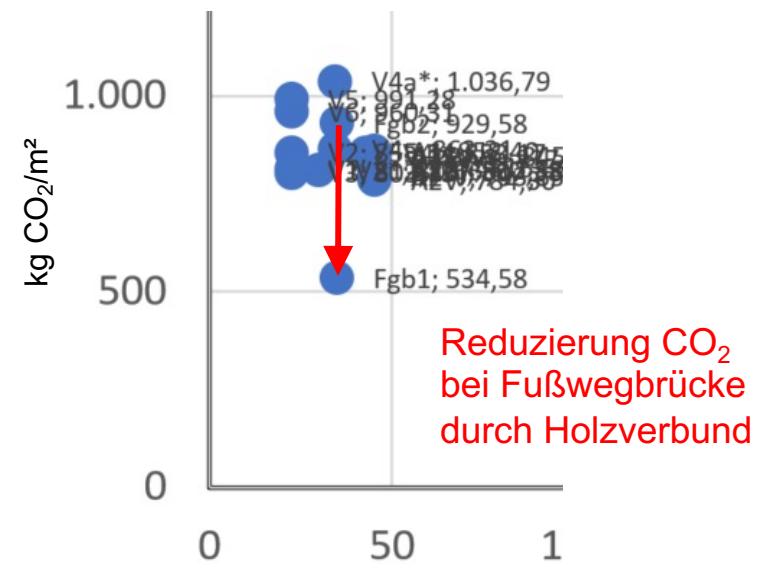
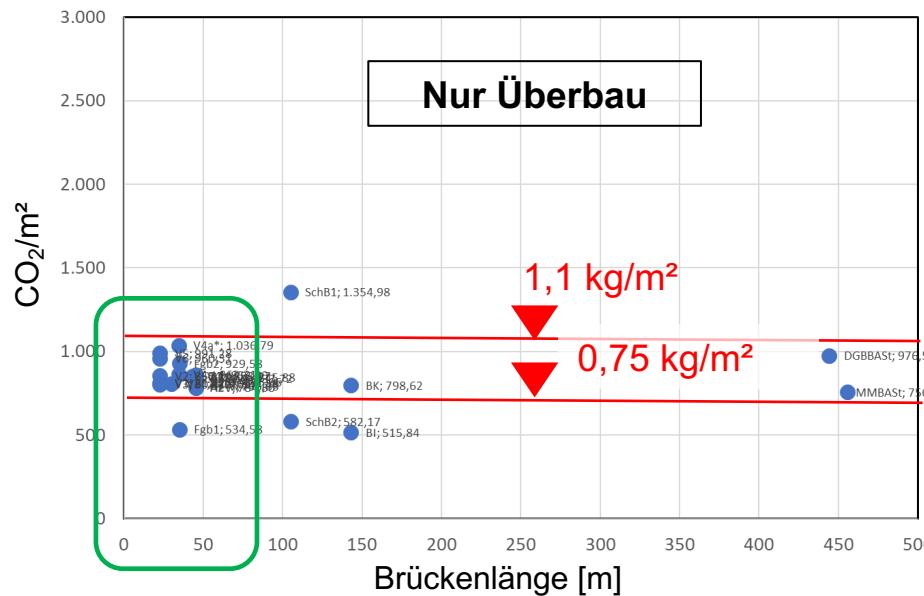
1. Die CO<sub>2</sub>-Aufwendungen liegen i.d.R. zwischen 1,1 to und 2,3 to je m<sup>2</sup> Fläche
2. Ca. 70-85% entfällt auf die Erstellung des Bauwerks
3. Die Beton- bzw. Stahl-Positionen dominieren mit ca. 80% des CO<sub>2</sub>-Anteils
4. Gerade bei geringer Brückenlänge dominiert der CO<sub>2</sub>-Anteil der Unterbauten (bis 75%)



1. Die CO<sub>2</sub>-Aufwendungen liegen i.d.R. zwischen 1,1 to und 2,3 to je m<sup>2</sup> Fläche
2. Ca. 70-85% entfällt auf die Erstellung des Bauwerks
3. Die Beton- bzw. Stahl-Positionen dominieren mit ca. 80% des CO<sub>2</sub>-Anteils
4. Gerade bei geringer Brückenlänge dominiert der CO<sub>2</sub>-Anteil der Unterbauten (bis 75%)

