

FDB-Wissensreihe Nachhaltigkeit

Treibhauspotenzial vorgespannter Deckensysteme

1 Vorbemerkungen

Diese Publikation soll dabei unterstützen, ein optimales Deckensystem hinsichtlich des Treibhauspotenzials (GWP) eines Tragwerks auszuwählen. Im Fokus stehen vorgespannte Deckensysteme aus Betonfertigteilen mit unterschiedlichen Spannweiten. Die Ergebnisse beziehen sich auf das untersuchte Mustergebäude und lassen sich nicht ohne Weiteres auf andere Tragwerke übertragen.

2 Aufgabenstellung

2.1 Allgemeines

Decken aus Stahlbeton und Spannbeton weisen aufgrund ihres hohen Materialanteils ein beträchtliches Treibhauspotenzial auf und leisten somit einen wesentlichen Beitrag zum GWP des Tragwerks [1, 2]. Ihre konstruktive Ausbildung hat zudem Auswirkungen auf die Dimensionierung angrenzender Bauteile wie Unterzüge, Stützen und Fundamente.

Diese Publikation zeigt exemplarisch auf, dass sich durch eine gezielte Auswahl und Variation des Deckensystems Optimierungspotenziale für das gesamte Tragwerk erschließen lassen, die bei einer isolierten Betrachtung der Decke unentdeckt bleiben. Im Mittelpunkt der Untersuchung stehen dabei vorgespannte Deckensysteme aus Betonfertigteilen mit unterschiedlichen Spannweiten.

2.2 Mustergebäude

- Dreigeschossiges Bürogebäude
- Achs- und Rastermaße: Grundriss (Bild 1)
- Geschosshöhe: 3,50 m
- Bruttogeschossfläche 1.352 m²
- Einwirkungen:
 - Dachdecke $g_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$
 $q_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$
 - Geschossdecke $g_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$
 $q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$

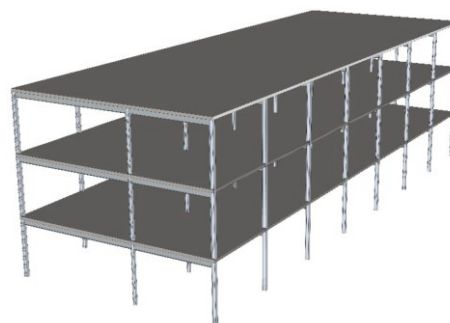


Bild 1: Grundriss des Mustergebäudes

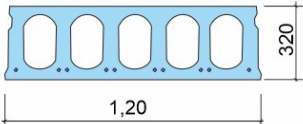
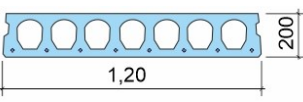
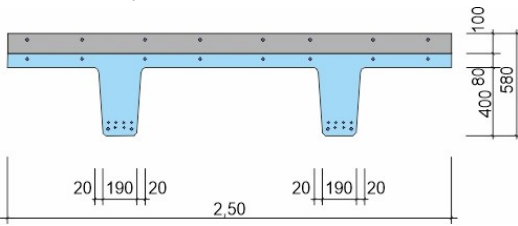
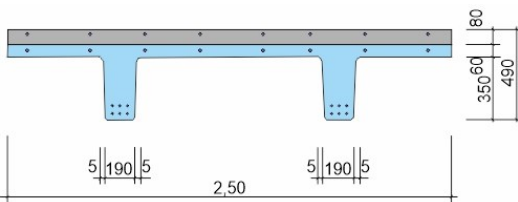
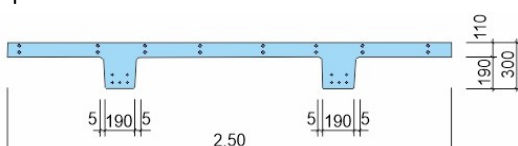
2.3 Vorgehensweise

Das betrachtete Tragwerk ist eine Stahlbeton-/Spannbetonkonstruktion und besteht aus

- Decken,
- Unterzügen,
- Stützen mit angeformten Einzelfundamenten,
- Treppenhauswänden,
- Bodenplatte.

Sechs Deckensysteme (Tabelle 1) mit unterschiedlichen statischen Systemen (Tabelle 2) wurden untersucht. Neben den Decken selbst wurden die Auswirkungen auf Unterzüge, Stützen und Fundamente analysiert. Treppenhauswände und Bodenplatte blieben bei allen untersuchten Varianten unverändert.

