
Gutachten zum GEG und zur EPBD

Endbericht

(Projektnummer: BfEE 21-09)

Prof. Dr. Martin Pehnt (Projektleitung) (ifeu)

Peter Mellwig, Julia Lawrenz, Dr. Jakob Metz, Florian Maiwald, Klaus Lambrecht, Dr. Helena Stange (ifeu)

Dr. Kjell Bettgenhäuser, Dr. Andreas Hermelink, Markus Offermann, Bernhard von Manteuffel, Arnold Bruhin, Korinna Joerling, Alexander Pohl (Guidehouse)

Prof. Anton Maas, Dr. Stephan Schlitzberger, Kirsten Höttges (IBH)

Prof. Bert Oschatz, Dr. Bernadetta Winiewska (ITG Dresden)

Prof. Dr.-Ing. Andreas H. Holm, Christoph Sprengard, Benedikt Empl, Kerstin Lohr (FIW München)

Dr. Sibylle Braungardt, Friedhelm Keimeyer, Benjamin Köhler, Malte Bei der Wieden (Öko-Institut)

Oliver Antoni, Dr. Markus Kahles, Johanna Kamm, Katharina Klug, Dr. Maximilian Wimmer, Dr. Hartmut Kahl, Dr. Johannes Hilpert, Carsten von Gneisenau (Stiftung Umweltenergierecht)

Dr. Andreas Koch, Peter Pannier (Deutsche Energie-Agentur)

Heidelberg, Berlin, Dresden, Kassel, Würzburg, München, Freiburg 2024

Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE) (Hrsg.), „Gutachten zum GEG und zur EPBD“, Endbericht 12/2024 – BfEE 09/2021, Eschborn, 2024.

Auftraggebende Behörde / konzeptionelle Begleitung:

Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE) beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)
Frankfurter Straße 29–35
65760 Eschborn

<https://www.bfee-online.de>

Auftragnehmer:

ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH (Gesamtkoordination)
Wilckensstraße 3
69120 Heidelberg

Guidehouse
Albrechtstr. 10c
10117 Berlin

Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH (IBH)
Leipziger Straße 184
34123 Kassel

Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden Forschung und Anwendung GmbH (ITG Dresden)
Tiergartenstraße 54
01219 Dresden

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München (FIW)
Lochhamer Schlag 4
82166 Gräfelfing

Öko-Institut
Merzhauser Straße 173
D-79100 Freiburg

Stiftung Umweltenergierecht
Friedrich-Ebert-Ring 9
97072 Würzburg

Deutsche Energie-Agentur (dena)
Chausseestraße 128 a
10115 Berlin

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	9
Tabellenverzeichnis	12
Abkürzungsverzeichnis	15
Kurzfassung	17
1 Hintergrund	32
1.1 Ziel des Projektes	32
1.2 Struktur des Berichts	32
Teil 1: Voruntersuchungen zum Nullemissionsgebäude und zur Anforderungssystematik	34
2 Das Nullemissionsgebäude (ZEB)	35
2.1 Sechs Anforderungen der EPBD an das Nullemissionsgebäude	36
2.1.1 Anforderung 1: Keine CO ₂ -Emissionen aus fossilen Brennstoffen am Standort	36
2.1.2 Anforderung 2: Hohe Energieeffizienz („keine Energie oder eine sehr geringe Energiemenge“)	36
2.1.3 Anforderung 3: Keine oder eine sehr geringe Menge an betriebsbedingten Treibhausgasemissionen	38
2.1.4 Anforderung 4: Deckung des gesamten jährlichen Primärenergieverbrauchs durch klimafreundliche Quellen	38
2.1.5 Anforderung 5: Reaktion auf externe Signale	39
2.1.6 Anforderung 6: Bestimmung der Lebenszyklus-THG-Emissionen	42
2.2 Handlungsempfehlungen	42
3 Anforderungssystematik für den Gebäudebetrieb	43
3.1 Anforderungsgröße für die „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ gemäß EPBD	43
3.1.1 Nicht-erneuerbare Primärenergie	44
3.1.2 Treibhausgase im Betrieb	46
3.1.3 Gesamtprimärenergie	48
3.1.4 Sonderfall Fernwärme	50
3.2 Anforderungsgröße für die Gebäudehülle und langlebige Gebäudeteile	52
3.2.1 Gründe für eine zusätzliche Anforderungsgröße an die Effizienz eines Gebäudes	52

Inhalt

3.2.2	Spezifischer Transmissionswärmeverlust	53
3.2.3	Heizwärmebedarf	54
3.3	Das baubare Referenzgebäude	55
3.4	Handlungsempfehlungen	57
Teil 2: Festlegung des Anforderungsniveaus für das Nullemissionsgebäude		58
4	Weiterentwicklung des Referenzgebäudes zum Nullemissionsgebäude	59
4.1	Gebäudehülle: Markt und Restriktionen eines baubaren Referenzgebäudes	59
4.1.1	Auswertung der Energieausweis-Datenbank	60
4.1.2	(Bau-) Praktische Rahmenbedingungen	61
4.1.3	Ökologisches Kosten-Nutzen-Verhältnis	72
4.1.4	Ökonomisches Kosten-Nutzen-Verhältnis	72
4.1.5	U-Werte der europäischen Nachbarländer	73
4.1.6	Referenzausführung Wohngebäude	74
4.1.7	Referenzausführung Nichtwohngebäude	76
4.2	Photovoltaik: Berücksichtigung im Nullemissionsgebäude	77
4.2.1	Berücksichtigung von Photovoltaik im Referenzgebäude	79
4.2.2	Größe der PV-Anlage im Referenzgebäude	79
4.2.3	Auswirkungen der Anrechnungsmethodik/des Bilanzrahmens	81
4.2.4	Berücksichtigung eines Batteriespeichers im Referenzgebäude	85
4.2.5	Schlussfolgerungen und Empfehlung	88
4.3	Anlagentechnik eines baubaren Referenzgebäudes	90
4.3.1	Wohngebäude	90
4.3.2	Nichtwohngebäude	93
4.3.3	Handlungsempfehlungen	101
4.4	Sommerlicher Wärmeschutz	101
4.4.1	Erläuterungen zur Anforderungssystematik	101
4.4.2	Handlungsempfehlungen	103
4.5	Exkurs: Permanente Lüftungsöffnungen in Aufzugsschächten	104
4.5.1	Alternative: Abschluss mit automatischem Verschluss	104
4.5.2	Hohe Energieverluste durch permanente Lüftungsöffnungen	105
4.5.3	Beispiele aus der Praxis	106
4.5.4	Abschätzung der Amortisationszeit bei Umrüstung	107

Inhalt

4.5.5	Potenzial der Nachrüstung	108
4.5.6	Handlungsempfehlungen	108
5	Modellierung der baubaren Referenzgebäude: Wohngebäude	110
5.1	Methodik	110
5.1.1	Variantenbildung und Szenarien	112
5.1.2	Modellgebäude (Wohnnutzung)	113
5.1.3	Randbedingungen der Wirtschaftlichkeitsanalyse	114
5.1.4	Erläuterung zur Darstellungsform (Dashboard)	118
5.2	Ergebnisse	119
5.2.1	Kleines Einfamilienhaus (EFH klein)	119
5.2.2	Doppelhaushälfte (DHH) und Reihenmittelhaus (RMH)	125
5.2.3	Kleines und großes Mehrfamilienhaus (MFH klein/groß)	125
5.3	Sensitivitäten	135
5.3.1	Sensitivität 1: Außenwand-U-Wert	135
5.3.2	Sensitivität 2: Warmwasser ohne Zirkulation bei kleinen Gebäuden	136
5.3.3	Sensitivität 3: Investitionskosten für energiebedingte Komponenten steigen stärker bzw. weniger stark	136
5.3.4	Sensitivität 4: Energiekosten steigen stärker bzw. weniger stark	137
5.4	Einhaltung der Bedingung -10 % NZEB	137
5.5	Zusammenfassung	139
6	Modellierung der baubaren Referenzgebäude: Nichtwohngebäude	143
6.1	Methodik	143
6.1.1	Variantenbildung und Szenarien	143
6.1.2	Modellgebäude (Nichtwohnnutzung)	144
6.1.3	Randbedingungen der Wirtschaftlichkeitsanalyse	147
6.1.4	Erläuterung zur Darstellungsform (Dashboard)	147
6.2	Ergebnisse	148
6.2.1	Nichtwohngebäude: Büro klein	148
6.2.2	Weitere Nichtwohngebäude (Büro groß, Hotel, Kindergarten, Markt)	151
6.3	Sensitivitäten	161
6.3.1	Sensitivität 1: Investitionskosten für energiebedingte Komponenten steigen stärker bzw. weniger stark	161

Inhalt

6.3.2	Sensitivität 2: Energiekosten steigen stärker bzw. weniger stark	161
6.4	Einhaltung der Bedingung -10 % NZEB	162
6.5	Zusammenfassung	163
7	Lebenszyklus-Bilanzierung im GEG	166
7.1	Anforderungen aus der EPBD	167
7.2	Einfluss von Gebäudekonzept, Materialien und Bauweisen auf die grauen Emissionen	168
7.3	Ausgangszustand: LCAs in Deutschland	172
7.4	Lebenszyklusbetrachtung der neuen baubaren Referenz	174
7.4.1	Bilanzierungsrahmen, Datengrundlage und Vorgehen	174
7.4.2	Betrachtete Varianten	178
7.4.3	Ergebnisse	178
7.4.4	Exkurs: Kältemittel	181
7.4.5	Zusammenfassung	182
7.5	Exkurs: Weitere Nachhaltigkeitsaspekte	182
7.6	Handlungsempfehlungen für Umsetzung der EPBD-Anforderungen an einen THG-Lebenszykluswert	184
7.6.1	Prozessuale Integration und Geltungsbereich	184
7.6.2	Methodische Empfehlungen	185
Teil 3:	Anforderungen an den Gebäudebestand	188
8	Bedingte und unbedingte Anforderungen an den Gebäudebestand	189
8.1	Anforderungen an bestehende Gebäude bei Sanierungen nach dem Bauteilnachweisverfahren (§ 48 GEG)	189
8.1.1	Ausgangspunkt und Vorschläge für Anpassungen	189
8.1.2	Überprüfung der Wirtschaftlichkeit dieser Anpassungen	193
8.2	Anforderungen an bestehende Gebäude bei Sanierungen nach dem Gesamtbilanzierungsverfahren (§ 50 GEG)	198
8.2.1	Anpassung des § 50 GEG	198
8.2.2	Anwendung des vereinfachten Verfahrens für die Datenaufnahme	200
8.3	Handlungsempfehlungen	204
9	Mindestvorgaben für die Gesamtenergieeffizienz von NWG	205
9.1	Hintergrund: Mindestvorgaben für die Gesamtenergieeffizienz für NWG	205

Inhalt

9.2	Klassifizierung der Nichtwohngebäude	205
9.2.1	Diskussion des Indikators	207
9.2.2	Mögliche Methodiken	209
9.2.3	Pauschaler Nachweis über Gebäudeeigenschaften	211
9.3	Handlungsempfehlungen	211
Teil 4: Weitere Aspekte		214
10	Energieausweise	215
10.1	Hintergrund: EPBD-Anforderungen	215
10.2	Herausforderungen für die Umsetzung	216
10.3	Inhaltliche Weiterentwicklung und Didaktik eines überarbeiteten Energieausweises	217
10.4	Digitales Format, Schnittstelle zu einem Gebäude-Logbuch	220
10.4.1	Aktueller Stand und Herausforderung	220
10.4.2	Anknüpfung an digitales Gebäude-Logbuch	222
10.5	Rechtssicherheit und Verbesserung der Qualitätssicherung	223
10.5.1	Rechtssicherheit – Energieausweis als Anknüpfungspunkt für neue Rechtsfolgen	223
10.5.2	Qualitätssicherung	226
10.6	Verbrauchs- und Bedarfswerte bei Energieausweisen	229
10.7	Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen	233
11	Quartiersansatz und Innovationsklausel	237
11.1	Einleitung	237
11.2	Das Quartier und gemeinschaftliche Versorgungsansätze im aktuellen GEG	237
11.2.1	Wärmenetz-Regelung	237
11.2.2	Innovationsklausel (§ 103 GEG)	238
11.2.3	Wärmeversorgung im Quartier (§ 107 GEG)	238
11.3	Rechtliche Einordnung des Quartiersbegriffs	239
11.4	Umfrage zur Umsetzung von Quartierslösungen nach §§ 103 und 107 GEG	240
11.5	Vor- und Nachteile der Bilanzierung im Quartier	242
11.5.1	Bilanzierung von Quartieren	242
11.5.2	Flotten- und Quartiersansätze	244
11.5.3	Risiken	245
11.6	Das Quartier und die 65%-Erneuerbare-Wärme-Vorgabe	246
11.7	Diskussion und Empfehlungen	247

Inhalt

11.7.1	Innovationsklausel (§ 103 Abs. 3 GEG)	247
11.7.2	Gemeinsame Wärmeversorgung im Quartier (§ 107 GEG)	249
12	Soziale Auswirkungen und Zielgruppen	251
12.1	Einleitung	251
12.2	Soziale Aspekte der Wärmewende im EU-Kontext	252
12.3	Wohnsituation und Wohnkostenbelastung privater Haushalte	252
12.4	Kostenverteilung zwischen Mietenden und Vermietenden	258
12.5	Untersuchungen zum Drittelmodell	260
12.5.1	Kurzbeschreibung des Drittelmodells	260
12.5.2	Amortisationslogiken Vermietende	260
12.5.3	Fragestellung und Annahmen für Berechnung	262
12.5.4	Ergebnisse	262
12.5.5	Fazit: Das Drittelmodell ist ein Baustein der Wärmewende im vermieteten Bestand	266
12.6	Bessere Verknüpfung des GEG mit mietrechtlichen Vorschriften	267
13	Vorbildfunktion der öffentlichen Hand	270
13.1	Europäische Regelungen	271
13.1.1	Gebäuderichtlinie (EPBD)	271
13.1.2	Energieeffizienzrichtlinie (EED)	272
13.1.3	Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED III)	273
13.2	Regelungen auf nationaler Ebene	274
13.2.1	Gebäudeenergiegesetz (GEG)	274
13.2.2	Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen (EDL-G)	274
13.2.3	Energieeffizienzgesetz (EnEfG)	275
13.2.4	Klimaschutzgesetz (KSG)	275
13.2.5	Vorbildfunktion Bundesgebäude für Energieeffizienz	275
13.3	Schlussfolgerungen für das GEG	276
14	Weiterer Veränderungsbedarf im GEG	277
14.1	Einleitung	277
14.2	Standortbezogene Berechnung, lokale Klimadaten	277
14.3	Diskrepanz zwischen Energiebedarf und -verbrauch	278
14.4	Anpassung des vereinfachten Nachweisverfahrens	280
14.5	Bezugsflächen vereinheitlichen	281

Inhalt

14.6 Besserer Vollzug durch Anpassung der Aufgaben des bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegers (§ 97 GEG)	284
14.7 Weitere Vorschläge	286
15 Ausblick	288
16 Literaturverzeichnis	289

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 0-1: Anforderungen an Nullemissionsgebäude	18
Abbildung 0-2: Ziele einer neuen Anforderungssystematik und Vorschlag für eine Umsetzung des ZEB	19
Abbildung 0-3: Beispielhafte Ergebnisse der energetischen und ökonomischen Betrachtung des Einfamilienhauses	22
Abbildung 0-4: Kosten eingesparte Kilowattstunde abhängig vom Ausgangszustand– Beispiel Außenwand (energiebedingte Kosten)	24
Abbildung 0-5: Mögliche kaskadische Abfrage bezüglich MEPS von Nichtwohngebäuden	26
Abbildung 0-6: Vorschlag für zukünftige erste Seite des Energieausweises (anzupassen an die gewählten Anforderungsgrößen)	27
Abbildung 0-7: Wohnsituation nach Einkommen	29
Abbildung 2-1: Die sechs Anforderungen an Nullemissionsgebäude gemäß EPBD	36
Abbildung 3-1: Systematik der Primärenergiefaktoren nach DIN EN ISO 52000-1	44
Abbildung 3-2: Zusammenspiel der Haupt- und Nebenanforderung der aktuellen Anforderungssystematik im GEG. Beispiel EFH, Niveau Hülle GEG-Referenz	54
Abbildung 4-1: Kumulierte Häufigkeitsverteilung der im Neubau (Zeitraum 2016 bis 2022) verwendeten Bauteile der Gebäudehülle im Vergleich zum U-Wert des Referenzgebäudes (vertikale rote Linie)	61
Abbildung 4-2: Berechnungsbeispiel EFH_klein, Keller innerhalb der thermischen Hülle	78
Abbildung 4-3: Primärenergiebedarf gesamt in Abhängigkeit der PV-Größe im Referenzgebäude (schraffiert) und im Ist-Gebäude	80
Abbildung 4-4: Primärenergiebedarf gesamt, Referenzgebäude (schraffiert) und Ist-Gebäude mit PV-Anlage (3,5 kWp), Berechnung der im Gebäude genutzten PV-Strommenge nach DIN V 18599 ohne Nutzerstrom (links) und mit Nutzerstrom (rechts)	82
Abbildung 4-5: Verhältnis des Primärenergiebedarfs, gesamt zum Anforderungswert – Ist-Gebäude mit 3,5 kWp PV-Anlage, Referenzgebäude (schraffiert) mit 3,5 kWp	83
Abbildung 4-6: Verhältnis des Primärenergiebedarfs, gesamt zum Anforderungswert – Ist-Gebäude ohne PV-Anlage, Referenzgebäude mit 3,5 kWp	84
Abbildung 4-7: Verhältnis des Primärenergiebedarfs, gesamt zum Anforderungswert – Ist-Gebäude mit PV-Anlage + Batterie, Referenzgebäude (schraffiert) mit PV-Anlage ohne Batterie	86
Abbildung 4-8: Verhältnis des Primärenergiebedarfs, gesamt zum Anforderungswert – Ist-Gebäude mit PV-Anlage + Batterie, Referenzgebäude (schraffiert) mit PV-Anlage + Batterie	86

Abbildung 4-9: Verhältnis des Primärenergiebedarfs, gesamt zum Anforderungswert – Ist-Gebäude mit PV-Anlage ohne Batterie, Referenzgebäude (schraffiert) mit PV-Anlage + Batterie	87
Abbildung 4-10: Primärenergiebedarf, gesamt, Ist-Gebäude und Referenzgebäude (schraffiert) jeweils ohne und mit Batteriespeicher	88
Abbildung 4-11: Beispiele für permanente Lüftungsöffnungen an Aufzugsschächten von außen und innen	104
Abbildung 4-12: Beispiel für Elemente eines Systems zur automatischen Aufzugsschachtbelüftung	105
Abbildung 4-13: Illustration des Wärmeverlustes durch den Kamineffekt in einem Aufzugsschacht	106
Abbildung 5-1: Jährliche Preissteigerung Investitionskosten	115
Abbildung 5-2: Prognose der Arbeitspreise nach Energieträgern, nur Haushalte (HH), inkl. CO ₂ -Bepreisung	117
Abbildung 6-1: Modellgebäude – Ansicht und Konditionierung – Büro klein	145
Abbildung 6-2: Modellgebäude – Ansicht und Konditionierung – Büro groß	145
Abbildung 6-3: Modellgebäude – Ansicht und Konditionierung – Hotel groß	146
Abbildung 6-4: Modellgebäude – Ansicht und Konditionierung – Kindergarten	146
Abbildung 6-5: Modellgebäude – Ansicht und Konditionierung – Markt mittel	147
Abbildung 7-1: Lebenswegphasen (Module)	167
Abbildung 7-2: Anteile der Baustoffe an den THG-Emissionen im Hochbau	168
Abbildung 7-3: Auswertung des Einflusses verschiedener Faktoren auf die Grauen Emissionen, „Einfluss“ basierend auf Interviews mit 20 Expert*innen im Rahmen dieses Projektes	171
Abbildung 7-4: Grundriss EFH Unterschied GEG und QNG	175
Abbildung 7-5: Grundrisse Erdgeschoss EFH und MFH	176
Abbildung 7-6: THG-Emissionen des EFH nach Faktoren und Effizienzniveaus inklusive der gesamten Endenergie	179
Abbildung 7-7: THG-Emissionen des MFH nach Faktoren und Effizienzniveaus inklusive der gesamten Endenergie	180
Abbildung 7-8: Auswirkung des Kältemittels im EFH mit dem Referenzeffizienzniveau nach GEG 2024 und mit Faktoren nach QNG	181
Abbildung 7-9: Vorschlag GREEN-Pass	183
Abbildung 7-10: Steuerungswirkung und Dekarbonisierung bei der Betrachtung zukünftiger Phasen	187
Abbildung 8-1: U-Werte in Abhängigkeit von Dämmstoffdicke und Wärmeleitfähigkeiten für Flachdach und Steildach	191
Abbildung 8-2: Kosten eingesparte Kilowattstunde – Außenwand (energiebedingte Kosten)	196
Abbildung 8-3: Kosten eingesparte Kilowattstunde – Steildach (energiebedingte Kosten)	196
Abbildung 8-4: Kosten eingesparte Kilowattstunde – Kellerdecke	197
Abbildung 8-5: Kosten eingesparte Kilowattstunde – oberste Geschossdecke, begehbar	197
Abbildung 8-6: Kosten eingesparte Kilowattstunde – oberste Geschossdecke, nicht begehbar	198
Abbildung 8-7: Vereinfachte Datenaufnahme	202

