

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Handlungsfelder des »Fit for 55«-Pakets (BBSR, eigene Darstellung nach Europäischer Rat 2021)	38
Abbildung 2:	THG-Emissionen im Handlungsfeld Gebäude (BBSR, eigene Darstellung nach Ramseier/Frischknecht 2020).	45
Abbildung 3:	Entwicklung der THG-Emissionen in Deutschland (BBSR, eigene Darstellung nach Umweltbundesamt 2024a).....	49
Abbildung 4:	Module des Lebenszyklus eines Gebäudes (BBSR, eigene Darstellung nach DIN EN 15804:2022-03 sowie LIST-Gruppe).....	51
Abbildung 5:	Festlegungen und Zielwerte zu aktuellen Gebäudestandards (BBSR, eigene Darstellung).....	54
Abbildung 6:	Nettowärmeerzeugung nach Energieträgern der Fernwärme-/kälteversorger in Deutschland in 2023 (BBSR, eigene Darstellung nach destatis/bdew 2024; Stand 04/2024).....	57
Abbildung 7:	Disaggregieren des globalen Emissionsbudgets bis zum Handlungsfeld Gebäude (BBSR, eigene Darstellung).....	59
Abbildung 8:	Schematische Darstellung der Ambitions- und Umsetzungslücke in der Klimapolitik (BBSR, eigene Darstellung nach SRU 2020)	60
Abbildung 9:	THG-Emissionen im Gebäudesektor entsprechend Projektionsbericht 2023 (BBSR, eigene Darstellung nach Umweltbundesamt 2023e). Die Auswirkungen der Nachfrage an Bauprodukten, das heißt, indirekte Emissionen, die im Handlungsfeld Gebäude beeinflusst werden können, fallen derzeit in die Sektoren Industrie, Energie usw. und können nicht transparent in ihrem Trendverlauf abgebildet werden ...	61
Abbildung 10:	Schematische Darstellung der planetaren Belastbarkeitsgrenzen (BBSR, eigene Darstellung nach Wang-Erlandsson/Tobian/van der Ent, et al. 2022).	65
Abbildung 11:	Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche(BBSR, eigene Darstellung nach Umweltbundesamt 2024b)	80

Abbildung 12:	Wohnfläche pro Kopf auf Basis der Bevölkerungsfortschreibung des Zensus 2011 (BBSR, eigene Darstellung nach Umweltbundesamt 2022d, destatis 2022)	81
Abbildung 13:	Inländische Entnahme von Rohstoffen; langfristig sind ein Rückgang der nicht nachwachsenden Rohstoffe und eine Zunahme der nachwachsenden Rohstoffe zu erkennen (BBSR, eigene Darstellung nach Umweltbundesamt 2022e: 6)	90
Abbildung 14:	Treibhausgas-Fußabdruck der Herstellung, Errichtung und der Modernisierung von Wohn- und Nicht-wohngebäuden nach direkten Zulieferern, inkl. der THG-Emissionen ihrer Lieferketten (BBSR, eigene Darstellung nach Ramseier/Frischknecht 2020)	91
Abbildung 15:	Netto-Abfallaufkommen in Deutschland nach Abfallarten sowie Abfallarten nach Anteilen thermischer und stofflicher Abfallverwertung und -beseitigung (2019) (BBSR, eigene Darstellung nach Umweltbundesamt 2022e: 40)	94
Abbildung 16:	Kostenvergleich unterschiedlicher (Um-)Bauvarianten; (BBSR, eigene Darstellung nach Zimmermann/Brischke/Bierwirth, et al. 2023: 7)	95
Abbildung 17:	Entscheidungskaskade Suffizienz (BBSR; eigene Darstellung in Anlehnung an die erweiterte Suffizienz-Entscheidungspyramide von Zimmermann et al. 2023)	96
Abbildung 18:	Globaler Vergleich des Primärenergieverbrauchs pro Kopf in kWh/Person für 2022 (BBSR, eigene Darstellung nach Our World in Data 2023)	100
Abbildung 19:	THG-Emissionen in Deutschland nach Sektoren 2022 (BBSR, eigene Darstellung auf Basis von UBA 2024a und Agentur für Erneuerbare Energien 2023)	101
Abbildung 20:	Siedlungsflächenreserven in den Flächennutzungsplänen und im Regionalen Flächennutzungsplan – Siedlungsflächenmonitoring des RVR (BBSR, eigene Darstellung nach RVR 2021)	107
Abbildung 21:	Wasserverbrauch Hamburg (Liter/Person/Tag) (BBSR, eigene Darstellung nach Zukunftsrat Hamburg 2022)	108
Abbildung 22:	Unterscheidung von Neutralitätszielen (BBSR, eigene Darstellung) ...	118
Abbildung 23:	Ansatz der THG-Neutralität nach ISO 14068-1:2023 (Annex A, Figure A.1, S. 23) (BBSR, eigene Darstellung und Übersetzung)	119
Abbildung 24:	Module des Lebenszyklus eines Gebäudes (BBSR, eigene Darstellung nach DIN EN 15804:2022-03, DIN EN 15643:2021-12; DIN EN 15978:2012-10 sowie Ramseier/Frischknecht 2020: 1)	122

