

CO₂-Bilanzierung und Wirtschaftlichkeit von Holzaufstockungen auf Bürogebäuden

Kolloquium: WS 24/25

Vorgelegt von: Mier Ali

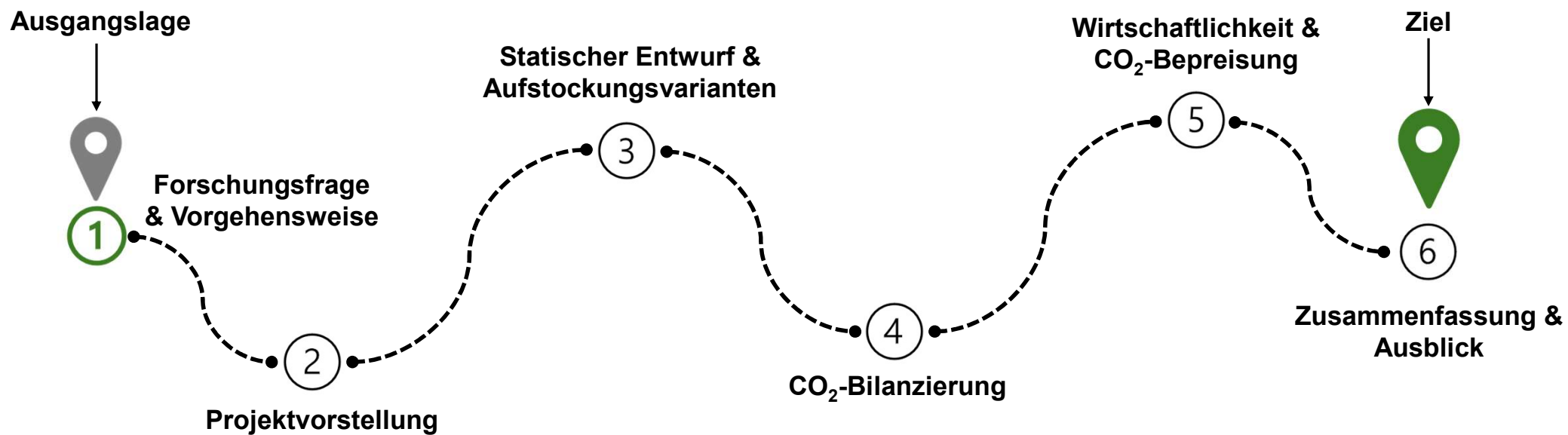
Matrikelnummer: 1002891

Datum: 20.01.2025

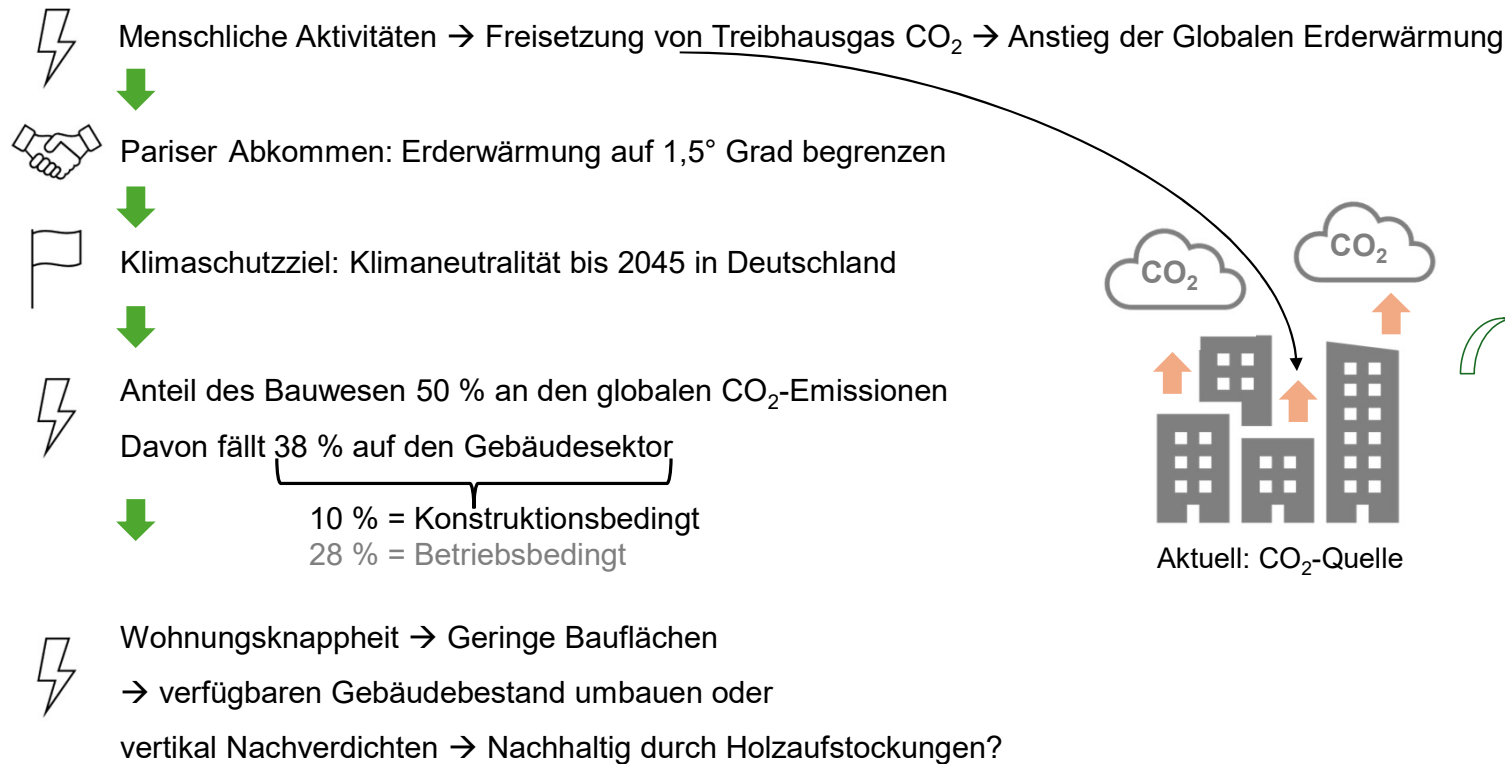
Erstgutachter: Prof. Dr.-Ing. Kai Kürschner