Abbildung 8-8: Verteilung der Endenergieeffizienzklassen von Ein- und Zweifamilienhäusern und Mehrfamilienhäusern mit Unterscheidung nach dem angewendeten Verfahren für die Datenaufnahme	203
Abbildung 9-1: Veranschaulichung der Ableitung von MEPS-Schwellenwerten	205
Abbildung 9-2: Verteilung der kumulierten Häufigkeit für die Nichtwohngebäude des errechneten spezifischen Endenergiebedarfs	207
Abbildung 9-3: Mögliche kaskadische Abfrage bezüglich MEPS von Nichtwohngebäuden	212
Abbildung 10-1: Vorschlag für zukünftige erste Seite des Energieausweises	220
Abbildung 11-1: Anwendungsfälle §§ 103 und 107 GEG, Befragung der unteren Bauaufsichtsbehörden aus acht Bundesländern	241
Abbildung 11-2: Schematische Darstellung der Anwendung des § 103 GEG	243
Abbildung 12-1: Wohnsituation nach Einkommen	253
Abbildung 12-2: Durchschnittliche Wohnfläche und Wohnfläche pro Kopf nach Einkommensdezilen	253
Abbildung 12-3: Baualtersklasse nach Einkommensdezilen	254
Abbildung 12-4: Heizenergieverbrauch (und dessen Zusammensetzung) nach Einkommensdezilen	255
Abbildung 12-5: Anteil der Haushalte, die privat Wohnraum vermieten nach Einkommensdezil	255
Abbildung 12-6: Wärmeausgaben (absolut/relativ) von mietenden Haushalten nach Einkommensdezilen	256
Abbildung 12-7: Mietkostenbelastung (Bruttowarmmieten) von Mietenden nach Einkommensdezilen	257
Abbildung 12-8: Mietbelastungsquoten in 10-Prozentpunktschritten nach Einkommen	257
Abbildung 12-9: Heizkosten und Kostenbelastung für selbstnutzende Eigentümer*innen nach Einkommen	258
Abbildung 12-10: Kaltmiete im Referenzfall „Keine Sanierung“	261
Abbildung 12-11: Kaltmiete nach EH-70-EE-Sanierung	263
Abbildung 12-12: Auswirkung der Modernisierungsumlage (§ 559 BGB) auf Mieterhöhungen im Rahmen der ortsüblichen Vergleichsmiete (§ 558 BGB)	264
Abbildung 12-13: Wirtschaftlichkeit einer EH-70-EE-Sanierung aus Vermietenden-Sicht	264
Abbildung 13-1: Nichtwohngebäude nach Nutzung und rechtlichem Eigentümer	270
Abbildung 13-2: Entwicklung fertiggestellter Nichtwohngebäude nach Bauherren	271
Abbildung 14-1: Kalibrierungsfaktor für Verbrauchsschätzung als Funktion des Normenergiebedarfs nach DIN V 18599	279

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Gegenwärtige Anforderungssystematik: nicht erneuerbare Primärenergiefaktoren nach derzeitigem GEG (oben) und Ausblick über die zukünftige Entwicklung der Faktoren	45
Tabelle 3-2:	Treibhausgasfaktoren nach derzeitigem GEG (oben) und Ausblick über die zukünftige Entwicklung der Faktoren	47
Tabelle 3-3:	Gesamt -Primärenergiefaktoren für heutige Energieträger (oben) und Ausblick über die zukünftige Entwicklung der Faktoren	49
Tabelle 4-1:	U-Werte von Mauerwerk aus monolithischen Wärmedämmsteinen mit beidseitigen Putzschichten und Mörtel einfluss	63
Tabelle 4-2:	U-Werte von Außenwänden mit WDVS auf einer Kalksandstein-Wand mit Klebemörtel und Außenputz, ausgeführt mit verschiedenen Bemessungswerten der Wärmeleitfähigkeit von typischen WDVS-Dämmstoffen	63
Tabelle 4-3:	U-Werte der zweischaligen Außenwand für typische Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs	64
Tabelle 4-4:	U-Werte einer Holzständer-Außenwand mit Holzständern aus Nadelholz im Raster 62,5 cm für verschiedene Gefach-Tiefen und Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit	66
Tabelle 4-5:	U-Werte von Sparrendächern mit 120 mm Aufsparrendämmung der Wärmeleitfähigkeit 0,042 W/(m·K) mit unterschiedlichen Gefachtiefen und unterschiedlichen Bemessungswerten der Wärmeleitfähigkeit für typische Zwischensparren-Dämmstoffe (flexible Matten oder Einblasdämmung)	68
Tabelle 4-6:	U-Werte von Umkehrdächern für verschiedene Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs	69
Tabelle 4-7:	U-Werte von Flachdächern für verschiedene Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs	69
Tabelle 4-8:	U-Werte von Kellerdecken für verschiedene Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs	70
Tabelle 4-9:	U-Werte in W/(m²·K) für zu errichtende Gebäude in unterschiedlichen Ländern (Zusammenstellung ifeu, mit https://www.ca-epbd.eu/outputs und weiteren Quellen siehe Anmerkungen)	74
Tabelle 4-10:	Referenzausführung Gebäudehülle, Effizienzniveaus – Wohngebäude	76
Tabelle 4-11:	Referenzausführung Gebäudehülle, Effizienzniveaus – Nichtwohngebäude (Raum-Solltemperaturen im Heizfall $\geq 19\text{ °C}$)	77
Tabelle 4-12:	Referenzausführung Gebäudehülle, Effizienzniveaus, weitere Bauteile – Nichtwohngebäude (Raum-Solltemperaturen im Heizfall $\geq 19\text{ °C}$)	77
Tabelle 4-13:	Zugrunde gelegte Gesamt-Primärenergiefaktoren	78
Tabelle 4-14:	Wohngebäude: Referenzausführung Anlagentechnik (fett: Ergänzungen; durchgestrichen: Streichungen gegenüber GEG2024)	92

Tabelle 4-15:	Nichtwohngebäude – Referenzausführung Anlagentechnik (fett: Ergänzungen; durchgestrichen: Streichungen gegenüber GEG2024)	96
Tabelle 5-1:	Variation Gebäude (Wohn- und Nichtwohnnutzung) – untere Schwelle sowie obere Schwelle (z.T. gem. GEG 2024 Anlage 7)	111
Tabelle 5-2:	Modellgebäude (Wohnnutzung) Gebäudedaten	114
Tabelle 5-3:	Energiepreise je Energieträger, Gebäude und Nutzung	116
Tabelle 5-4:	Zusammenfassung Randbedingungen und Ergebnisse Energie/Ökonomie als Dashboard – EFH klein	123
Tabelle 5-5:	Zusammenfassung Randbedingungen und Ergebnisse Energie/Ökonomie als Dashboard – Doppelhaushälfte DHH	127
Tabelle 5-6:	Zusammenfassung Randbedingungen und Ergebnisse Energie/Ökonomie als Dashboard – Reihemittelhaus RMH	129
Tabelle 5-7:	Zusammenfassung Randbedingungen und Ergebnisse Energie/Ökonomie als Dashboard – MFH klein	131
Tabelle 5-8:	Zusammenfassung Randbedingungen und Ergebnisse Energie/Ökonomie als Dashboard – MFH groß	133
Tabelle 5-9:	Zusammenfassung der Rechenergebnisse für Wohngebäude, Angabe Prozentwerte in Relation zu unterschiedlichen Bezugsfällen (siehe Legende)	141
Tabelle 5-10:	Zusammenfassung der Rechenergebnisse für Wohngebäude, spezifische Werte (Bezug A_N)	142
Tabelle 6-1:	Zusammenfassung Randbedingungen und Ergebnisse Energie/Ökonomie als Dashboard – Büro klein	149
Tabelle 6-2:	Zusammenfassung Randbedingungen und Ergebnisse Energie/Ökonomie als Dashboard – Büro groß	153
Tabelle 6-3:	Zusammenfassung Randbedingungen und Ergebnisse Energie/Ökonomie als Dashboard – Hotel	155
Tabelle 6-4:	Zusammenfassung Randbedingungen und Ergebnisse Energie/Ökonomie als Dashboard – Kindergarten	157
Tabelle 6-5:	Zusammenfassung Randbedingungen und Ergebnisse Energie/Ökonomie als Dashboard – Markt	159
Tabelle 6-6:	Zusammenfassung der Rechenergebnisse für Nichtwohngebäude, Angabe Prozentwerte in Relation zu unterschiedlichen Bezugsfällen (siehe Legende)	164
Tabelle 6-7:	Zusammenfassung der Rechenergebnisse für Nichtwohngebäude, spezifische Werte (Bezug A_{NGF})	165
Tabelle 7-1:	Vergleich der gängigen deutschen Zertifizierungssysteme (Schoon 2022)	173
Tabelle 7-2:	Flächen der betrachteten Gebäude in m^2	176
Tabelle 7-3:	THG-Emissionsfaktoren für die Nutzung von 1 kWh Endenergie aus nationalem Netzstrommix	177
Tabelle 7-4:	Übersicht über die Varianten	178
Tabelle 8-1:	Übersicht der maximalen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert in $W/(m^2 \cdot K)$) der aufgeführten Bauteile (erster Wert: EFH, zweiter Wert: MFH)	190
Tabelle 8-2:	Kostenübersicht für die Dämmung des oberen Gebäudeabschluss	192
Tabelle 8-3:	Vorschlag für Anforderungswerte je Bauteil	192

Tabelle 8-4:	Ermittelte spezifische Transmissionswärmeverluste verschiedener Modellgebäude des ZUB für den Ausgangszustand, bei Verwendung der U-Werte aus Anlage 7 und bei empfohlenen U-Werten für Anlage 7	193
Tabelle 8-5:	Kostendaten energetischer Modernisierungsmaßnahmen – energiebedingte Kosten	194
Tabelle 8-6:	Vergleich der Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten für zu sanierende Nichtwohngebäude nach GEG und EnEV 2016	200
Tabelle 9-1:	Abwägung Bedarf vs. Verbrauch als Indikator für MEPS	208
Tabelle 9-2:	Schwellenwerte für die schlechtesten 15% bzw. 25% pro Gebäudekategorie.	209
Tabelle 10-1:	Angaben und Kenngrößen GEG & EPBD	218
Tabelle 10-2:	Angaben im Energieausweis auf Seite 1 – Vergleich zu Anhang V EPBD	219
Tabelle 10-3:	Angaben im Energieausweis auf den Folgeseiten - Vergleich zu Anhang V EPBD	219
Tabelle 10-4:	Herausforderungen und Lösungsansätze hinsichtlich Qualitäts- und Quantitätssicherung	228
Tabelle 10-5:	Vergleich Verbrauchs- und Bedarfsausweis	230
Tabelle 11-1:	Beispielhafte Veränderung des Höchstwertes der Wärmedurchgangskoeffizienten U_{\max} in $W/(m^2 \cdot K)$ von Außenbauteilen bei Änderung an bestehenden Gebäuden	243
Tabelle 11-2:	Zusammenstellung der berechneten energetischen Kennwerte für die drei Typengebäude bei unterschiedlicher Sanierungstiefe sowie dafür notwendige Investitionskosten in der Gebäudehülle	244
Tabelle 13-1:	Überblick über die Verpflichtungen im Zusammenhang mit dem öffentlichen Sektor	273

Abkürzungsverzeichnis

A/V	Oberflächen-Volumen-Verhältnis
A _N	(Gebäude-)Nutzfläche, Wohngebäude
A _{NGF}	Nettogrundfläche
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMWSB	Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen
BNetzA	Bundesnetzagentur
CCS	Carbon Capture and Storage
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
EDL-G	Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen
EE	Erneuerbare Energien
EED	Energieeffizienzrichtlinie
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
Eff	Effizienzhausniveau
EFH	Einfamilienhaus
EG	Effizienzgebäude
EH	Effizienzhaus
EnEV	Energieeinsparverordnung
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
EPBD	Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden
EPC	Energieausweis (englisch: Energy performance certificate)
EPS	Expandiertes Polystyrol
EU	Europäische Union
EZFH	Ein- und Zweifamilienhaus
EDL-G	Energieeffizienzmaßnahmen
EnEfG	Energieeffizienzgesetz
H _T '	spezifischer Transmissionswärmeverlust
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
f _p	Primärenergiefaktor
f _{pnren} f _{p,ne}	Primärenergiefaktor für nicht-erneuerbare Energieträger
FW	Fernwärme
g-Wert	Gesamtenergiedurchlassgrad (Glas bzw. Fenster)
Green-Pass	Gebäude-Ressourcen-Energie-und-Nachhaltigkeits-Pass
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GWP	Globales Erwärmungspotential
H ₂	Wasserstoff
HH	Haushalte (Wohnnutzung)
H _T	Transmissionswärmeverlust
iSFP	Individueller Sanierungsfahrplan
JAZ	Jahresarbeitszahl

KSG	Klimaschutzgesetz
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LED	Leuchtdiode (Light Emitting Diode)
$m_{CO_2\ddot{a}q}$	Treibhausgas-Emissionen
MEPS	Minimum Energy Performance Standard
MsbG	Messstellenbetriebsgesetz
MFH	Mehrfamilienhaus
NECP	Nationaler Energie- und Klimaplan
NBRP	National Building Renovation Plans
NT	Niedertemperatur
NRF	Nettoraumfläche
NWG	Nichtwohngebäude
PEF	Primärenergiefaktor
PtG	Power to Gas
PtL	Power to Liquid
PU	Polyurethan
PV	Photovoltaik
Q, q	Wärme (kleingeschrieben: spezifischer Wert bezogen auf Fläche, gilt sinngemäß auch für die folgenden Abkürzungen für Q mit Indizes)
$Q_{h,b,0}$	Heizwärmebedarf (weitere Bezeichnungen: Nutzenergiebedarf Heizen, Nutzwärmebedarf) vor erster Iteration
$Q_{p,tot}$	Gesamt-Primärenergie
$Q_{p,ne}$	nicht-erneuerbare Primärenergie
Ref	Referenz
wRED	Erneuerbare Energien Richtlinie
WSchV	Wärmeschutzverordnung
STWE	solare Trinkwassererwärmung
THG	Treibhausgase
TF	Technische Funktionsfläche
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient
WE	Wohneinheit
WEG	Wohnungseigentümergeinschaft
WDVS	Wärmedämm-Verbundsystem
WL	Wärmeleitfähigkeit
WP	Wärmepumpe
WPG	Wärmeplanungsgesetz
WRG	Wärmerückgewinnung (mechanische Lüftung)
QNG	Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude
VF	Verkehrsfläche
$X_{CO_2\ddot{a}q}$	Energieträger-spezifischer Treibhausgasemissionsfaktor
XPS	Polystyrol-Extruderschaumstoff
ZEB	Zero-Emission-Building

Kurzfassung

Prolog

Klimaneutralität im Jahr 2045, eine Absenkung der gesamten Treibhausgas-Emissionen deutschlandweit um mindestens 65 % bis 2030 und 88 % bis 2040 gegenüber 1990 sowie die im Klimaschutzgesetz als Orientierungsgröße benannte Jahresemissionsgesamtmenge für den Gebäudebereich in Höhe von 67 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente im Jahr 2030: Das sind Meilensteine für eine Ausgestaltung der politischen Instrumente im Gebäudebereich, wobei gleichzeitig die Prinzipien der Bezahlbarkeit und sozialen Verträglichkeit zu berücksichtigen sind. Am 28. Mai 2024 trat zudem die Richtlinie (EU) 2024/1275 in Kraft, welche die Richtlinie 2010/31/EU zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Gebäuderichtlinie – EPBD) novelliert.

Zu den Maßnahmen der überarbeiteten EPBD gehören unter anderem die Festlegung von Zielen für die Senkung des Primärenergieverbrauchs des nationalen Wohngebäudebestands bis 2030 um 16 % und bis 2035 um 20-22 % sowie die Einführung eines Nullemissionsstandards, der sicherstellt, dass zu errichtende Gebäude emissionsfrei sind, sowie die schrittweise Einführung von Mindestanforderungen an die Energieeffizienz für Nicht-Wohngebäude (Minimum Energy Performance Standards, MEPS). Zudem soll zukünftig der Treibhausgas-Ausstoß über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes berücksichtigt werden. Gleichzeitig sollen Energieausweise verlässlicher, hochwertiger und digitaler gestaltet werden. Zudem wird der Einsatz von Solarenergie auf Neubauten und bestimmten bestehenden Nicht-Wohngebäuden gefordert, wo dies technisch, wirtschaftlich und praktisch machbar ist. Neubauten müssen zudem „solar-tauglich“ („solar-ready“) gestaltet werden. Die EPBD enthält weitere Vorgaben zum Beispiel für Ladeinfrastruktur, Inspektionen, Renovierungspässe und Datenbanken.

Projekt „Gutachten zum GEG und zur EPBD“

Dieses Projekt „Gutachten zum GEG und zur EPBD“ wurde von 2021 bis 2024 durchgeführt und hatte mehrere Aufgaben: (1) den Erstellungsprozess der EPBD gutachterlich zu begleiten; (2) die methodischen und analytischen Voraussetzungen für eine Umsetzung der EPBD-Vorgaben in das Gebäudeenergiegesetz (GEG) zu schaffen; (3) Vorschläge für Anforderungen an Neubauten und den Gebäudebestand zu erarbeiten; (4) die Wirtschaftlichkeit umfassend zu errechnen; (5) sowie weitere Analysen, z. B. bzgl. Vollzug, Sozialverträglichkeit und Quartierslösungen durchzuführen.

Anforderungsgrößen und Neubau

Im ersten Teil des Gutachtens erfolgen Voruntersuchungen zum Begriff des Nullemissionsgebäudes und zur Anforderungssystematik. Sie dienen der Vorklärung für eine neue Anforderungssystematik für die Gebäudebewertung. Die EU-Gebäudeeffizienzrichtlinie (EPBD) führt in Art. 2 Nr. 2 den Begriff des „Nullemissionsgebäudes“ ein (im Folgenden auch abgekürzt als „ZEB“ für „Zero Emission Building“). Das ZEB muss sechs Kriterien einhalten (Abbildung 0-1). Die EPBD fordert, dass ab dem 1. Januar 2028 neue Gebäude, die sich im Eigentum von öffentlichen Einrichtungen befinden, und ab dem 1. Januar 2030 alle neuen Gebäude Nullemissionsgebäude sind (Art. 7 Abs. 1 EPBD).

Abbildung 0-1: Anforderungen an Nullemissionsgebäude



Quelle: ifeu

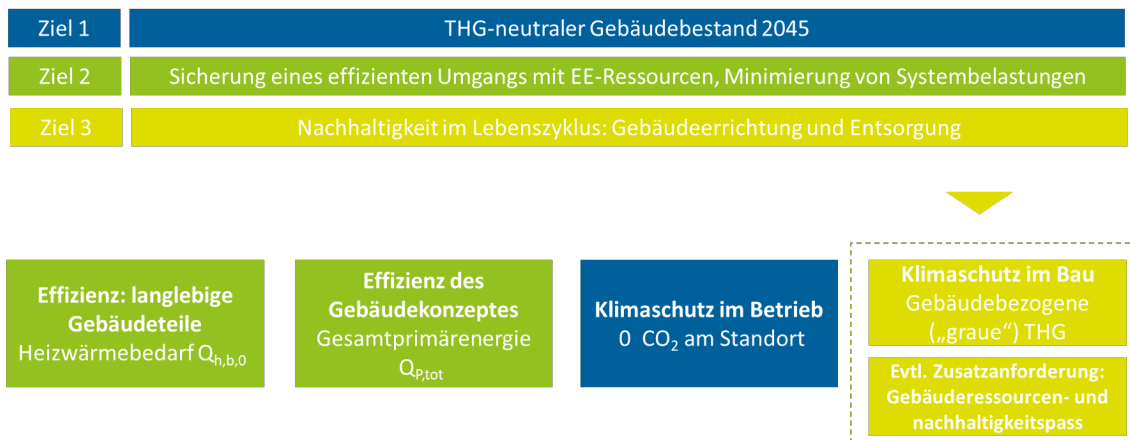
Aufbauend auf einer umfassenden Analyse von Anforderungsgrößen und Ambitionsniveaus werden Vorschläge für die Weiterentwicklung des Neubaustandards im GEG erarbeitet. Bei einer neuen Gesamtanforderung geht es darum, das bestehende System praktikabler und anwenderfreundlicher auszugestalten, an die baupraktische Entwicklung anzupassen und die Vorgaben des Nullemissionsgebäudes der EPBD umzusetzen.

Die wichtigste Neuerung eines Neubaustandards ZEB ist die Einführung der THG_{direkt}=0-Regel. Bei neu errichteten Gebäuden dürfen **keine fossilen CO₂-Emissionen am Standort des Gebäudes** ab spätestens 2028 (öffentliche Gebäude) bzw. 2030 (alle Gebäude) auftreten.

Als Haupt-Anforderungsgröße verlangt die EPBD für die Bewertung der Gesamtenergieeffizienz die „**Gesamtprimärenergie**“. Gesamtprimärenergie bewertet nicht nur den Einsatz von fossilen oder nuklearen Brennstoffen, sondern auch von erneuerbaren Energieträgern. Die Analyse zeigt, dass diese Anforderungsgröße grundsätzlich auch gut geeignet ist, um in einem immer stärker von erneuerbaren Energien dominierten Energiesystem ein ausgewogenes Verhältnis zwischen dem Einsatz erneuerbarer Energien und einem sparsamen Umgang mit erneuerbaren Energieressourcen, Energieinfrastrukturen (z. B. Stromverteilnetzausbau), Leistung und volkswirtschaftlichen Kosten zu erreichen. Wesentlich hierfür ist, dass die vor Ort erzeugten und genutzten erneuerbaren Energieträger, beispielsweise Solarenergie und Umweltwärme, nicht mitgerechnet werden (Gewichtungsfaktor 0). Auch für die Fernwärme müssen Vorkehrungen bei der Definition des Gesamtprimärenergiefaktors getroffen werden. Für die **Bewertung der Fernwärme** wird vorgeschlagen, eine Obergrenze (Pauschalfaktor) und eine Untergrenze einzuführen sowie die Umstellung auf das Carnot-Verfahren für die detaillierte Berechnung der Faktoren vorzuschreiben.

Um solare Gewinne besser zu berücksichtigen und mehr gestalterische Freiheit zu erlauben, wird in diesem Gutachten vorgeschlagen, anstelle des spezifischen Transmissionswärmeverlustes $H_{T'}$, der in sehr effizienten Gebäudekonzepten wesentliche Nachteile aufweist, den **Heizwärmebedarf** $Q_{h,b,0}$ als neue Anforderungsgröße zu wählen.

Abbildung 0-2: Ziele einer neuen Anforderungssystematik und Vorschlag für eine Umsetzung des ZEB



Quelle: ifeu

Ableitung eines baubaren Referenzgebäudes

Das Gutachten untersucht auch die Frage der Beibehaltung eines **Referenzgebäudeansatzes** im Vergleich zu absoluten Anforderungen und spricht sich im Ergebnis für eine Beibehaltung aus, allerdings mit differenzierten Anforderungen an Ein-/Zweifamilienhäuser einerseits und Mehrfamilienhäuser/Nichtwohngebäude andererseits, um die geringere Kompaktheit und damit die höheren Energieverluste über die Hülle zu berücksichtigen. Anstelle des Reduktionsfaktors 0,55 im geltenden GEG wird in diesem Gutachten vorgeschlagen, das Anforderungsniveau über ein **baubares Referenzgebäude** zu definieren, das dann auch unmittelbar realisiert werden könnte. Das baubare Referenzgebäude bezieht sich dabei auf die Kombination der Vorgabe von Kennwerten für die Gebäudehülle in Verbindung mit einer Anlagentechnik, die den Stand der Technik, die aktuelle Planungspraxis und marktübliche Ausführungen repräsentiert. Dieses baubare Referenzgebäude könnte dann auch als Ansatzpunkt für ein vereinfachtes Nachweisverfahren (in Anlehnung an Anlage 5 GEG) und damit für einen Bürokratieabbau dienen.