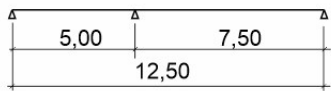
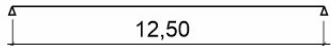
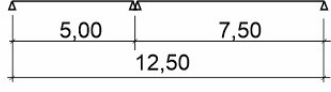
Tabelle 1: Deckensysteme

Nr.	Variante	Deckenstärke [mm]	Baustoffe	Spannweite [m]
V0	Ortbetondecke nicht vorgespannt 	250	Beton C30/37 Betonstahl B500A	7,50 + 5,00
V1	Spannbetonhohlplatte über 1 Feld 	320	Beton C35/45 Spannstahl St 1570/1770	12,50
V2	Spannbetonhohlplatte über 2 Felder 	200	Beton C35/45 Spannstahl St 1570/1770	7,50 + 5,00
V3	Vorgespannte TT-Platte mit Ortbetonerfüllung (Typ 4203 aus [3]) 	580 Steg: 400 Platte: 80 + 100	Beton Fertigteil C50/60 Ortbetonerfüllung C25/30 Betonstahl B500A Spannstahl St 1570/1770	12,50
V4	Vorgespannte TT-Platte mit Ortbetonerfüllung optimiert 	490 Steg: 350 Platte: 60 + 80	Beton Fertigteil C35/45 Ortbetonerfüllung C25/30 Betonstahl B500A Spannstahl St 1570/1770	12,50
V5	Vorgespannte TT-Platte ohne Ortbetonerfüllung optimiert 	300 Steg: 190 Platte: 110	Beton Fertigteil C35/45 Betonstahl B500A Spannstahl St 1570/1770	12,50

Für die weiteren Bauteile wurden folgende Baustoffe angenommen:

- Stützen, Unterzüge und Fundamente: Beton C30/37 und Betonstahl B500A
- Wände und Bodenplatte: Beton C25/30 und Betonstahl B500A

Tabelle 2: Statische Systeme der untersuchten Deckenvarianten

Nr.	Variante	Statisches System
V0	Ortbetondecke nicht vorgespannt: Durchlaufträger über 2 Felder	
V1	Spannbetonhohlplatte über ein Feld	
V2	Spannbetonhohlplatte über 2 Felder	
V3 bis V5	Vorgespannte TT-Platten über ein Feld	

Die Varianten V0 und V2 erfordern aufgrund der Ausbildung als Durchlaufträger bzw. Zweifeldsystem einen Mittelunterzug mit mittlerer Stützenreihe. Die Decken der Varianten V1 sowie V3 bis V5 spannen hingegen über die gesamte Gebäudebreite von 12,50 m, wodurch Mittelunterzug und mittlere Stützenreihe entfallen.

Die statische Berechnung des Tragwerks nach [4] wurde durch die FDB-Arbeitsgruppe „Vorgespannte Deckensysteme“ aufgestellt. Mit den sich daraus ergebenden Mengen für Beton, Betonstahl und Spannstahl wurde das GWP mit folgenden Ökobilanzdatensätzen ermittelt (Tabelle 3):

- Beton: Mittelwerte aus [5] (siehe auch [6]).
- Betonstahl: Daten der Ökobau.dat [7].
- Spannstahl: Umweltproduktdeklaration [8] (siehe auch [2]). In Ermangelung gemittelter Daten wird eine herstellereinspezifische Umweltproduktdeklaration verwendet. Hierbei ist zu beachten, dass sich diese Daten nicht ohne Weiteres auf Produkte anderer Hersteller übertragen lassen.

Tabelle 3: Datensätze für die Bilanzierung der Treibhausgasemissionen des Tragwerks

Baustoff	Einheit	GWP [kg CO _{2,e}]
Beton C25/30	1 m ³	186
Beton C30/37	1 m ³	201
Beton C35/45	1 m ³	225
Beton C50/60	1 m ³	280
Betonstahl	1 t	475
Spannstahl	1 t	1852

3 Ergebnisse

3.1 Treibhauspotenzial der Bauteile

Die CO_{2,e}-Werte der einzelnen Bauteile für die Varianten V0 bis V5 sind in Tabelle 4 zusammengefasst und in Bild 2 grafisch dargestellt.

Die CO_{2,e}-Werte der Varianten V0 (Ortbeton), V1 (Spannbetonhohlplatte über ein Feld) und V3 (vorgespannte TT-Platte mit Ortbetongergänzung) unterscheiden sich trotz abweichender statischer Systeme nur geringfügig. Deutlich niedrigere CO_{2,e}-Werte weisen hingegen die Varianten V2 (Spannbetonhohlplatte über zwei Felder), V4 (optimierte TT-Platte mit Ortbetongergänzung) und V5 (optimierte TT-Platte ohne Ortbetongergänzung) auf.