Zweitgutachter: M. Eng. Marcel Stark

AGENDA



AUSGANGSLAGE



FORSCHUNGSFRAGE

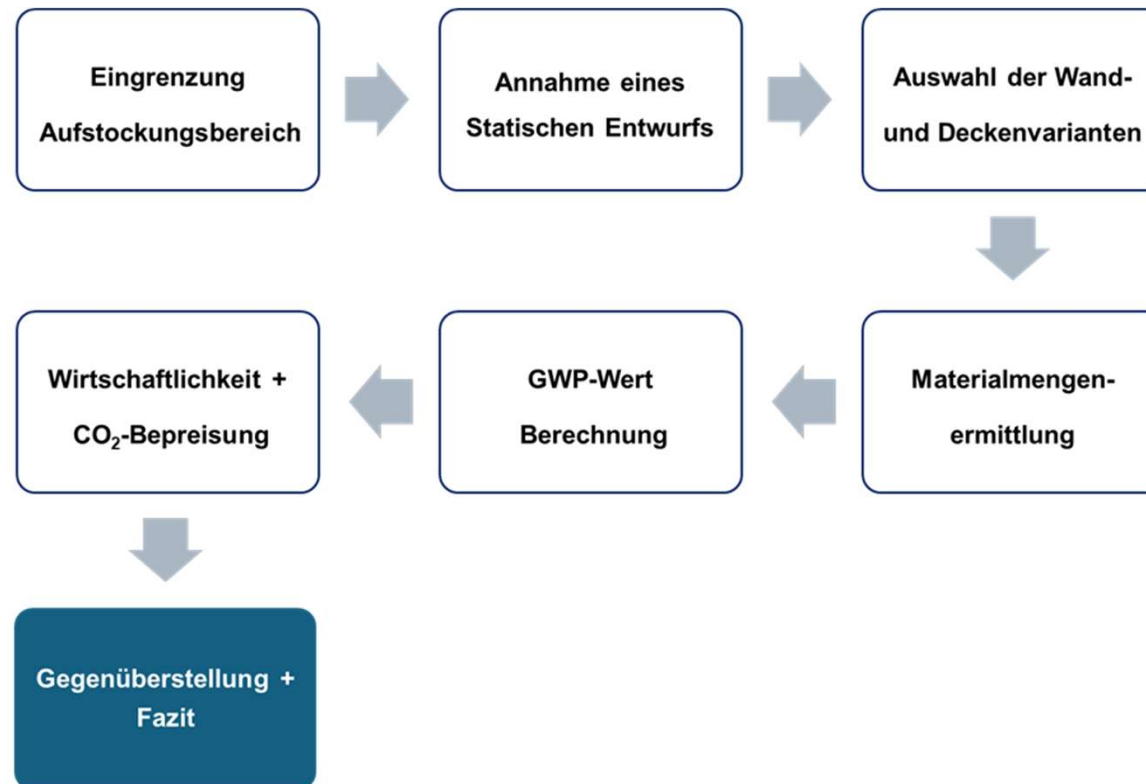
1

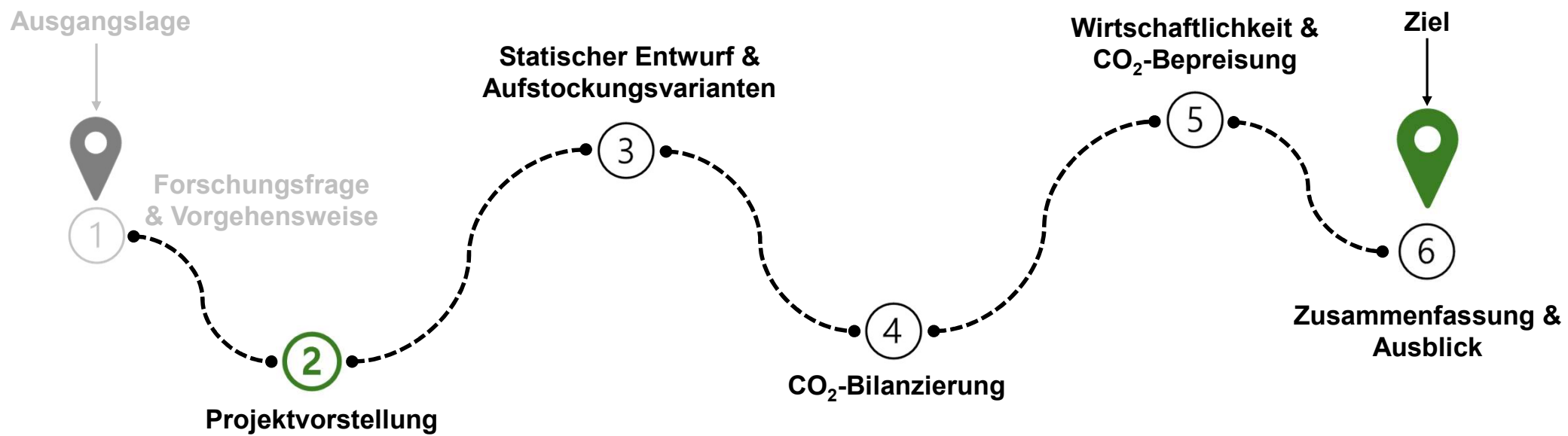
Kann eine Aufstockung in der Holzbauweise die
Lösung für eine nachhaltige Nachverdichtung bilden?



VORGEHENSWEISE

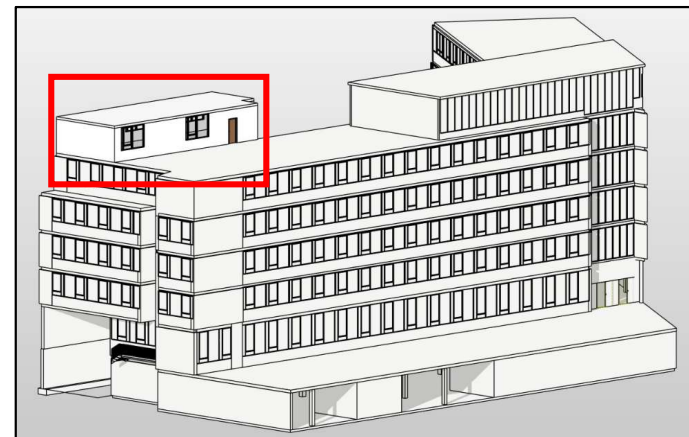
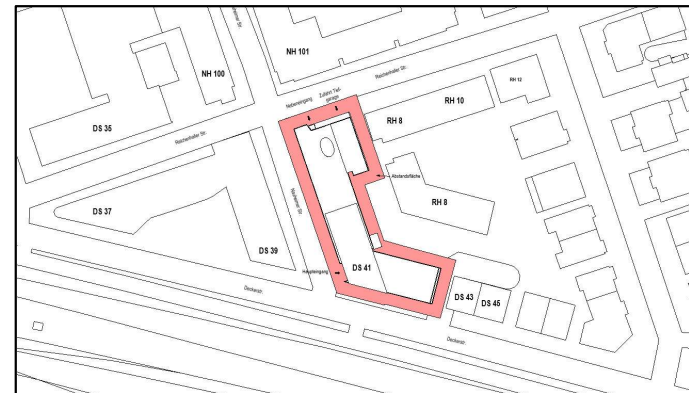
1





PROJEKTVORSTELLUNG

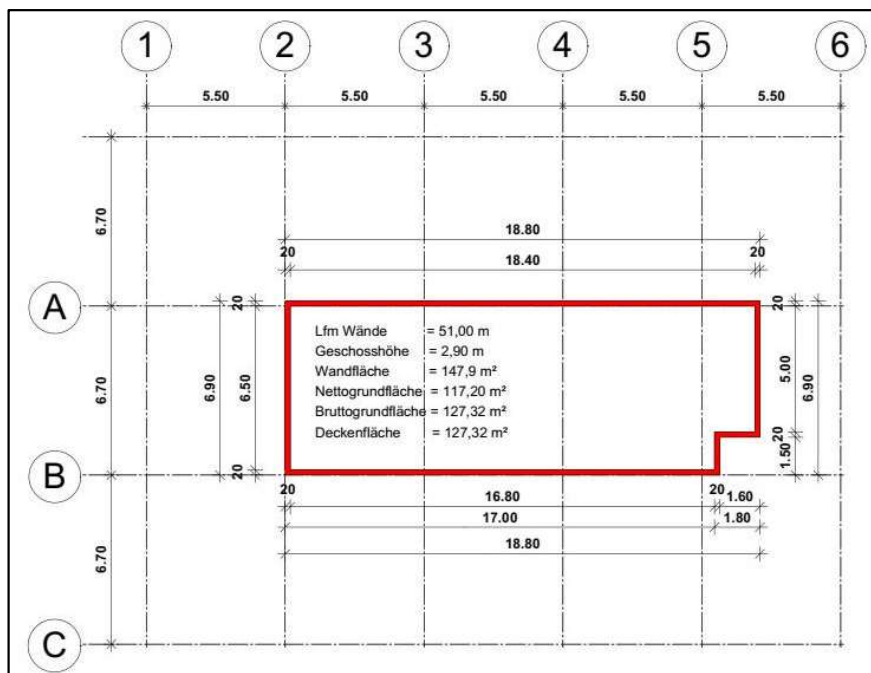
- Deckerstrasse 41 in Stuttgart-Bad Cannstatt
- Büro– und Verwaltungsgebäude
- Baujahr: 1997
- Skelettbauweise
- 6 Obergeschosse, 1 Untergeschoss
- Grundstücksgröße: 2.247 m²
- Gesamtfläche: 5.101 m²