Für die Umsetzung des ZEB in das nationale Recht erfolgt in der Studie eine umfangreiche Überprüfung des ökonomischen und ökologischen Kosten-Nutzen-Verhältnisses, der Baupraxis, der Baubarkeit und der vergleichbaren Erfahrungen in Nachbarländern. Im Ergebnis werden zwei Effizienzniveaus definiert (Eff I und Eff II), die dann einer energetischen und ökonomischen Bewertung unterzogen werden. Das Niveau Eff I entspricht einem baulichen Wärmeschutzniveau, das etwas besser ist als das KfW-Effizienzhaus 55, das Niveau Eff II weist einen etwas schlechteren Wärmeschutz auf als ein KfW-Effizienzhaus 55. Für diese beiden Effizienzniveaus wird im Folgenden untersucht, ob sie die Anforderungen an das ZEB-Niveau, insbesondere die Anforderung, den geltenden NZEB-Standard um 10 % zu unterschreiten, einhalten und andererseits die Gesamtkosten des neuen Standards wirtschaftlich vertretbar und akzeptabel sind.

Für die Anlagentechnik wird als Referenz eine **technologieneutrale Referenzheizung** definiert, die die Anforderung an Null Treibhausgasemissionen vor Ort berücksichtigt. Rein rechnerisch kann dieser Ansatz in der Bilanz wie ein Wärmenetzanschluss behandelt werden und erfordert somit keine Umstellung des Bilanzverfahrens. Dieser offene Ansatz in der Referenz ermöglicht es, verschiedene Heizungstechnologien im realisierten Gebäude einzusetzen.

Außerdem erfolgt eine umfangreiche Untersuchung der Berücksichtigung von **Photovoltaik** im Referenzgebäude. Dabei wird u.a. der Einfluss der PV-Größe und des Umgangs mit Batteriespeichern im

Referenzgebäude sowie der Berücksichtigung des Nutzerstroms bei der Bestimmung der anrechenbaren PV-Strommenge auf die Erfüllungsmöglichkeiten typischer Wärmeversorgungslösungen diskutiert. Es wird empfohlen, das Referenzgebäude mit einer PV-Anlage auszustatten und die anrechenbare PV-Strommenge für Wohngebäude nach DIN V 18599-9 zu bestimmen. Die PV-Anlage kann jedoch in der Referenzausführung entfallen bzw. verkleinert werden, wenn die Installation im ausgeführten Gebäude nachweislich nur eingeschränkt oder nicht möglich ist. Ist im ausgeführten Gebäude nur eine kleinere oder keine PV-Anlage möglich, ergibt sich aus dieser Regelung eine entsprechende Anpassung des Anforderungswertes. Für den Batteriespeicher wird die gleiche Dimensionierung wie im ausgeführten Gebäude empfohlen.

Für den **sommerlichen Wärmeschutz** wird für einen zukünftigen Neubaustandard die Umstellung auf einen ortgenauen Nachweis unter Verwendung von Zukunftsklimadaten, die Umstellung auf die Komfortbewertung nach DIN EN 16798-1 (Definition höchstens zulässiger prozentualer Überschreitung der Obergrenzen der Komfortstufe II) sowie eine differenziertere Behandlung der Nichtwohnnutzungen vorgeschlagen.

Energetische und wirtschaftliche Analyse des neuen Zero Emission Standards im Neubau

Für das abgeleitete baubare Referenzgebäude mit den beiden Effizienzniveaus Eff1 und Eff 2 und für verschiedene Heizungslösungen werden umfangreiche Berechnungen anhand einer Modellgebäudesystematik für Energiebedarf und Wirtschaftlichkeit für die neue Anforderungssystematik durchgeführt. Allen baulichen und anlagentechnischen Maßnahmen bzw. Komponenten werden hierzu entsprechende energiebedingte Investitionskosten zugeordnet. Unter Einbeziehung der fallweise bestimmten Energiebezugskosten sowie weiterer Größen zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit werden für die Einzellösungen, die zur Erfüllung der Anforderungen führen, die Annuitäten (Jahresgesamtkosten) bestimmt. Insgesamt ergeben sich für Wohngebäude folgende Ergebnisse:

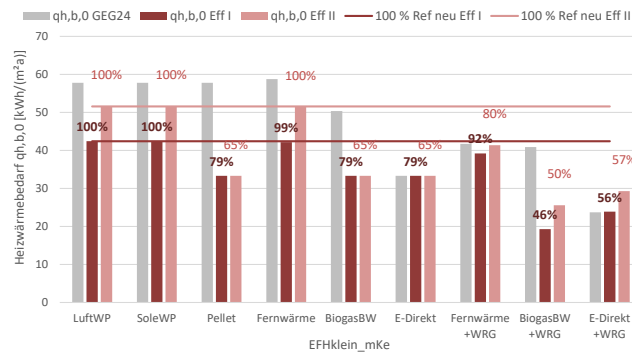
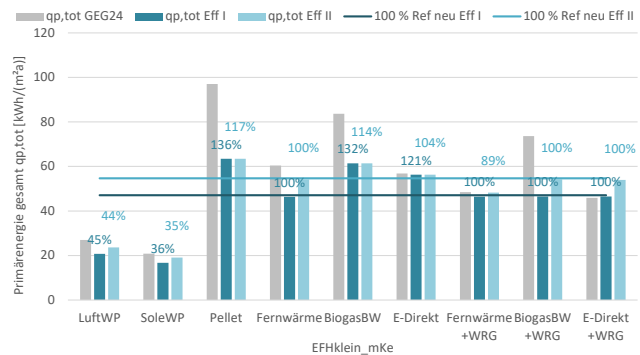
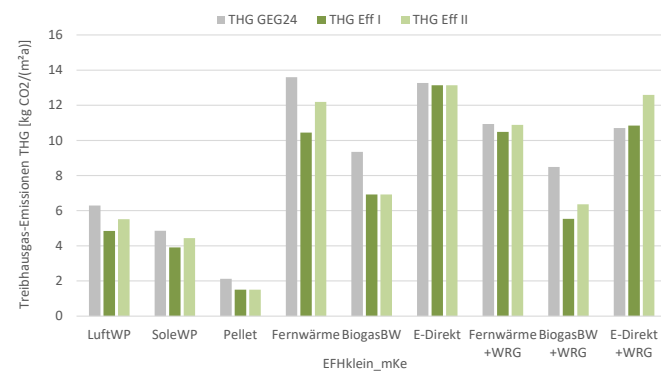
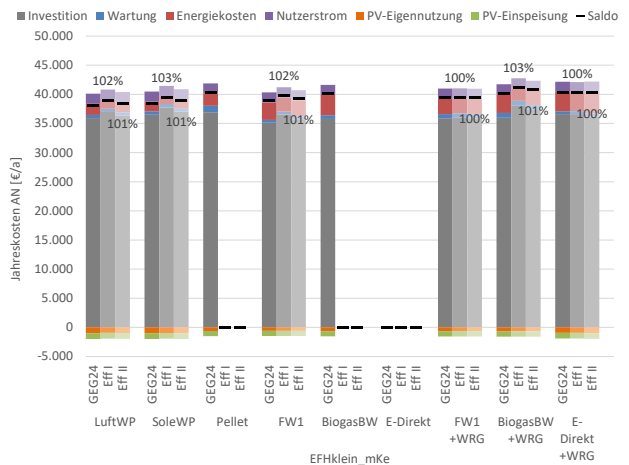
- Bei der Heizungsoption Wärmepumpe werden als Folge des verbesserten Wärmeschutzes im Eff I Endenergie- und Gesamt-**Primärenergieeinsparungen** sowie THG-Einsparungen von 16 bis 23 % gegenüber den Erfüllungsoptionen des geltenden GEG erzielt; die größten prozentualen Einsparungen ergeben sich bei freistehenden Einfamilienhäusern, etwas geringere Werte ergeben sich beim Reihemittelhaus und bei großen Mehrfamilienhäusern. Im Eff II liegen die Einsparungen niedriger (6 - 13 %).
- Diese Einsparungen haben investive Mehrkosten (ohne Förderung) von 3 - 5 % (Eff I) bzw. 2 % (Eff II) zur Folge; die **Jahresgesamtkosten** liegen im Eff I-Niveau um 2 - 4 % über dem Wert des geltenden GEG. Im Effizienzniveau II liegen die Investitionskosten um 2 % über den GEG-2024-Varianten, die Jahresgesamtkosten mit 101 % im Rahmen der Datenunsicherheit gleichauf mit dem GEG 2024.
- Bei der Fernwärme liegen die Energie- und THG-Einsparungen bei 15 - 23 % (Eff I) bzw. 7 - 13 % (Eff II), verbunden mit Investitionsmehrkosten von +4 bis +6 % für Eff I und +2 % für Eff II. Hieraus ergeben sich um 2 % (Eff I) bzw. 1 % erhöhte Jahreskosten (Eff II).
- Neben den betriebswirtschaftlichen Einsparungen für die Gebäudenutzer*innen ergeben sich zusätzliche **Einsparungen im Gesamtsystem** (z. B. reduzierte Erfordernis des Stromverteilnetz-Ausbaus und der winterlichen Backup-Leistungen im Kraftwerkspark), die hier nicht unmittelbar monetarisiert werden können, sich allerdings auf die Netzentgelte auswirken dürften. Der niedrigere Verbrauch erhöht zudem die **Resilienz** des Gebäudekonzepts und puffert Energiepreis-Volatilitäten und -Steigungen ab. Bei der Bewertung der Effizienzniveaus ist zudem zu berücksichtigen, dass in vermieteten Gebäuden die Betriebskosten in aller Regel von den Mietenden getragen werden.
- Bei Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung zeigt sich die **größere Flexibilität** des neuen Anforderungssystems. So wird beispielsweise bei der Versorgungsvarianten

Fernwärme deutlich, dass in Verbindung mit einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ein Nachlassen im baulichen Wärmeschutz möglich ist. Diese Flexibilität ergibt sich aus der neuen Anforderungsgröße $q_{h,b,0}$, da hier auch die energetische Wirkung der Wärmerückgewinnung einbezogen wird.

- Für die Brennstoffe **Biomasse und grüne Gase** erachten die Gutachter*innen es für notwendig, dass Gewichtungsfaktoren eingeführt werden, sofern diese Brennstoffe auch zukünftig als Neubauoptionen ermöglicht werden sollen.
- Betrachtet man das H_T' -Niveau, das bei den verbreiteten Heizungsvarianten Wärmepumpe und Fernwärme erreicht wird, so sieht man, dass ein H_T' -Niveau zwischen 64 % und 68 % bei Effizienzniveau I und 77 und 87 % bei Effizienzniveau II erreicht wird. Dies entspricht für Eff I einem Niveau, welches einen etwas besseren Wärmeschutz als ein „Effizienzhaus 55“ (mit einer Anforderung an die Gebäudehülle von 70 % $H_{T,Ref}'$) aufweist. Für Eff II ergibt sich ein Niveau in etwa vergleichbar mit einem „Effizienzhaus 70“ (mit einer Anforderung an die Gebäudehülle von 85 % $H_{T,Ref}'$).
- Im Rahmen der gewählten Betrachtungsweise und den zugrunde gelegten Beispielgebäuden sowie typischen Anlagenvarianten (Wärmepumpen und Fernwärme) wird die mindestens geforderte **10%ige Einsparung** gegenüber dem NZEB-Niveau mit Eff I in allen Fällen erreicht. Für das Niveau Eff II kann die geforderte Einsparung nicht in allen Fällen nachgewiesen werden. Die Weiterentwicklung des Referenzgebäudes in Richtung des Effizienzniveaus II erscheint somit mindestens erforderlich, um die Anforderung „-10 % NZEB“ zu erreichen.
- Durch die Variation der Randbedingungen bei der Wirtschaftlichkeitsbewertung (Sensitivitätsbetrachtungen) steigen die Jahreskosten (Annuitäten) um 2,1 % (bei 10 % höheren energiebedingten Investitionskosten) bzw. sinken um 2,1 % (bei 10 % niedrigeren energiebedingten Investitionskosten) gegenüber den unveränderten Randbedingungen. Die Erhöhung oder Absenkung der Energiekosten um +/-10 % verändert die Jahreskosten nur im Bereich +/-0,7 %.
- Rechnet man alleine für alle neugebauten Wohngebäude bis 2045 (Anteil Wärmepumpen 70 % im Jahr 2030 und 75 % im Jahr 2040) gemäß des Hintergrundpapiers zur Gebäudestrategie) die Einsparung eines Eff II-Standards gegenüber dem aktuellen GEG-Niveau aus, könnte der zusätzliche Heizwärmebedarf dieser Neubauten von 41 TWh auf 28 TWh, der zusätzliche Endenergiebedarf von 27 TWh auf 19 TWh – was geringere Abhängigkeiten von Energiepreisentwicklungen bedeutet – und die zusätzliche elektrische WP-Leistung von 19 GW auf 12 GW reduziert werden. Berücksichtigt man die Gleichzeitigkeit des Wärmepumpenbetriebs, so dürften insgesamt das Stromnetz und der Kraftwerkspark um 5 GW an kalten Tagen des Jahres entlastet werden. Dies würde der Leistung von 12 typischen H_2 -Gas-Kraftwerken entsprechen.

Die Gutachter*innen halten den Vorschlag einer baubaren Referenz für einen nachhaltigen Vorschlag: Die EPBD und die dort verankerte -10 % NZEB-Anforderung wird mit einem weiterentwickelten Effizienzniveau und einer Differenzierung nach EZFH/MFH/NWG sowie der zusätzlichen Flexibilität durch die neuen Anforderungsgrößen vor dem Hintergrund der Ausbalancierung von Einsparung, ökologischem und ökonomischem Kosten-Nutzen-Verhältnis und Dekarbonisierung umgesetzt.

Abbildung 0-3: Beispielhafte Ergebnisse der energetischen und ökonomischen Betrachtung des Einfamilienhauses

Heizwärmebedarf vor Iteration $q_{h,b,0}$ [kWh/(m²a)]Primärenergiebedarf gesamt $q_{p,tot}$ [kWh/(m²a)]Treibhausgasemissionen THG-Äquivalent [kg CO₂/(m²a)]Jahreskosten (Annuität) A_N [€/a]

Jahreskosten mit 2 % Realzins für die Kostengruppen Investition, Wartung, Energiekosten, Nutzerstrom, PV-Eigennutzung/Einspeisung

Quelle: IBH

Für **Nichtwohngebäude** ergeben sich zusammenfassend **folgende Ergebnisse**:

- Für die betrachteten Wärmepumpen-Systeme (Luft-Wasser, Sole-Wasser) ergeben sich Einsparungen beim **Primärenergiebedarf** und bei den Treibhausgas-Emissionen, welche für Eff I im Mittel bei 21 % liegen und sich im Bereich von 10 % (Hotel) bis 33 % (Markt) bewegen. Beim Niveau Eff II liegt der Mittelwert bei 14,5 %.
- Beim System **Fernwärme** stellt sich für Eff I ein Mittelwert von 20 % für die Energie-Einsparung ein, der Wertebereich (min, max) liegt bei 6 % (Kindergarten) bis 26 % (Büro klein). Der Mittelwert für Eff II ist etwas niedriger, d.h. 18 %.
- Einen Sonderfall stellt die **Fernwärme im Hotel** dar, da dort hohe Werte beim Nutzenergiebedarf Trinkwarmwasser anfallen. Hier würde sich durch die neue Anforderungssystematik eine Verringerung der Anforderungen ergeben, da die Solarthermieanlage, die im GEG2024 Bestandteil des Referenzgebäudes ist, entfällt. Allerdings hängt das genaue Ergebnis von der gewählten Methodik der Fernwärme-Primärenergiefaktoren ab.
- Auch beim Nichtwohngebäude gilt: Sofern Systeme mit gasförmiger (und auch fester) Biomasse in einer künftigen Anforderungssystematik Erfüllungsoptionen sein sollen, müssten –

wie bereits zu den Wohngebäuden ausgeführt – entsprechende Gewichtungsfaktoren eingeführt werden.

- Bei der Bewertung der Wirtschaftlichkeit ergibt sich im Vergleich zu den Erfüllungsoptionen für das GEG 2024 im Mittel eine Erhöhung der Investitionskosten um 3 % (Eff I) bis 2 % (Eff II), welche einher geht mit der Erhöhung der **Jahreskosten (Annuitäten)** um 2 % (Eff I) bzw. 1 % (Eff II). Die benannten prozentualen Veränderungen beziehen sich auf die prozentualen Änderungen gegenüber der GEG 2024-Erfüllung.
- Durch die Variation der Randbedingungen bei der Wirtschaftlichkeitsbewertung (Sensitivitätsbetrachtungen) steigen die Jahreskosten (Annuitäten) um 2,2 % (bei 10 % höheren energiebedingten Investitionskosten) bzw. sinken um 2,2 % (bei 10 % niedrigeren energiebedingten Investitionskosten) gegenüber den unveränderten Randbedingungen. Die Erhöhung oder Absenkung der Energiekosten um +/-10 % verändert die Jahreskosten nur im Bereich +/-0,4 %.

Anforderungen an den Lebenszyklus. Bau und Errichtung sowie Modernisierung von Gebäuden tragen maßgeblich zu den Treibhausgas-Emissionen in Deutschland bei. Ein maßgeblicher Anteil der grauen Emissionen entsteht derzeit insbesondere bei der Herstellung der Baustoffe. Die EPBD fordert die Ausweisung eines Lebenszyklus-THG-Wertes unter Einbeziehung der Emissionen der Errichtung von Gebäuden und anschließend ein Konzept für die verbindliche Einführung von Schwellenwerten ab 2030. Aufbauend auf einer Analyse von Anforderungen und Steuerungsmöglichkeiten wird vorgeschlagen, neben dem von der EPBD geforderten Indikator für das gesamte kumulative Lebenszyklus-Treibhauspotential als Indikator für die „grauen Emissionen“ den von der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) eingeführten Indikator **„Treibhausgasreduziertes Bauwerk (Herstellungsphase, GWP_{fossil})“** einzuführen. Dieser fokussiert auf die Herstellungsphase und nicht auf den gesamten Lebenszyklus, da eine solche Betrachtung insbesondere der Phase C von grundsätzlichen Unsicherheiten geprägt ist: Wie werden sich die THG-Emissionen der Energieträger verändern? Welche Umweltwirkungen hat eine in dreißig Jahren produzierte Ersatzkomponente? Wie werden Bauteile in fünfzig Jahren entsorgt?

Als Steuerungsgröße ist daher der Kennwert „Treibhausgas-reduziertes Bauwerk“ besser geeignet, der die fossilen THG-Emissionen der Phase A (Herstellung A1-A3 und optional Errichtung A4-A5) bewertet. Der Kennwert fokussiert auf den heute möglichen und dringlichen Klimaschutz bei der Errichtung von Gebäuden und schafft dadurch Anreize für die Bauwirtschaft, heute grüne Leitmärkte für ihre Produkte zu entwickeln. Der Kennwert vermeidet auch einige Artefakte, die bei der Aufsummierung eines Lebenszyklus-Wertes zu einem gemeinsamen Kennwert entstehen, beispielsweise die Vernachlässigung der Einsparung erneuerbarer Energieressourcen und -kapazitäten. Bezüglich der Systemgrenze sollte eine Vereinheitlichung der Methodik mit der QNG- (Qualitätssiegel Nachhaltige Gebäude) Systematik angestrebt werden.

Lebenszyklusbetrachtungen werden in diesem Projekt auch vorgenommen, um ein plausibles Ambitionsniveau für die Betriebsphase zu bestimmen. Hierzu werden Ökobilanzen für zwei mit Wärmepumpen beheizte Modellgebäude (EFH und MFH) berechnet. Insgesamt ergibt sich folgendes Gesamtmuster: Mit der heutigen Betrachtungsweise des QNG, bei der die Betriebsphase mit dem heutigen Energiemix bewertet wird, aber auch bei einem um einige Jahre in Zukunft schauenden („forward looking“ im Sinne der EPBD) Emissionsfaktor für Strom („GEG EPBD“; Stromfaktor 350 g/kWh) führt das höhere Effizienzniveau Eff I im Lebenszyklus zu THG-Einsparungen im Vergleich zum derzeitigen Niveau. Wenn man die Betrachtungsweise auf eine langfristige Bilanzierung umstellt („prognostisch“, Stromfaktor rd. 110 g/kWh), liegen die THG-Emissionen der drei Effizienzvarianten etwa gleichauf bzw. liegen die THG-Emissionen des aktuellen Effizienzniveaus geringfügig niedriger als die im Projekt bestimmten Effizienzanforderungen. Dies ist auch unmittelbar einleuchtend, da in der Betriebsphase kaum noch THG-Emissionen eingespart werden können. Dafür liegt der Endenergiebedarf in den effizienten Varianten um 19 bzw. 21 % unter der Ausgangsvariante. Dies verweist auf eine

fundamentale Schwachstelle der langfristigen Bewertung von Gebäuden ausschließlich mittels THG-Faktoren, denn aus betriebs- wie volkswirtschaftlicher Sicht ist auch mit erneuerbaren Energien sparsam umzugehen (siehe oben). Wie beispielsweise die Langfristszenarien zeigen, ist ein ausbalanciertes Verhältnis von Einsparung und erneuerbaren Energien der volkswirtschaftlich optimale Pfad auch vor dem Hinblick begrenzter Flächenressourcen für erneuerbare Energien, Ausbaukosten, Akzeptanzfragen sowie der Stromverteilnetz- und Backup-Kraftwerksinfrastruktur insbesondere an kalten Wintertagen. Auch der Schutz vor Energiepreissteigerungen und die Resilienz des deutschen Energiesystems fließen hier ein.

Der Anteil der Dämmung und Fenster an den Lebenszyklus-THG-Emissionen liegt je nach Effizienzniveau und Gebäudetyp zwischen 4 und 11 % der gesamten Lebenszyklus-THG-Emissionen (vor PV-Gutschrift). Die konstruktiven Baumaterialien (Tragwerk usw.) führen zu etwa fünfmal so hohen Lebenszyklus-Emissionen. Andere Bauweisen, klimafreundliche Materialien, materialsparende Baukonzepte, zirkuläres Bauen und andere Ansätze liefern hier deutliche Einsparungen.