Tabelle 4: CO_{2,e}-Werte der einzelnen Bauteile

Varianten	V0	V1	V2	V3	V4	V5
	Treibhauspotenzial (GWP) der Bauteile [t CO _{2,e}]					
Stützen	4,5	3,1	4,1	3,1		
Unterzüge	7,2	5,2	8,0	5,2		
Decken	76,3	87,8	60,4	92,6	63,0	59,3
Fundamente	10,9	5,8	5,0	5,8		
Wände	21,2					
Bodenplatte	14,4					
Summe	134,4	137,6	113,2	142,3	112,8	109,0

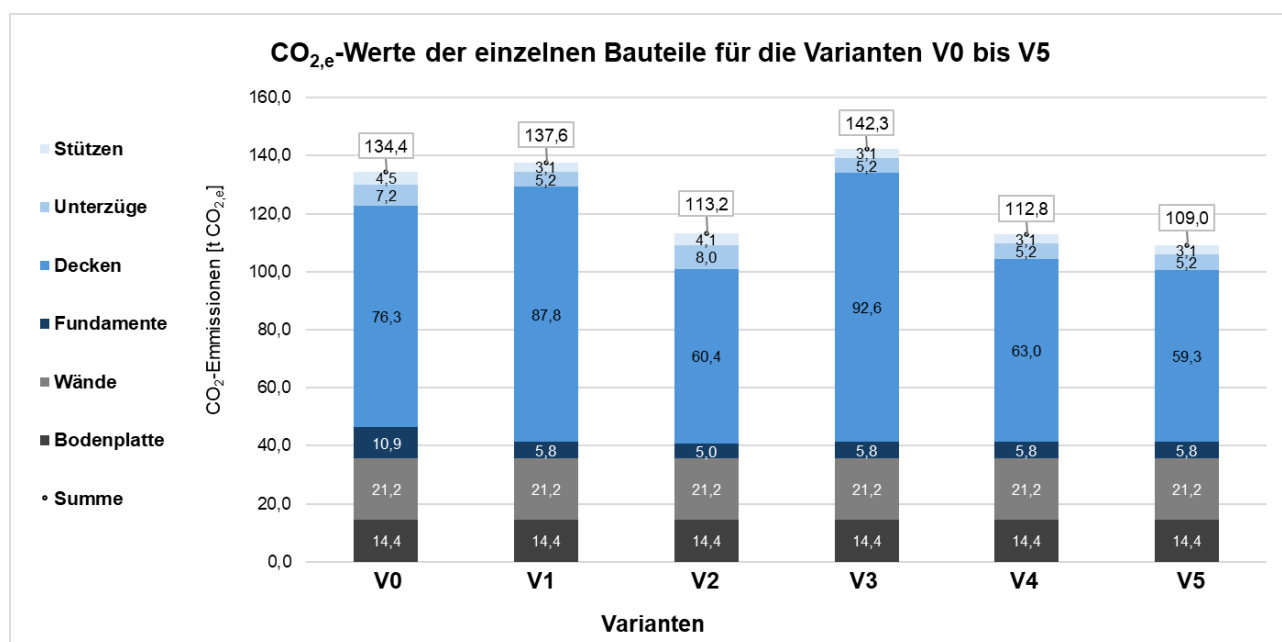


Bild 2: CO_{2,e}-Werte der einzelnen Bauteile

3.2 Einordnung nach DAfStb-Richtlinie „Treibhausgasreduzierte Tragwerke“ [1]

Die Gesamtbilanzierung des Tragwerkes erfolgt nach [1], Teil 1. Hierfür wird zunächst die Summe der CO_{2,e}-Werte der untersuchten Varianten auf die Bruttogeschossfläche (BGF = 1.352 m²) bezogen.

Die zulässigen Grenzwerte für das Referenzjahr 2020 sind in [1], Tabelle A.1 angegeben. Die Grenzwerte sollen laut [1] zunächst sicherstellen, dass keine Tragkonstruktionen aus Beton-, Stahlbeton- oder

Spannbetonbauteilen vom Markt ausgeschlossen werden und dienen als Startwerte für die Optimierung der Tragkonstruktion.

Für die Ableitung dieser Grenzwerte wurden drei Quellen herangezogen [9, 10, 11]. Bei diesen Quellen war der Bilanzierungsrahmen nicht immer vollständig nachvollziehbar. Zudem zeigten die Auswertungen der drei Quellen Streuungen, die auf unterschiedliche Datengrundlagen, unterschiedliche Auswahl der Module und der berücksichtigten Gebäudebestandteile sowie auf den Flächenbezugswert (BGF oder NRF) zurückzuführen sind. Aufgrund der genannten Unsicherheiten sollen die Grenzwerte in regelmäßigen Abständen überprüft und bei Bedarf angepasst werden.