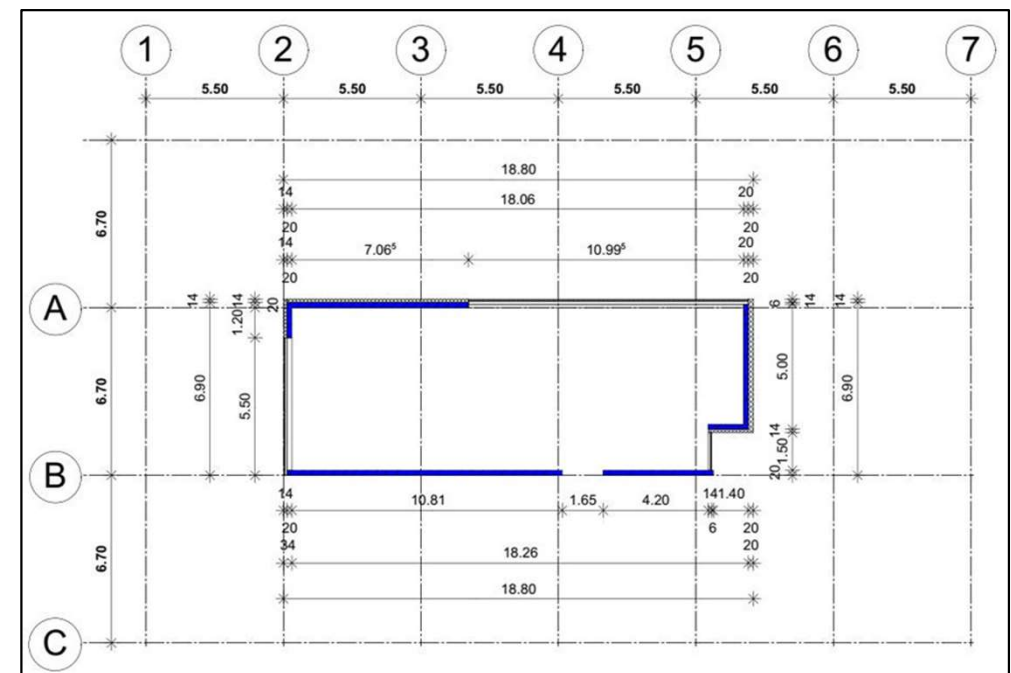
PROJEKTVORSTELLUNG

2

5.OG Grundriss Aufstockungsbereich



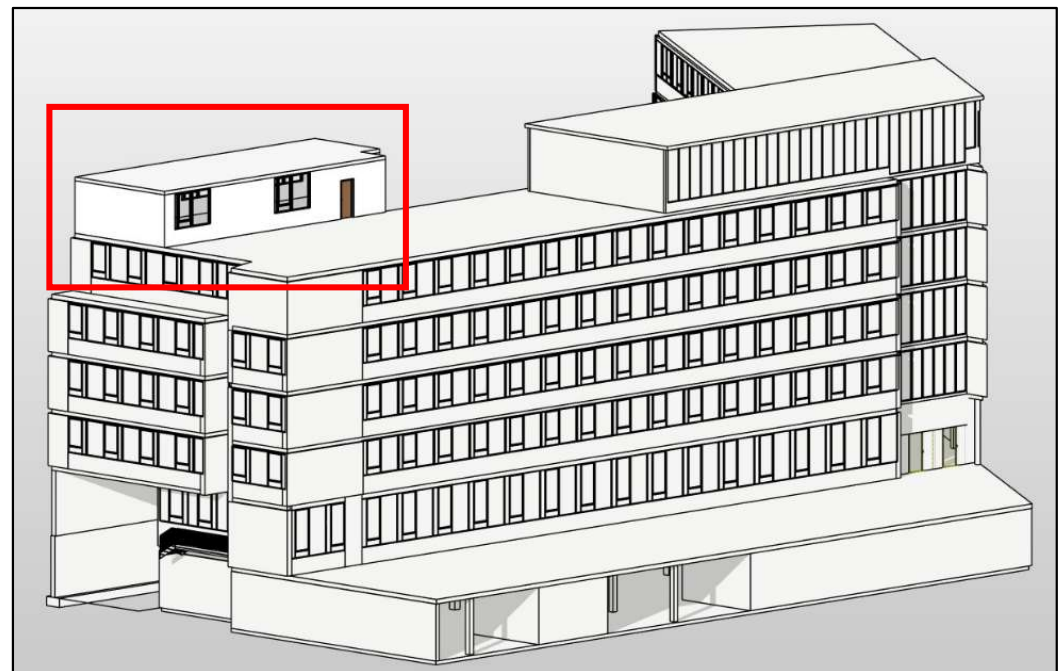
4.OG Grundriss unterhalb Aufstockungsbereich

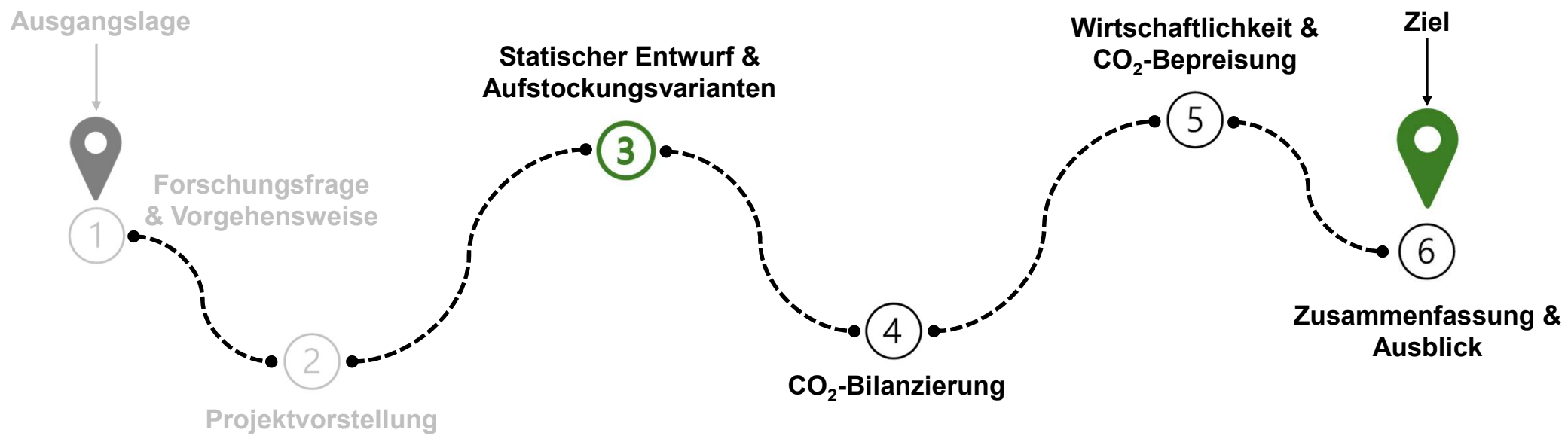


PROJEKTVORSTELLUNG

2

Eckdaten für fiktive Aufstockung		
Bezeichnung	Einheit	Fläche
Brutto-Wandfläche	m ²	147,90
Abzüglich Fenster	m ²	23,44
Abzüglich Tür	m ²	2,16
Netto-Wandfläche	m ²	122,30
Netto-Grundfläche	m ²	117,20
Brutto-Grundfläche	m ²	127,32
Deckenfläche	m ²	127,32



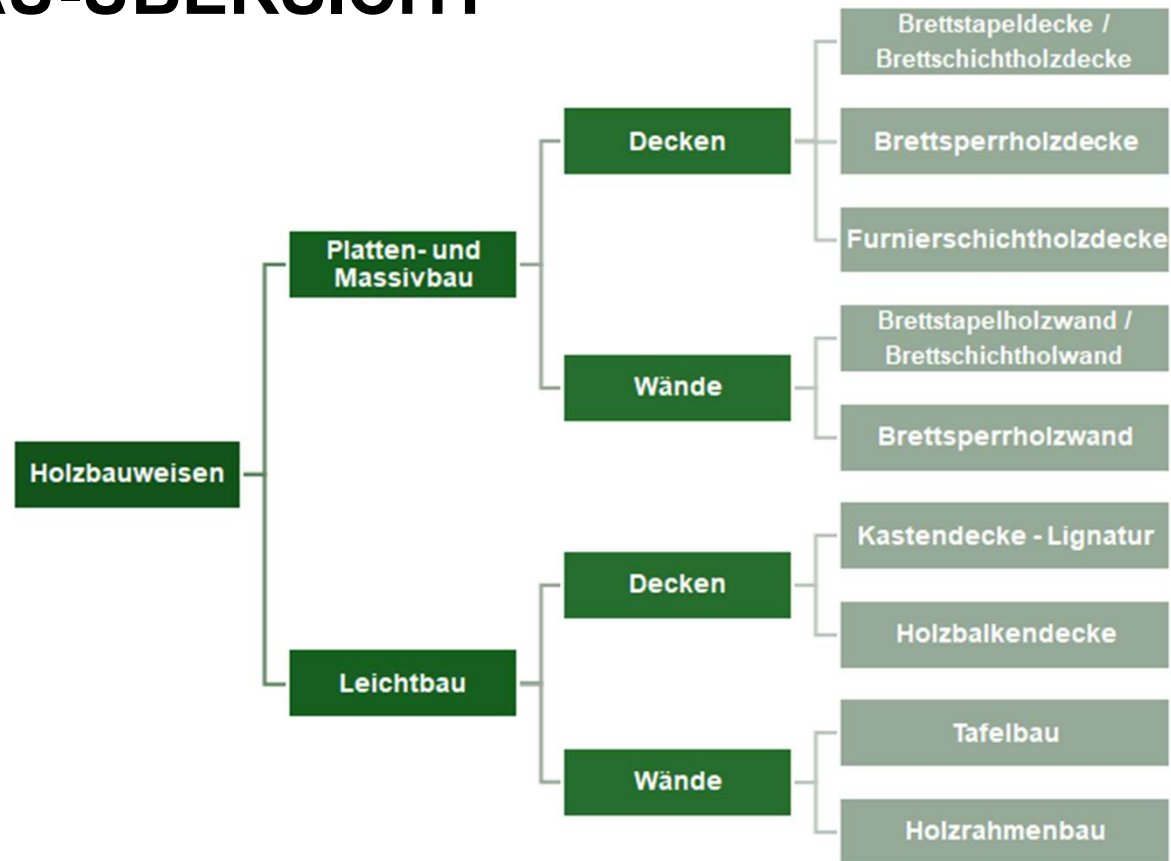


STATISCHER ENTWURF

3

Variante	Spannweite L [m]	Schlankheit	Deckenhöhe
Brettsperrholzdecke	6,90 $\approx$ 7,00	L/29 – L/23	240
Brettschichtholzdecke	6,90 $\approx$ 7,00	L/35 – L/30	200
Holzbetonverbunddecke	6,90 $\approx$ 7,00	L/28 – L/22	230
Kastendecke–Lignatur	6,90 $\approx$ 7,00	L/30 – L/26	250
Stahlbeton-Flachdecke	6,90 $\approx$ 7,00	L/35	280
Spannbeton–Fertigteildecke	6,90 $\approx$ 7,00	L/25	200