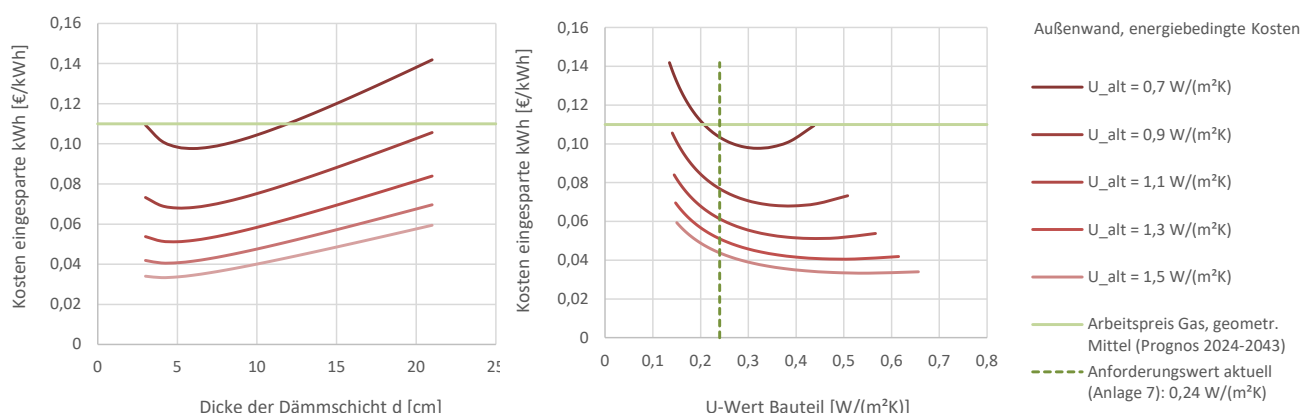
Anpassungen der Regelungen für den Gebäudebestand

Neben den umfangreichen Untersuchungen zum Neubaustandard untersucht dieses Projekt verschiedene Anpassungen der Regelungen für den Gebäudebestand. Das Ziel ist, den Weg zu zielkonformen Bestandsgebäuden einzuschlagen und Lock-In-Effekte für Maßnahmen an Wohn- und Nicht-Wohngebäuden zu vermeiden.

Änderungen an § 48 GEG. Die Anforderungen an bestehende Gebäude bei Änderungen an der Gebäudehülle werden in § 48 GEG festgeschrieben. Maßgeblich hierfür sind die Werte in Anlage 7 des GEG. Im Gutachten werden aus verschiedenen baupraktischen Überlegungen Anpassungen der U-Werte abgeleitet und anschließend einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen unterzogen. Hierzu werden die Kosten der eingesparten Kilowattstunde abgeleitet, die sich durch die Investition in die Energiesparmaßnahme ergeben.

Im Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (siehe Beispiel in Abbildung 0-4) unter Berücksichtigung der Kostenstruktur von Sanierungen wird empfohlen, die Anforderungswerte für die Wärmedurchgangskoeffizienten in Anlage 7 GEG bezüglich der Anforderungen an den oberen Gebäudeabschluss und Fenster sowie Außenwand anzupassen.

Abbildung 0-4: Kosten eingesparte Kilowattstunde abhängig vom Ausgangszustand– Beispiel Außenwand (energiebedingte Kosten)



Alle Werte unterhalb der grünen Linie führen zu niedrigeren Kosten als der alternative Bezug von Erdgas und sind damit wirtschaftlich.

Quelle: IBH

Anpassung von § 50 GEG. Der Nachweis der Einhaltung von Anforderungen an die Änderung bestehender Bauteile kann alternativ zu § 48 GEG auch über eine Bilanzierung des gesamten Gebäudes (sog. „140% -Regel“) geführt werden (§ 50 GEG). In Bezug auf diesen Paragraphen wird vorgeschlagen, diesen Ansatz in Zukunft auf das dann angepasste baubare Referenzgebäude zu beziehen und auch hier statt H_T den Heizwärmebedarf als Anforderungsgröße zu verwenden.

Bei der Überführung der Energieeinsparverordnung (EnEV) in das GEG sind vor allem bei den höchstzulässigen mittleren U-Werten für Nichtwohngebäude z.T. erhebliche Unterschiede in den Anforderungswerten zustande gekommen. Diese sollten wieder „korrigiert“ werden.

Option: Einführung eines ZEB-Sanierungsstandards. Eine weitere Möglichkeit wäre die Einführung eines neuen ZEB-Sanierungsstandards, wie er auch in Art. 11 EPBD nahegelegt wird. Dieser könnte als zweite Möglichkeit für eine Erfüllung von § 50 GEG eingeführt werden – oder auch als Ersatz für diesen Ansatz. Ein ZEB-Sanierungsstandard stellt die Anforderung an „keine direkten CO₂-Emissionen aus fossilen Brennstoffen am Standort des Gebäudes“ in den Mittelpunkt und ergänzt diese beispielsweise um einen Grenzwert für den Jahres-Primärenergiebedarf und die Vorlauftemperatur des Gebäudes.

Anpassungen bezüglich der vereinfachten Datenaufnahme. Ein weiterer, den Gebäudebestand betreffender Themenkomplex betrifft die Daten, die bei der Bilanzierung von Bestandsgebäuden angesetzt werden. Hier dient die Bekanntmachung zur vereinfachten Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand (Quelle: BMWK und BMWStB, 2020) als Hilfestellung für Planende, wenn keine konkreten Angaben zum Gebäude oder zu Bauteilen vorliegen oder ermittelt werden können. Die nach der vereinfachten Datenaufnahme verwendbaren U-Werte für verschiedene Bauteiltypen unterschiedlicher Baualtersklassen liegen nach Einschätzung der Gutachter*innen insbesondere bei den Baualtersklassen vor der 1. Wärmeschutzverordnung deutlich auf der sicheren Seite, was ggü. dem realen Gebäude nachweislich zu einer Überschätzung des tatsächlichen Energiebedarfs führt. Die vereinfachte Datenaufnahme führt zu Abweichungen zwischen den tatsächlichen Verbräuchen und den ermittelten Bedarfen (neben den in Kapitel 14.3). Hinzu kommt, dass zu schlecht angenommene Bauteile zu einer zu schlechten Bewertung des Bestandes führen und damit zu hohe Einsparpotenziale für die Sanierung ermittelt werden. Um hier Abhilfe zu schaffen, ist es aus Sicht der Gutachter*innen erforderlich, die U-Werte für die vereinfachte Datenaufnahme anzupassen.

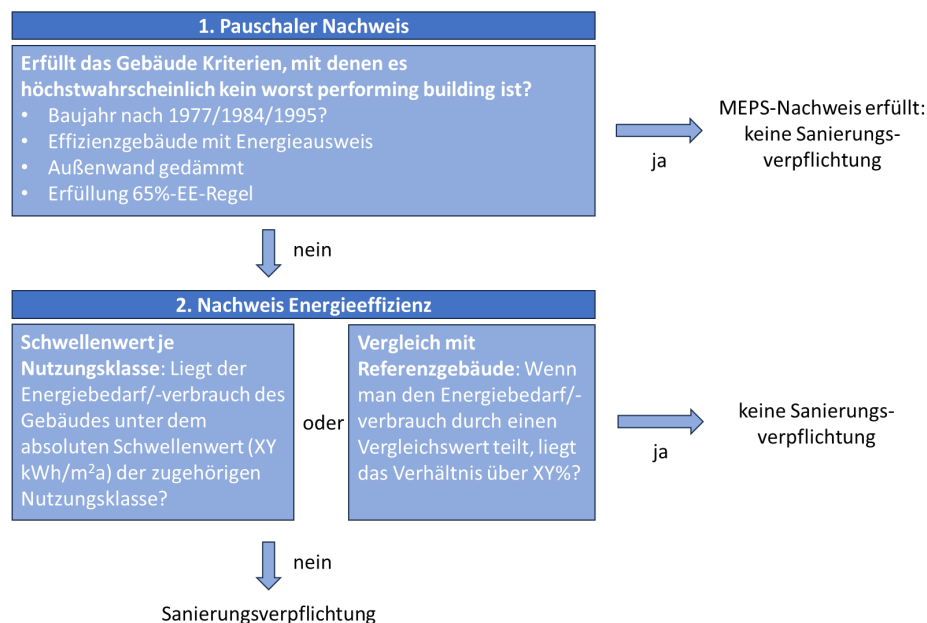
Außerdem wird empfohlen, weniger dauerhafte Ausnahmetatbestände zuzulassen. Die Ausnahmetatbestände sollten zumindest so gestaltet werden, dass diese wie in § 72 Abs. 4 GEG befristet sind und nicht wie in § 47 GEG über Jahrzehnte bestehen können. Die Ausnahmen in § 47 Abs. 3 und 4 GEG sollten gestrichen werden – gegebenenfalls mit einer Übergangsfrist.

Sanierungsvorgaben für Nichtwohngebäude

Aus ausführlichen Überlegungen zu möglichen Ansätzen zur Erfüllung der in Art. 9 EPBD geforderten Mindestvorgaben für die Gesamtenergieeffizienz (MEPS) für bestehende Nichtwohngebäude lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten: Insgesamt wird für MEPS ein **gestaffeltes Vorgehen** vorgeschlagen. In **Stufe 1 „Vorsortierung“** geht es darum, möglichst pragmatisch für viele Nichtwohngebäude, die mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit nicht zu den schlechtesten 16/26 % gehören, eine einfache Nachweismöglichkeit beispielsweise anhand von Gebäudecharakteristika zu schaffen. So könnten Gebäude mit einem hohen Anteil an gedämmter Außenwandfläche, Gebäude jüngeren Baualters (z. B. ab 2002) oder Gebäude mit bestimmten anlagentechnischen Konfigurationen „automatisch“ als MEPS-erfüllend eingestuft werden.

In Stufe 2 müssen die übriggebliebenen Gebäude ihre Energieeffizienz nachweisen. Inwieweit dies am effizientesten und gerechtesten gelingen kann, ist weiterführend zu überlegen. Für einfache Nutzungsarten bietet sich aus praktischen Überlegungen heraus ein Nachweis über den **gemessenen Verbrauch** an. Vor allem für einfache Gebäudenutzungen (z.B. Büro) ist der Energieverbrauch einfacher ermittelbar, weshalb sich anbieten würde, den Nachweis über den Energieverbrauch zu führen. Allerdings sollte ein Nachweis per **Bedarfsausweis ebenfalls** zulässig sein, insbesondere für kompliziertere Gebäude mit z.B. Prozesswärme über denselben Zähler. Es wird zudem vorgeschlagen, **gebäudetypische Schwellenwerte für die Identifikation** der 16/26 % schlechtesten Gebäude zu definieren.

Abbildung 0-5: Mögliche kaskadische Abfrage bezüglich MEPS von Nichtwohngebäuden



Quelle: ifeu, Öko-Institut

Energieausweise und Gebäudedatenbank

Die Novellierung der EPBD durch die Richtlinie (EU) 2024/1275 legt fest, wie Energieausweise aussehen müssen, ihren Zweck und die Anforderungen an ihre Ausstellung (Art. 19 bis 22, Anhang V EPBD). Ziel ist es, die Vergleichbarkeit der Ausweise innerhalb der EU sowie Sichtbarkeit der Ausweise in Immobilienanzeigen und die Kontrollmechanismen zu verbessern und Synergien zwischen Sanierungsfahrplänen und Energieausweisen zu nutzen.

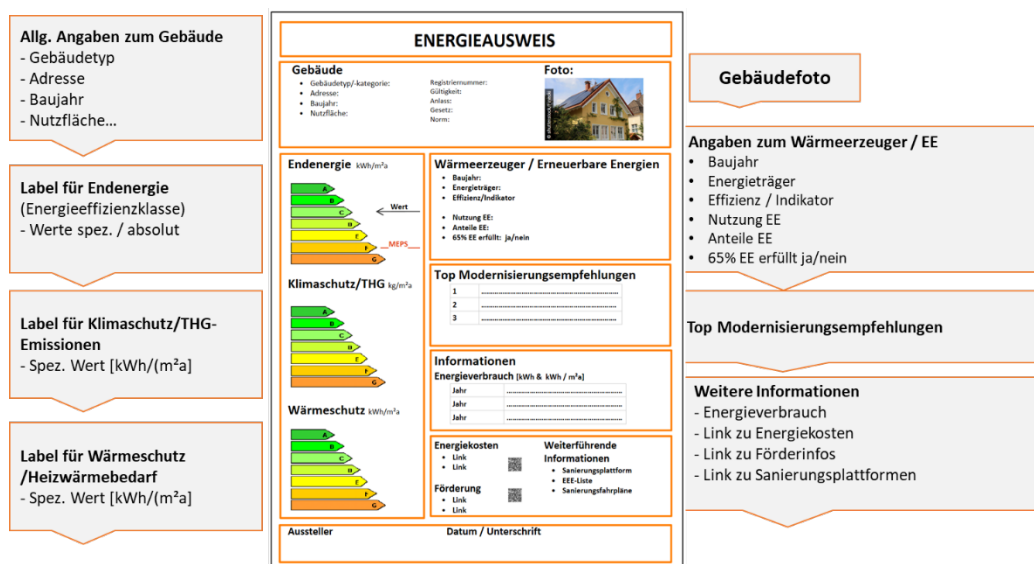
Der überarbeitete Energieausweis soll verständlicher und nutzbarer für Fachkräfte und Laien sein, unter Einhaltung der EPBD-Vorgaben. Der Ausweis wird Bestandteil digitaler Gebäude-Logbücher, die zukünftig alle gebäudebezogenen Daten erfassen, die für Sanierungen relevant sind, und den Informationsaustausch erleichtern.

Energieausweise sollen zukünftig nicht nur der Transparenz am Immobilienmarkt dienen, sondern auch zur Nachweisführung bei MEPS von Nichtwohngebäuden genutzt werden. Dabei sind rechtliche Anforderungen zu beachten, um die Gleichbehandlung und Rechtsstaatlichkeit zu gewährleisten. Verbrauchs- und Bedarfsausweise unterscheiden sich in ihrer Aussagekraft, was bei der Festlegung zur Nachweisführung und damit einhergehenden Verpflichtungen berücksichtigt werden muss. Es wird empfohlen, die Qualität der Energieausweise durch bessere Kontrolle und Aufbewahrungspflichten abzusichern.

Die Novellierung der EPBD stellt umfassende Anforderungen an die Gestaltung, Ausstellung und Digitalisierung von Energieausweisen. Um eine effektive und effiziente Umsetzung dieser Anforderungen zu gewährleisten, wird folgendes empfohlen:

Verbesserung der Energieausweisgestaltung: Übersichtliche Darstellung durch intuitive und leicht verständliche Präsentation der Effizienzklassen und relevanten Daten auf der Titelseite des Energieausweises. Zusätzliche Angaben: Integrieren von Angaben zu Wärmeerzeugern, erneuerbaren Energien, Energiekosten und -verbräuchen der letzten drei Jahre sowie der Top-Modernisierungsempfehlungen.

Abbildung 0-6: Vorschlag für zukünftige erste Seite des Energieausweises (anzupassen an die gewählten Anforderungsgrößen)



Quelle: ifeu, dena

Digitale Transformation und Schnittstellenintegration: Die EPBD erfordert die Einrichtung einer zentralen nationalen Datenbank für Energieausweise, die auch Daten zu Sanierungsfahrplänen und Intelligenzfähigkeitsindikatoren (SRI) enthalten. Eindeutige Klärung der Verantwortlichkeiten zwischen Bund und Ländern. Nutzung der Bundesverwaltungskompetenz, um eine zentrale und bundesweit einheitliche Datenbank zu betreiben.

Digitales Gebäude-Logbuch: Energieausweise werden Bestandteil in digitalen Gebäude-Logbüchern, um eine zentrale und transparente Verwaltung aller gebäudebezogenen Daten zu ermöglichen. Dies unterstützt den Informationsaustausch und die kontinuierliche Aktualisierung von Sanierungsinformationen.

Verbesserung der Ausweisqualität durch Erhöhung der Stichprobenkontrollen und Verbesserung der Ausbildung und Qualifikation der Aussteller. Konsequenter Umsetzung von Sanktionen für falsche Ausweise. Die Datenschutz-Vorgaben der DSGVO werden berücksichtigt, indem personenbezogene Daten anonymisiert und gesichert sind.

Durch diese Maßnahmen wird nicht nur die Sichtbarkeit und Aussagekraft der Energieausweise verbessert, sondern auch die Grundlage für eine erfolgreiche Digitalisierung und rechtliche Absicherung im Bereich der Gebäudeeffizienz geschaffen.

Quartiersansatz und Innovationsklausel

Im GEG werden Quartiere neben der Versorgung mittels Wärmenetzen vor allem mit der Innovationsklausel in § 103 GEG und der Regelung zur gemeinsamen Wärmeversorgung im Quartier nach § 107 GEG behandelt.

Die Innovationsklausel ermöglicht im Rahmen von Modernisierungsprojekten, die gesetzlichen Anforderungen an die Energieeffizienz im Quartier über mehrere Gebäude im Schnitt gemeinsam zu erfüllen, indem effizientere die ineffizienteren Gebäude in der Gesamtbilanz ausgleichen. Jedes geänderte Gebäude, das von der Vereinbarung erfasst wird, muss dabei eine Mindestqualität der Anforderungen an die wärmeübertragende Umfassungsfläche einhalten (§ 103 Abs. 3 Satz 2 GEG). § 107 GEG regelt die gemeinsame Wärmeversorgung im Quartier. Bauherren oder Eigentümer von Neu- und Bestandsbauten, deren Gebäude in räumlichem Zusammenhang stehen, können Vereinbarungen über eine gemeinsame Versorgung ihrer Gebäude mit Wärme oder Kälte treffen, um die jeweiligen Anforderungen an die Errichtung von Niedrigstenergiegebäuden (§ 10 Abs. 2 GEG: maximaler Gesamtenergiebedarf, Wärmeschutz, Nutzung erneuerbarer Energien) bzw. die Anforderungen an bestehende Gebäude bei Änderung (§ 50 Abs. 1 i.V.m. § 48 GEG: Außenbauteile) zu erfüllen (§ 107 Abs. 1 GEG).

Um die Erfahrungen aus der Praxis mit §§ 103 Abs. 3 und 107 GEG einordnen und bewerten zu können, wurden zwei Online-Umfragen durchgeführt. Adressaten waren zum einen die mit dem GEG-Vollzug betrauten Obersten Bauaufsichtsbehörden der Bundesländer und zum anderen die Unteren Bauaufsichten / Bauordnungen / Bauämter auf kommunaler Ebene.

Die Auswertung beider Umfragen zeigt, dass §§ 103 und 107 GEG nur in wenigen Fällen Anwendung finden. Allerdings melden einzelne Teilnehmenden auch eine häufige Inanspruchnahme. Als innovative Lösungen nennen die Teilnehmenden „Eisspeicher“ und die Nutzung „industrieller Abwärme mit Saisonspeicher“. Als Vorteil wird nach den meisten Rückmeldungen „Finanzielle Ersparnisse“ vermutet. Die genannten technischen Lösungen scheinen allerdings nicht auf die Nutzung der Innovationsklausel (§ 103 GEG) bzw. der Vorschrift zur gemeinsamen Wärmeversorgung (§ 107 GEG) angewiesen zu sein.

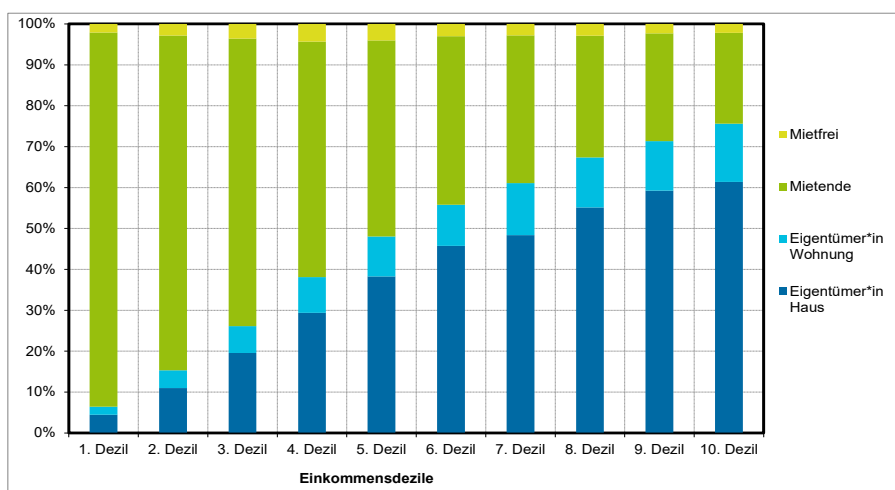
Insgesamt wird eine Verlängerung der Regelung § 103 Abs. 3 Satz 1 GEG dann als sinnvoll angesehen, wenn die derzeitige Regelung im Sinne des GEG in der praktischen Umsetzung gestärkt wird. Analog sollte auch die Regelung in § 107 GEG durch eine Anpassung auf praxisrelevante Anwendungsfälle gestärkt werden. Dies könnte zum Beispiel durch die Verbesserung der Regelungen zur gemeinschaftlichen Nutzung von Vor-Ort erzeugtem Strom für die Strom- und Wärmeversorgung in Quartieren geschehen. Zudem sollte die Anrechnung von **PV-Quartiersstrom** – bei Vorliegen bestimmter Qualitätskriterien – auf die Bilanz des Gebäudes geprüft werden. Schließlich wird ein neues Konzept eines **Nullemissionsquartiers** vorgeschlagen. Nullemissionsquartiere wären Quartiere, die keine CO₂-Emissionen aus fossilen Brennstoffen am Standort *des Quartiers* verursachen, aber analog zu §§ 103 Abs. 3 GEG eine Begrenzung bezüglich $q_{p,tot}$ und $q_{h,b,0}$ einziehen. Dies würde auch der Prüfung dienen, inwiefern die Ansätze der EPBD auf Quartiers- oder Nachbarschaftsansätze übertragen werden können (Art. 28 EPBD). Zudem könnte dies auch Grundlage für eine quartiersweite BEG-Förderung sein.

Sozialverträglichkeit

Die Berücksichtigung von sozialen Aspekten bei der Gestaltung des Politikmixes im Gebäudebereich wird in verschiedenen EU-Rechtsakten hervorgehoben und muss in Deutschland umgesetzt werden. Dies beinhaltet insbesondere die EPBD, die Energieeffizienz-Richtlinie (EED) und die Verordnung über den Klimasozialfonds. Die Umsetzung der Anforderungen betrifft neben dem GEG vor allem auch die Förderung sowie mietrechtliche Anforderungen. Ein konsistenter Politikmix, der die sozialen Aspekte berücksichtigt, ist zentral für jegliche Weiterentwicklungen des Ordnungsrahmens.

Ein besonderer Handlungsbedarf für eine sozialverträgliche Gestaltung von Politikinstrumenten für die Transformation des Gebäudebereichs liegt bei vermieteten Gebäuden. In Deutschland leben insgesamt mehr als die Hälfte der Haushalte zur Miete, besonders Haushalte mit niedrigem Einkommen leben häufig zur Miete.

