

Die neue DAfStb-Richtlinie

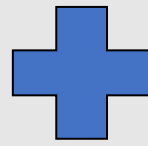
Treibhausgas-reduzierte Tragwerke aus Beton, Stahlbeton oder Spannbeton

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Michael Haist, Dr.-Ing. Tobias Schack (Leibniz Universität Hannover)

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christian Glock, Michael Heckmann, M. Sc. (RPTU Kaiserslautern)

Prof. Dr.-Ing. Udo Wiens (DAfStb)

Betonproduktion ...



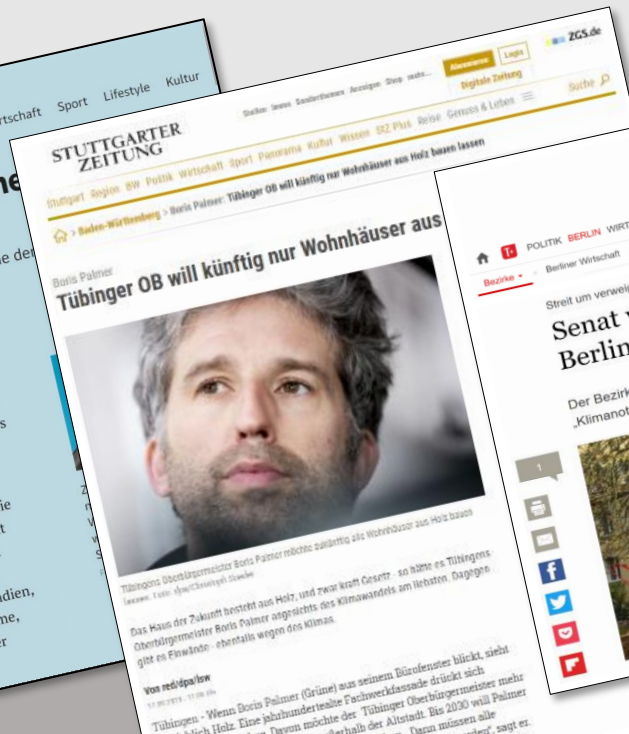
6,7 % CO₂-Emissionen infolge
Stahlherstellung (Welt)

- ist verantwortlich für **ca. 8-10 % der globalen CO₂ Emissionen** primär resultierend aus der Zementproduktion
- trägt zu ca. **~ 40 %* zum Verbrauch mineralischer Ressourcen** bei
- ist verantwortlich für ca. **1,7 % des globalen Süßwasserverbrauchs**

Betonproduktion
verantwortlich für

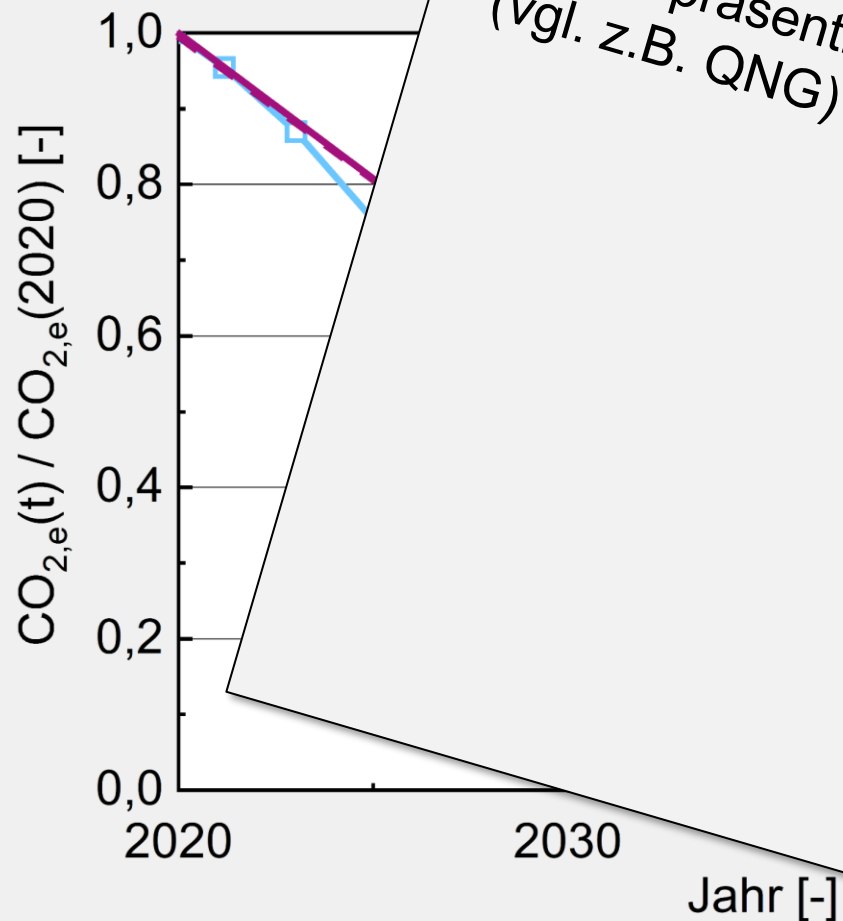
~ 10 % Weltweite CO₂-
Emissionen

~ 40 % Mineralischer
Ressourcen-
verbrauch



Endel (-vermeidung)

äquivalente CO₂-Emissionen = Globale Erderwärmung (GWP)



Klimaverträglichkeit (des
Tragwerks) in
Nachhaltigkeits-
zertifizierungssystemen
unterrepräsentiert
(vgl. z.B. QNG)

Kriterienüberblick

Übersicht		relevante Lebensphase	Bewertungsmethode	Nachweis Verantwortung	Nachweis Zeitpunkt	Bedeutungszahl	Anteil am Gesamtergebnis
1. Ökologische Qualität							
1.1	Wirkungen auf die globale Umwelt	↻	E	PL	3	3,375%	22,5%
1.1.1	Treibhauspotenzial	↻	E	PL	1	1,125%	
1.1.2	Ozonschichtabbaupotenzial	↻	E	PL	1	1,125%	
1.1.3	Ozonbildungspotenzial	↻	E	PL	1	1,125%	
1.1.4	Versauerungspotenzial	↻	E	PL	1	1,125%	
1.1.5	Überdüngungspotenzial	↻	E	PL	1	1,125%	
1.1.6	Risiken für die lokale Umwelt	↻	E	PL	1	1,125%	
1.1.7	Nachhaltige Materialgewinnung/Holz	↻	P	AV	3	3,375%	22,5%
1.2	Ressourceninanspruchnahme	↻	P	AV	1	1,125%	
1.2.1	Primärenergiebedarf, nicht erneuerbar (PE_{ne})	↻	E	PL	3	3,375%	
1.2.2	Gesamtprimärenergiebedarf (PE_{ges}) und Anteil PE_{ne}	↻	E	PL	2	2,250%	
1.2.3	Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen	↻	P	PL	2	2,250%	22,5%
1.2.4	Flächeninanspruchnahme	↻	B	PE	2	2,250%	
2.	Ökonomische Qualität	↻	E	PL	3	13,50%	
2.1	Lebenszykluskosten	↻	E	PL	3	13,50%	22,5%
2.1.1	Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	↻	E	PL	3	13,50%	
2.2	Wertentwicklung	↻	E	PL	3	13,50%	22,5%
2.2.1	Drittverwendungsfähigkeit	↻	E	PL	3	13,50%	

Klimawandelfolgen technisch nur bedingt beherrschbar
→ Nachhaltigkeit muss zum Schutzziel werden

Klimawandelbegrenzung durch:

Reduktion des Beton- und
Stahlverbrauchs

Verwendung emissionsarmer
Betone und Bewehrungen

Minimierung von Emissionen aus
Bau- und Nutzungsphase

Leistungsfähiges, dauerhaftes,
kreislaufgerechtes Bauen



Wie kann die Klimaverträglichkeit
eines Tragwerks sichergestellt und
nachgewiesen werden?