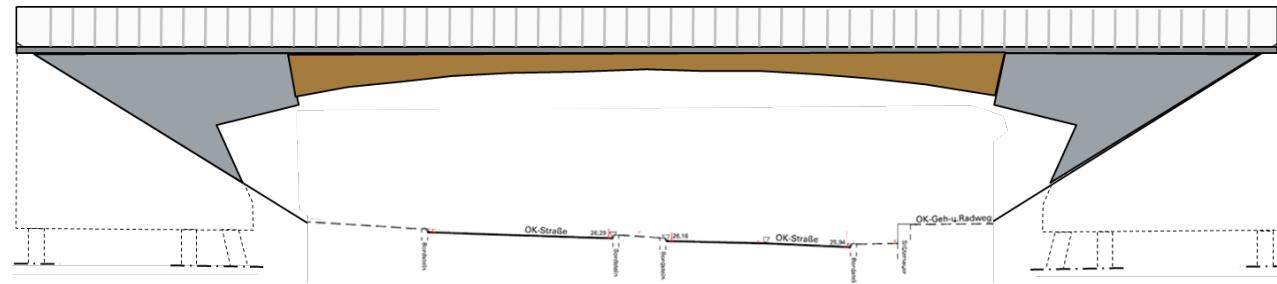


1. Die CO<sub>2</sub>-Aufwendungen liegen i.d.R. zwischen 1,1 to und 2,3 to je m<sup>2</sup> Fläche
  2. Ca. 70-85% entfällt auf die Erstellung des Bauwerks
  3. Die Beton- bzw. Stahl-Positionen dominieren mit ca. 80% des CO<sub>2</sub>-Anteils
  4. Gerade bei geringer Brückenlänge dominiert der CO<sub>2</sub>-Anteil der Unterbauten (bis 75%)
  5. Wo statisch möglich, lässt sich der Anteil durch Holzverbundbauweise auf ca. 40% reduzieren (sofern die Lebensdauer gleicht bleibt)



- Bauweise:
  - Untersuchung wo statisch möglich: Einsatz von Holz, wobei Dauerhaftigkeit / konstruktiver Holzschutz gesichert sein muss

Fuß- und Radwegbrücken bis ca. 30-35 m Spannweite



Straßenbrücken bis ca. 15-20 m Spannweite

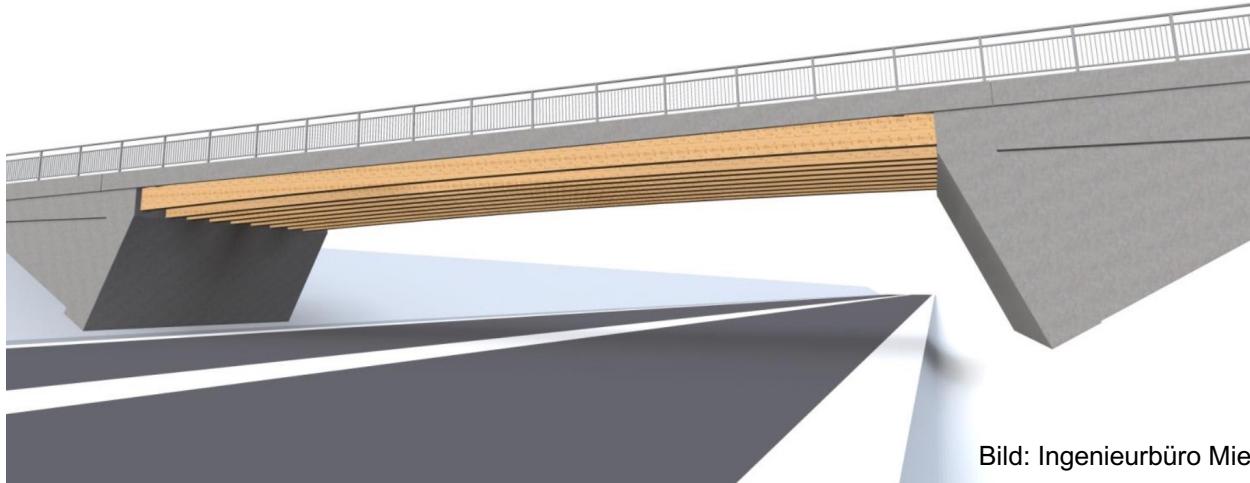
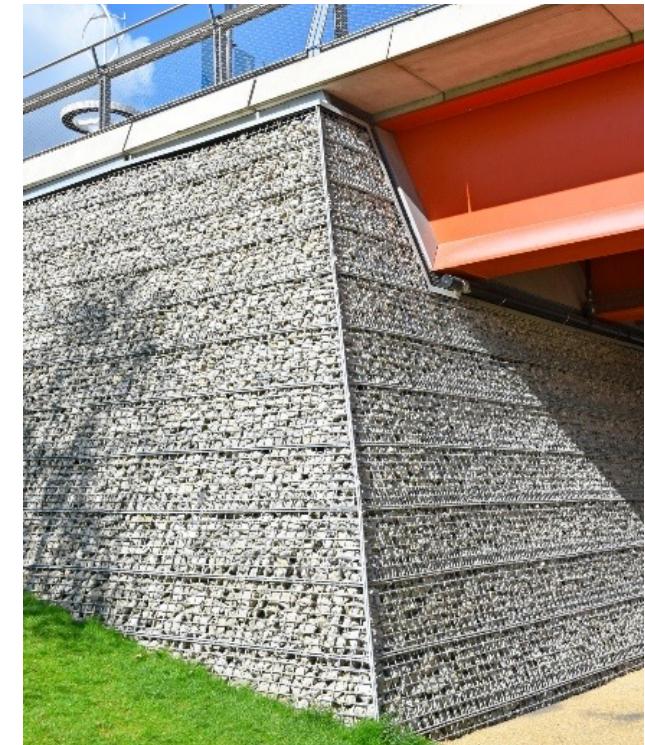