Abbildung 0-7: Wohnsituation nach Einkommen



Quelle: Öko-Institut (2022)

Bei der Verteilung von Modernisierungskosten zwischen Mietenden und Vermietenden spielt die Modernisierungsumlage eine zentrale Rolle. Im Kontext der Novellierung des GEG wurde eine alternative („weitere“) Modernisierungsumlage für den Heizungsaustausch eingeführt. Diese ermöglicht es Vermietenden, bis zu 10 % der Kosten für den Austausch alter Heizungsanlagen auf die Mietenden umzulegen, vorausgesetzt, dass für diese Maßnahmen staatliche Fördermittel in Anspruch genommen wurden. Es besteht für den Heizungstausch zudem eine Kappungsgrenze von 50 ct pro Quadratmeter und Monat (auch bei Wahl der „klassischen“ Modernisierungsumlage mit 8 % der Kosten).

Das Drittelmodell zielt darauf ab, die Modernisierungsumlage von derzeit 8 % auf 3 % zu senken. Im Gegenzug dürfen Vermietende die erhaltenen Fördermittel bei der Erhöhung der Kaltmiete vollständig einbehalten und müssen diese nicht wie bisher in Abzug bringen. Dies bedeutet, dass staatliche Förderungen direkt den Vermietenden zugutekommen, wodurch deren finanzielle Belastung reduziert wird. Zusätzlich soll das Modell eine Verdopplung der Fördersätze für Effizienzhaus-Vollsanierungen mit erneuerbarem Wärmeerzeuger bewirken. Konkret würde dies bedeuten, dass sich die Förderung für Effizienzhaus-70-Sanierungen von 15 % auf 30 % und für Effizienzhaus-55-Sanierungen von 20 % auf 40 % erhöht. Diese Maßnahmen sollen dazu beitragen, energetische Sanierungen wirtschaftlich attraktiver zu machen und die Energiewende im Gebäudebereich voranzutreiben.

Die Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit von Sanierungen im Drittelmodell aus Perspektive der Vermietenden zeigen, dass die Wirtschaftlichkeit einer energetischen Sanierung maßgeblich von der zugrunde gelegten Referenz und der Amortisationslogik abhängen, insbesondere davon, wie die Mieteinnahmen ohne Sanierung bewertet werden. Hierbei variieren die Bedingungen stark je nach Mietmarkt und Vermietertyp, was zu unterschiedlichen wirtschaftlichen Bewertungen führt. Das Drittelmodell, unabhängig von der spezifischen Amortisationslogik, bietet Vorteile für Vermietende, da es eine gerechtere Verteilung der Kosten zwischen Vermietenden, Mietenden und dem Staat ermöglicht.

Durch die abgesenkte Modernisierungsumlage im Drittelmodell steigt die Möglichkeit der gezielten Lenkung durch staatliche Förderprogramme. Vermietende können nicht mehr jede Sanierung vollständig auf die Mietenden umlegen, was die Notwendigkeit staatlicher Unterstützung erhöht und diese effektiver macht. Trotz dieser Vorteile löst das Drittelmodell nicht das grundlegende Anreizproblem für energetische Sanierungen: In stark nachgefragten Mietmärkten steigen die Mieten oft unabhängig von der Wohnqualität und Energieeffizienz, was die Motivation für Vermietende reduziert, in energetische Verbesserungen zu investieren.

Vorbildfunktion der öffentlichen Hand

Die Vorbildfunktion der öffentlichen Hand wird in verschiedenen Feldern in einer Reihe von Europäischen Regelungen und nationalen Gesetzen auf Bundes- oder Landesebene geregelt. Als Teil des „Fit for 55“-Pakets der EU-Kommission sind mit Blick auf die Vorbildfunktion der öffentlichen Hand insbesondere die novellierte EPBD und die EED relevant. Zusätzlich enthält die Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED III) Zielwerte für die Nutzung erneuerbarer Energien. Auf nationaler Ebene werden die Anforderungen im Wesentlichen durch das GEG, das Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen (EDL-G) und das Energieeffizienzgesetz (EnEfG) umgesetzt.

Im Sinne der Vorbildfunktion schreibt die EPBD vor, dass neue Gebäude, die sich im Besitz der öffentlichen Hand befinden, ab dem 1. Januar 2028 Nullemissionsgebäude sind. Die Anforderung ist somit bereits zwei Jahre vor den übrigen neuen Gebäuden umzusetzen, da nach EPBD alle neuen Gebäude bis spätestens 2030 Nullemissionsgebäude sein sollen. Auch für die Solarpflicht gelten in Abhängigkeit der Gebäudegröße vorgezogene Fristen für öffentliche Gebäude. Die EED schreibt vor, den Endenergieverbrauch der Mitgliedstaaten bis 2030 um 11,7 Prozent im Vergleich zu den Projektionen des EU-Referenzszenarios für 2020 zu senken. Auch hier kommt der öffentlichen Hand eine Vorbildfunktion zu: Der Gesamtenergieverbrauch aller öffentlichen Einrichtungen zusammen soll jährlich um mindestens 1,9 Prozent im Vergleich zum Jahr 2021 gesenkt werden. Zusätzlich werden die Mitgliedstaaten verpflichtet, jährlich mindestens 3 Prozent der Gesamtfläche beheizter und/oder gekühlter Gebäude, die sich im Eigentum öffentlicher Einrichtungen befinden, zu renovieren.

Im GEG wird die Vorbildfunktion der öffentlichen Hand in § 4 GEG geregelt. Durch die Länderöffnungsklausel können die Länder darüber hinaus weitere Regelungen für die öffentliche Hand erlassen. Aufgrund des Wegfalls der §§ 52ff. GEG im Rahmen der letzten GEG-Novelle besteht derzeit keine über die allgemeinen Anforderungen und Fristen des § 71 GEG hinausgehende Verpflichtung zur Nutzung erneuerbarer Energien in öffentlichen Gebäuden. Durch § 71 Abs. 8 und 10 GEG wurde die Anwendung der Pflicht zur Nutzung von 65% erneuerbaren Energien für neu eingebaute Heizungen auf Juli 2026 bzw. Juli 2028 verschoben. Hierdurch entsteht eine zeitliche Lücke für die Verpflichtung zur Nutzung erneuerbarer Energien in öffentlichen Gebäuden. Um der Vorbildfunktion der öffentlichen Hand auch vor der Wirksamkeit des § 71 Abs 1 GEG (65%-Erneuerbare-Wärme-Vorgabe) in den Jahren bis 2026 für Kommunen mit mehr als 100.000 Einwohnern und 2028 für kleinere Kommunen gerecht zu werden, sollte diese 65%-Erneuerbare-Wärme-Vorgabe für öffentliche Gebäude vorgezogen werden.

Das Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen (EDL-G) beschreibt für die öffentliche Hand mit Blick auf die Energieeffizienzverbesserung ebenfalls eine Vorbildfunktion. Neben der Inanspruchnahme von Energiedienstleistungen zur Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen bezieht sich die Vorbildfunktion insbesondere auf Baumaßnahmen der öffentlichen Hand, die nicht unwesentlich über die Anforderungen des GEG hinausgehen müssen.

Weiterer Anpassungsbedarf im GEG

Zusätzlich zu den oben genannten, ausführlichen Analysen hat das Projektkonsortium eine Reihe weiterer Veränderungsvorschläge für das GEG identifiziert, die teilweise gesetzliche Änderungen nach sich ziehen, teilweise aber auch Änderungen in Normen, insbesondere der DIN V 18599 bedeuten.

Die Nutzung **lokaler Klimadaten** wäre von Vorteil, da teilweise große Diskrepanzen zwischen lokalen Klimadaten und den Standardklimadaten bestehen. Im Zusammenhang mit dem Übergang auf standortspezifische Berechnungen ist der generelle Übergang auf kleinere Zeitschritte zu prüfen. Dafür sind folgende Optionen denkbar: Entweder eine Umstellung der DIN/TS 18599 auf Stundenschrittweite, die Nutzung der CEN-Normen und möglicherweise eines dort perspektivisch bereitgestellten Rechenkerns, oder die Nutzung anderer Berechnungs- bzw. Simulationswerkzeuge.

Wünschenswert ist eine Reduktion der **Diskrepanz zwischen Energiebedarf und -verbrauch** durch mehrere Vorschläge. Eine Anpassung der mittleren Raumsolltemperatur sollte bei den Berechnungen für Bedarfsausweise für Bestandswohngebäude angewendet werden. Die mittlere Raumsolltemperatur im Heizfall sollte bei energetischen Berechnungen für bestehende Wohngebäude in Abhängigkeit des Heizwärmebedarfs bzw. des Transmissionswärmeverlustes bestimmt werden. Eine entsprechende Anpassung könnte in der nächsten Überarbeitung der DIN/TS 18599 berücksichtigt werden. Weiterhin wird eine Reduzierung des Luftwechsels bei Fensterlüftung empfohlen. Die aktuell normativ anzusetzenden Luftwechselraten bei Fensterlüftung erscheinen zu hoch.

Außerdem wird eine **Anpassung des vereinfachten Nachweisverfahrens** und angepasste Leitungslängen vorgeschlagen. Da aktuell mehrere Definitionen von (Energie-) Bezugsflächen existieren, wird eine **Vereinheitlichung von Bezugsflächen** empfohlen.

Im Sinne der Harmonisierung und Vereinheitlichung mit anderen Anforderungen (z.B. QNG), Gesetzen (z.B. Kohlendioxidkostenaufteilungsgesetz - CO₂KostAufG) und Verordnungen und der Präzisierung sollte die Bezugsfläche möglichst einheitlich definiert sein. Hierfür bietet sich die bestehende DIN 277:2021-08 an, die eine Berechnungsgrundlage und Definition von Grundflächen und Rauminhalten für den Hochbau bietet. Diese Grundlage kann von Gesetzen und Verordnungen verwendet werden und bietet neben einer Vereinheitlichung mehr Rechtssicherheit. Ein weiterer Vorteil ist eine einheitliche Ausgangsdefinition für Nichtwohngebäude und Wohngebäude.

Abschließend werden in diesem Gutachten noch einige **weitere Vorschläge zur Klarstellung, Harmonisierung und Vereinheitlichung** gemacht. Konkret betrifft dies den besseren Vollzug durch Anpassung der Aufgaben des bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegers (§ 97 GEG) sowie ein paar weitere Vorschläge in Bezug auf Legaldefinitionen für Zentralheizung, zentrale Heizungsanlage und Etagenheizung, die Anpassung der Anforderungen bei Erweiterung und Ausbau von Nichtwohngebäuden, die Anpassung der Anforderungen bei Erweiterung und Ausbau von Nichtwohngebäuden, die Klarstellung des Anwendungsbereichs der §§ 60a, 60b und 60c GEG bei Nichtwohngebäuden sowie die Vereinfachung des GEG durch Abschaffung des informatorischen Beratungsgesprächs.

1 Hintergrund

1.1 Ziel des Projektes

Klimaneutralität im Jahr 2045, eine Absenkung der Treibhausgas-Emissionen deutschlandweit um mindestens 65 % bis 2030 und 88 % bis 2040 gegenüber 1990 sowie das Ziel, die Treibhausgase im Gebäudebereich auf 67 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente im Jahr 2030 zu reduzieren, bemessen nach dem Quellprinzip: Das sind die Meilensteine, die durch eine entsprechende Ausgestaltung des Gebäudeinstrumentariums umgesetzt werden müssen.

Auf europäischer Ebene präsentierte die EU-Kommission im Juli 2021 das umfangreiche „Fit for 55“-Paket zur Erreichung der Klimaziele 2030 im Rahmen des European Green Deal, das zahlreiche Vorschläge enthält, darunter überarbeitete Richtlinien zur Energieeffizienz (EED) und zur Nutzung erneuerbarer Energien (RED). Diese Maßnahmen betreffen auch den Gebäudesektor, der eine Schlüsselrolle auf dem Weg zur Klimaneutralität spielt. Mit der Zustimmung des EU-Rats am 12. April 2024 wurde zudem die Richtlinie (EU) 2024/1275 endgültig verabschiedet, welche die Richtlinie 2010/31/EU zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Gebäuderichtlinie – EPBD) novelliert. Sie wurde am 8. Mai 2024 im Amtsblatt der EU veröffentlicht und trat am 28. Mai 2024 in Kraft.

Dieses Projekt zielt laut Leistungsbeschreibung „auf die Analyse, Bewertung sowie [auf die] Erarbeitung von Vorschlägen zur Fortentwicklung von Anforderungen im GEG und in der EPBD-Novelle sowie den gebäuderelevanten Aspekten der EED recast“. Dazu werden in diesem Projekt

- der Verhandlungsprozess zur EPBD gutachterlich begleitet;
- die methodischen und analytischen Voraussetzungen für eine Umsetzung der EPBD-Vorgaben in das GEG geschaffen;
- Vorschläge für Anforderungen an Neubauten und den Gebäudebestand erarbeitet;
- die Wirtschaftlichkeit umfassend errechnet; sowie
- weitere Analysen, z. B. bzgl. Vollzug, Sozialverträglichkeit und Quartierslösungen durchgeführt.

1.2 Struktur des Berichts

Der Bericht gliedert sich in vier Teile. In **Teil 1** erfolgen Voruntersuchungen zum Begriff des Nullemissionsgebäudes (Kapitel 2) und zur Anforderungssystematik (Kapitel 3). Sie dienen der Vorklärung für eine neue Anforderungssystematik für die Gebäudebewertung.

Nach dieser Vorarbeit wird in **Teil 2** in den Kapiteln 4 bis 6 ein neues Konzept für das Nullemissionsgebäude entwickelt und hier umfangreiche Modellrechnungen für Wohn- und Nichtwohngebäude einschließlich einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt. In Kapitel 7 wird die Integration ökobilanzieller Aspekte in das GEG untersucht und anhand der in den vorangegangenen Kapiteln berechneten Gebäude überprüft.

Die Anforderungen an den Gebäudebestand werden in **Teil 3** (Kapitel 8) analysiert. Dabei wird ein Schwerpunkt auf bedingte und unbedingte Anforderungen gelegt.

Die Kapitel 10 bis 13 (**Teil 4**) thematisieren weitere Aspekte der EPBD-Umsetzung, nämlich Energieausweise, Minimum Energy Performance Standards (MEPS), Quartiersansätze, soziale Auswirkungen und deren Behandlung in politischen Instrumenten und die Vorbildfunktion der öffentlichen Hand. Weiterer Veränderungsbedarf wird in Kapitel 14 dokumentiert.

Teil 1: Voruntersuchungen zum Nullemissionsgebäude und zur Anforderungssystematik

2 Das Nullemissionsgebäude (ZEB)

Das Nullemissionsgebäude ZEB ist ein

„Gebäude mit einer sehr hohen, nach Anhang I bestimmten Gesamtenergieeffizienz, das gemäß Artikel 11 keine Energie oder eine sehr geringe Energiemenge benötigt, keine CO₂-Emissionen aus fossilen Brennstoffen am Standort verursacht und keine oder eine sehr geringe Menge an betriebsbedingten Treibhausgasemissionen verursacht“ (Art. 2 Nr. 2 EPBD).

Die grundsätzliche Definition des ZEB ist unabhängig von der Frage, ob es sich um ein Bestandsgebäude oder einen Neubau handelt. Allerdings fordert die EPBD, dass ab dem 1. Januar 2028 neue Gebäude, die sich im Eigentum von öffentlichen Einrichtungen befinden, und ab dem 1. Januar 2030 alle neuen Gebäude Nullemissionsgebäude sind (Art. 7 Abs. 1 EPBD). Daher wird im Folgenden zunächst auf Überlegungen für das ZEB im Neubau fokussiert.¹ Dazu werden im vorliegenden Kapitel zunächst die definitorischen Elemente des ZEB dargestellt und diskutiert, die dann in Kapitel 3 in eine entsprechende Anforderungssystematik überführt und in den Folgekapiteln quantitativ operationalisiert werden.

Mit diesem Kapitel werden Untersuchungen für die Umsetzung des Nullemissions-Standards der EPBD vorgelegt, die die Diskussionen um die Weiterentwicklung des Neubaustandards im Sinne eines pragmatischen, robusten, langfristig tragbaren Ansatzes voranbringen sollen. Dazu gehört auch, eine balancierte Abwägung zwischen folgenden Aspekten vorzunehmen:

- **Energieeffizienz der Gebäudehülle und der Anlagentechnik im Verhältnis zum Einsatz erneuerbarer Energien.** Die Bandbreite der Einschätzungen reicht von „Efficiency first – die eingesparte kWh durch eine effiziente Hülle und Anlagentechnik ist die beste“ bis hin zu der Einschätzung „erneuerbare Energien seien ohnehin nahezu treibhausgas-neutral und damit Effizienz keine Notwendigkeit mehr“.
- **THG im Lebenszyklus.** Ein weiterer Diskussionsstrang ist die Frage, wie die sog. Grauen Emissionen, also die Aufwendungen für die Herstellung (und Entsorgung) der Gebäude einbezogen werden können und müssen. Hier gibt es beispielsweise den Vorschlag, diese Emissionen separat zu bilanzieren und in einem neuen „Nachhaltig Bauen“-Gesetz zu regulieren – oder alle THG-Emissionen gemeinsam zu bilanzieren und „auf zusätzliche Nebenbestimmungen möglichst [zu] verzichten“ (BMK 2022).
- **Bilanzierungsrahmen des Gebäudeenergiegesetzes.** Insgesamt stellt sich auch die Frage, wie weit die Systemgrenze und der Bilanzierungsrahmen des GEG gefasst wird. Im Zentrum des GEG steht bislang der klimafreundliche Betrieb des Gebäudes; durch o.g. Erweiterungen könnte auch die Herstellung und das Gebäudekonzept integriert werden. Aspekte der Klimawandelanpassung von Gebäuden jenseits der sommerlichen Kühlung sind derzeit nicht Gegenstand des GEG.
- Die o.g. Änderungen müssen dabei die **Wirtschaftlichkeit und Praxistauglichkeit** der Maßnahmen, die **Sozialverträglichkeit** der Umsetzung und die **Akzeptanz** in der Bevölkerung berücksichtigen.

¹ Zum ZEB im Gebäudebestand siehe auch Kapitel 8.2.

Zugleich müssen dabei die Anforderungen der EPBD berücksichtigt werden. Sie werden daher im folgenden Kapitel ausführlich dargestellt.

2.1 Sechs Anforderungen der EPBD an das Nullemissionsgebäude

Bei der Definition eines zukünftigen Neubaustandards sind die Vorgaben der EPBD entscheidend für die Umsetzung. Die EPBD formuliert insgesamt sechs Bedingungen an ZEBs, die im Folgenden hinsichtlich ihrer Konsequenzen für eine Neudefinition des Neubaustandards durchleuchtet werden.

Abbildung 2-1: Die sechs Anforderungen an Nullemissionsgebäude gemäß EPBD



Quelle: ifeu

2.1.1 Anforderung 1: Keine CO₂-Emissionen aus fossilen Brennstoffen am Standort

Die erste Anforderung in Art. 11 EPBD besagt:

„Ein Nullemissionsgebäude darf an seinem Standort keine CO₂ -Emissionen aus fossilen Brennstoffen verursachen.“ (Art. 11 Abs. 1 EPBD)

Mit dieser Anforderung sind spätestens ab Einführung des ZEB-Standards 2028 für neu errichtete öffentliche und 2030 für sämtliche Neubauten Heizungen auf Basis von Erdgas, Flüssiggas fossilen Ursprungs, Heizöl und fossile Festbrennstoffe nicht mehr zulässig.

Diese Anforderung ist mit Blick auf das ZEB als Nullemissionsgebäude (null Emissionen von Treibhausgasen fossilen Ursprungs) sehr klar verständlich und muss als explizite Regel im GEG verankert werden, beispielsweise in § 10 und § 71 GEG. Es könnte klarstellend in § 10 oder in § 71 GEG geregelt werden, dass im Neubau nur Heizungsanlagen nach § 71b bis § 71g GEG eingebaut oder aufgestellt werden können – also keine Hybridheizungen nach § 71h GEG oder fossile Heizungsanlagen, die mit CO₂-Emissionen aus fossilen Brennstoffen verbunden sind.

2.1.2 Anforderung 2: Hohe Energieeffizienz („keine Energie oder eine sehr geringe Energiemenge“)

Zweitens verlangt die EPBD eine hohe Energieeffizienz des Gebäudes. Dies wird in Art. 11 EPBD folgendermaßen operationalisiert:

„(2) Die Mitgliedstaaten ergreifen die erforderlichen Maßnahmen, um sicherzustellen, dass der Energiebedarf eines Nullemissionsgebäudes einen maximalen Schwellenwert einhält.

Die Mitgliedstaaten legen diesen maximalen Schwellenwert für den Energiebedarf eines Nullemissionsgebäudes fest, um mindestens die kostenoptimalen Niveaus zu erreichen, die im letzten nationalen Bericht über die Kostenoptimalität gemäß Artikel 6 festgelegt wurden. Die Mitgliedstaaten ändern den maximalen Schwellenwert nach jeder Überarbeitung der kostenoptimalen Niveaus.