HOLZBAU-ÜBERSICHT



HOLZBAU

Aufstockungsvarianten in der Holzbauweise

Wandvariante	Zusammensetzung	Wandstärke
Holztafelwand	16 cm Holzständerwerk + 2 x 20 mm OSB 3- Beplankung	20 cm
Brettsperrholzwand	Brettsperrholz	20 cm
Brettschichtholzwand	Brettschichtholz	20 cm

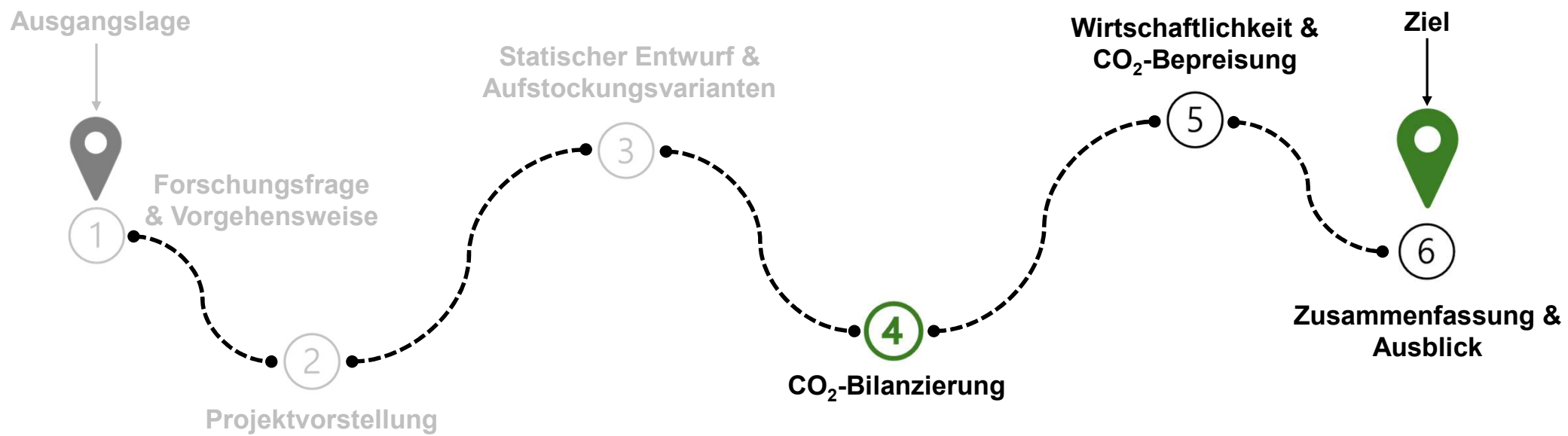
Deckenvariante	Zusammensetzung	Deckenstärke
Brettsperrholzdecke	Brettsperrholz	24 cm
Brettschichtholzdecke	Brettschichtholz	20 cm
Kastendecke-Lignatur	Horizontale- und Vertikale Rippen aus Konstruktionsvollholz	25 cm
HBV-Decke	2/3 Brettstapelholz 1/3 Stahlbeton mit C50/60 Normalbeton + Betonstahlmatten Q524A	23 cm

MASSIVBAU

Aufstockungsvarianten in der Massivbauweise

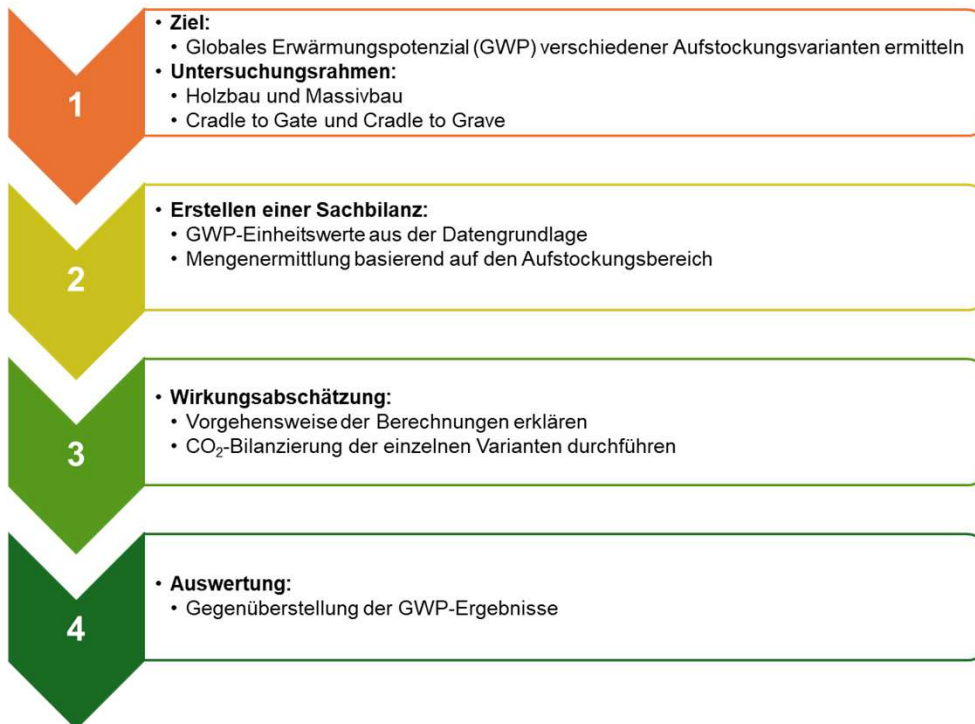
Wandvariante	Zusammensetzung	Wandstärke
Stahlbetonwand mit Normalbeton	Normalbeton C30/37 + Betonstahlmatten Q524 A	20 cm
Stahlbetonwand mit Ökobeton	Holcim EcoPact C30/37 + Betonstahlmatten Q524 A	20 cm
Stahlbetonwand mit Recyclingbeton	Holcim EcoPact R C30/37 + Betonstahlmatten Q524 A	20 cm

Deckenvariante	Zusammensetzung	Deckenstärke
Stahlbetondecke mit Normalbeton	Normalbeton C30/37 + Betonstabstahl B500 A	28 cm
Stahlbetondecke mit Ökobeton	Holcim EcoPact C30/37 + Betonstabstahl B500 A	28 cm
Stahlbetondecke mit Recyclingbeton	Holcim EcoPact R C30/37 + Betonstabstahl B500 A	28 cm
Spannbeton-Fertigdecke	Deckentyp: A20B Beton C40/45 + Spannstahl	20 cm



CO₂-BILANZIERUNG

Vorgehensweise einer CO₂-Bilanzierung:



CO₂-BILANZIERUNG

4

Untersuchte Lebenszyklusphasen nach
DIN EN 15643:

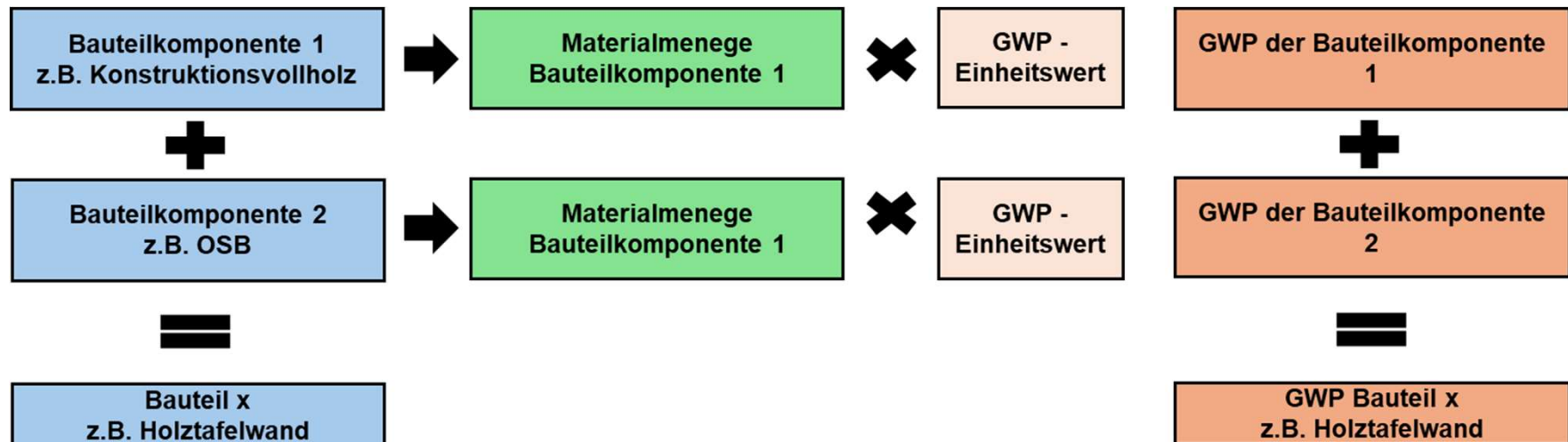
- Herstellungsphase A1-A3
- Abfallbehandlung C3
- Kombiniert A1-A3 + C3