DAfSTb TA Nachhaltig Bauen mit Beton

Mitglieder

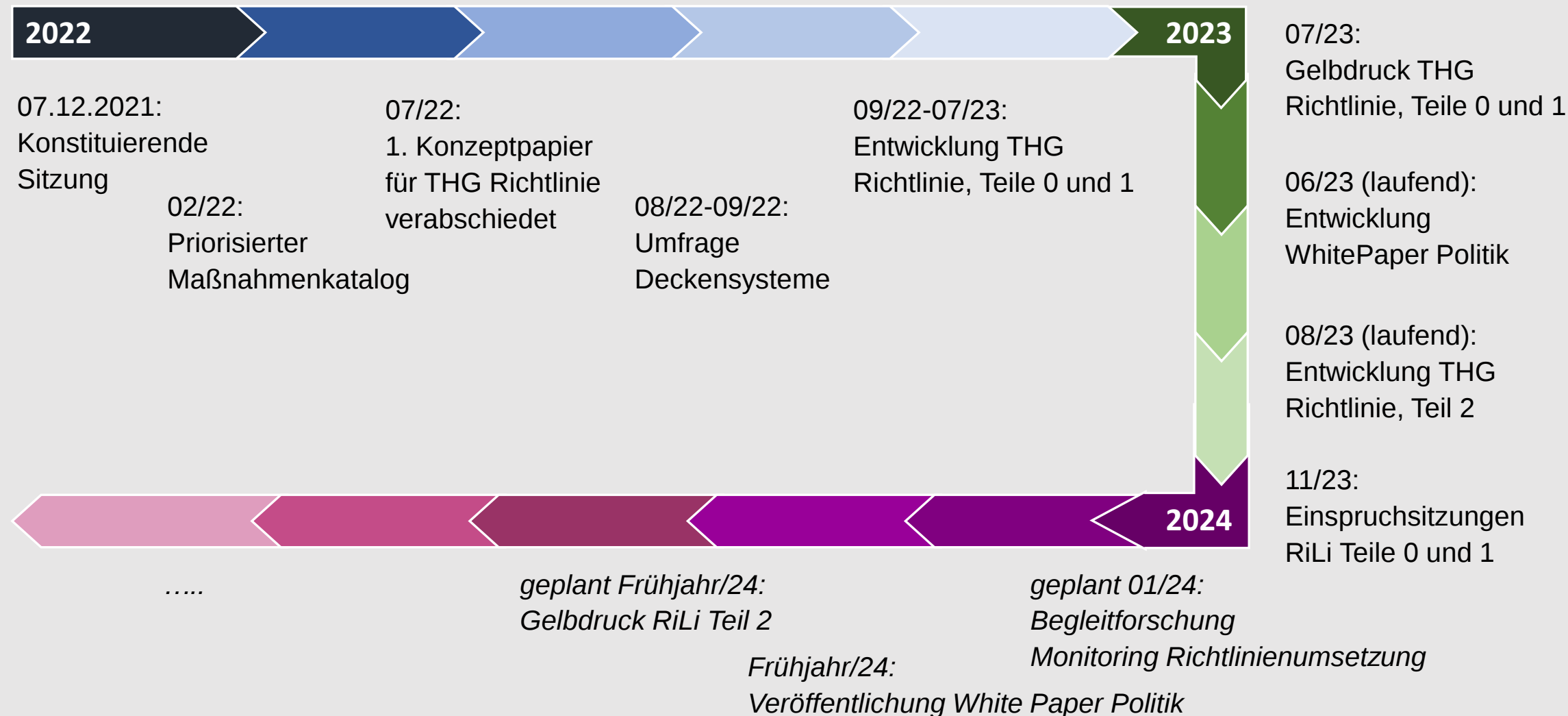
- | | |
|--|--|
| ▣ Haist (LUH; Obmann) | ▣ Hegger (TA Bemessung) |
| ▣ Glock (RPTU, Stellv. Obmann) | ▣ Hierlein (FDB) |
| ▣ Wiens (DAfStb) | ▣ Junge (TA Bewehrung) |
| ▣ Aßbrock (BTB) | ▣ Laux (UM BW) |
| ▣ Becke (FDB) | ▣ Marzahn (BMVi) |
| ▣ Breitenbücher (TA Betontechnik) | ▣ Meyer (DBV) |
| ▣ Breitschaft (DIBt) | ▣ Müller (VDZ) |
| ▣ Buddenbohm (ZDB) | ▣ Omercic (DAfStb) |
| ▣ Eckfeld (DIBt) | ▣ Raupach (TA Instandsetzung) |
| ▣ Glöckner (VCI) | ▣ Shadow (WTM) |
| ▣ Gloßmann (DIBt) | ▣ Spanka |
| ▣ Heckmann (RPTU) | ▣ Urban (DBV) |
| ▣ Schack (LUH) | ▣ Westendarp (BAW) |

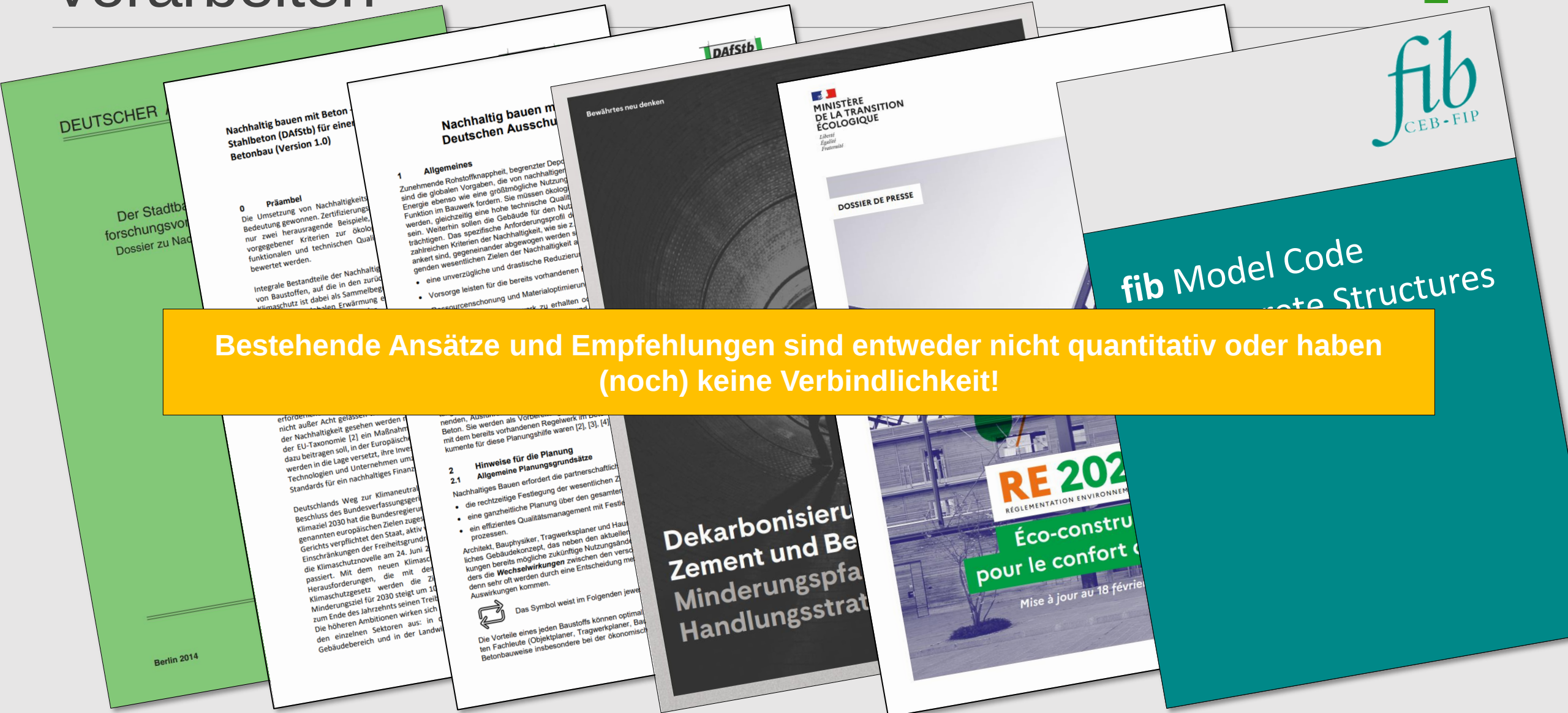
Ziele

- ▣ **Umsetzung der Vorgaben des Klimaschutzgesetzes für den Betonbau**
- ▣ **Übergang** hin zu einem klimaverträglichen und ressourceneffizienten Betonbau **aktiv gestalten!**
- ▣ **Technologieoffenheit** durch gezielte Ausgestaltung des Nachweises **sicherstellen!**
- ▣ **Anreizsystem** und regulatorischen Rahmen für klimaverträgliche und ressourceneffiziente **Lösungen schaffen** → **Klimaverträglich Bauen ist ein Mehraufwand der bezahlt werden muss!**

Klimaschutz in der Schnittstelle zwischen Baustoff und Tragwerk!