(3) Der maximale Schwellenwert für den Energiebedarf eines Nullemissionsgebäudes muss mindestens 10 % unter dem Schwellenwert für den Gesamtprimärenergieverbrauch liegen, der auf Ebene der Mitgliedstaaten für Niedrigstenergiegebäude am 28. Mai 2024 festgelegt wurde.“

Diese beiden Absätze enthalten unterschiedliche Aspekte:

- Es muss einen **energetischen Schwellenwert** geben. Als Zielgröße wird in der deutschen Übersetzung der „Energiebedarf“ angegeben. Der Energiebedarf ist in Art. 2 Nr. 57 definiert als „die Energie, die an einen konditionierten Raum abgegeben oder diesem entzogen werden soll, um die vorgesehenen Raumbedingungen während eines bestimmten Zeitraums aufrechtzuerhalten, wobei Ineffizienzen des gebäudetechnischen Systems unberücksichtigt bleiben“. Dies entspricht – abweichend vom in Deutschland üblichen Gebrauch des Begriffes „Energiebedarf“ – im Wesentlichen der Nutzenergie, bezogen auf Wohngebäude i.w. der Heizenergie.
Hier ist allerdings eine terminologische Widersprüchlichkeit zu identifizieren, denn des Weiteren spricht die Richtlinie von einer Bemessung in Primärenergie. Nutzenergie kann aber nicht als Primärenergie bestimmt werden.
Wir gehen im Folgenden davon aus, dass sich der Schwellenwert auf einen Wert bezüglich des berechneten Gesamtprimärenergiebedarfs bezieht. Dies wird durch Art. 3 Abs. 2 e) bestätigt.
- Der Schwellenwert muss mindestens das **kostenoptimale Niveau** gemäß des letzten nationalen Berichts zur Kostenoptimalität einhalten. Dieses letzte gemeldete Niveau entspricht 55 % des mit dem Referenzgebäudeansatzes errechneten Primärenergiebedarfs (abgekürzt: QP55).
- Zusätzlich muss der Schwellenwert **10 % unter dem Niveau des Nearly Zero Energy Buildings** liegen. Da dieses auch dem QP55-Gebäude entspricht, ist nachzuweisen, dass der Primärenergiebedarf bei $0,9 \cdot 55 \% = 49,5 \%$ liegt. Dies wird in den nachfolgenden Kapiteln überprüft (siehe hierzu die Kapitel 5.4 und 6.4). Damit verlangt die EPBD explizit einen Standard, der über das in der Kostenoptimalitätsberechnung bestimmte Kostenoptimum hinausgehen kann. In den Kapiteln 5 und 6 werden jeweils die Konsequenzen für die Gesamtwirtschaftlichkeit errechnet.
- Zudem verweist die EPBD in Art. 11 Abs. 3 auf die Verwendung von **Gesamtprimärenergie** als zu verwendende Kenngröße.
- Für den Zweck der Berechnung der Gesamtprimärenergie ist davon auszugehen, dass **vor Ort erzeugte und genutzte erneuerbare Energie** (aus Photovoltaik und Solarthermie) einen Primärenergiefaktor von 0 erhalten dürfen und damit nicht in den Gesamtprimärenergiebedarf eingehen. Der gebäudeseitig genutzte Strom einer PV-Anlage beispielsweise wird damit mit einer Stromeinsparmaßnahme gleichgestellt. Weiterhin darf für die vor Ort genutzte Umweltwärme (Solarthermie, Umweltwärme für Wärmepumpen) ebenfalls ein Primärenergiefaktor von 0 angesetzt werden.

2.1.3 Anforderung 3: Keine oder eine sehr geringe Menge an betriebsbedingten Treibhausgasemissionen

Neben den Anforderungen an „0 fossile CO₂-Emissionen am Standort“ und den energetischen Schwellenwert fordert Art. 11 EPBD:

„(5) Die Mitgliedstaaten ergreifen die erforderlichen Maßnahmen, um sicherzustellen, dass die betriebsbedingten Treibhausgasemissionen eines Nullemissionsgebäudes einen auf Ebene des Mitgliedstaats in den nationalen Gebäuderenovierungsplänen festgelegten maximalen Schwellenwert einhalten. Dieser maximale Schwellenwert kann für neue und renovierte Gebäude unterschiedlich hoch angesetzt werden.“

Hier stellt sich die Frage, ob eine zusätzliche Festlegung eines betriebsbedingten gebäudeindividuellen THG-Schwellenwertes erforderlich ist. Die Kombination einer Obergrenze für Gesamtprimärenergie und der Bedingung von „0 fossile CO₂-Emissionen am Standort“ führt in Summe bereits zu einer starken Beschränkung der betriebsbedingten Treibhausgas-Emissionen. Da zudem die Fernwärme- und Stromemissionen aus der Vorkette durch nationale Instrumente und Zielvorgaben (insbesondere des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes und des Wärmeplanungsgesetzes) ebenfalls dekarbonisiert werden, ist eine weitere Anforderungsgröße aus Sicht der Gutachter*innen nicht zielführend, zumal diese wiederum teilweise in dem Lebenszyklus-THG-Wert aufgehen wird, der ebenfalls von der EPBD gefordert wird.

Um eine Überregulierung mit zu vielen Anforderungsgrößen zu vermeiden, ist es aus Sicht der Gutachter*innen daher ausreichend, den Nachweis der begrenzten betriebsbedingten Treibhausgasemissionen nur einmalig für Modellgebäude der Kapitel 5 und 6 zu erbringen und nicht für jedes einzelne Gebäude.

2.1.4 Anforderung 4: Deckung des gesamten jährlichen Primärenergieverbrauchs durch klimafreundliche Quellen

Die vierte Anforderung der EPBD ist eine Anforderung an die Qualität der Versorgung eines ZEB. Art. 11 EPBD verlangt dabei folgendes:

„(7) Die Mitgliedstaaten gewährleisten, dass der gesamte jährliche Primärenergieverbrauch eines neuen oder renovierten Nullemissionsgebäudes gedeckt wird durch

- a) am Standort oder in dessen Nähe erzeugte Energie aus erneuerbaren Quellen, die den Kriterien des Artikels 7 der Richtlinie (EU) 2018/2001 genügt;
- b) von einer Erneuerbare-Energie-Gemeinschaft im Sinne des Artikels 22 der Richtlinie (EU) 2018/2001 gelieferte Energie aus erneuerbaren Quellen;
- c) Energie aus einem effizienten Fernwärme- und -kältesystem im Sinne des Artikels 26 Absatz 1 der Richtlinie (EU) 2023/1791; oder
- d) Energie aus kohlenstofffreien Quellen.

Ist es technisch oder wirtschaftlich nicht möglich, die in diesem Absatz genannten Anforderungen zu erfüllen, kann der jährliche Gesamtprimärenergieverbrauch auch durch andere Energie aus dem Netz gedeckt werden, die den auf nationaler Ebene festgelegten Kriterien entspricht.“

Durch die Anforderung, dass in ZEB keine CO₂-Emissionen aus fossilen Brennstoffen am Standort des Gebäudes auftreten dürfen, werden Heizungssysteme mit Erdgas, Heizöl und fossilen Festbrennstoffen ausgeschlossen. Aus Sicht der Gutachter*innen ist durch den Ausschluss der fossilen Brennstoffe am Ort des Gebäudes bereits die wesentliche Bedingung für den Einsatz erneuerbarer Energien geschaffen:

- Strom: Die Dekarbonisierung des Stroms wird durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), basierend auf dem Ausbauziel des § 1 EEG, geregelt. Dort ist u.a. festgeschrieben, dass der Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch im Jahr 2030 mindestens 80 % betragen soll. Darauf aufbauend definiert §4 EEG einen konkreten Ausbaupfad.
- Wärmenetze sind gemäß §§ 29 und 30 WPG auf erneuerbare Energien umzustellen. Damit dürfte die Vorgabe erfüllt sein, dass Mitgliedstaaten „gewährleisten“, dass klimafreundliche Quellen eingesetzt werden. Zusatzanforderungen im Sinne weiterer, über Gesamtprimärenergie hinausgehender Regelungen dürften demnach nicht erforderlich sein.
- Der Einsatz nachhaltiger Biomasse und die damit verbundenen Nachhaltigkeitskriterien auch an die Vorkette wird über die Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung in Verbindung mit §71 ff. GEG geregelt.
- THG-Anforderungen an grünen und blauen Wasserstoff und dessen Derivate werden in §3 GEG geregelt.

Damit erscheint den Gutachter*innen eine ausreichende Basis für eine „Gewährleistung“ der Klimafreundlichkeit der eingesetzten Energieträger gegeben.

Mit Blick auf die 2025 nach Fertigstellung dieses Gutachtens zu veröffentlichenden Guidance Notes wäre zu klären, welche Energieträger tatsächlich als Erfüllung von Art. 11 Abs. 7 gelten. Hierbei gibt es einige von der Richtlinie geschaffenen Unklarheiten:

- Welche Anforderungen von Art. 7 der Richtlinie (EU) 2018/2001 sind genau für die Einschränkung der standortnahen erneuerbaren Quellen heranzuziehen?
- Was ist mit Fernwärme- und -kältesystemen, die nicht effizient im Sinne des Art. 26 Abs. 1 der Richtlinie (EU) 2023/1791 sind, aber absehbar (im Sinne des Wärmeplanungsgesetzes) dekarbonisiert werden?
- Wie sind synthetische, aus grünem Wasserstoff hergestellte Energieträger („Power to Gas“ PtG) zu bewerten, die nicht kohlenstofffrei sind?

Zudem ist darauf hinzuweisen, dass die EPBD vielfach von „Fernwärme“ spricht; gemeint ist allerdings auch andere Wärmenetz-gebundene Wärme, z. B. aus Nahwärmenetzen.

Zu berücksichtigen ist in diesem Zusammenhang, dass die letztgenannte Möglichkeit nur eingeräumt wird, wenn technische oder wirtschaftliche Unmöglichkeit vorliegt. Es dürfte insbesondere zu interpretieren sein, was unter „wirtschaftlich nicht möglich“ zu verstehen ist.

2.1.5 Anforderung 5: Reaktion auf externe Signale

Nach Art. 11 Abs. 1 S. 2 EPBD muss ein Nullemissionsgebäude

„sofern dies wirtschaftlich und technisch realisierbar ist, in der Lage sein, auf externe Signale zu reagieren und seinen Energieverbrauch bzw. seine Energieerzeugung oder -speicherung anzupassen“.

Es besteht aufgrund des Vorbehalts der technischen und wirtschaftlichen Realisierbarkeit für die Mitgliedstaaten ein gewisser Spielraum bei der Richtlinienumsetzung. Nullemissionsgebäude können demnach mit einer tragfähigen Begründung der Mitgliedstaaten von der Anforderung ausgenommen werden, auf externe Signale zu reagieren.

Was bedeutet die Vorgabe?

Die Vorgabe an Gebäude, auf externe Signale zu reagieren, steht im Zusammenhang mit der Anpassung des Energieverbrauchs (Art. 11, Art. 13 Abs. 9 EPBD). Was unter einem „externen Signal“ aber konkret zu verstehen ist, wird in der Gebäudeeffizienzrichtlinie nicht legaldefiniert. Nach allgemeinem Begriffsverständnis dürften damit aber solche Signale gemeint sein, die von außen auf die Einrichtungen im Gebäude einwirken sollen und durch einen Dritten gesetzt werden. Die Signale werden auf der Grundlage eines bestimmten Ereignisses an das Gebäude übermittelt. Einrichtungen im Gebäude, die solche externen Signale entgegennehmen können, sind vor allem Energiemanagementsysteme und Steuerboxen. Sie übertragen das Signal, das eine – wie auch immer geartete – Handlungsanweisung für den Energieverbrauch enthält, in eine konkrete Handlung. Ein externes Signal, das eine Anpassung des Energieverbrauchs im Nullemissionsgebäude herbeiführt, kann durch den Dritten direkt als Signal zur Verbrauchssteuerung („echtes Steuersignal“) oder indirekt als Signal zur Verbrauchsanpassung („unechtes Steuersignal“) gesetzt werden.

Echte Steuersignale können Signale sein, die Netzbetreiber im Rahmen eines Vertrags über die netzorientierte Steuerung nach § 14a Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) – konkretisiert durch die Festlegungen der Bundesnetzagentur (BNetzA) BK6-22-300 bzw. BK8-22-0010 – zur Gewährleistung der Netzsicherheit und Netzstabilität an die steuerbare Verbrauchseinrichtung eines Letztverbrauchers übermitteln. Es können auch Signale sein, die Stromlieferanten oder Aggregatoren im Rahmen eines entsprechenden Vertrags mit Letztverbrauchern über die Erbringung von Flexibilitätsdienstleistungen übertragen. Diese Signale dienen der Steuerung des Energieverbrauchs und werden zu diesem Zweck gesetzt.

Unechte Steuersignale können vor allem Preissignale sein, die Stromlieferanten im Zuge eines variablen oder dynamischen Stromtarifs an eine Einrichtung im Gebäude – beispielsweise an ein Energiemanagementsystem – übermitteln. Diese Signale sorgen nicht nur für eine (größere) preisliche Variabilität bei der Abrechnung, sondern können im Einzelfall auch eine Steuerung des Energieverbrauchs im Gebäude bewirken. Das ist jedenfalls der Fall, wenn die Programmierung der betreffenden Einrichtung im Gebäude das Preissignal automatisch in eine Verbrauchsanpassung „übersetzt“.

Die Vorgabe, auf externe Signale zu reagieren, ist in der Gebäudeeffizienzrichtlinie aus der Gebädeperspektive formuliert. Entscheidend ist die Fähigkeit der Signalverarbeitung durch das empfangende Gebäude bzw. die dort verbaute Technik. Der Absender des Signals tritt insoweit in den Hintergrund und wird in der Gebäudeeffizienzrichtlinie nicht konkret benannt. Die im Gebäude verbaute Technik muss also in der Lage sein, Signale des Netzbetreibers, des Stromlieferanten, des Aggregators oder sonstiger Akteure verarbeiten zu können.

Was muss der deutsche Gesetzgeber (noch) umsetzen?

Die Vorgabe an die in Gebäuden verbaute Technik, aufgrund von externen Signalen eine Anpassung des Energieverbrauchs vornehmen zu können, lässt sich insbesondere mit einem intelligenten Messsystem und einer zugehörigen Steuereinrichtung umsetzen. Gemäß § 29 Abs. 1 Messstellenbetriebsgesetz (MsbG) müssen intelligente Messsysteme an ortsfesten Zählpunkten bei Letztverbrauchern mit einem Jahresstromverbrauch über 6.000 kWh oder mit einer Vereinbarung über die netzorientierte Steuerung nach § 14a EnWG sowie bei Anlagenbetreibern einer Erneuerbare-Energien- oder KWK-Anlage mit einer installierten Leistung über 7 kW eingebaut werden. Der Pflichteinbau ist an diese Schwellenwerte gebunden. Unterhalb dieser Schwellenwerte ist der Einbau durch einen grundzuständigen Messstellenbetreiber (§ 29 Abs. 2 MsbG) oder durch einen wettbewerblichen Messstellenbetreiber (§ 36 Abs. 1 MsbG) möglich. Ein flächendeckender Pflichteinbau ist nach den §§ 29 ff.

MsbG nicht vorgesehen; der Pflichteinbau wird durch § 14a Abs. 1 EnWG i. V. m. mit den entsprechenden Festlegungen der BNetzA seit dem 1. Januar 2024 aber auch auf neue Wärmepumpen, Batteriespeicher und nicht öffentlich zugängliche Ladepunkte erstreckt¹.

Steuereinrichtungen, also solche Einrichtungen, die eine Anpassung des Energieverbrauchs herbeiführen können, müssen gegenüber Letztverbrauchern nur im Rahmen einer verpflichtenden Vereinbarung nach § 14a EnWG eingebaut werden²; im Übrigen ist ein Einbau möglich, aber rechtlich nicht zwingend. Gegenüber Betreibern von Erneuerbare-Energien-Anlagen und Kraft-Wärme-Kopplungs (KWK)-Anlagen ist der Einbau von Steuereinrichtungen grundsätzlich erst ab einer installierten Leistung von mindestens 25 kW vorgesehen (§ 9 Abs. 1 S. 1 Nr. 2, Abs. 2 S. 1 Nr. 2 EEG 2023). Selbst wenn eine Pflicht zum Einbau eines intelligenten Messsystems besteht, ist damit also nicht zwangsläufig auch der Einbau einer Steuereinrichtung verbunden; der Adressatenkreis ist insoweit kleiner. Viele Gebäude werden nichtdestotrotz in Zukunft durch den Einbau von (größeren) Photovoltaikanlagen (§ 9 Abs. 1, 2 EEG 2023) beziehungsweise durch den Einbau von Wärmepumpen, Batteriespeichern und/oder nicht öffentlich zugänglichen Ladepunkten im Rahmen der verpflichtenden Vereinbarungen nach den Festlegungen zu § 14a Abs. 1 EnWG über eine Steuereinrichtung verfügen (müssen). Das Gebäude wird damit – entsprechend der Vorgabe in Art. 11 Abs. 1 EPBD – in die Lage versetzt, auf externe Signale zu reagieren und auf dieser Basis eine Anpassung des Energieverbrauchs vornehmen zu können.

Die Vorgabe in Art. 11 Abs. 1 EPBD steht zudem unter dem Vorbehalt der technischen und wirtschaftlichen Realisierbarkeit. Es besteht insoweit die Möglichkeit, dass sich der deutsche Gesetzgeber auf diesen mitgliedstaatlichen Umsetzungsspielraum stützen kann, soweit von der jetzigen Regelung im MsbG noch nicht alle relevanten Fallkonstellationen erfasst sind. Als Anknüpfungspunkt für die wirtschaftliche Realisierbarkeit könnte insbesondere die Kosten-Nutzen-Analyse für einen flächendeckenden Einsatz intelligenter Zähler dienen, die im Jahr 2013 vom Unternehmen Ernst & Young im Auftrag des BMWK durchgeführt wurde und nur unter bestimmten Bedingungen von einem wirtschaftlichen Einsatz solcher Zähler ausging (Ernst & Young 2014). Diese Kosten-Nutzen-Analyse bildete eine zentrale Grundlage für die Regelungen in den §§ 29 ff. MsbG. Es ist daher anzunehmen, dass der deutsche Gesetzgeber in diesen Regelungen die wirtschaftliche Realisierbarkeit abgebildet hat und damit ein weiterer Umsetzungsbedarf für den deutschen Gesetzgeber insoweit nicht besteht.

Ergebnis

Viele Nullemissionsgebäude müssen die Vorgabe nach Art. 11 Abs. 1 S. 2 EPBD, auf externe Signale reagieren zu können, nach dem deutschen Rechtsrahmen schon heute erfüllen. Das folgt daraus, dass Steuereinrichtungen bei Letztverbrauchern mit einer verpflichtenden Vereinbarung über die netzorientierte Steuerung (§ 14a EnWG i. V. m. den Festlegungen der BNetzA hierzu) sowie bei Betreibern von Erneuerbare-Energien- und KWK-Anlagen ab einer installierten Leistung von mindestens 25 kW (§ 9 Abs. 1, 2 EEG 2023) grundsätzlich eingebaut werden müssen.

Nullemissionsgebäude, die nicht unter diese Regelungen fallen, werden vielfach auf externe Signale nicht reagieren können und damit die Vorgabe der Gebäudeeffizienzrichtlinie nicht erfüllen. Für diese letztgenannten Fälle besteht ein Umsetzungsbedarf der Richtlinie nur dann nicht, wenn der Einbau der zur Signalvereinbarung erforderlichen Technik technisch und/oder wirtschaftlich nicht realisierbar ist. Da die Wirtschaftlichkeit eines flächendeckenden Einsatzes intelligenter Zähler in Deutschland in einer Kosten-Nutzen-Analyse untersucht wurde und diese Analyse eine zentrale Grundlage für die Regelungen in den §§ 29 ff. MsbG bildete, kann argumentiert werden, dass der deutsche Gesetzgeber den Vorbehalt der wirtschaftlichen Realisierbarkeit insoweit bereits im Rechtsrahmen abbildet und sich damit im vorhandenen Umsetzungsspielraum der Gebäudeeffizienzrichtlinie befindet. Weiterer

¹ Näher hierzu v. Gneisenau et al. (2023).

² Siehe BNetzA, Beschl. v. 27.11.2023, BK6-22-300, S. 40.

Umsetzungsbedarf des deutschen Gesetzgebers besteht bezüglich der Vorgabe nach Art. 11 Abs. 1 S. 2 EPBD dann nicht.

2.1.6 Anforderung 6: Bestimmung der Lebenszyklus-THG-Emissionen

Art. 7 der EPBD fordert zudem, dass ab dem 1. Januar 2028 für alle neuen Gebäude mit einer Nutzfläche von mehr als 1.000 m² und ab dem 1. Januar 2030 für alle neuen Gebäude eine Berechnung des Lebenszyklus-Treibhauspotenzials erfolgt. Für diesen Wert sind ab 2030 Zielvorgaben und Grenzwerte spätestens ab 2030 festzulegen, „wobei ein schrittweiser Abwärtstrend sowie maximale Grenzwerte berücksichtigt werden“ (Art. 7 Abs. 5 EPBD).

Die methodischen Herausforderungen dieses Vorschlags werden in Kapitel 7 diskutiert.

2.2 Handlungsempfehlungen

Aus den dargestellten Anforderungen ergeben sich folgende Ausgangspunkte für die Analyse des ZEB-Standards in dieser Studie:

- Es ist ein ZEB-Standard zu definieren und vor Ablauf der Fristen der EPBD einzuführen.
- In diesem ZEB-Neubaustandard wird gefordert, dass das Gebäude keine CO₂-Emissionen aus fossilen Brennstoffen am Ort des Gebäudes verursachen darf (abgekürzt: „**THG_{direkt}=0**“). Außerdem muss gemäß der EPBD ein energetischer Schwellenwert auf Basis der Gesamtprimärenergie definiert werden. Einzelne methodische Herausforderungen (siehe hierzu das folgende Kapitel) können ggf. durch abweichende Gewichtungsfaktoren überwunden werden. Das Anforderungsniveau muss den NZEB-Standard um 10 % unterschreiten.
- Anforderung 3 (keine oder sehr geringe THG-Emissionen) und 4 (Deckung aus klimafreundlichen Quellen) werden durch die Anforderungen 1 und 2 in Verbindung mit den Dekarbonisierungsanforderungen an Wärmenetze des Wärmeplanungsgesetzes und an den Strommix durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz erfüllt.
- Anforderung 5 (Reaktion auf externe Signale) ist bereits durch die Regelungen des Stromsystems erfüllt.

3 Anforderungssystematik für den Gebäudebetrieb

In diesem Kapitel wird diskutiert, wie die Definitionselemente des Nullemissionsgebäudes in Anforderungsgrößen des GEG übertragen werden könnten und inwieweit sich Änderungsbedarf für die gegenwärtige Systematik bestehend aus nicht-erneuerbarer Primärenergie und Transmissionswärmeverluste H_T' ergibt. Dazu werden zunächst verschiedene Anforderungsgrößen an die Gesamtenergieeffizienz und an die Gebäudehülle analysiert, anschließend die Frage diskutiert, ob ein Referenzgebäude der beste Ansatz für das GEG ist sowie die Kongruenz der neuen Anforderungen mit der EPBD überprüft.

Das Kapitel fokussiert dabei auf den Neubau, wobei die Anforderungsgrößen grundsätzlich auch für die Bewertung von Bestandsgebäuden geeignet sein sollten.

3.1 Anforderungsgröße für die „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ gemäß EPBD

Die **Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes** muss laut Art. 11 Abs. 2 EPBD durch einen Schwellenwert definiert werden. Die Gesamtenergieeffizienz wird gemäß Anhang I folgendermaßen bestimmt:

„Die Berechnung der **Primärenergie** erfolgt auf der Grundlage regelmäßig aktualisierter und vorausschauender Primärenergiefaktoren je Energieträger (wobei zwischen Faktoren der nicht erneuerbaren, der erneuerbaren und der gesamten Primärenergie unterschieden wird) oder Gewichtungsfaktoren je Energieträger, die von den nationalen Behörden anerkannt werden müssen, und unter Berücksichtigung des erwarteten Energiemixes auf der Grundlage des nationalen Energie- und Klimaplanes. Diese Primärenergiefaktoren oder Gewichtungsfaktoren können auf nationale, regionale oder lokale Informationen gestützt werden.“

Dabei versteht die Richtlinie, wie in Kapitel 2 beschrieben, unter Primärenergie **Gesamtprimärenergie** (englisch: Total primary energy).