Bild: Ingenieurbüro Miebach

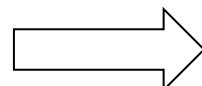
- Bauweise:
  - Untersuchung wo statisch möglich: Einsatz von Holz, wobei Dauerhaftigkeit / konstruktiver Holzschutz gesichert sein muss
- Bauteilabmessungen
  - Grundsätzlich schlankere Konstruktionen, die jedoch höheren Stahlanteil aufweisen
  - ggf. Optimierung der Abmessungen der Widerlager möglich (ggf. auch als Spundwandwiderlager oder Schwergewicht mit Gabionen, ...)



- Bauweise:
  - Untersuchung wo statisch möglich: Einsatz von Holz, wobei Dauerhaftigkeit / konstruktiver Holzschutz gesichert sein muss
- Bauteilabmessungen
  - Grundsätzlich schlankere Konstruktionen, die jedoch höheren Stahlanteil aufweisen
  - ggf. Optimierung der Abmessungen der Widerlager möglich (ggf. auch als Spundwandwiderlager oder Schwergewicht mit Gabionen, ...)
- Beton
  - Reduzierung (Portland-) Zement (Einsatz Hüttensand, Flugasche, ggf. mehr Größtkorn)
  - Diskussion von Recycling-Zuschlag
  - Diskussion: Einsatz nichtrostender nichtmetallischer Bewehrung zur Reduzierung der Betonanforderungen
- Baustellenbedingte Stausituationen
  - Generell wartungsarme Konstruktionen
  - Bauweise, durch die Stausituationen vermieden werden

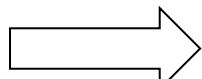
## Wissenschaft

- FH Kiel



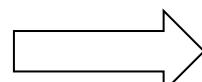
## Planungserfahrung

- IB Mohn



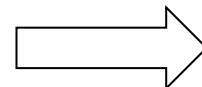
## Ausführung

- NN (Berater)
- Thomas Beton (Berater)



## Erfahrung aus Betrieb

- LBV (Berater)
- Stadt Kiel (Berater)

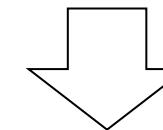


## Optimierungen

- Regelmäßiger Austausch
- 3-monatliche Jour-Fixes

**Zielsetzung:**  
20-25% CO<sub>2</sub>-Einsparung

**Umsetzung in die Praxis**



## Projekt: Nichtmetallische Bewehrung und Recyclingbeton am Zero Waste Info Point in Kiel

siehe unter:

- [Ressourcenschonende Betonbewehrung für den Info Point Zero Waste Architektur | Fachhochschule Kiel \(fh-kiel.de\)](#)
- [Infopavillon in Kiel: Zero-Waste-Konzept auf dem Rathausplatz \(kn-online.de\)](#)

### Leistungen FH Kiel:

- Dimensionierung und Begleitung des Einbaus der nichtmetallischen Bewehrung sowie Durchführen von CO<sub>2</sub>-Berechnungen

Zero-Waste Info-Point am Rathausplatz der Stadt Kiel

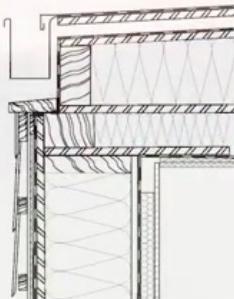


Basaltfaserstabbewehrung der Recyclingbeton-Bodenplatte



## Voruntersuchungen mit Dipl.-Ing. Arch. Sabine Schlüter zum abfallfreien Gestalten

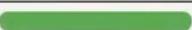
Siehe unter <https://youtu.be/HFxRqVwYYQ>



### WANDAUFBAU

#### Zero Waste Space

Ökobilanz



Lehmputz

Lehmvlies

Rauspundschalung

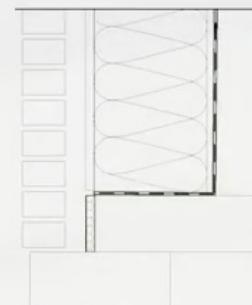
Holzständerwerk mit Strohdämmung

Rauspundschalung

Lehmvlies

Lattung/ Konterlattung

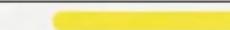
Holzschildel



### WANDAUFBAU

#### Hausbau

Ökobilanz



Gipskartonplatte

Dampfsperre

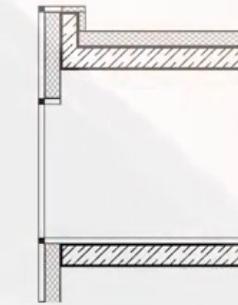
Holzständerbauweise

Glaswolle

Trägerplatte

Hinterlüftung

Klinker



### WANDAUFBAU

#### Bürobau

Ökobilanz



Zementputz

Stahlbeton

Polystyroldämmung

keramische Verkleidung / Klinkerriemchen