DAfStb TA Nachhaltig Bauen mit Beton





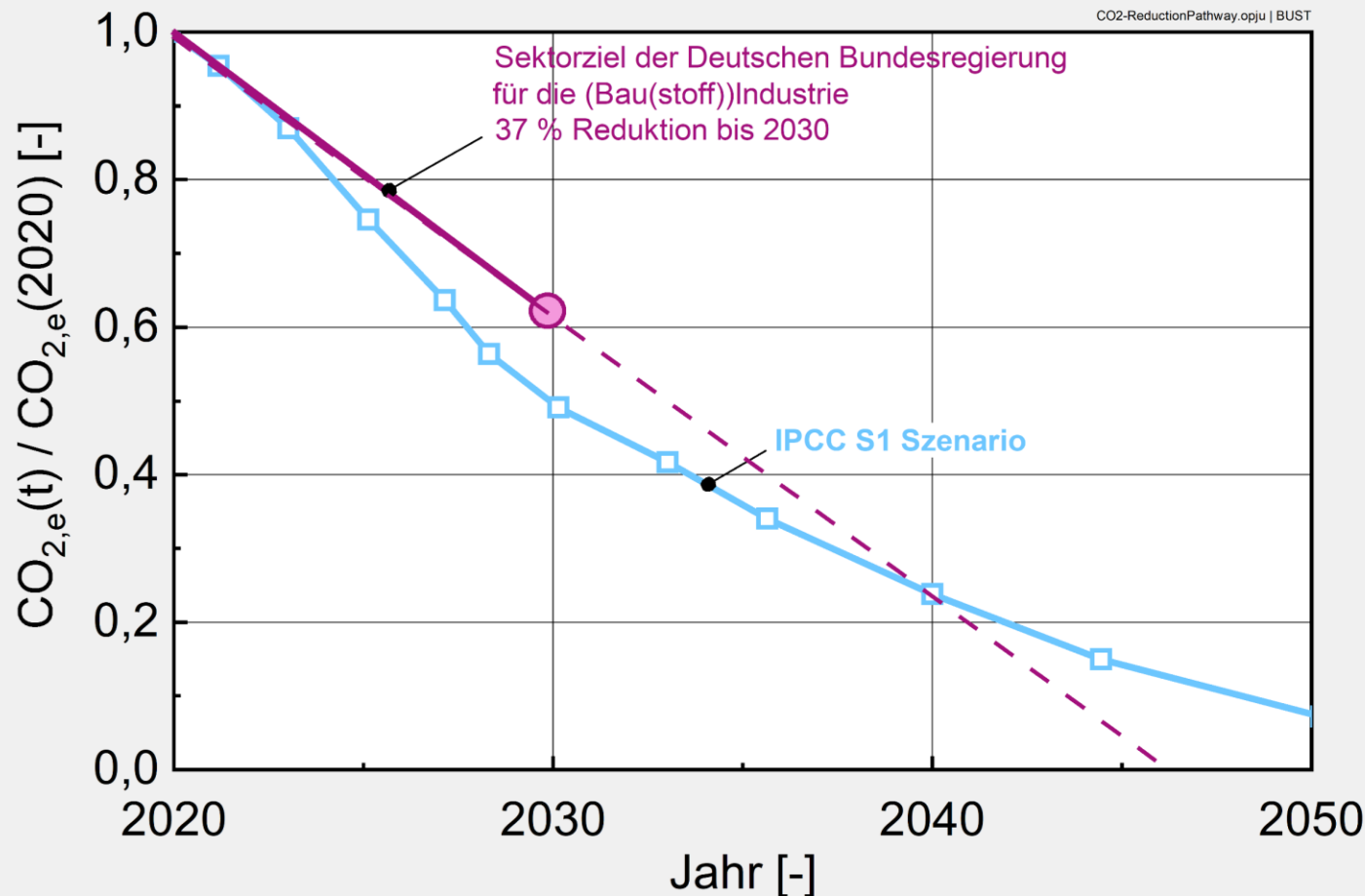
Bestehende Ansätze und Empfehlungen sind entweder nicht quantitativ oder haben (noch) keine Verbindlichkeit!

Nachweis der Klimaverträglichkeit



Grundstruktur der Richtlinie (Teil 0)

Gesetzlich vorgeschriebener Reduktionspfad wird zum Grenzwert



CO_{2,e} = äquivalente CO₂-Emissionen = Maßzahl für die Globale Erderwärmung (Global Warming Potential, GWP)

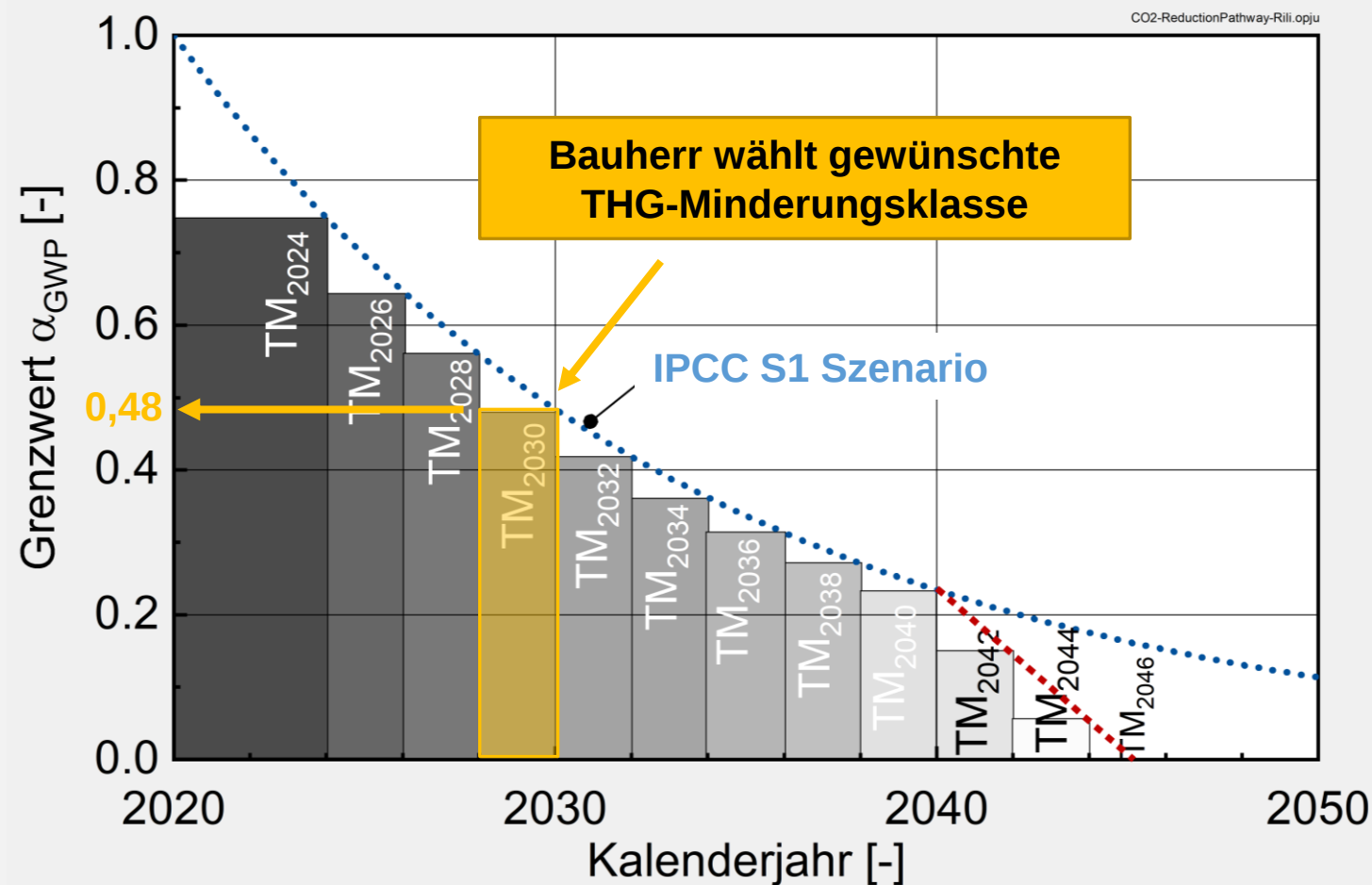
Ökologische Lösung (z.B. 2030)

$$\frac{\left[\frac{\Sigma \text{GWP}}{\text{Funktionseinheit}} \right]_{\text{Eco}}}{\left[\frac{\Sigma \text{GWP}}{\text{Funktionseinheit}} \right]_{\text{Ref}}} \leq \text{Grenzwert } \alpha_{\text{GWP}}$$

Referenzbauweise (2020)

Grundstruktur der Richtlinie (Teil 0)

Umsetzung des Reduktionspfad in Treibhausgas-Minderungsklassen



$CO_{2,e}$ = äquivalente CO_2 -Emissionen = Maßzahl für die Globale Erderwärmung (Global Warming Potential, GWP)

Ökologische Lösung (z.B. 2030)

$$\frac{\left[\frac{\Sigma GWP}{\text{Funktionseinheit}} \right]_{Eco}}{\left[\frac{\Sigma GWP}{\text{Funktionseinheit}} \right]_{Ref}} \leq \text{Grenzwert } \alpha_{GWP}$$

Referenzbauweise (2020)

THG-Reduktion: Umsetzung in TM-Klassen

Normative Umsetzung Grenzwert α_{GWP}

S	1	2	3
Z	Treibhausgas-Minderungsklasse TM_t	Gültigkeitszeitraum bis einschließlich zum Kalenderjahr	$\alpha_{GWP,t} [-]$
1	TM_{2020}	2020 ¹⁾	1,00
2	TM_{2024}	2024	0,75
3	TM_{2026}	2026	0,65
4	TM_{2028}	2028	0,56
5	TM_{2030}	2030	0,48
6	TM_{2032}	2032	0,42
7	TM_{2034}	2034	0,36
8	TM_{2036}	2036	0,31
9	TM_{2038}	2038	0,27
10	TM_{2040}	2040	0,23 ²⁾
11	TM_{2042}	2042	0,14 ²⁾
12	TM_{2044}	2044	0,05 ²⁾
13	TM_{2046}	2046	0,00 ²⁾

¹⁾ Referenzjahr

²⁾ ab 2040 linear abgemindert nach Vorgaben aus dem Klimaschutzgesetz (KSG). Zur Umsetzung des Reduktionspfades sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich (z. B. CCS).