Das folgende Kapitel beschreibt die verschiedenen Möglichkeiten der Bewertung eines Gebäudes durch Primärenergie oder „Gewichtungsfaktoren“, deren Vor- und Nachteile und ein mögliches Vorgehen. Die Untersuchungen bauen auf folgenden Studien auf: „Kurzgutachten zur Frage einer Ergänzung oder Umstellung des Anforderungssystems“ (Ecofys et al. 2018), „Untersuchung zu Primärenergiefaktoren“ (ifeu et al. 2018a), „Kurzgutachten zur Aktualisierung und Fortschreibung der vorliegenden Wirtschaftlichkeitsuntersuchung sowie zu Flexibilisierungsoptionen“ (ibh et al. 2018) und „Kurzgutachten zur Überarbeitung von Anforderungssystemen und Standards im Gebäudeenergiegesetz für Neubauten sowie Bestandsgebäude einschl. der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für Neubauten und Bestandsgebäude“ (ifeu et al. 2022).

Bei der Definition von neuen Anforderungsgrößen ist insbesondere zu berücksichtigen, dass diese mit der Systematik der in der DIN V 18599 in der jeweils aktuellen Fassung vorgesehenen und quantifizierbaren Größen kongruent sind, da ansonsten eine neue Rechensystematik eingeführt werden müsste.

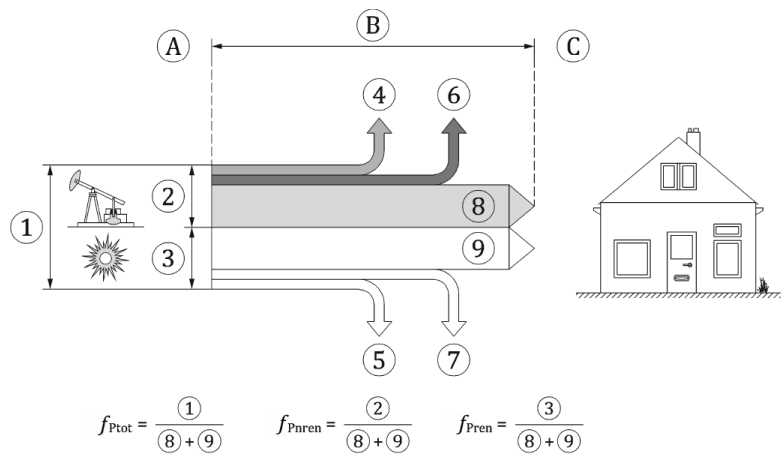
3.1.1 Nicht-erneuerbare Primärenergie

Das gegenwärtige Anforderungssystem im GEG 2024 bewertet die „Gesamtenergieeffizienz“ des Gebäudes gemäß der **nicht-erneuerbaren Primärenergie $Q_{p,nren}$** .

Gemäß DIN EN ISO 52000-1 gibt es für jeden zugeführten oder abgeführten Energiefluss oder jeden Energieträger drei Primärenergiefaktoren:

- Gesamt-Primärenergiefaktor ($f_{p,tot}$ oder $f_{p,ges}$);
- Faktor der nicht erneuerbaren Primärenergie ($f_{p,nren}$);
- Faktor der erneuerbaren Primärenergie ($f_{p,ren}$).

Abbildung 3-1: Systematik der Primärenergiefaktoren nach DIN EN ISO 52000-1



Legende

A	Energiequelle	4	nicht erneuerbare infrastrukturbezogene Energie
B	vorgeschaltete Energieversorgungskette	5	erneuerbare infrastrukturbezogene Energie
C	innerhalb der Bilanzgrenze	6	nicht erneuerbare Energie für Extraktion, Raffinierung, Umwandlung und Transport
1	Gesamt-Primärenergie	7	erneuerbare Energie für Extraktion, Raffinierung, Umwandlung und Transport
2	nicht erneuerbare Primärenergie	8	zugeführte nicht erneuerbare Energie
3	erneuerbare Primärenergie	9	zugeführte erneuerbare Energie

Quelle: DIN EN ISO 52000-1

Die nicht-erneuerbare Primärenergie beschreibt den Gesamtenergiebedarf an fossilen und nuklearen Energierohstoffen, der notwendig ist, um den Endenergiebedarf des Hauses zu decken. Der Primärenergiebedarf wird durch Multiplikation der Endenergie mit dem jeweiligen Primärenergiefaktor f_p des eingesetzten Energieträgers berechnet ($Q_{p,nren} = Q_f \cdot f_{p,nren}$). Der Primärenergiefaktor $f_{p,nren}$ beschreibt, das wieviel-fache an nicht-erneuerbaren Energierohstoffen für eine Einheit Endenergie eingesetzt werden muss. Ein Faktor 1,1 bedeutet beispielsweise, dass 1,1 Einheiten Rohgas für 1 Einheit Erdgas am Hauszähler notwendig sind. Für den gesamten Primärenergiebedarf werden alle eingesetzten Endenergieträger mit ihrem jeweiligen $f_{p,nren}$ bewertet und dann aufsummiert. Das GEG bewertet nur die nicht-erneuerbaren Energierohstoffe (daher $Q_{p,nren}$), also Uranerz, Rohgas, Rohöl, Kohle etc.

Ein Primärenergiefaktor von 0,2 für feste Biomasse beschreibt also, dass für die Bereitstellung einer Energieeinheit Biomasse 0,2 Energieeinheiten fossiler Energieträger erforderlich sind.

Tabelle 3-1 dokumentiert die gegenwärtigen im GEG verwendeten Primärenergiefaktoren. Ergänzt und aktualisiert werden in dieser Tabelle die Werte für Strom und Wasserstoff dokumentiert. Für Strom werden darin auch Vorschläge für eine Weiterentwicklung in der bestehenden Anforderungssystematik aufgeführt, basierend auf der aktuellen Studie von IINAS (2023). In dieser Studie wurde einerseits der aktuelle Faktor des Strommixes 2022 ausgerechnet sowie zwei Szenarien für die Entwicklung bis 2030. Das Nationaler Energie- und Klimaplan-Szenario ((NECP)-Szenario) beschreibt die Entwicklung basierend auf dem National Energy and Climate Plan. In diesem Szenario sind allerdings noch nicht die verstärkten Ausbaubemühungen für erneuerbare Energien berücksichtigt, die durch den Angriffskrieg Russlands auf die Ukraine und die dadurch verursachte Gaskrise anvisiert werden. Das Szenario EE IINAS stellt ein Szenario dar, das einen EE-Stromanteil von etwas über 80 % im Jahr 2030 erzielt, aber dafür einen niedrigeren Gasanteil.

Die EPBD verlangt für die Bestimmung der Faktoren grundsätzlich eine zukunftsgerichtete Bilanzierung („forward looking“), nicht wie im gegenwärtigen GEG eine Ex-Post-Bilanzierung. Welchen Zeithorizont die Analyse einnehmen sollte, wird von der EPBD nicht spezifiziert. Insgesamt sind dabei zwei Aspekte miteinander abzuwägen: Je weiter in der Zukunft der zeitliche Bezugspunkt einer Faktorbestimmung liegt, desto unsicherer sind die Entwicklungen. Hier dürfte bereits ein Zeitraum von 10 Jahren zu erheblichen Unsicherheiten führen. Andererseits sind typische gebäudetechnische Anlagen im Durchschnitt 15-20 Jahre in Betrieb. Eine Zeitperspektive, die sich „einige Jahre“ in die Zukunft versetzt, dürfte vor diesem Hintergrund adäquat sein.

Tabelle 3-1: Gegenwärtige Anforderungssystematik: nicht erneuerbare Primärenergiefaktoren nach derzeitigem GEG (oben) und Ausblick über die zukünftige Entwicklung der Faktoren

Energieträger	f_{Pnren}	Quelle
Erdgas	1,1	Anlage 4
Erdöl	1,1	Anlage 4
Holz	0,2	Anlage 4
Biomasse flüssig o. gasf. in räuml. Z.	0,3	Anlage 4
Biomethan (in Brennwert/in KWK)	0,7/0,5	§ 22 Abs. 1 Nr. 2
Braunkohle	1,2	Anlage 4
Steinkohle	1,1	Anlage 4
Strom	1,8	Anlage 4
Mögliche Weiterentwicklung der Faktoren		
Strom 2022	1,3	IINAS 2023
Strom 2030 (NECP-Szenario)	0,8	IINAS 2023
Strom 2030 (EE IINAS-Szenario)	0,4	IINAS 2023
H ₂ grün	0,05-0,2	DVGW 2022, IINAS 2021
H ₂ blau	1,5	

Tabelle 3-1 dokumentiert außerdem Ergebnisse für grünen und blauen Wasserstoff aus IINAS (2021), die dem Ökobilanzmodell GEMIS 5.1 entnommen sind. In dieser Studie wurde die Elektrolyse von Wasserstoff in Deutschland auf Basis eines rein erneuerbaren Strommixes (unterer Wert) sowie importiert aus der Region Nordafrika mit Transport nach Deutschland durch Beimischung in bestehende Erdgaspipelines berechnet. Eine Analyse der DVGW (2022) kommt zu einem ähnlichen Ergebnis. Der

f_{Pnren} für blauen Wasserstoff ergibt sich bei der Bilanzierung mittels Dampfreformierung von Erdgas mit CO_2 -Abscheidung und -Speicherung in Norwegen. Der Transport nach Deutschland erfolgt ebenfalls durch Beimischung in bestehende Erdgas-Pipelines.

Im Vorgängerprojekt (ifeu et al. 2022) wurden die Anforderungsgrößen ausführlich bewertet und Schwachstellen identifiziert. Die nicht-erneuerbare Primärenergie ist demnach **nicht gut geeignet, um langfristig die Zielerreichung zu steuern**. Schwachstellen sind:

- **„Blind für Klimaschutz“:** Die unterschiedliche THG-Intensität von Brennstoffen wird nicht berücksichtigt. Gas, Heizöl und Steinkohle haben beispielsweise den gleichen Primärenergiefaktor f_{Pnren} , aber sehr unterschiedliche THG-Emissionsintensitäten. Dies liegt z.T. aber auch daran, dass Heizöl und Erdgas aus politischen Gründen gleichgesetzt wurden. Heizöl läge beispielsweise je nach Datenquelle derzeit bei 1,2.
- **Zukünftig nachlassende Steuerungsfunktion:** Andererseits führen f_{Pnren} , die in absehbarer Zeit immer weiter absinken, insbesondere der Faktor von Strom, zu sehr niedrigen erreichbaren Q_{Pnren} ohne Blick auf die Gebäudequalität. Ein sparsamer Umgang mit erneuerbaren Ressourcen wird von Q_{Pnren} daher nicht angereizt. Diese starke Zeitabhängigkeit der Faktoren hat auch zur Folge, dass sich die Bewertung von Gebäuden zeitlich stark ändert, und erschwert damit eine Immobilienbewertung.
- **Keine Abbildung von Knappheiten erneuerbarer Ressourcen**, z. B. biogener Ressourcen oder Flächenbedarf zum Beispiel für die Stromerzeugung aus Wind und Sonne. Dies wird besonders ersichtlich bei den Faktoren für feste Biomasse, zukünftig aber auch bei Strom und Wasserstoff.
- **Nicht kompatibel mit der Anforderung der EPBD im Sinne der Gesamtprimärenergie.**

Zunächst soll daher der Frage nachgegangen werden, welche Alternativen für die Gesamtbewertung des Gebäudes anstelle der nicht-erneuerbaren Primärenergie geeignet wären für eine zukunftstaugliche Gesamtbewertung.

3.1.2 Treibhausgase im Betrieb

Eine Alternative wäre es, die aus dem Endenergiebedarf durch Multiplikation mit spezifischen Treibhausgas (THG)-Faktoren ermittelten **THG-Emissionen** im Betrieb zur Bewertung heranzuziehen. Sie sind im GEG und in der DIN V 18599 eingeführt und bilden umfassend die Klimawirkungen von Energieträgern (beispielsweise auch die THG-Emissionen der landwirtschaftlichen Vorkette von biogenen Energieträgern) ab. Im Rahmen der Bilanzierung des Lebenszyklus-THG-Wertes muss zudem die Betriebsphase abgebildet werden.

Treibhausgas-Emissionen (THG) sind die durch den Energieverbrauch eines Gebäudes verursachten Emissionen. Bewertet werden direkte Emissionen am Standort (z.B. durch Verbrennung fossiler Brennstoffe) sowie alle durch die Bereitstellung der Energieträger außerhalb des Standorts verursachten Emissionen (z. B. Erzeugung von Strom oder Fernwärme, Gewinnung und Bereitstellung von Brennstoffen, Emissionen aus der landwirtschaftlichen Vorkette von Biobrennstoffen usw.). Üblicherweise werden verschiedene THG, mindestens CO_2 , CH_4 und N_2O , berücksichtigt und mittels des Global Warming Potential 100 gewichtet.¹ Die Berechnung der Treibhausgas-Emissionen $m_{\text{CO}_2\text{äq}}$ erfolgt über die Multiplikation der eingesetzten Endenergie mit den jeweiligen Energieträger-spezifischen Treibhausgasemissionsfaktoren $X_{\text{CO}_2\text{äq}}$ ($m_{\text{CO}_2\text{äq}} = Q_f \cdot X_{\text{CO}_2\text{äq}}$).

¹ Das bedeutet, dass die Wirksamkeit der THG über 100 Jahre integriert wird. Alternativ dazu kann auch das GWP20 herangezogen werden, durch das kurzlebigere THG wie Methan stärker gewichtet werden.

Auch hier sind, wie in Kapitel 3.1.1, zusätzlich aktualisierte Werte für den Stromfaktor sowie für grünen und blauen Wasserstoff aus zwei aktuellen Studien dokumentiert. Dazu wird für grünen Wasserstoff angenommen, dass er zu 50 % importiert und zu 50 % inländisch hergestellt wird. Die THG-Faktoren ergeben sich durch die Verknüpfung der Aufwendungen für die Stromproduktion, Elektrolyse, Transport und Verteilung. Bei blauem Wasserstoff ist zu beachten, dass durch die Methan-Emissionen der Vorkette, durch die Abscheidegrade der CO₂-Abtrennung und Leckagen die THG-Werte bei weitem nicht bei Null liegen, obwohl das CO₂, das bei der Erdgas-Dampfreformierung entsteht, grundsätzlich abgetrennt wird.

Tabelle 3-2: Treibhausgasfaktoren nach derzeitigem GEG (oben) und Ausblick über die zukünftige Entwicklung der Faktoren

Energieträger	X _{CO₂äq.} (g/kWh)	Quelle	Anmerkungen
Erdgas	240	Anlage 9	Dieser Faktor müsste auf Basis des neuen Erdgas-Portfolios neu berechnet werden.
Erdöl	310	Anlage 9	
Biomasse	20	Anlage 9	Ohne Berücksichtigung des Speichersaldos. Aktualisierung erforderlich, Studienlage von 2015-17
Biomethan	130-140	Anlage 9	
Braunkohle	430	Anlage 9	
Steinkohle	394	Anlage 9	
Strom	560	Anlage 9	
Mögliche Weiterentwicklung der Faktoren			
Strom 2022	439	Anlage 9	
Strom 2027	350	Anlage 9	„Forward looking factor“
Strom 2030 (NECP-Szenario)	261	IINAS 2023	
Strom 2030 (EE IINAS-Szenario)	126	IINAS 2023	
H ₂ grün	53 (20-80)	DVGW 2022, IINAS 2021	50 % Import, 50 % inländisch
H ₂ blau	95 (Bandbreite 50-180)	IINAS 2021, Technikatalog	

Vorteilhaft ist hierbei auch, dass die Höhe der Treibhausgasemissionen unmittelbar die Wirkung auf das Schutzgut „Klima“ beschreibt. Ein Blick auf Tabelle 3-2 zeigt aber zugleich auch die **Nachteile** eines solchen Vorgehens:

- **Zukünftig nachlassende Steuerungsfunktion:** Ähnlich wie nicht-erneuerbare Primärenergie verlieren die THG-Emissionen die Steuerungswirkungen. Wenn der Strom 2030 so stark dekarbonisiert ist, wie beispielsweise im IINAS-Szenario angenommen und der THG-Faktor bei 126 g/kWh liegt, dann müssen strom-basierte Gebäudekonzepte kaum noch andere Klimaschutzmaßnahmen ergreifen. Ein sparsamer Umgang mit erneuerbaren Ressourcen wird auch hier nicht angereizt.
- **Keine Abbildung von Knappheiten erneuerbarer Ressourcen,** z. B. biogener Ressourcen oder Flächenbedarfe wie bei nicht-erneuerbarer Primärenergie.
- **Feste Biomasse** wird in der gegenwärtigen Berechnungslogik als nahezu klimaneutral behandelt. Die Effekte der Entnahme von Holz aus dem Wald, beispielsweise die „lost sequestration“, werden in diesem Faktor nicht abgebildet („CO₂-Speichersaldo“). In der wissenschaft-

lichen Diskussion ist allerdings noch keine Einigkeit erzielt, welchen THG-Faktor man der festen Biomasse zuweisen müsste. Dieser Faktor ist stark regional und vom Zustand des Waldes abhängig.¹

- **Hinzu kommen Spezialeffekte bei der Bewertung von Fernwärme.** Diese hängen zusammen mit der Berechnung der THG-Faktoren bei Kuppelprodukten, aber auch mit den vielfach noch sehr hohen THG-Faktoren heutiger Wärmenetze. Es besteht dann die Gefahr, dass ein Neubau nicht an ein Fernwärmenetz angeschlossen werden kann, weil der gegenwärtige Emissionsfaktor noch zu hoch ist, auch wenn das Netz in einigen Jahren dekarbonisiert wird.

Im Vorgängergutachten (ifeu et al. 2022) wurden daher die THG als Anforderungsgröße nur in Kombination mit Endenergie als zweiter Anforderungsgröße empfohlen, da in dieser Kombination die Artefakte, die sich aus der nachlassenden Steuerungsfunktion ergeben, vermeiden lassen.

Allerdings müssen dann wiederum Vorkehrungen getroffen werden, damit Fernwärme, die noch nicht dekarbonisiert ist, aber auf Grund der Anforderungen des Wärmeplanungsgesetzes in den nächsten zehn bis fünfzehn Jahren dekarbonisiert wird, dennoch als Wärmeversorgungsoption zur Verfügung steht. Man müsste also ggf. eine Obergrenze für einen Faktor zulassen oder, wie in ifeu et al. (2022) diskutiert, eine separate Bilanzkreisbildung zulassen, so dass ein Wärmenetz verschieden grüne Produkte zulässt (der in ifeu et al. (2022) genannte „Öko-Wärme-Ansatz“). Dieses Verfahren wird auch als „produktspezifische Kennzahlen“ diskutiert. Insgesamt würde dadurch allerdings der bürokratische Aufwand steigen.

3.1.3 Gesamtprimärenergie

Die Gesamt-Primärenergie Q_{Ptot} , auf die die EPBD abhebt, ist die Summe der Energiemengen aus erneuerbaren und nicht erneuerbaren Quellen bei einem gegebenen Energieträger. Setzt man also die Gesamt-Primärenergie als Kenngröße an, so bewertet man auch den Einsatz erneuerbarer Energien. Damit vermeidet diese Kenngröße das Problem einer nachlassenden Steuerungsfunktion bei hohen Anteilen erneuerbarer Energien, die bei der Kenngröße nicht erneuerbare Primärenergiemenge auftritt.

Seitens der EU-Kommission ist eine Konvention zugelassen, dass die Umweltwärme (Ambient Energy) zum Betrieb der Wärmepumpe ebenso wie die on-site bereitgestellte und genutzte Solarenergie nicht zur Gesamtprimärenergie dazu gezählt werden muss. Die EPBD unterscheidet also zwischen kommerziellen, von außen „eingekauften“ Energieträgern (delivered energy) und selbst erzeugten und genutzten Energieträgern, da hierfür keine volkswirtschaftlich knappen Flächen und Infrastrukturen vorgehalten werden müssen. Es würde ein erheblicher Fehlanreiz geschaffen, wenn zudem die Umweltwärme nicht als „ökologisch umsonst“ gewertet wird. Wird die Gesamtprimärenergie für die Bewertung des Gesamtgebäudekonzepts herangezogen, hätte ein Gebäude mit einer Stromdirektheizung einen ähnlichen Gesamtprimärenergiebedarf wie ein Gebäude mit Wärmepumpe, obwohl dessen Strombedarf etwa bei einem Drittel liegt. Abwärme, die innerhalb des Gebäudes erzeugt wird (z.B. aufgrund von Prozessen, Maschinen oder durch weiße Ware), geht als interne Last/ interne Wärme-gewinne in die Energiebilanzierung ein und wird bei der Berechnung des Heizwärmebedarfs berücksichtigt. Sie wird demnach (wie Umweltwärme, Solarthermie und solare Wärme-gewinne auch) nicht mit einem Primärenergiefaktor belegt.

Tabelle 3-3 stellt die Gesamt-Primärenergiefaktoren f_{Ptot} für die einzelnen Energieträger zusammen. Ersichtlich ist auch hier eine starke Dynamik des f_{Ptot} -Faktors, der allerdings deutlich weniger schnell absinkt als der f_{Pne} -Faktor, da auch die erneuerbaren Ressourcen gezählt werden und auch in einem

¹ Siehe hierzu beispielsweise die Beispielberechnungen in <https://co2-speichersaldo.de/de/calculation.html>

erneuerbaren Stromsystem Verluste durch Verteilung und Backup-Kraftwerke entstehen. Ebenfalls dokumentiert sind die Primärenergie-Faktoren von grünem und blauem Wasserstoff.