INFORMATIONEN ZUR BEWERTUNG VON BAUWERKEN										
INFORMATIONEN ZUM LEBENSZYKLUS VON BAUWERKEN								INFORMATIONEN AUSSERHALB DES LEBENSZYKLUS DES BAUWERKS		
A0	A1-3	A4-5	B1-8					C1-4	D	
PLANUNGS- PHASE	HERSTEL- LUNGSPHASE	ERRICHTUNGS- PHASE	NUTZUNGSPHASE					ENTSORGUNGS- PHASE	VORTEILE UND BELASTUNGEN AUSSERHALB DER SYSTEMGRENZE	
Nicht-physikalische Prozesse vor der Errichtung, Konstruierung, Herstellung, Erwerb von Land/Bauland und Planung	Materialversorgung Transport Herstellung	Transport Errichtung – Baufelderschließung, Rückbau vorhandener Bauwerke, Installationsprozesse	B 1 Nutzung, installierte Produkte	B 2 Instandhaltung	B 3 Instandsetzung	B 4 Austausch	B 5 Modernisierung	Rückbau Transport Abfallbehandlung für Wiederverwendung, Recycling und Energierückgewinnung Entsorgung	D1 Nettoflüsse aus Wiederverwendung, Recycling, Energierückgewinnung und anderen Verwertungsverfahren	D2 Exportierte Versorgungsmedien (z. B. elektrische Energie, thermische Energie, Trinkwasser)
A0	A1-A3	A4 A5	B 6 Energieeinsatz für den Betrieb	B 7 Wassereinsatz für den Betrieb	B 8 Nutzeraktivitäten			C1 C2 C3 C4		

CO₂-BILANZIERUNG

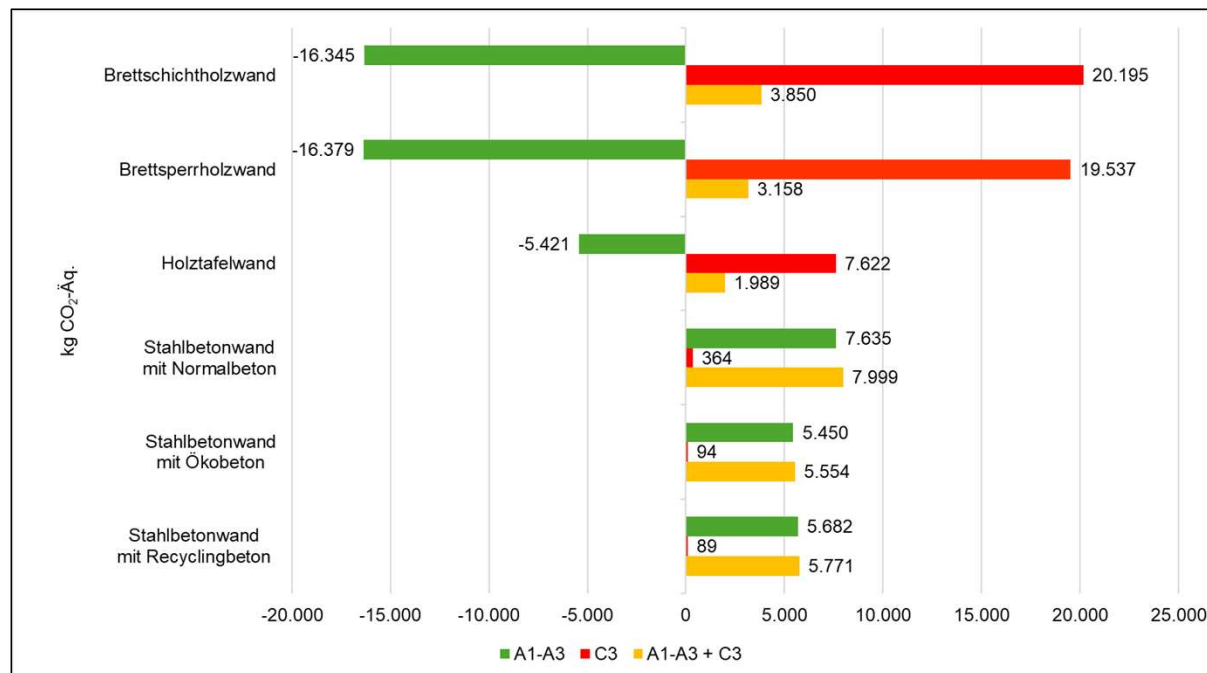
4

Berechnungsschema der CO₂-Bilanzierung:



GEGENÜBERSTELLUNG-WÄNDE

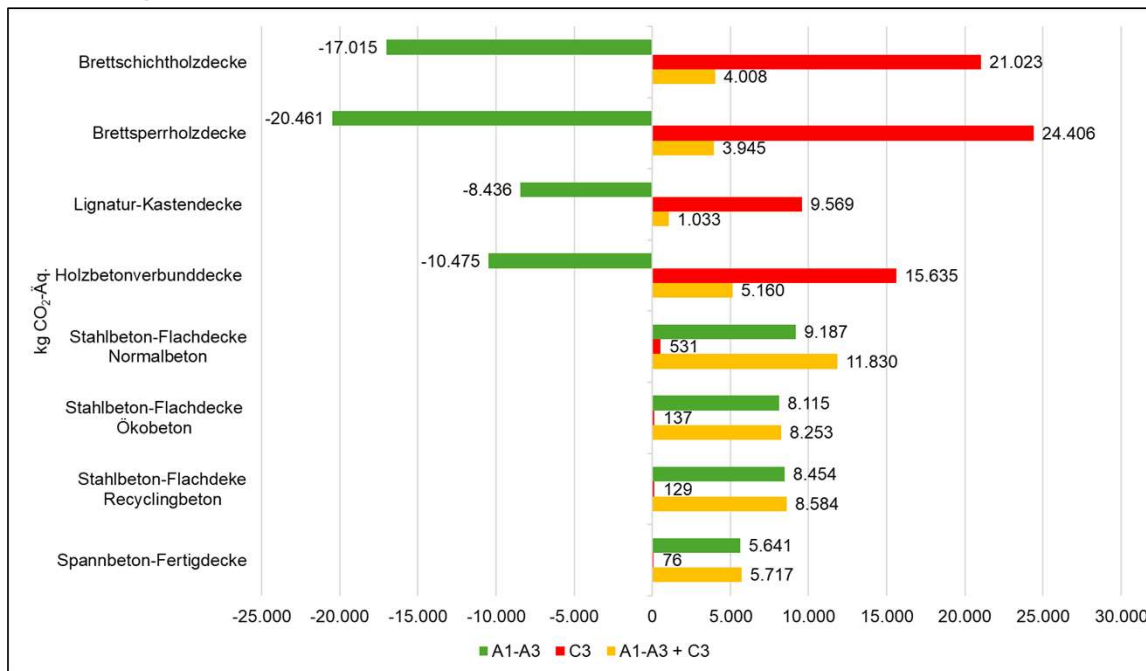
GWP-Ergebnisse-Wände:



- Klimafreundlichste Wandvariante: Holztafelwand
- Klimaunfreundlichste Variante: Stahlbetonvariante mit Normalbeton
- Einsparungspotenzial durch den Einsatz von Ökobeton & Recyclingbeton
- Normalbeton < Recyclingbeton < Ökobeton

GEGENÜBERSTELLUNG-DECKEN

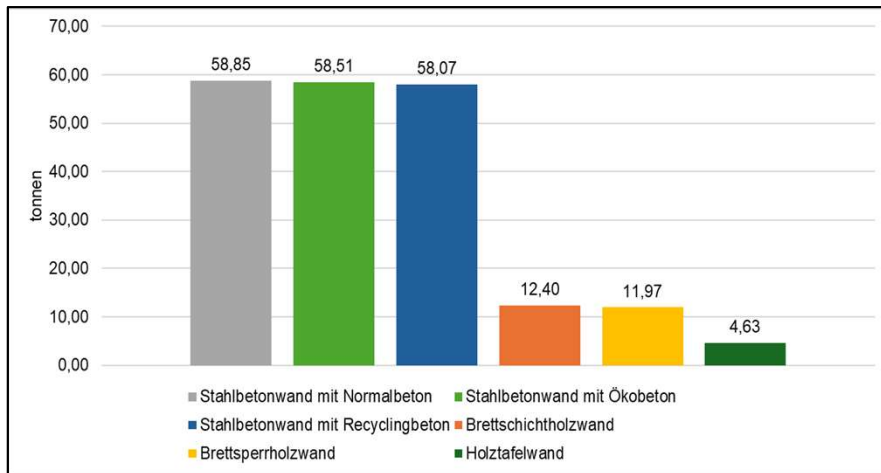
GWP-Ergebnisse-Decken:



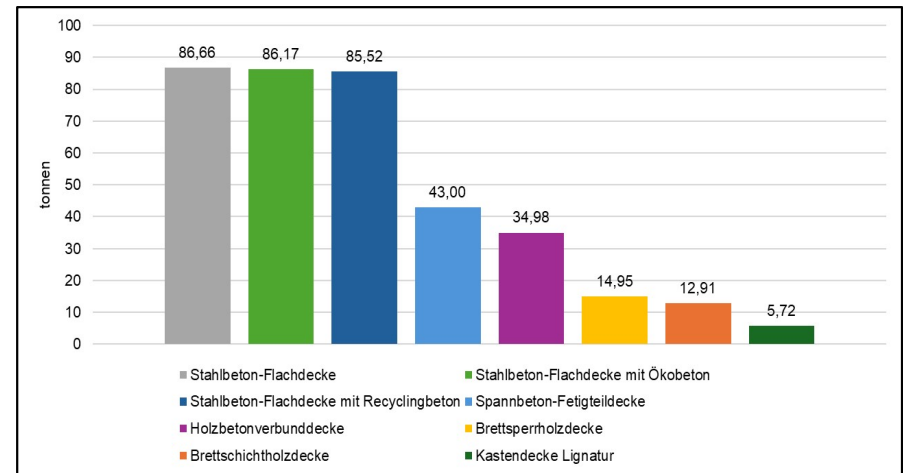
- Klimafreundlichste Deckenvariante: Lignatur-Kastendecke
- Klimaunfreundlichste Variante: Stahlbetonvariante mit Normalbeton
- Einsparungspotenzial durch den Einsatz von Ökobeton
- Normalbeton < Recyclingbeton < Ökobeton
- Holzbauvarianten > Hybridlösung > Stahlbetonvarianten

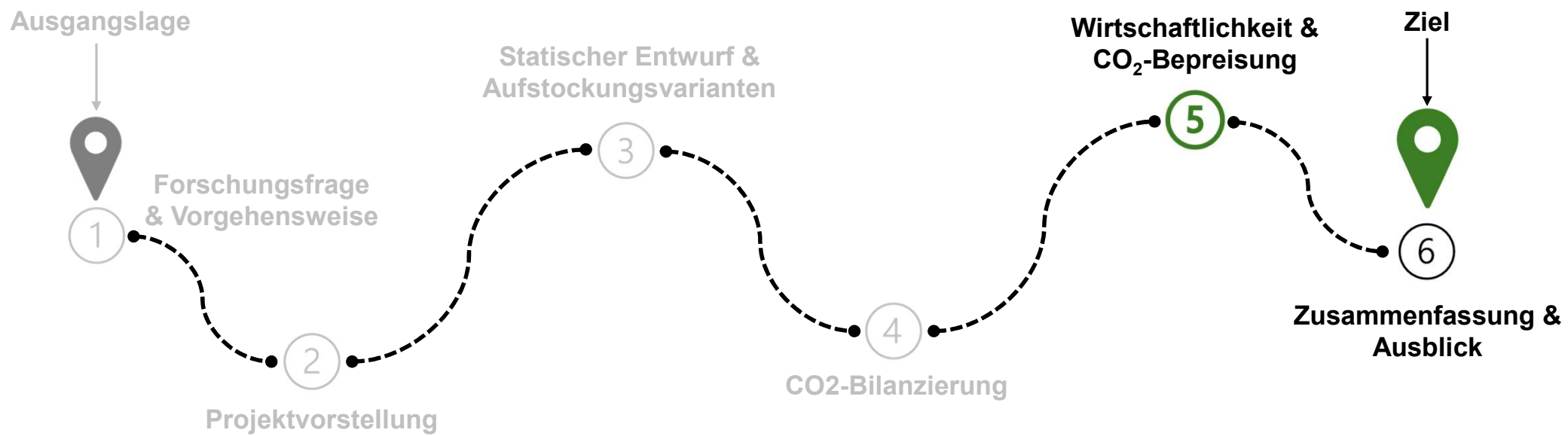
AUFSTOCKUNGSGEWICHT

Aufstockungsgewicht der Wandvarianten:



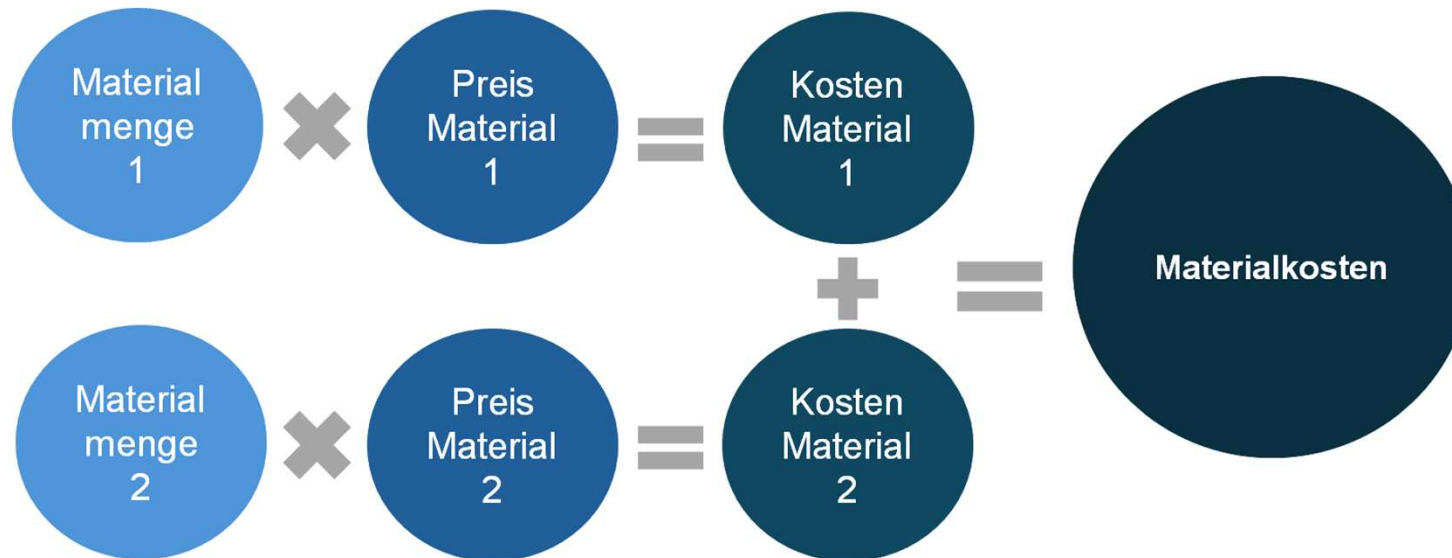
Aufstockungsgewicht der Deckenvarianten:





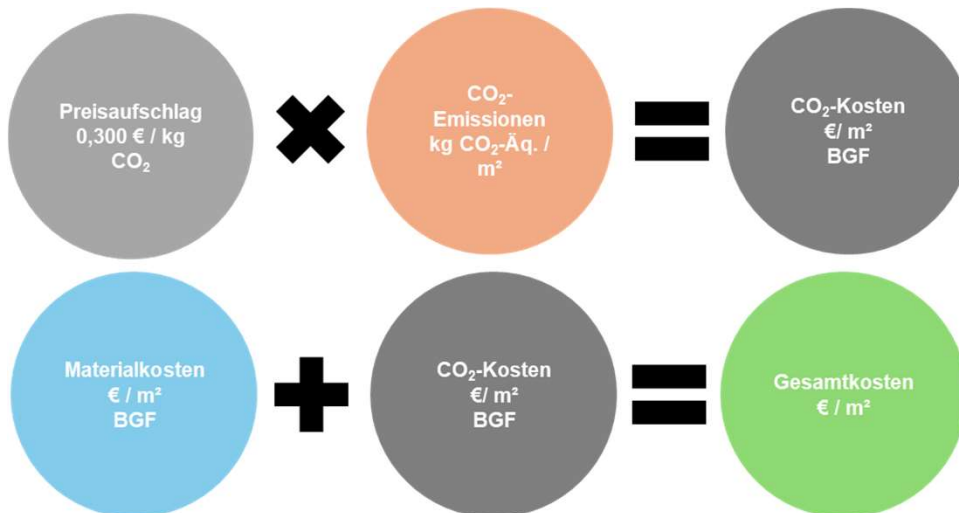
WIRTSCHAFTLICHKEIT

Berechnungsmodell – Materialkostenermittlung:



CO₂-BEPREISUNG

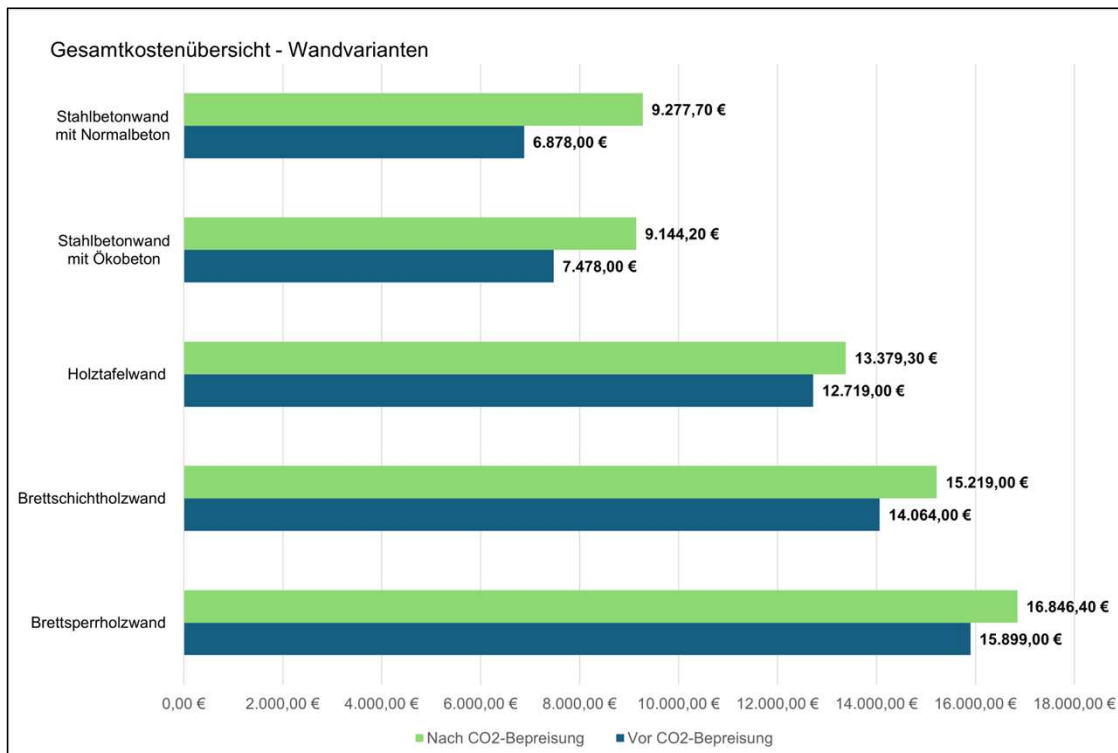
Berechnungsmodell der CO₂-Bepreisung:



Varianten - Wände	A1-A3 + C3 kg CO ₂ -Äq./m ²	CO ₂ -Preisaufschlag € / kg CO ₂	CO ₂ -Kosten €/m ² BGF
Holztafelwand	17,29	0,30	5,19
Brettsperrholzwand	24,80	0,30	7,44
Brettschichtholzwand	30,24	0,30	9,07
Stahlbetonwand mit Normalbeton	62,83	0,30	18,85
Stahlbetonwand mit Okobeton	43,62	0,30	13,09
Varianten - Wände	Materialkosten €/m ² BGF	CO ₂ -Kosten €/m ² BGF	Gesamtkosten €/m ²
Holztafelwand	99,90	5,19	105,08
Brettsperrholzwand	124,87	7,44	132,32
Brettschichtholzwand	110,46	9,07	119,53
Stahlbetonwand mit Normalbeton	54,02	18,85	72,87
Stahlbetonwand mit Okobeton	58,73	13,09	71,82

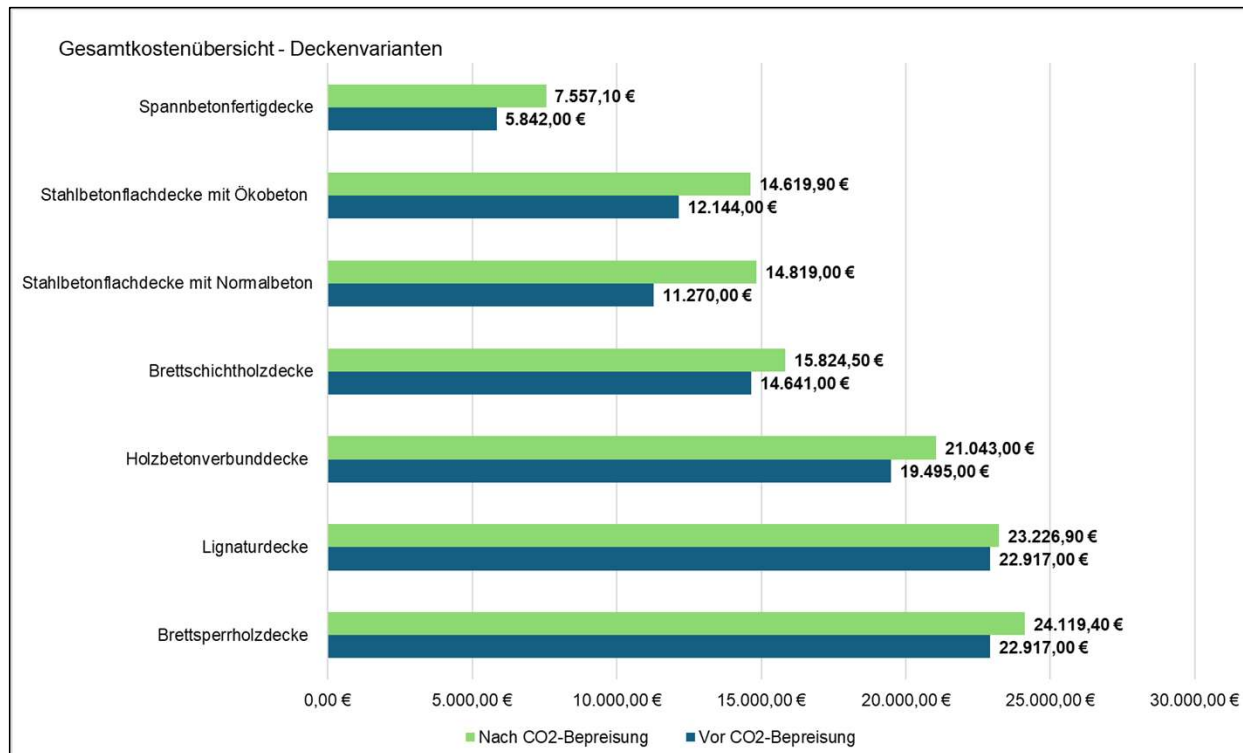
Varianten - Decken	A1-A3 + C3 kg CO ₂ -Äq./m ²	CO ₂ -Preisaufschlag € / kg CO ₂	CO ₂ -Kosten €/m ² BGF
Brettsperrholzdecke	31,48	0,30	9,44
Brettschichtholzdecke	30,98	0,30	9,30
Lignaturdecke	8,11	0,30	2,43
Holzbetonverbunddecke	40,53	0,30	12,16
Stahlbetonflachdecke mit Normalbeton	92,92	0,30	27,87
Stahlbetonflachdecke mit Okobeton	64,82	0,30	19,45
Spannbetonfertigdecke	44,90	0,30	13,47
Varianten - Decken	Materialkosten €/m ² BGF	CO ₂ -Kosten €/m ² BGF	Gesamtkosten €/m ²
Brettsperrholzdecke	180,00	9,44	189,44
Brettschichtholzdecke	114,99	9,30	124,29
Lignaturdecke	180,00	2,43	182,43
Holzbetonverbunddecke	153,12	12,16	165,28
Stahlbetonflachdecke mit Normalbeton	88,52	27,87	116,39
Stahlbetonflachdecke mit Okobeton	95,38	19,45	114,83
Spannbetonfertigdecke	45,88	13,47	59,36