- ❑ Verschärfung der Treibhausgareduktion im Zweijahres-Rhythmus
- ❑ Wesentlich für die Festlegung der einzuhaltenden TM-Klasse ist **Zeitpunkt der Bauantragstellung**

$CO_{2,e}$ = äquivalente CO_2 -Emissionen = Maßzahl für die Globale Erderwärmung (Global Warming Potential, GWP)

Ökologische Lösung (z.B. 2030)



$$\frac{\left[\frac{\Sigma GWP}{\text{Funktionseinheit}} \right]_{\text{Eco}}}{\left[\frac{\Sigma GWP}{\text{Funktionseinheit}} \right]_{\text{Ref}}} \leq \text{Grenzwert } \alpha_{GWP}$$

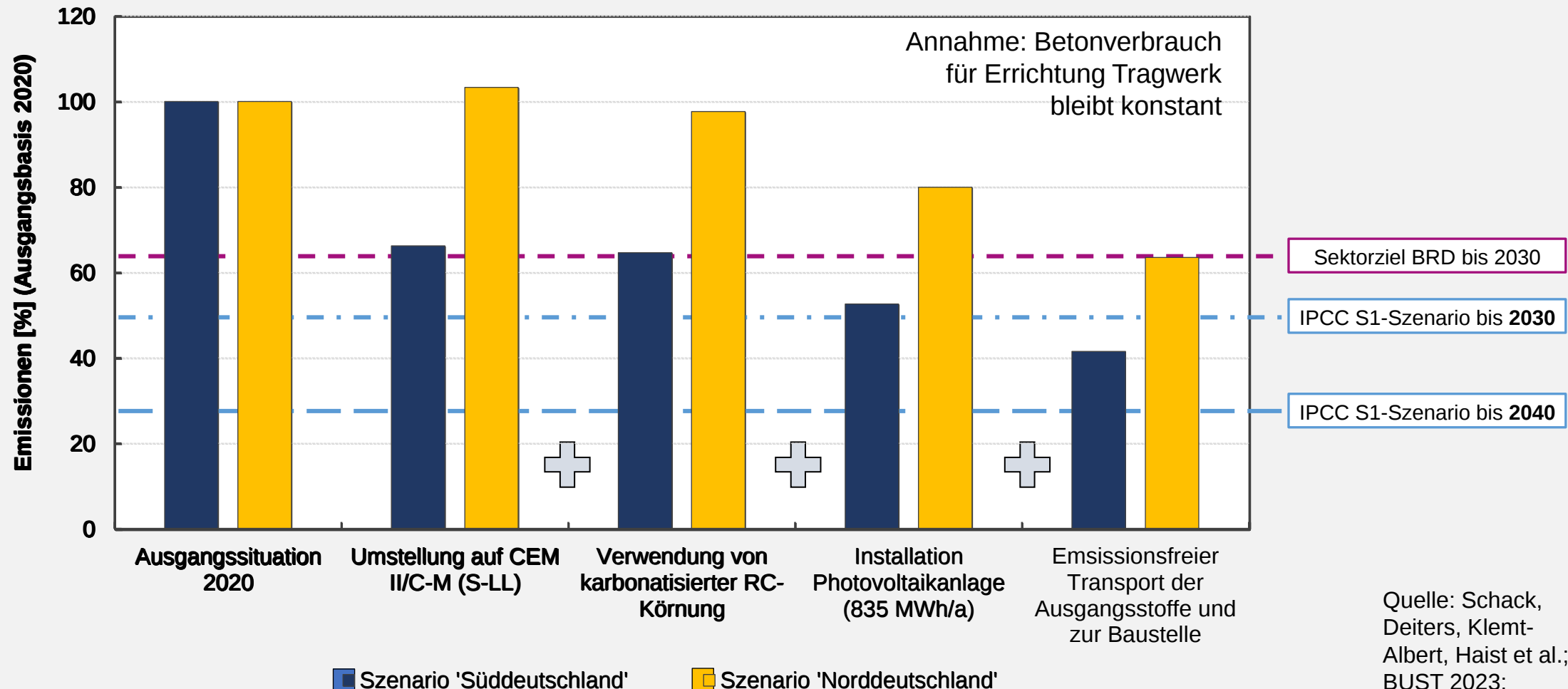


Referenzbauweise (2020)

- Rili regelt **THG-Emissionen** infolge **Herstellung und Entsorgung** des Bauteils oder der Tragstruktur und orientiert sich an **Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude des BMWSB (QNG)**
 - **Module A4 & A5 vernachlässigt**, da zum Zeitpunkt der Planung noch nicht bekannt
 - **Modul B4 vernachlässigt**, da im Betrachtungszeitraum von 50 Jahren i.d.R. **keine nennenswerten Ersatzmaßnahmen** anfallen
 - **Modul B6 entfällt**, da Betrachtung **auf Tragwerk beschränkt**

A1 - A3 HERSTELLUNGS- PHASE			A4 - A5 BAUPHASE		B1 - B7 NUTZUNGSPHASE							C1 - C4 ENTSORGUNGSPHASE				D VORTEILE UND BELASTUNGEN AUSSERHALB DER SYSTEMGRENZE
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Rohstoffbereitstellung	Transport	Herstellung	Transport	Bau-/Einbauprozess	Nutzung	Instandhaltung	Reparatur	Ersatz ¹	Umbau/Erneuerung	betrieblicher Energieeinsatz	betrieblicher Wassereinsatz	Rückbau, Abriss	Transport	Abfallbehandlung	Deponierung	Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs-, Recycling-Potenzial
Szenario	Szenario	Szenario	Szenario	Szenario	Szenario	Szenario	Szenario	Szenario	Szenario	Szenario	Szenario	Szenario	Szenario	Szenario	Szenario	Szenario
QNG			X	X	X					X		X			X	X
DAfStb-THG RiLi			X	X	X										X	X

Potenziale zur CO₂-Einsparung bezogen auf ein typisches Transportbetonwerk (21.000 m³/a Beton ≤ C30/37)

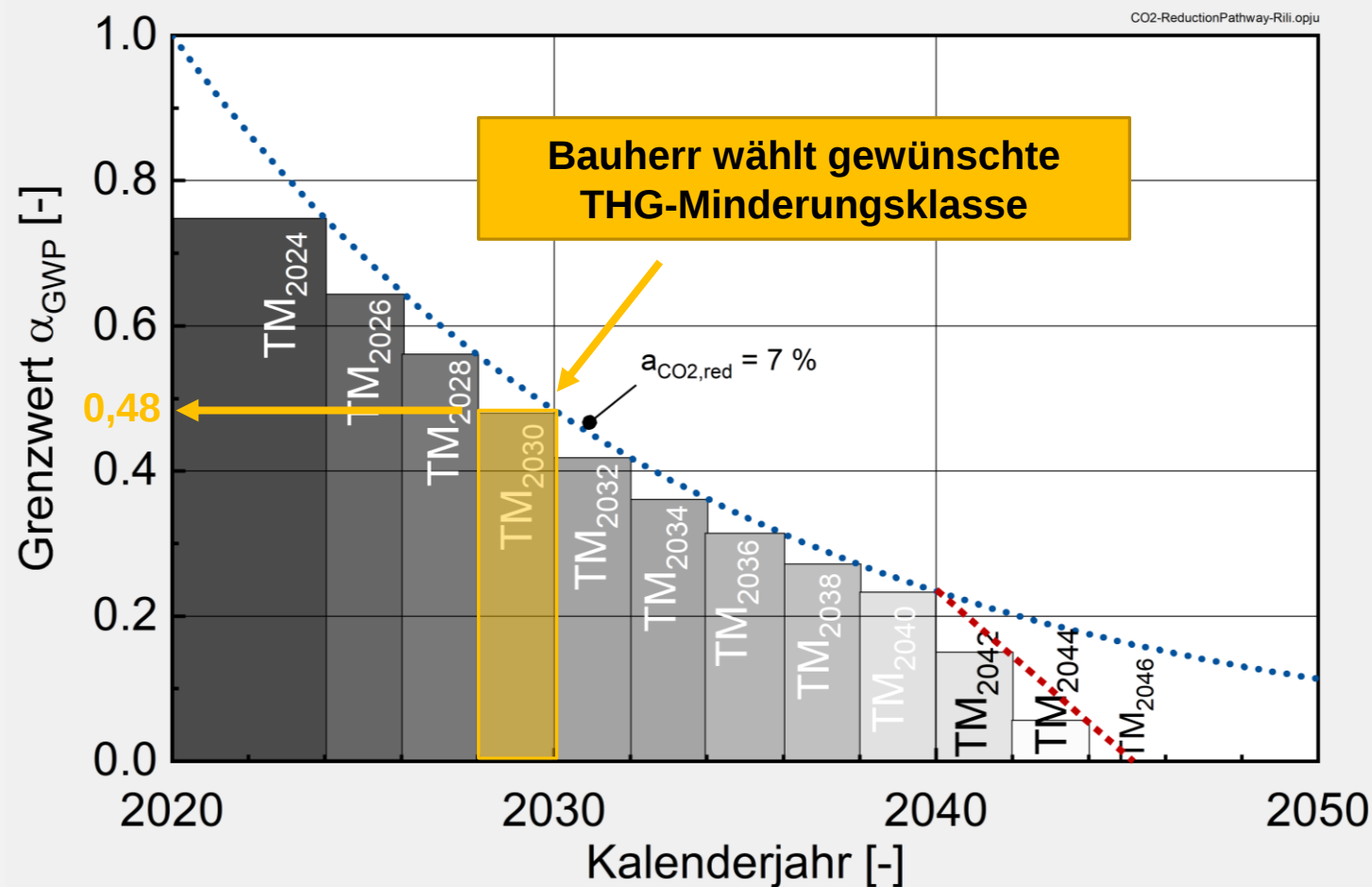


Gefördert durch:



THG RiLi Teil 0: Nachweisformat

Umsetzung des Reduktionspfad in Treibhausgas-Minderungsklassen



$\text{CO}_{2,e}$ = äquivalente CO_2 -Emissionen = Maßzahl für die Globale Erderwärmung (Global Warming Potential, GWP)