Abbildung 25:	Vergleich der in die ökobilanzielle Betrachtung eingeschlossenen Module im Lebenszyklus eines Gebäudes bei unterschiedlichen Rechen- und Bilanzierungsregeln (BBSR, eigene Darstellung nach DIN EN 15804:2022-03, DIN EN 15643:2021-12, DIN EN 15978:2012-10 sowie Ramseier/Frischknecht 2020)	135
Abbildung 26:	Methodisches Vorgehen und Arbeitsschritte der Case-Study (BBSR, eigene Darstellung).....	140
Abbildung 27:	Schematische Darstellung der Untersuchungsszenarien (BBSR, eigene Darstellung).....	143
Abbildung 28:	Konstruktionsaufbau Fassade in der Ausgangssituation Bestand und den Varianten des Umbaus beziehungsweise Ersatzneubaus (BBSR, eigene Darstellung).....	144
Abbildung 29:	Vergleichende Darstellung des Einflusses alternierender Bauweisen entsprechend der vier untersuchten Neubau- und Bestandssanierungsszenarien auf das Treibhauspotenzial bei einer Nutzungsdauer von 50 Jahren (BBSR, eigene Darstellung)	145
Abbildung 30:	Vergleichende Darstellung der vier beschriebenen Definitionen von Netto-THG-Neutralität bei einer Nutzungsdauer von 50 Jahren (BBSR, eigene Darstellung).....	147
Abbildung 31:	Prozentuale Top-down-Verteilung nationaler THG-Emissionen im Handlungsfeld Gebäude nach (Ramseier/Frischknecht 2020) sowie Bottom-up-Verteilung der ermittelten Treibhausgase auf Basis eigener Berechnungen und Annahmen für das Szenario B 2, DEF 4 mit sektoraler Zuordnung, wobei Anteile am Verkehrssektor, insb. in den Modulen A1-3 und B8, nicht ausgewiesen wurden (BBSR, eigene Darstellung).....	147
Abbildung 32:	Auswertungen des Baustoffvergleichs (Referenz XPS = 100 %-Ansatz je Indikator, das heißt keine absoluten Werte, sondern prozentuale Abweichungen, in jeder Wirkungskategorie dargestellt) über die Betrachtung der THG-Emissionen hinaus und in Bezug auf ein erweitertes Indikatoren-Set (BBSR, eigene Darstellung).....	151
Abbildung 33:	Anregung für eine Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit von Gebäuden anhand der planetaren Grenzen (BBSR, eigene Darstellung nach Sala/Crenna/Secchi, et al. 2021).....	152
Abbildung 34:	Exemplarische Darstellung der drei Grundrissvarianten »Kleinbüro« (oben), »Kombibüro« (Mitte) und »Großraumbüro (unten) (BBSR, eigene Darstellung).....	155

Abbildung 35:	Vergleich unterschiedlicher Belegungsdichten hinsichtlich NRF/Kopf*a und GWP/Kopf*a im Durchschnitt (BBSR, eigene Darstellung)	157
Abbildung 36:	Einfluss der Reduzierung der Innenraumtemperatur um 1°C in den Büroetagen während der Heizperiode auf das Treibhauspotenzial gesamt und in Bezug auf Modul B6.1(BBSR, eigene Darstellung).....	158
Abbildung 37:	Vergleich der Betrachtungszeiträume für die Primärkonstruktion, Bauteile und TGA (BBSR, eigene Darstellung)	159
Abbildung 38:	Aufteilung des absoluten Treibhauspotenzials als Jahresscheiben dargestellt für eine exemplarische konventionelle Bauweise (B1) und eine ökologische Bauweise (B2)(BBSR, eigene Darstellung)	160
Abbildung 39:	Darstellung möglicher Umweltfolgekosten im Verhältnis zu überschlägig ermittelten Investitionskosten am Beispiel der Case Study bei einer Gleichgewichtung heutiger und zukünftiger Generationen (BBSR, eigene Darstellung).....	163
Abbildung 40:	Reduktionspotenzial baulicher und nutzungsbezogener Maßnahmen im Rahmen der Case Study (BBSR, eigene Darstellung)	165
Abbildung 41:	Vergleich der in die ökobilanzielle Betrachtung eingeschlossenen Module im Lebenszyklus eines Gebäudes bei unterschiedlichen Rechen- und Bilanzierungsregeln sowie Ergänzung um einen Vorschlag für eine möglichst umfassende und praktikable Definition von Netto-THG-Neutralität im Handlungsfeld Gebäude (BBSR, eigene Darstellung nach DIN EN 15804:2022-03, DIN EN 15643:2021-12; DIN EN 15978:2012-10 sowie Ramseier/Frischknecht 2020: 1).....	170
Abbildung 42:	Skizze zur Verdeutlichung der Zusammenhänge zwischen Umwelt- und Klimawirkpotenzialen (anhand eines ausgewählten Indikatoren-Sets), deren Anfall und Größenordnung innerhalb des Lebenszyklus eines Gebäudes (Module A-D sowie in Summe) und deren Zuordnung zu den planetaren Grenzen (Bezug zu nationalen Budgets)(BBSR, eigene Darstellung).....	171
Abbildung 43:	Exemplarisch befüllter Vorschlag zur Verdeutlichung der Zusammenhänge zwischen Umwelt- und Klimawirkpotenzialen (anhand GWP 100 und FW), deren Anfall und Größenordnung innerhalb des Lebenszyklus eines Gebäudes (Module A-D sowie in Summe) sowie deren Zuordnung zu den planetaren Grenzen (Bezug zu nationalen Budgets)(BBSR, eigene Darstellung)	172