

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	viii
Abstract	ix
Definitionen	x
Formelzeichen und Abkürzungen	x
1 Einleitung	1
1.1 Motivation und Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung	2
1.3 Vorgehensweise	3
2 Ausgangssituation der Untersuchungen	5
2.1 Regulatorik	5
2.1.1 Allgemeines	5
2.1.2 Protokoll von Kyoto	5
2.1.3 Agenda 2030	5
2.1.4 Übereinkommen von Paris	6
2.1.5 Europäischer Grüner Deal, EU-Taxonomie und Level(s)	8
2.1.6 Bundes-Klimaschutzgesetz Deutschland	10
2.2 Umweltbilanz des Bauwesens	12
2.2.1 Allgemeines	12
2.2.2 Ressourcenverbrauch und Abfallaufkommen	12
2.2.3 Treibhausgasemissionen	14
2.3 Aktuelle Planungsgewohnheiten	18
2.4 Zwischenfazit	21
3 Grundlagen ökobilanzieller Untersuchungen	23
3.1 Allgemeines	23
3.2 Ziel und Ablauf einer Ökobilanz	23
3.3 Ökobilanzierung im Bauwesen	25
3.3.1 Normative Grundlagen	25
3.3.2 Datenbasis	32
3.3.3 Treibhausgasbilanzierung von Holz und Holzwerkstoffen	35
3.3.4 Kritische Analyse der Bewertungszeiträume	37
3.4 Zwischenfazit	40
4 Benchmarking im Bauwesen	41
4.1 Grundlagen Benchmarking	41
4.1.1 Allgemeines	41
4.1.2 Definitionen	41
4.1.3 Benchmarkwerte	42
4.1.4 Ansätze für die Festlegung von Benchmarks	44
4.1.5 Akteure	46
4.2 Benchmarks für gebäudebezogene Treibhausgasemissionen	46
4.2.1 Allgemeines	46
4.2.2 Randbedingungen der Benchmarkstudien	47
4.2.3 Auswertung und Interpretation der betrachteten Benchmarks	54
4.3 Benchmarks für bauteilbezogene Treibhausgasemissionen	63
4.3.1 Allgemeines	63
4.3.2 Benchmarkansatz nach Hollberg et al. 2019b	64
4.3.3 Benchmarkansatz nach Hoxha et al. 2016	65
4.3.4 Gegenüberstellung und Bewertung	66
4.4 Zwischenfazit	68
5 Graue Emissionen marktverfügbarer Deckensysteme	70
5.1 Allgemeines	70
5.2 Randbedingungen der Untersuchungen	70

5.2.1	Systemgrenze und funktionelle Einheit	70
5.2.2	Betrachtete Deckensysteme	74
5.3	Untersuchungen am Beispiel eines Referenzbürogebäudes	76
5.3.1	Allgemeines	76
5.3.2	Randbedingungen	76
5.3.3	Ermittlung der erforderlichen Deckenquerschnitte	79
5.3.4	Einfluss variierender ökobilanzieller Randbedingungen	83
5.3.5	Auswertung der Untersuchungen	88
5.4	Untersuchungen für variierende statische Randbedingungen	92
5.4.1	Allgemeines	92
5.4.2	Randbedingungen und Variationen	92
5.4.3	Ermittlung der erforderlichen Deckenquerschnitte	95
5.4.4	Auswertung der Untersuchungen für Standardanforderungen	96
5.4.5	Auswertung der Untersuchungen für Variationen	105
5.5	Zwischenfazit	113
6	Validierung der eigenen Untersuchungen	115
6.1	Allgemeines	115
6.2	Umfrage zu Hochbaudeckensystemen in der Praxis	115
6.2.1	Methodisches Vorgehen, Ablauf und Umfang der Umfrage	115
6.2.2	Harmonisierung der Rohdaten	116
6.2.3	Analyse der harmonisierten Rohdaten	117
6.2.4	Ermittlung und Analyse der Grauen Emissionen der Deckensysteme	125
6.3	Ökobilanzielle Untersuchung von Deckensystemen in der Literatur	129
6.4	Vergleich und Einordnung der Untersuchungsergebnisse	133
6.4.1	Allgemeines	133
6.4.2	Harmonisierung	133
6.4.3	Gegenüberstellung	134
6.5	Zwischenfazit	139
7	Benchmarkansätze für Graue Emissionen von Deckensystemen	140
7.1	Allgemeines	140
7.2	Bottom-Up-Ansatz	140
7.2.1	Allgemeines	140
7.2.2	Einfluss statischer Randbedingungen	141
7.2.3	Bottom-Up-Benchmark in Abhängigkeit der Spannweite	143
7.2.4	Reduktionspfad	148
7.3	Top-Down-Ansatz	149
7.3.1	Allgemeines	149
7.3.2	Top-Down-Ansätze in der Literatur	150
7.3.3	Ermittlung von Top-Down-Benchmarks für Deckenbauteile	152
7.3.4	Reduktionspfad	159
7.4	Vergleich und Bewertung des Bottom-Up- und Top-Down-Ansatzes	160
7.5	Zwischenfazit	163
8	Anwendungsbeispiel und Optimierungsansätze	165
8.1	Allgemeines	165
8.2	Ausführungsvarianten	166
8.2.1	Variante Standard – SB-Massivdecke	166
8.2.2	Variante I – SB-Massivdecke mit veränderlichem Querschnitt	167
8.2.3	Variante II – SB-Rippendecke mit konstantem Querschnitt	168
8.2.4	Variante III – SB-Rippendecke mit veränderlichem Querschnitt	169
8.2.5	Variante IV – HBV-Rippendecke mit veränderlichem Querschnitt	170
8.2.6	Variante V – SB-Massivdecke mit Ökobeton	170
8.2.7	Variante VI – SB-Rippendecke mit veränderlichem Querschnitt und Ökobeton	171
8.3	Zwischenfazit	172

9	Zusammenfassung und Ausblick	174
9.1	Zusammenfassung	174
9.2	Ausblick	176
	Literaturverzeichnis	178
	Anhang A – Umfrage Planungsgewohnheiten	201
	Anhang B – Zusätzliche Indikatoren zur Beschreibung der Umweltwirkungen	215
	Anhang C – Beispiel für die Kommunikation einer Benchmark	217
	Anhang D – Zusatzinformationen zu Abschnitt 4.2	218
	Anhang E – Graue Emissionen von Unterzügen – Umfrage und Literaturrecherche	226
	Anhang F – Zusatzinformationen zu Abschnitt 5.4.3	227
	Anhang G – Graue Emissionen von Unterzügen und Stützen – Parameterstudie	242
	Anhang H – Umfrage zu Deckensystemen im Hochbau	248
	Anhang I – Zusatzinformationen zu den Abschnitten 6.4.2 und 6.4.3	253
	Anhang J – Zusatzinformationen zu Abschnitt 7.2.2	268
	Anhang K – Top-Down-Benchmarks	271
	Anhang L (informativ) – Gelbdruck der DAfStb-Richtlinie „Treibhausgasreduzierte Tragwerke aus Beton, Stahlbeton oder Spannbeton“	272