Ökologische Lösung (z.B. 2030)

$$\frac{\left[\frac{\Sigma \text{GWP}}{\text{Funktionseinheit}} \right]_{\text{Eco}}}{\left[\frac{\Sigma \text{GWP}}{\text{Funktionseinheit}} \right]_{\text{Ref}}} \leq \text{Grenzwert } \alpha_{\text{GWP}}$$

Referenzbauweise (2020)

Nachweis: Wahlweise Bauteil- oder Tragwerksebene

- Grenzwerte $\alpha_{GWP,t}$ gelten sowohl für das Tragwerk als auch für die in den übrigen Teilen der Richtlinie geregelten Bauteilarten
- Referenzemissionen auf Bauteilebene (Decken) sind im Teil 1 der Richtlinie enthalten
- Referenzemissionen und zulässige Emissionen für das Tragwerk in Tabelle

S	1	2	3	4	5
	Treibhausgas-Minderungs-klasse TM_t	Gültigkeitszeitraum bis einschließlich zum Kalenderjahr	$\alpha_{GWP,t}$ [-]	Zulässige Emissionen des Tragwerks [kg CO _{2,e} / m ² BGF]	
				Wohngebäude	Nichtwohngebäude und Bürogebäude
Z					
1	TM_{2020}	2020 ¹⁾	1	250	320
2	TM_{2024}	2024	0,75	188	240
3	TM_{2026}	2026	0,65	163	208
4	TM_{2028}	2028	0,56	140	179
5	TM_{2030}	2030	0,48	120	154
6	TM_{2032}	2032	0,42	105	134
7	TM_{2034}	2034	0,36	90	115
8	TM_{2036}	2036	0,31	78	99
9	TM_{2038}	2038	0,27	68	86
10	TM_{2040}	2040	0,23 ²⁾	58	74
11	TM_{2042}	2042	0,14 ²⁾	35	45
12	TM_{2044}	2044	0,05 ²⁾	13	16
13	TM_{2046}	2046	0 ²⁾	0	0

¹⁾ Referenzjahr

²⁾ ab 2040 linear abgemindert nach Vorgaben aus dem Klimaschutzgesetz (KSG). Zur Umsetzung des Reduktionspfades sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich (z. B. CCS).

DAfStb RiLi – Teil 1: Deckenbauteile

- **Spezifiziert die Regelungen von Teil 0** für die Anwendung auf **Deckenbauteile** und legt einen **Referenzzustand** für das **Jahr 2020** fest
- Hierzu zählen z. B. **Stahlbetondecken, Spannbetondecken, Stahl-Beton- und Holz-Beton-Verbunddecken**
- **Funktionales Äquivalent** ist **1 m² Deckenfläche**
- **Deckenfläche: Äußere Abmessungen** des betrachteten **Deckenabschnitts** **abzüglich größerer Öffnungen (> 2,50 m²)**
- **Nachweisführung:**

$$\frac{\sum GWP_{Eco,i}/m^2}{\sum GWP_{Ref,i}/m^2} \leq \alpha_{GWP,t}$$

mit: $GWP_{Eco,i}$: Global Warming Potential in [kg CO_{2,e}] aus den Modulen A1-A3, C3, C4 nach Teil 0, Anhang B, dieser Richtlinie für das betrachtete Deckenbauteil i

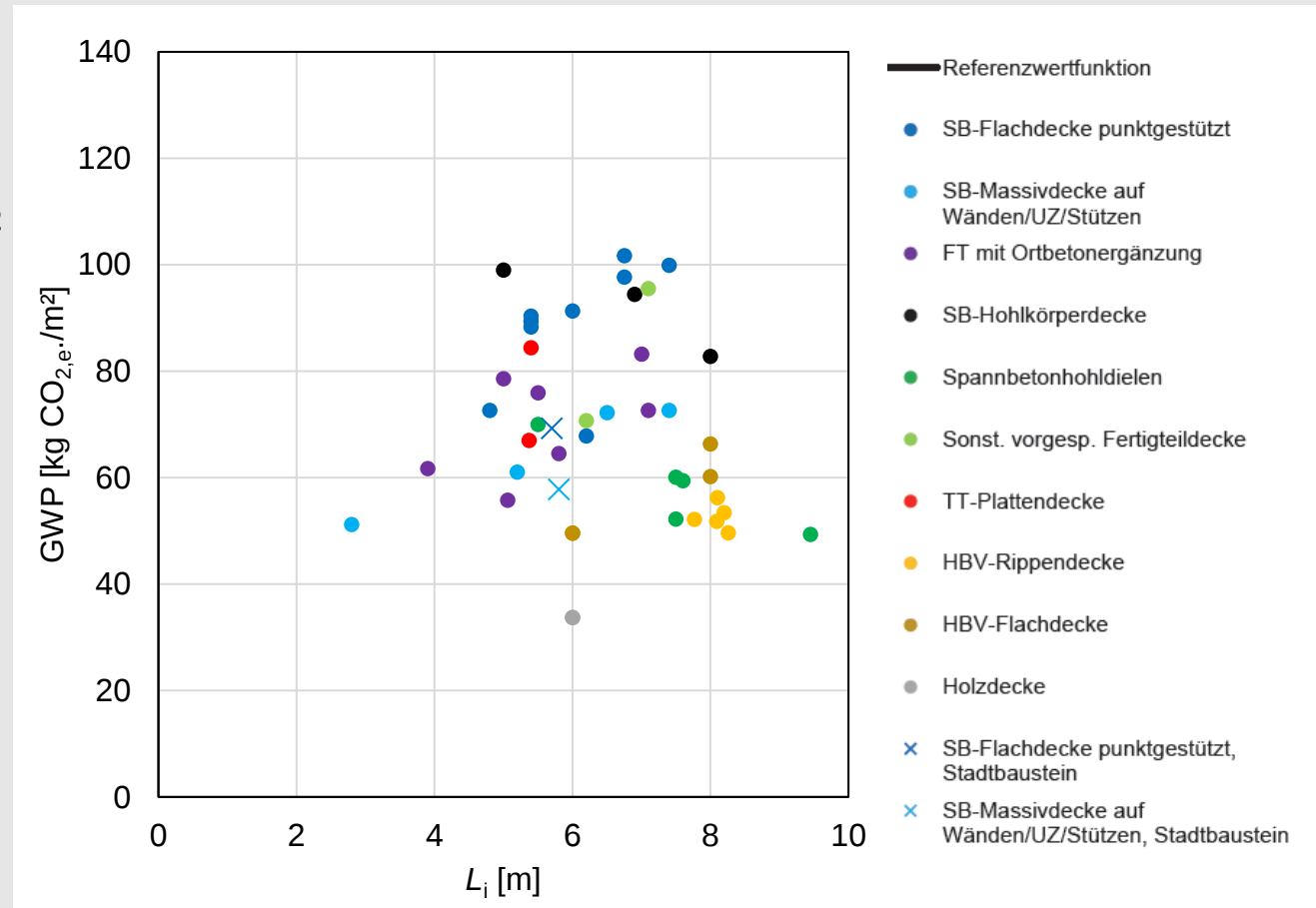
$GWP_{Ref,i}$: Global Warming Potential in [kg CO_{2,e}] für den Referenzzustand des Deckenbauteils i nach Gl. (2.1) und Gl. (2.2) dieses Teils der Richtlinie



Gl. (1)

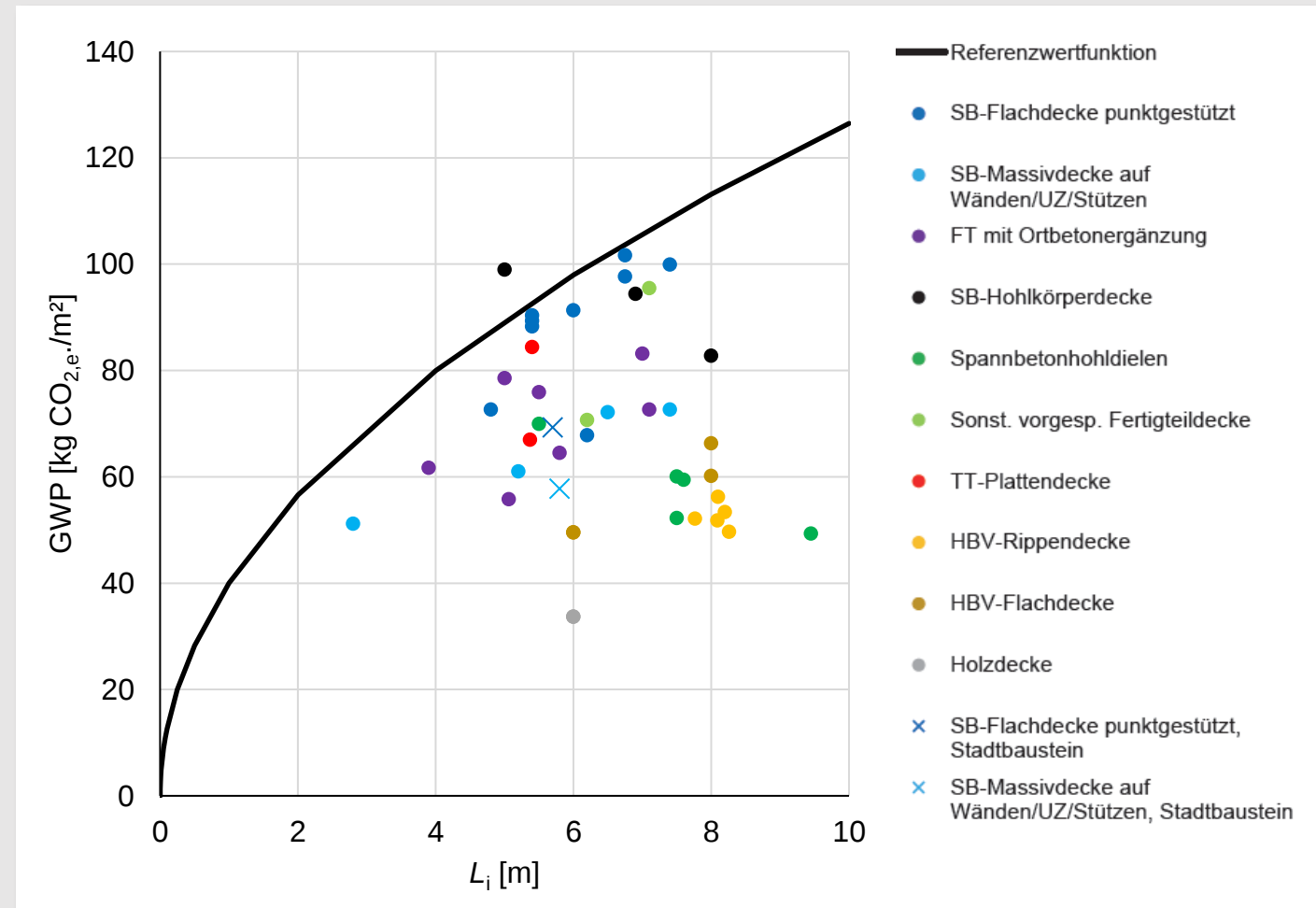
- Ermittlung eines **Referenzzustands** für das Jahr 2020 erfolgt **aufbauend auf einer Umfrage zu Deckensystemen** aus der Planungs- und Baupraxis sowie einer **Literaturstudie**
- **Randbedingungen** der betrachteten Daten:
 - Spannweite: 0 – 10 m
 - Char. Belastung (exkl. Eigenlast): 2,5 - 7,5 kN/m²
 - Druckfestigkeitsklasse $\geq$ C16/20