Erläuterungen zu den Grenzwerten und deren Ableitung sowie zu den Treibhausgas-Minderungsklassen sind in [1] enthalten.

Für Bürogebäude beträgt der Grenzwert $320 \text{ kg CO}_{2,e}/\text{m}^2_{\text{BGF}}$. Mit Hilfe des relativen Grenzwertes für THG-Emissionen α_{GWP} erfolgt eine Einordnung in eine Treibhausgas-Minderungsklasse TM_{-xx} (Tabelle 5).

Tabelle 5: $\text{CO}_{2,e}$ -Werte bezogen auf die Bruttogeschossfläche (BGF = 1.352 m^2) und Einordnung in Treibhausgas-Minderungsklassen nach [1]

Ergebnisse	Referenzwerte (Bürogebäude)	Varianten					
		V0	V1	V2	V3	V4	V5
Summe GWP bezogen auf BGF [$\text{kg CO}_{2,e}/\text{m}^2_{\text{BGF}}$]	320	99,4	101,8	83,7	105,3	83,4	80,7
Relativer Grenzwert für THG-Emissionen α_{GWP} [-]	1,0	0,31	0,32	0,26	0,33	0,26	0,25
Treibhausgas-Minderungsklasse TM_{-xx}	TM_{ref}	TM_{-60}	TM_{-60}	TM_{-70}	TM_{-60}	TM_{-70}	TM_{-70}

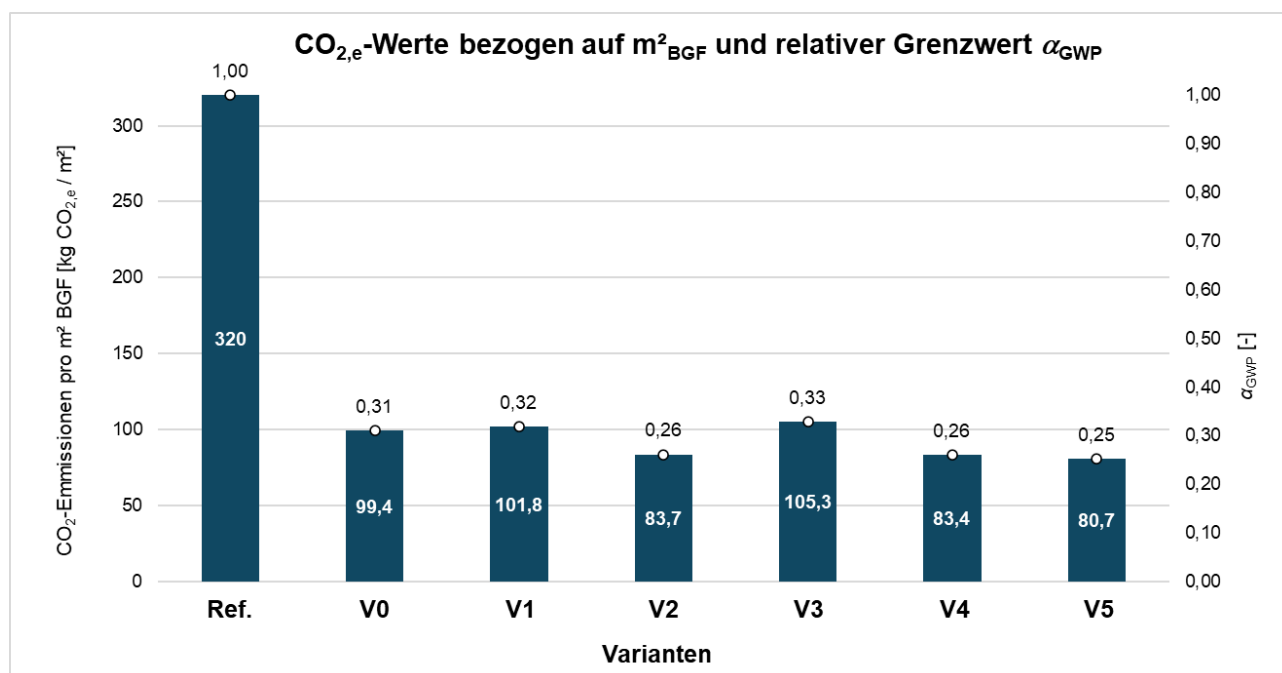


Bild 3: $\text{CO}_{2,e}$ -Werte bezogen auf die Bruttogeschossfläche (BGF = 1.352 m^2) und relative Grenzwerte für THG-Emissionen α_{GWP}