ERGEBNISSE-WÄNDE

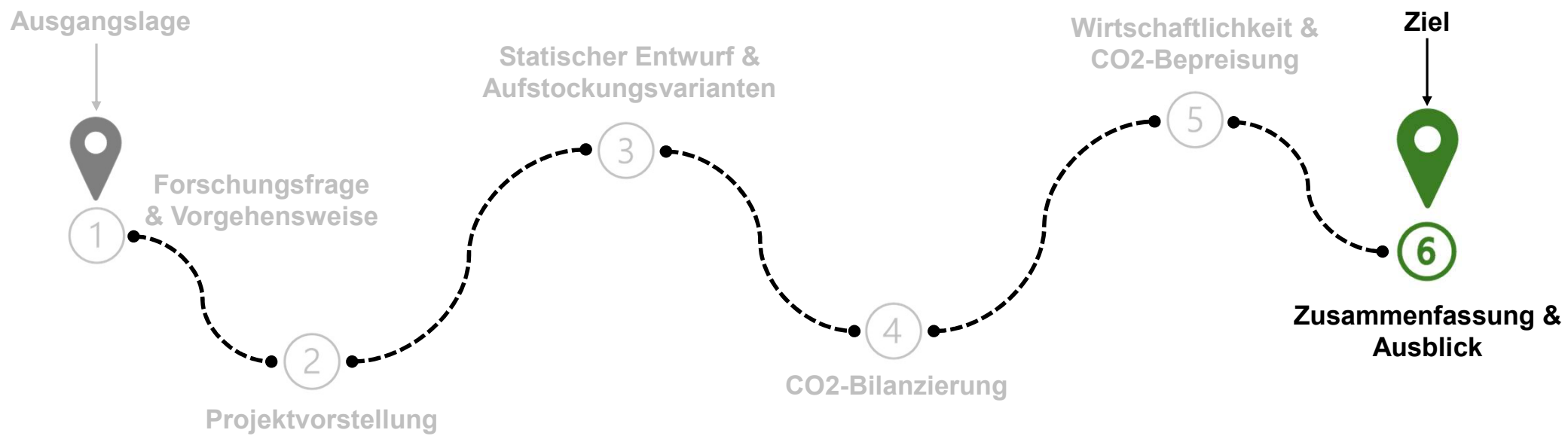


- Günstigste Variante nach CO₂-Bepreisung: Stahlbetonwand mit Ökobeton
- Einsatz von Ökobeton durch niedrigeren CO₂-Ausstoß günstiger als Normalbeton nach der CO₂-Bepreisung
- Trotz CO₂-Bepreisung sind Holzbauvarianten unwirtschaftlicher als Stahlbetonvarianten

ERGEBNISSE-DECKEN



- Günstigste Variante vor- und nach CO₂-Bepreisung: Spannbeton-Fertigdecke
- Einsatz von Ökobeton durch niedrigeren CO₂-Ausstoß günstiger als Normalbeton nach der CO₂-Bepreisung
- Trotz CO₂-Bepreisung sind Holzbauvarianten unwirtschaftlicher als Stahlbetonvarianten



ZUSAMMENFASSUNG

6

Bewertungsmatrix

	GWP		Preis		Gewicht		Punkte	Ranking
Gewichtung	4		4		2			
Wand	Punkte	Punkte x Gewichtung	Punkte	Punkte x Gewichtung	Punkte	Punkte x Gewichtung		
Brettschichtholz	6	24	1	4	8	16	44	2
Brettsperrholz	7	28	0	0	8	16	44	2
Holztafel	10	40	3	12	10	20	72	1
Stahlbeton mit Normalbeton	0	0	9	36	1	2	38	4
Stahlbeton mit Ökobeton	2	8	8	32	1	2	42	3
Decke	Punkte	Punkte x Gewichtung	Punkte	Punkte x Gewichtung	Punkte	Punkte x Gewichtung		
Brettschichtholz	7	28	5	20	9	18	66	2
Brettsperrholz	8	32	1	4	8	16	52	4
Holzbetonverbund	6	24	2	8	6	12	44	5
Lignatur	10	40	1	4	9	18	62	3
Spannbeton-Fertigteil	6	24	9	36	5	10	70	1
Stahlbeton mit Normalbeton	0	0	6	24	0	0	24	7
Stahlbeton mit Ökobeton	3	12	6	24	0	0	36	6

Punktesystem-Wände

GWP Wände		Preis Wände		Gewicht Wände	
kg CO ₂ -Äq	Punkte	€	Punkte	t	Punkte
bis 2000	10	bis 6000	10	bis 5	10
bis 2500	9	bis 7000	9	bis 11	9
bis 3000	8	bis 8000	8	bis 17	8
bis 3500	7	bis 9000	7	bis 23	7
bis 4000	6	bis 10000	6	bis 29	6
bis 4500	5	bis 11000	5	bis 35	5
bis 5000	4	bis 12000	4	bis 41	4
bis 5500	3	bis 13000	3	bis 47	3
bis 6000	2	bis 14000	2	bis 53	2
bis 6500	1	bis 15000	1	bis 59	1
bis 7000	0	bis 16000	0	bis 65	0

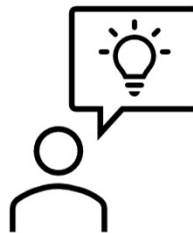
Punktesystem-Decken

GWP Decke		Preis Decke		Gewicht Decke	
kg CO ₂ -Äq	Punkte	€	Punkte	t	Punkte
bis 2000	10	bis 5000	10	bis 5	10
bis 3000	9	bis 7000	9	bis 13	9
bis 4000	8	bis 9000	8	bis 21	8
bis 5000	7	bis 11000	7	bis 29	7
bis 6000	6	bis 13000	6	bis 37	6
bis 7000	5	bis 15000	5	bis 45	5
bis 8000	4	bis 17000	4	bis 53	4
bis 9000	3	bis 19000	3	bis 61	3
bis 10000	2	bis 21000	2	bis 69	2
bis 11000	1	bis 23000	1	bis 77	1
bis 12000	0	bis 25000	0	bis 85	0

ZUSAMMENFASSUNG

6

Kann eine Aufstockung in der Holzbauweise die
Lösung für eine nachhaltige Nachverdichtung bilden?



ZUSAMMENFASSUNG

6



Erkenntnisse zur Forschungsfrage:

- Ökologisch betrachtet kann das CO₂-Einsparungspotenzial beim Bauen mit Holz eine nachhaltige Nachverdichtung ermöglichen* ✓
- Transformation der bebauten Umwelt in eine CO₂-Senke kann nur durch den Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen wie Holz gelingen

Weitere Erkenntnisse:

- Spannbeton-Fertigdecken → wirtschaftlichste Deckenvariante + klimaeffiziente Alternative zu Stahlbetondecken
- Mehr Holzbau → weniger Stahlbeton, wenn Stahlbeton → nachhaltiger und ressourceneffizienter Beton



Problematik:

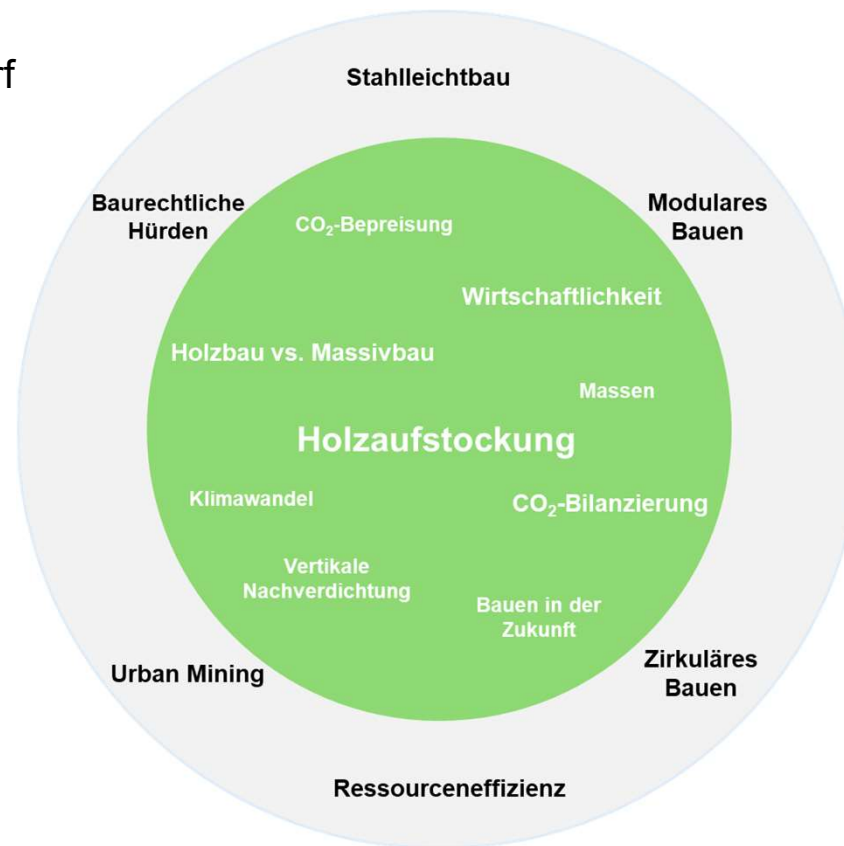
- Konventionelle Aufstockungen sind Wirtschaftlicher als Holzaufstockungen*
- Klimaeffizienz und Wirtschaftlichkeit stehen im Spannungsfeld

Maßnahmen:

- CO₂-Schattenpreis Erhöhung wird für die Konkurrenzfähigkeit des Holzbaus erforderlich werden*
- Förderung von Holzleichtbauteilen und Hybridlösungen
- Einsatz von umweltfreundlichem Beton zur Minimierung negativer Auswirkungen bei Stahlbetonbauten.

AUSBLICK

- Weiterer Forschungsbedarf
- Untersuchte Themen



**VIELEN DANK FÜR IHRE
AUFMERKSAMKEIT!**