Deckenbauteil	Bewertete Querschnitte
Punktgestützt	Deckenquerschnitt
Liniengelagert	Deckenquerschnitt ohne Unterzüge
Rippendecke	Deckenquerschnitt mit Rippen, ohne Unterzüge



- Ermittlung eines **Referenzzustands** für das Jahr 2020 erfolgt **aufbauend auf einer Umfrage zu Deckensystemen** aus der Planungs- und Baupraxis sowie einer **Literaturstudie**:

Referenzzustand erfasst 98 % der betrachteten Deckensysteme!



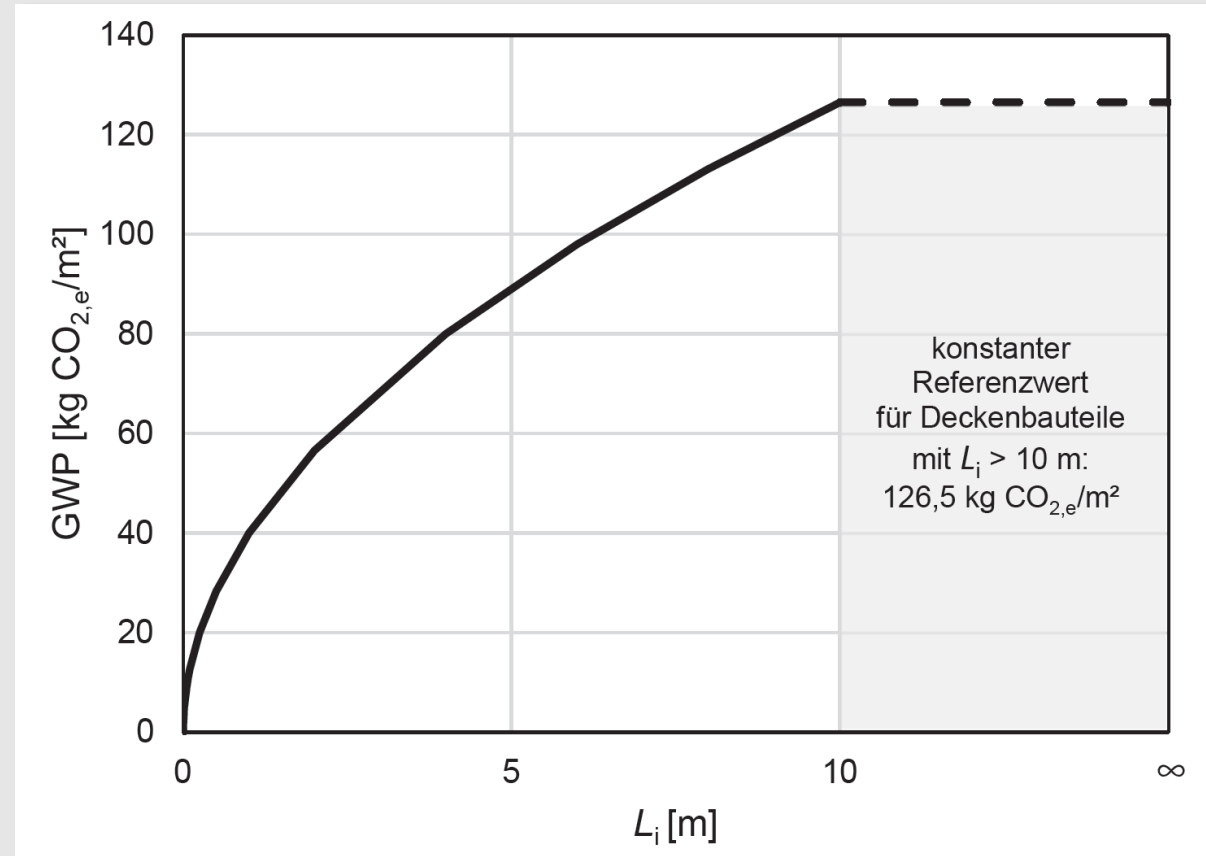
DAfStb RiLi – Teil 1: Deckenbauteile

- Referenzzustand in Abhängigkeit der Spannweite des betrachteten Deckensystems:

$$GWP_{Ref,i} = 40 \cdot \sqrt{L_i} \quad \left[\frac{\text{kg CO}_{2,e}}{\text{m}^2} \right] \quad \text{für } 0 \text{ m} \leq L_i \leq 10 \text{ m}$$

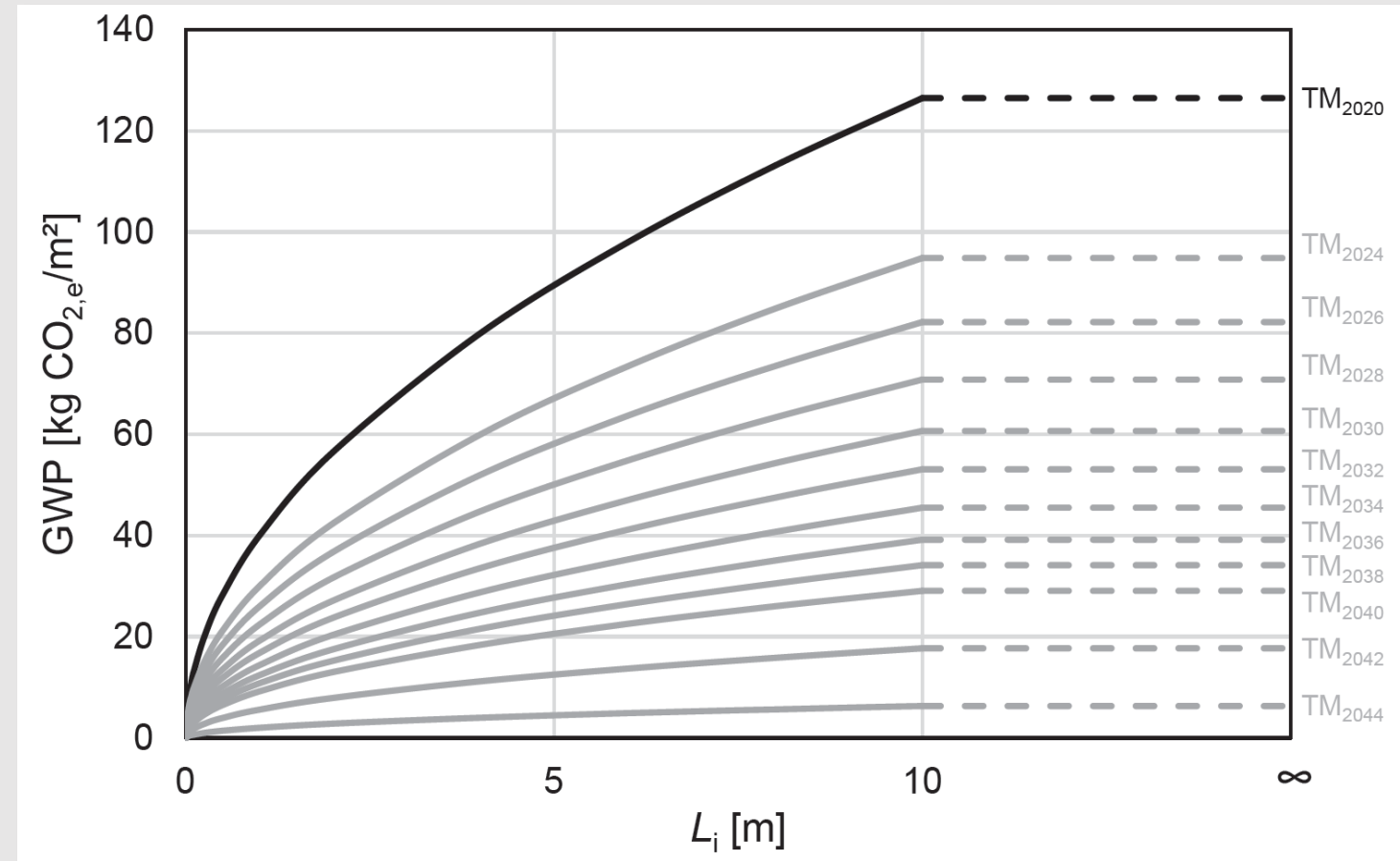
$$GWP_{Ref,i} = 126,5 \quad \left[\frac{\text{kg CO}_{2,e}}{\text{m}^2} \right] \quad \text{für } L_i > 10 \text{ m}$$

- L_i ist Spannweite des betrachteten Deckenbauteils i in [m].
Für zweiachsige Systeme ist die kurze Spannweite anzusetzen.
- Bei Belastungen $> 7,5 \text{ kN/m}^2$ darf der Referenzwert für ein Deckensystem gleicher Spannweite herangezogen werden.