Die Varianten V0 (Ortbeton), V1 (Spannbetonhohlplatte über 1 Feld) und V3 (TT-Platte mit Ortbetonergänzung) erreichen eine Treibhausgas-Minderungsklasse TM_{-60} . Das entspricht einer Unterschreitung des zulässigen Grenzwertes von 60 % ($\alpha_{\text{GWP}} < 0,40$). Die Varianten V2 (Spannbetonhohlplatte über 2 Felder), V4 (optimierte TT-Platte mit Ortbetonergänzung) und V5 (optimierte TT-Platte ohne Ortbetonergänzung) können sogar in die Treibhausgas-Minderungsklasse TM_{-70} eingeordnet werden. Sie unterschreiten damit den zulässigen Grenzwert um mehr als 70 % ($\alpha_{\text{GWP}} < 0,30$).

4 Fazit

Deckensystem und Gesamttragwerk stehen in einem wechselseitigen Zusammenhang, der bei der Planung systematisch berücksichtigt werden sollte. Die Wahl eines geeigneten Deckensystems beeinflusst einerseits das Tragwerk selbst, wird aber andererseits durch dessen statische und konstruktive Randbedingungen mitbestimmt.

Durch eine gezielte Anpassung und Optimierung der Tragkonstruktion lassen sich nicht nur signifikante Materialeinsparungen, sondern auch erhebliche Senkungen der Treibhausgasemissionen des Gesamttragwerks realisieren. Insbesondere vorgespannte Deckensysteme ohne Mittelunterzüge und Stützenreihen bieten hierbei hohe Einsparpotenziale.

Eine isolierte Betrachtung der Decke greift deutlich zu kurz. Bereits in frühen Planungsphasen empfiehlt sich eine ganzheitliche Betrachtung und Bilanzierung des Gesamttragwerks, um alle vorhandenen Optimierungsmöglichkeiten effektiv nutzen zu können. Diese Vorgehensweise trägt wesentlich dazu bei, nachhaltiges und ressourceneffizientes Bauen erfolgreich umzusetzen.

5 Literatur und Regelwerke

- [1] DAfStb-Richtlinie „Treibhausgasreduzierte Tragwerke aus Beton, Stahlbeton oder Spannbeton“ (2024-08).
- [2] Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e.V., Merkblatt Nr. 10 zum nachhaltigen Bauen mit Betonfertigteilen (aktuelle Ausgabe über www.fdb-fertigteilebau.de).
- [3] Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e.V., Betonfertigteile im Geschoss- und Hallenbau (zu beziehen über www.fdb-fertigteilebau.de).
- [4] DIN EN 1992-1-1:2011-01 Eurocode 2 Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau mit A1-Änderung:2015-03 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 Nationaler Anhang mit A1-Änderung:2015-12.
- [5] Umweltproduktdeklarationen für verschiedene Betondruckfestigkeitsklassen. InformationsZentrum Beton, Düsseldorf 2023.
- [6] Nachhaltig Bauen mit Beton – Begleitbroschüre zu den Umweltproduktdeklarationen Beton. InformationsZentrum Beton, Düsseldorf, Januar 2025.
- [7] Ökobau.dat 2023-I vom 15.06.2023. Baustoffdatenbank des Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat (BMI).
- [8] Nedri Spanstaal BV (2022) Prestressing steel (strand and wire) for application in prestressed concrete. Environmental Product Declaration 1.1.00267.2021. Stichting MRPI, Den Haag.
- [9] Réglementation Environnementale 2020 (RE2020).
- [10] Benchmarks für die Treibhausgasemissionen der Gebäudekonstruktion – Ergebnisse einer Studie mit 50 Gebäuden. Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen – DGNB e.V., August 2021; letzter Aufruf 29.08.2025: https://static.dgnb.de/fileadmin/dgnb-ev/de/themen/Klimaschutz/Toolbox/102021_Studie-Benchmarks-fuer-die-Treibhausgasemissionen-der-Gebaeudekonstruktion.pdf.
- [11] Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG) des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, siehe www.qng.info.

© FDB 2025

Herausgeber: Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e.V. – Mittelstraße 2-10 – 53175 Bonn

Internet: www.fdb-fertigteilebau.de – E-Mail: info@fdb-fertigteilebau.de, Tel. 0228 9545656

Die Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e. V. ist der technische Fachverband für den konstruktiven Betonfertigteilebau. Die FDB vertritt die Interessen ihrer Mitglieder national und international und leistet übergeordnete Facharbeit in allen wesentlichen Bereichen der Technik.