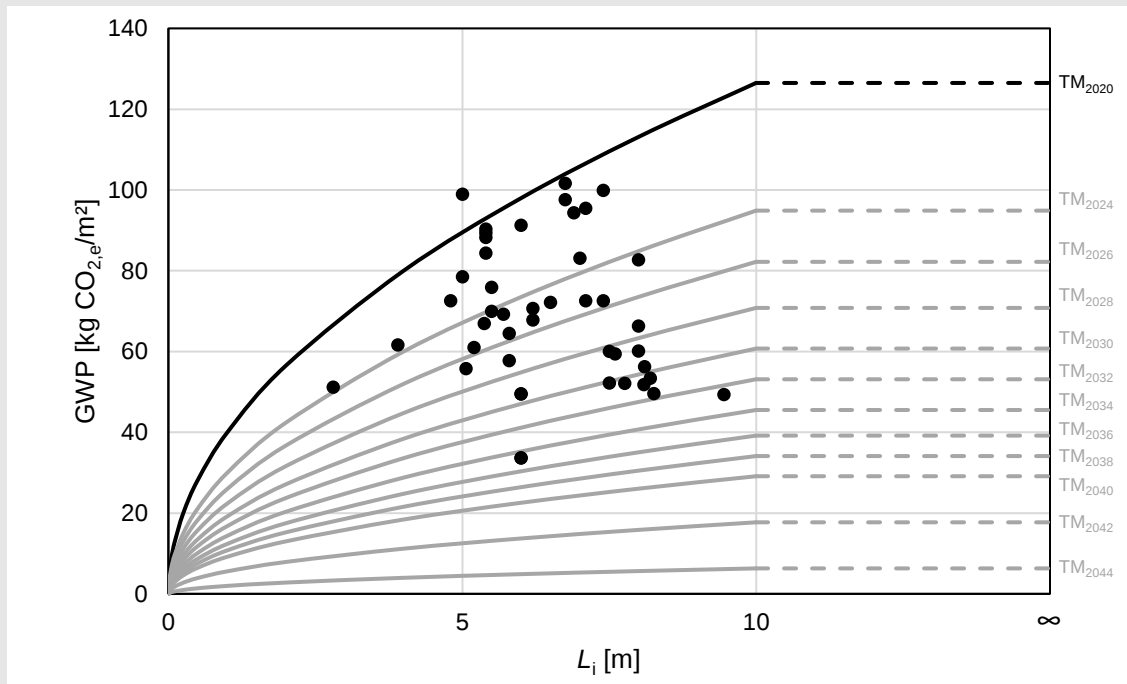
- Unter Berücksichtigung **Grenzwerte** $\alpha_{\text{GWP},t}$ gemäß TM gilt **Kurvenschar**:

Treibhausgas- minderungsklasse TM_t	Gültigkeitszeitraum bis einschließl. zum Kalenderjahr	$\alpha_{\text{GWP},t}$
TM_{2020}	2020	1
TM_{2022}	2024	0,75
TM_{2024}	2026	0,65
TM_{2026}	2028	0,56
TM_{2028}	2030	0,48
TM_{2030}	2032	0,42
TM_{2032}	2034	0,36
TM_{2034}	2036	0,31
TM_{2036}	2038	0,27
TM_{2038}	2040	0,23
TM_{2040}	2042	0,14
TM_{2044}	2044	0,05
TM_{2046}	2046	0

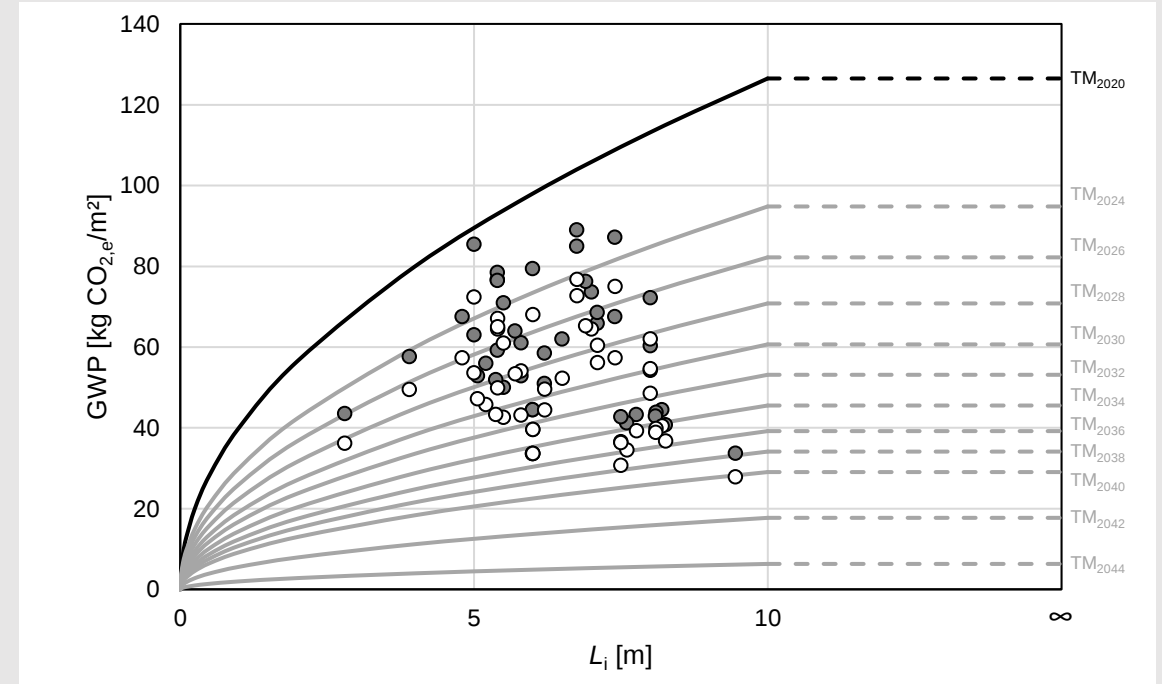


- Einordnung der Deckensysteme in die Treibhausgas-Minderungsklassen:

Ergebnisse der Umfrage



Ergebnisse der Umfrage mit Ökobeton

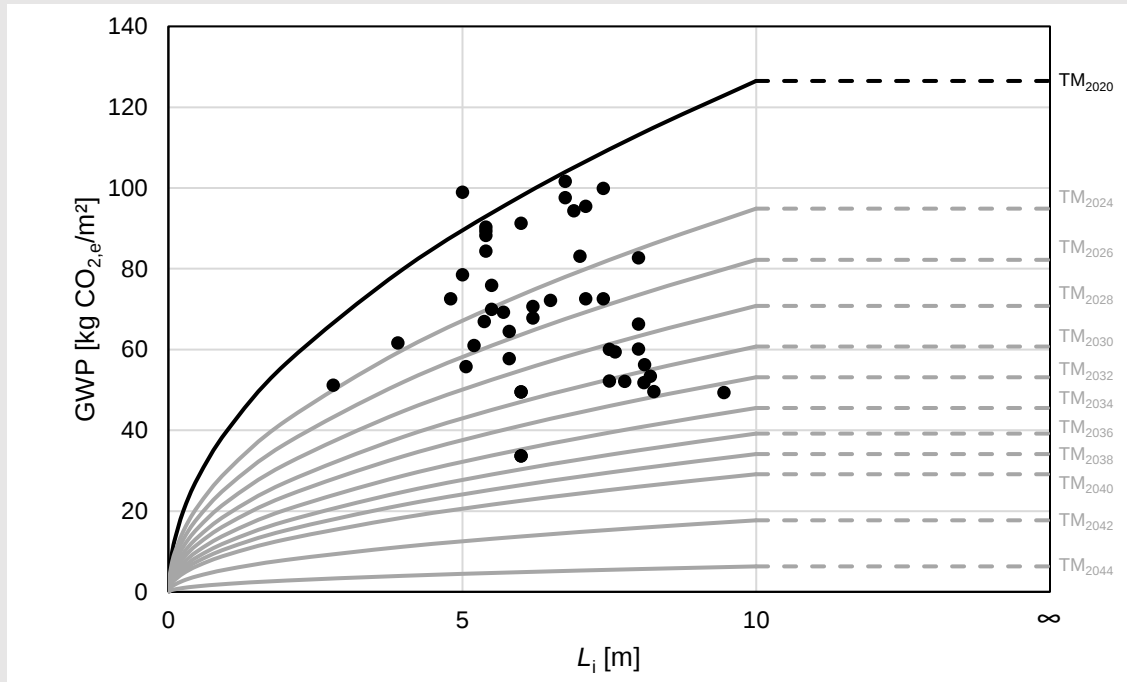


- Beton auf Basis von CEM II („Standard-Ökobeton“) [1]
- Beton auf Basis von μ CEM („Laborbeton“) [1]

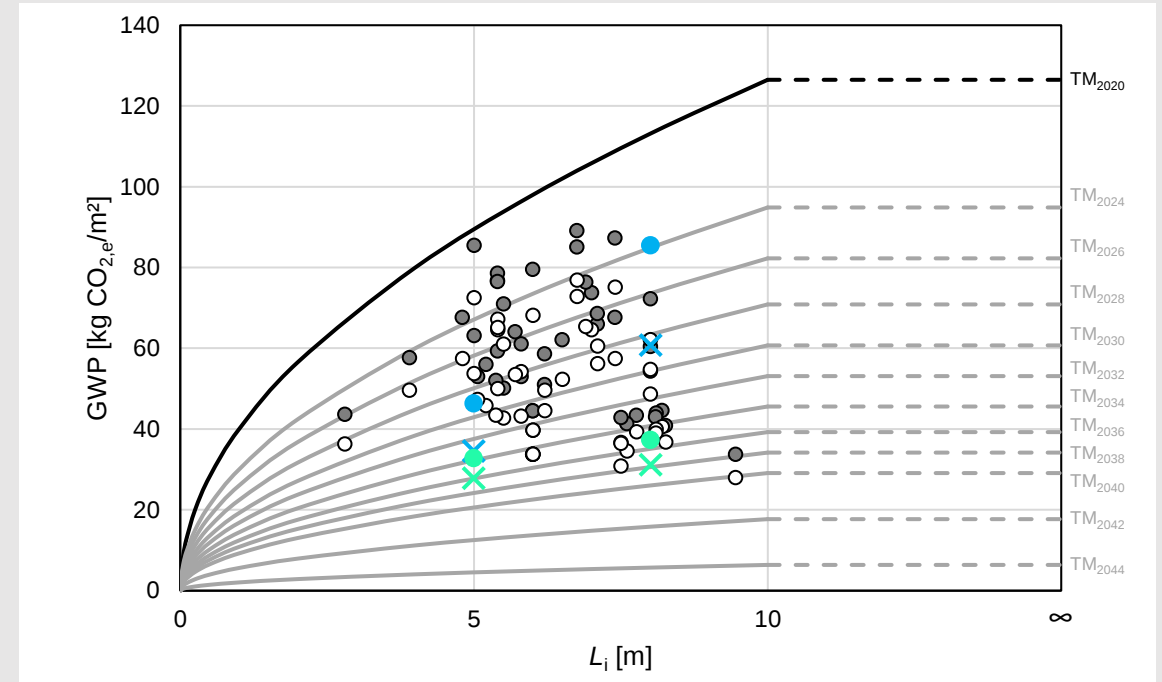
[1] Haist, M. et al.: Nachhaltig konstruieren und bauen mit Beton, in: Betonkalender 2022

- Einordnung der Deckensysteme in die Treibhausgas-Minderungsklassen:

Ergebnisse der Umfrage



Ergebnisse der Umfrage mit Ökobeton



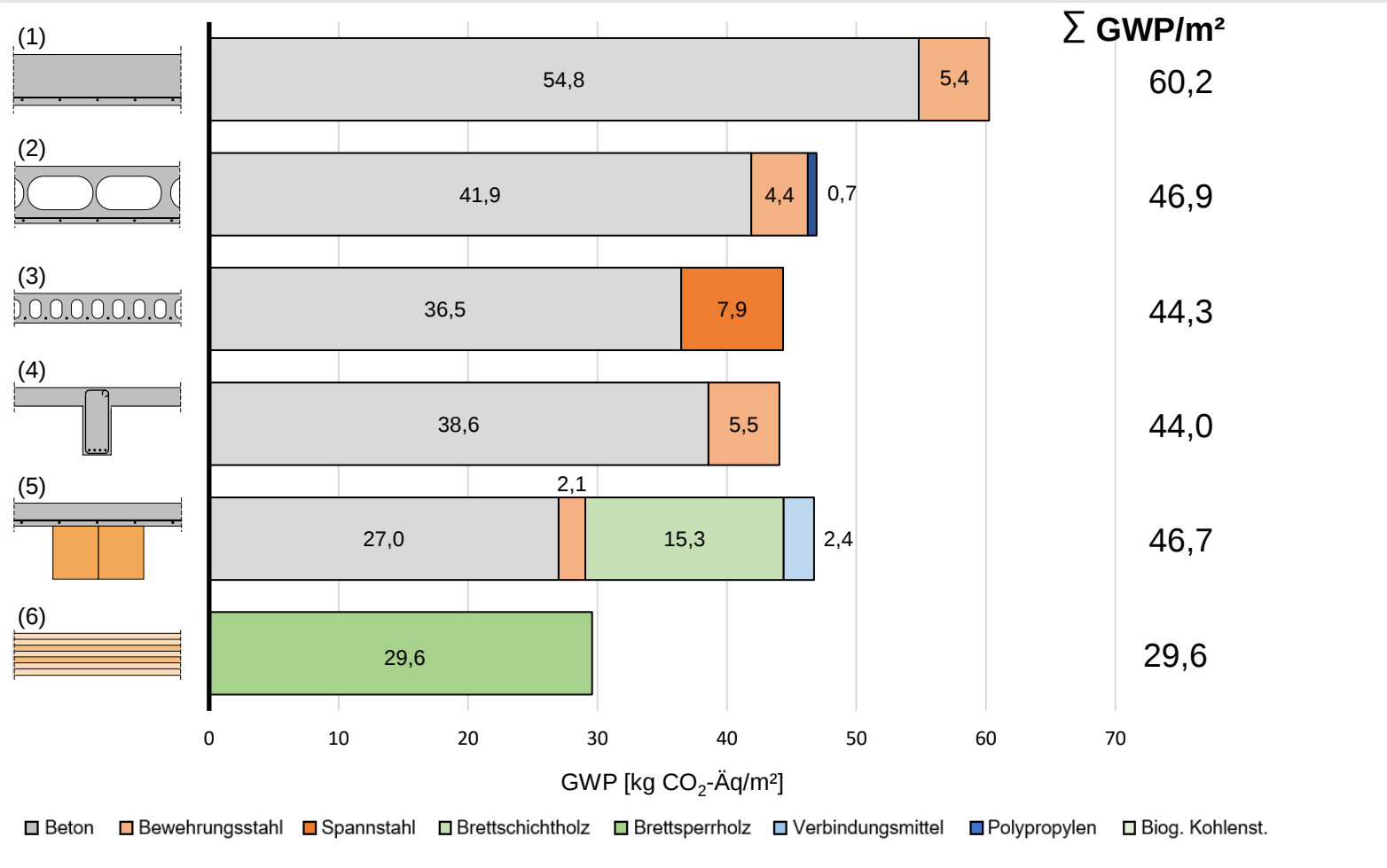
●/× SB-Massivdecke mit Normalbeton / Laborbeton [1]

●/× SB-Rippendecke mit Normalbeton / Laborbeton [1]

[1] Haist, M. et al.: Nachhaltig konstruieren und bauen mit Beton, in: Betonkalender 2022

DAfStb RiLi – Teil 1: Deckenbauteile

▪ Ökobilanz Deckensysteme – Gegenüberstellung (Module A1-A3, C3, C4):



[Heckmann, M.; Glock, C.: Ökobilanz im Bauwesen – Treibhausgasemissionen praxisüblicher Deckensysteme. Beton- und Stahlbetonbau 118 (2023), Heft 2, 2023, Berlin: Ernst & Sohn, 2023. S.110-123]

DAfStb RiLi – Zusammenfassung

- **Basis** der Richtlinie bilden **Referenzzustände für die Grauen Emissionen** (Herstellung und Entsorgung) auf Gebäudeebene und Bauteilebene (bisher Deckensysteme) für das **Jahr 2020**
- Ausgehend von Referenzzustand wird ein **kontinuierlicher Reduktionspfad** aufgezeigt, der den Anforderungen des Bundes-Klimaschutzgesetzes gerecht wird
- **Zweijährige Treibhausgasminderungsklassen** zur Vereinfachung und Verbesserung Planbarkeit
- **Einfaches Nachweisformat**, welches das **GWP des betrachteten Bauwerks/Bauteils** in das Verhältnis mit dem **jeweiligen Referenzzustand** setzt
- **Ziel** ist möglichst **breite Anwendung**, u.a. als **Vertragsbestandteil**, sowie als einheitliche **Orientierungshilfe** für alle Beteiligten der Wertschöpfungskette Bau

Gelbdruckverfahren läuft bis 03.11.2023
Wir sind gespannt auf Ihr Feedback!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christian Glock
Michael Heckmann, M. Sc.**

Rheinland-Pfälzische Technische Universität
Kaiserslautern-Landau

**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Michael Haist
Dr.-Ing. Tobias Schack**

Leibniz Universität Hannover
Institut für Baustoffe

Prof. Dr.-Ing. Udo Wiens

Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb)
Geschäftsführer