Tabelle 3-3: **Gesamt-Primärenergiefaktoren** für heutige Energieträger (oben) und Ausblick über die zukünftige Entwicklung der Faktoren

Energieträger	f_{Ptotal}	Bemerkungen/Quellen
Erdgas	1,1	DIN V 18599-1
Heizöl	1,1	DIN V 18599-1
Biomasse	1,2	DIN V 18599-1
Biomethan	1,3	ifeu et al. (2018)*
Braunkohle	1,2	DIN V 18599-1
Steinkohle	1,1	DIN V 18599-1
Strom	2,8	DIN V 18599-1
Ausblick: Zukünftige Faktoren		
Strom 2022	2,2	DIN V 18599-1
Strom 2030 (NECP-Szenario)	1,8	IINAS 2023
Strom 2030 (EE IINAS-Szenario)	1,4	IINAS 2023
H ₂ grün	1,5-1,6	DVGW 2022, IINAS 2021
H ₂ blau	1,5	IINAS 2021

* zzgl. erneuerbarer Anteil

Aus diesen Berechnungen können einige Schlüsse gezogen werden:

- **Steuerungswirkung bleibt erhalten.** f_{Ptot} -Faktoren können nicht kleiner als 1 werden (Ausnahme: KWK-Anlagen, falls eine Stromgutschrift erteilt wird, und Anlagen mit Nutzung von Umweltwärme und erneuerbaren Energien vor Ort). Sie sind weniger zeitabhängig und stellen auch in einem erneuerbaren Energiesystem sicher, dass effiziente Umwandlungsketten bevorzugt werden. Für Strom würde der anzusetzende Wert stark von der Zeitperspektive abhängen. Entsprechend können die Werte stark variieren von 2,2 (Ist-Stand) bis 1,4 (2030), wenn man bei der Bewertung einen zukunftsorientierten Wert heranzieht.
- Ein **Anreiz für sparsamen Umgang mit erneuerbaren Energien** wird geschaffen.
- **Biomasse und grüne Gase/Öle schlechter als fossile Brennstoffe.** Der Faktor für Biomasse würde in Gebäuden dazu führen, dass diese zu schlechteren Ergebnissen führt als fossile Brennstoffe (f_{Ptot} ist ähnlich hoch wie bei Erdgas und Heizöl; der Nutzungsgrad von Biomassekesseln dagegen geringer als z. B. bei Gas- oder Ölbrennwertkesseln); ein effizienter Umgang mit der Ressource Biomasse würde hingegen angereizt.
Auffällig ist die Bevorzugung von Erdgas und Heizöl gegenüber grünen Gasen (H₂; aber auch Power-to-Gas) bzw. grünen Ölen. Während Erdgas einen Faktor 1,1 hat, liegt grüner Wasserstoff auf Grund der Elektrolyseverluste bei 1,6 und blauer Wasserstoff durch die Verluste der Dampfreformierung und dem Energiebedarf der CO₂-Abtrennung bei 1,5 (IINAS 2021). Dieses Ergebnis ist auch vor dem Hintergrund der 65%-Erneuerbare-Wärme-Vorgabe für neu eingebaute oder aufgestellte Heizungen in Deutschland zu sehen, in der grüne Gase als Erfüllungsoption anerkannt werden. Ähnliches gilt für Heizöl im Vergleich zu synthetischen Ölen. Insbesondere im Gebäudebestand könnte dann der Übergang von fossilen zu erneuerbaren Brennstoffen zu einer Verschlechterung der Bilanz führen. Auf der anderen Seite ist dies das Ergebnis der Tatsache, dass Wasserstoff und Power-to-X-Brennstoffe mit Verlusten aus Strom hergestellt werden, so dass es einleuchtend ist, dass deren Faktor schlechter ist als der von Strom.

Insgesamt ist zu betonen, dass die Studienlage für Wasserstoff, insbesondere blauen Wasserstoff inklusive der Quantifizierung der CO₂-Abtrennung noch unzureichend ist. Auch weitere Energieträger, beispielsweise Power-to-Liquid, müssen noch mit Berechnungen unterlegt werden.

Vor dem Hintergrund der beschriebenen Effekte, die aus der gesamtprimärenergetischen Bewertung entstehen, ist es von der EPBD ausdrücklich zugelassen, davon abweichende **Weighting Factors** zu entwickeln. Diese sind letztendlich Ergebnis einer politischen Bewertung der verschiedenen Versorgungsoptionen, können aber auf wissenschaftliche Gewichtungsverfahren zurückgreifen. Beispielsweise wurde in einer Studie ein **kombinierter Faktor** entwickelt, der Primärenergie und Treibhausgase kombiniert und damit sowohl Aspekte eines sparsamen Umgangs mit Ressourcen als auch die Klimafreundlichkeit bewertet (ITG, ifeu, WI 2016). Eine andere Möglichkeit wäre eine sehr einfache Unterscheidung zwischen Strom und allen anderen Brennstoffen, wie ihn die europäische Effizienzrichtlinie in Art. 31 Abs. 3 wählt.

3.1.4 Sonderfall Fernwärme

Ausgehend von den Gesamtprimärenergie- bzw. Gewichtungsfaktoren stellt sich die Frage, wie Fernwärme behandelt werden soll.

Die europäische Gebäuderichtlinie führt hierzu aus:

Die Mitgliedstaaten treffen die erforderlichen Maßnahmen, um sicherzustellen, dass in Fällen, in denen Gebäude über Fernwärme- oder Fernkältesysteme versorgt werden, die Vorteile einer solchen Versorgung, insbesondere der Anteil der erneuerbaren Energie, in der Berechnungsmethode anhand einzeln zertifizierter oder anerkannter Primärenergiefaktoren anerkannt und berücksichtigt werden. (EPBD Anhang I Abs. 1)

Grundsätzlich lassen sich die in dem vorangehenden Kapitel diskutierten Faktoren ($f_{p_{nren}}$, $f_{p_{ren}}$, THG, Kombinationen daraus) ohne weiteres auf die Rechenverfahren der FW 309 der AGFW anwenden, so dass entsprechende Faktoren für Fernwärme erstellt werden können. Bei dieser Gelegenheit sollten zudem die in ifeu et al. (2018a) erarbeiteten und dort ausführlich diskutierten Vorschläge zur Fernwärmebewertung umgesetzt werden, nämlich eine Umstellung auf das Carnotverfahren, wie es in der Richtlinie FW 309-6 auch dokumentiert wird.

Dann stellt sich allerdings das oben bereits erwähnte Problem, dass die Faktoren mitunter nicht so konkurrenzfähig sein könnten, so dass der Anschluss eines Neubaus an ein solches Bestandswärmenetz nicht möglich wird, obwohl dieses Netz in den nächsten Jahren dekarbonisiert werden muss. Außerdem ist die gutachterliche Feststellung des Wärmenetzfaktors in Zeiten einer großen Umbaudynamik ein sehr bürokratisches Unterfangen. Faktoren sind schnell veraltet. Letztlich wird damit die absehbare Entwicklung nicht genügend in den Blick genommen. Nun könnte man vom Fernwärmebetreiber verlangen, dass er anhand des Transformationsplans einen zukünftigen Fernwärmefaktor bestimmen muss. Dies ließe aber sehr viel Ermessensspielraum bei der Bestimmung des Faktors.

Alternativ wären folgende Varianten denkbar:

Variante 1: Pauschalfaktor. Es wird ein Pauschalfaktor für alle Wärmenetze festgelegt, z. B. 0,8, da die Netzdekarbonisierung mit dem Wärmeplanungsgesetz und anderen Instrumenten angereizt wird. Das heißt, dass alle Wärmenetze gleichbehandelt werden und als attraktive Erfüllungsoption für Neubauten gewählt werden können. Der Faktor unter 1 berücksichtigt dabei, dass zukünftig Umweltwärme sowie erneuerbare Energie am Ort des Erzeugerarks erzeugt und genutzt wird.

Einen solchen Weg geht z. B. Dänemark, das für alle Wärmenetze einen einheitlichen Faktor definiert hat. Auch im GEG/EnEV gab bzw. gibt es diese Vorgehensweise von Pauschalfaktoren beispielsweise für flüssige oder gasförmige Biomasse und für Kraft-Wärme-Kopplung. Die eigentliche Dekarbonisierung der Netze wird durch die Vorgaben des Wärmeplanungsgesetzes WPG erreicht.

Variante 2: Netzindividuelle Berechnung, aber Kappung mit Untergrenze. Eine andere Variante würde weiterhin eine netzindividuelle Berechnung ermöglichen. Zulässig wäre die Nutzung eines Pauschalfaktors, z. B. 0,8. Alternativ kann der Faktor individuell errechnet werden. Der Faktor wäre aber nach unten gekappt, damit die Steuerungswirkung nicht verloren geht, z. B. auf 0,5. Mit diesem Verfahren würde es ermöglicht, dass Netzbetreiber den Vorteil ihres Netzes dokumentieren können und dennoch ein zielkompatibles Zero Emission Building ermöglicht wird.

Variante 3: Pauschalfaktoren, die an die Qualitätskriterien des Wärmeplanungsgesetzes gekoppelt sind. Um eine Differenzierung der Wärmenetze nach Anteil klimaschonender Energieträger zu ermöglichen und dennoch eine unbürokratische Lösung, ohne aufwändige gutachterliche Bestimmung jedes einzelnen Netzes zu erlauben, ist eine dritte Variante denkbar, nämlich eine Differenzierung des Pauschalfaktors nach den Qualitätsstufen des Wärmeplanungsgesetzes. So könnten beispielsweise

- Netze mit einem Anteil von weniger als 30 Prozent aus erneuerbaren Energien, unvermeidbarer Abwärme oder einer Kombination hieraus: [0,9]*
 - Netze mit einem Anteil von mehr als 30 Prozent aber weniger als 80 Prozent aus erneuerbaren Energien, unvermeidbarer Abwärme oder einer Kombination hieraus: [0,8]*
 - Netze mit einem Anteil von mehr als 80 Prozent aus erneuerbaren Energien, unvermeidbarer Abwärme oder einer Kombination hieraus: [0,7]*
- Alternativ könnte auch eine lineare Formel den Primärenergiefaktor mit dem Erneuerbaren-Energien-Anteil verknüpfen.

*Werte nur zur ersten Orientierung

Der EE-Anteil würde in Analogie zu FW 309-5 berechnet.¹ Er muss ohnehin bestimmt werden für die Vorgaben des WPG.

Letztlich ist bei der Entscheidung für eine der Varianten die Frage, wie verlässlich das Wärmeplanungsgesetz und andere Instrumente die Dekarbonisierung anreizen und sicherstellen. Variante 1 ist die einfachste und äußerst unbürokratischste Lösung und führt dann zum Ziel, wenn die anderen Instrumente die Transformation der Wärmenetze in angemessenen Zeiträumen sicherstellen. Sie würde auch wichtige Planungskapazitäten in den Ingenieurbüros schaffen, die derzeit Primärenergiefaktor-Gutachten erstellen. Sie hat allerdings den Nachteil, dass Betreiber besonders guter Netze keinen „Qualitätsnachweis“ durch den Primärenergiefaktor mehr erbringen können, da alle Netze den gleichen Faktor haben. Dieser Qualitätsnachweis könnte allerdings separat mit dem ohnehin für das WPG zu bestimmenden Erneuerbaren-Energie-Anteils geführt werden.

Variante 2 verbindet Anreiz und Einfachheit, erfordert aber dennoch für den Fall, dass man keinen Pauschalfaktor nimmt, eine Berechnung; hierfür müsste die Rechenlogik der Berechnungsgrundlagen in der FW309 Teil 1 und 6 der AGFW auf die neuen Primärenergie-Faktoren umgestellt werden; dies ist aber mit wenig Aufwand möglich.

¹ Die FW 309-5 sollte bei dem bereits definierten Verfahren ohne Allokation bleiben, wobei der EE-Anteil des Inputs gleichermaßen auf Strom und Wärme verteilt wird ($s_{in}=s_{out}$, d. h. bei z. B. 40 % EE-Anteil im Brennstoffinput 40 % EE-Anteil sowohl beim Strom als auch bei der Wärme).

Deswegen ist auch Variante 3 geeignet und vereint Anreizwirkung und unbürokratischen Bestimmungsaufwand; sie hat den Nachteil, dass sich Faktorsprünge an den Klassengrenzen 30 bzw. 80 Prozent Anteil ergeben.

3.2 Anforderungsgröße für die Gebäudehülle und langlebige Gebäudeteile

3.2.1 Gründe für eine zusätzliche Anforderungsgröße an die Effizienz eines Gebäudes

Neben der Umstellung von Heizungsanlagen auf Technologien, die erneuerbare Energien nutzen und der Dekarbonisierung von Energieträgern muss eine Reduktion des Energieverbrauchs von Gebäuden erfolgen. Diese Reduktion hat neben dem Energieeinspareffekt weitere positive Effekte, wie eine geringere Vorlauftemperatur für einen effizienten Technologiewechsel bei der Beheizung, Entlastung der Netze (Wärme- und Stromnetze) und positive Effekte auf den Komfort, Leistungsfähigkeit und Gesundheit der Nutzer. Die Energieverbrauchsreduktion kann hauptsächlich durch verbesserten baulichen Wärmeschutz bei der Gebäudehülle, Reduzierung der Lüftungswärmeverluste (z.B. durch mechanische Lüftungsanlagen und Wärmerückgewinnung) und aktive Nutzung von internen und solaren Gewinnen erreicht werden. Szenarien zur Entwicklung eines treibhausgasneutralen Energiesystems zeigen, dass die Reduktion des Energieverbrauchs ein wichtiger Bestandteil ist, um die Emissionsminderungsziele im Gebäudesektor kostenoptimal zu erreichen (Mellwig 2022, Luderer et al. 2021, Engelmann et al. 2020, Sterchele et al. 2020, ifeu et al. 2018b).

Energieeinsparung und Resilienz

Klimaneutrale Gebäude allein über eine erneuerbare Wärmeherzeugung ohne effiziente Anlagentechnik und Gebäudehülle zu erreichen, würde den Verbrauch von erneuerbaren Energien stark ansteigen lassen. Dies ist nicht zielführend, da erneuerbare Energie einerseits nur in begrenzter Menge nutzbar (**Flächenkonkurrenz**; begrenzte Ausbaugeschwindigkeit) und andererseits nicht zu jedem Zeitpunkt abrufbar sind. Außerdem ist auch die Nutzung erneuerbarer Energien mit Kosten verbunden.

Wenn die neu errichteten Wohngebäude bis 2045 mit einem Heizungsmix gemäß dem Hintergrundpapier zur Gebäudestrategie ausgestattet würden (Anteil Wärmepumpen an den installierten Heizungssystemen 70 % 2030 und 75 % 2040) und nach den aktuellen Neubauanforderungen gemäß GEG (2024) umgesetzt würden, würde dies zu einem zusätzlichen Heizwärmebedarf durch diese Gebäude von 41 TWh, einem zusätzlichen Endenergiebedarf von 27 TWh und einer zusätzlich installierten elektrischen WP-Leistung von 19 GW führen. Demgegenüber könnte bei Umsetzung des Eff II der zusätzliche Heizwärmebedarf von 41 TWh auf 28 TWh, der zusätzliche Endenergiebedarf von 27 TWh auf 19 TWh und die zusätzliche elektrische WP-Leistung von 19 GW auf 12 GW reduziert werden. Berücksichtigt man die Gleichzeitigkeit des Wärmepumpenbetriebs, so dürfte insgesamt das Stromnetz und der Kraftwerkspark um ca. 5 GW an kalten Tagen des Jahres entlastet werden. Dies würde der Leistung von ca. 12 typischen H₂-Gas-Kraftwerken entsprechen. Kommen andere Heizungssysteme als Wärmepumpen zum Einsatz, so werden entsprechende Ressourcen (z. B. Großwärmepumpen-Leistung in Wärmenetzen; Elektrolyseur-Kapazität zur Wasserstoff-Produktion usw.) eingespart.

Entlastung der Netzinfrastruktur

Ferner kann ein Gebäude mit ausreichend gut gedämmter Außenhülle Wärme besser speichern und somit **Lastspitzen ausgleichen**, eine zeitliche Verschiebung des Energieverbrauchs erlauben (**Flexibilität**) und kurze Phasen von Energieausfall überbrücken (**Resilienz**) (Holm et al. 2023). Ebenso ist ein

gedämmtes Gebäude robuster gegenüber steigenden Energiepreisen und einem Verfehlen der Dekarbonisierungsziele von Strom und Fernwärme und somit eine risikoärmere Strategie als ein primärer Fokus auf erneuerbare Wärmeerzeugung (Engelmann et al. 2020).

Effiziente Gebäudehülle ermöglicht niedrigere Vorlauftemperaturen

Fossile Erdgas- und Ölkessel müssen vermehrt durch strombasierte Wärmepumpen oder (dekarbonisierte) Wärmenetze abgelöst werden. Welcher zentrale Wärmeerzeuger eingesetzt werden kann, ist auch von der für das gewählte Wärmeübertragungssystem benötigten Temperatur abhängig. In Zukunft sind niedrige Systemtemperaturen eine Grundvoraussetzung für einen effizienten Betrieb. Beispielsweise ist für den effizienten Einsatz von Wärmepumpen eine geringe Vorlauftemperatur entscheidend. Die erforderlichen Vorlauftemperaturen hängen maßgeblich von der Wärmeübergabe ab (Heizkörpern oder Heizflächen). Die Anpassung der Wärmeübergabe wird idealerweise mit einer Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes verbunden.

Auch bei der Einbindung von Gebäuden in Wärmenetze gelten ähnliche Parameter wie beim Einsatz von Wärmepumpen. Viele bereits vorhandene Wärmenetze (Vorlauftemperatur i.d.R. deutlich > 100 °C) eignen sich auch für Gebäude mit hohem Temperaturniveau und hoher Heizlast. Aber auch bei Fernwärme können die zu erwartenden niedrigeren Systemtemperaturen, Wärmemengen und damit verbundenen Kosten durch effiziente, gedämmte Gebäude reduziert werden. Für den Anschluss an üblicherweise kleinere Wärmenetze mit niedrigerer Vorlauftemperatur sind Gebäude mit einem hohen energetischen Standard bzw. entsprechend groß dimensionierten Wärmeübergabeflächen nötig.

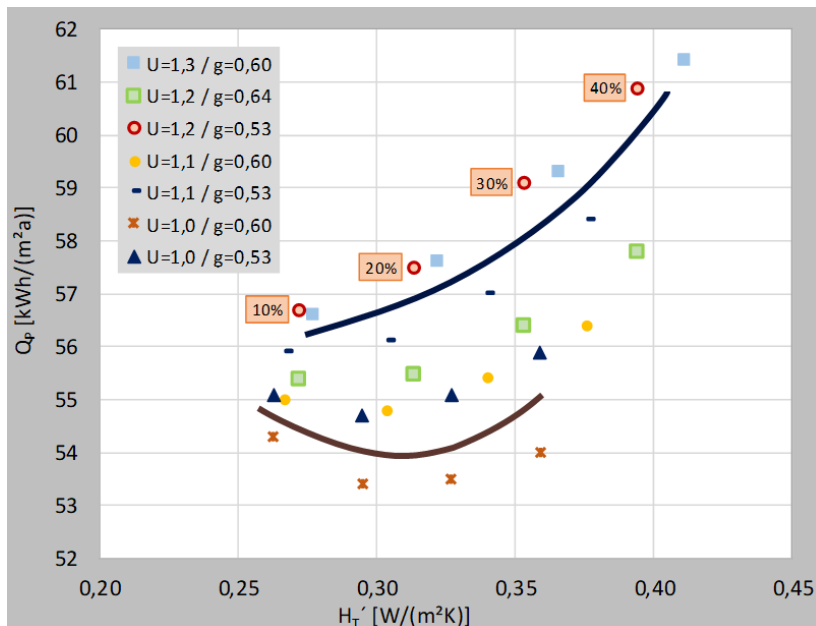
Aus den genannten Gründen ist eine Anforderungsgröße notwendig, welche die Bewertung der Effizienz des Gebäudes, also sowohl der energetischen Qualität der Gebäudehülle, als auch weiterer passiver Energiereduktionsansätze (solare Gewinne etc.) abbildet.

3.2.2 Spezifischer Transmissionswärmeverlust

Die Anforderungsgröße des GEG von 2020/2023 definiert als Anforderungsgröße für die Gebäudehülle und langlebige Gebäudeteile den **spezifischen Transmissionswärmeverlust** ($H_{T'}$). Er beschreibt einen „mittleren U-Wert“ für die konditionierten (beheizt, gekühlt) Gebäudehüllflächen unter Berücksichtigung von Wärmebrücken. Zur Ermittlung werden die Wärmeverluste aller Gebäudebauteile addiert, die an Erdreich, Außenluft oder nicht beheizte Bereiche grenzen. Anschließend wird der Wert durch die Flächen dieser Bauteile geteilt.

Mit zunehmenden Effizienzstandards ist der **spezifische Transmissionswärmeverlust** mittlerweile zu einer ungeeigneten Führungsgröße geworden: **$H_{T'}$ berücksichtigt weder Wärmegewinne aus der Wärmerückgewinnung in Lüftungsanlagen noch solare Gewinne und gibt keinen Anreiz für kompakte Gebäudekonzepte.** Die Anforderungsgröße gibt daher einen geringeren Anreiz, ein energiesparendes Gebäudekonzept zu erstellen, da nur eine einseitige Betrachtung der Hüllverluste erfolgt und kein integraler Ansatz möglich ist. Beispielsweise führt eine Erhöhung des Fensterflächenanteils zu einer Erhöhung des $H_{T'}$ -Wertes, da die solaren Gewinne durch die Fenster nicht abgebildet werden. Höhere $H_{T'}$ -Werte suggerieren eine schlechtere energetische Performance, was für Standardfenster auch zutrifft, nicht jedoch für energieeffizientere Fenster. In ifeu et al. (2022) wurde dieser Indikator intensiv diskutiert. Dort wurde auch das Zusammenspiel der Haupt- und Nebenanforderung analysiert (Abbildung 3-2).

Abbildung 3-2: Zusammenspiel der Haupt- und Nebenanforderung der aktuellen Anforderungssystematik im GEG. Beispiel EFH, Niveau Hülle GEG-Referenz



Quelle: Berechnungen IBH in ifeu et al. (2022)

3.2.3 Heizwärmebedarf

In ifeu et al. (2022) wurden alternative Anforderungsgrößen untersucht und der Vorschlag erarbeitet, auf $Q_{h,b,0}$ als Kenngröße zurückzugreifen.

Hinweis zu den hier verwendeten Begriffen: **Heizwärmebedarf** und die weiteren Bezeichnungen **Nutzenergiebedarf Heizen** und **Nutzwärmebedarf** sind zulässige alternative Benennungen der gleichen Größe, wobei die Bezeichnung Heizwärmebedarf priorisiert wird.

$Q_{h,b,0}$ beschreibt den Heizwärmebedarf für Raumwärme vor der ersten Iteration. Er umfasst die Transmissions- und Lüftungsverluste, solare und interne Gewinne werden abgezogen. Die Anlagentechnik hat keinen Einfluss auf die Größe (d.h. ohne Berücksichtigung des Wärmeeintrags durch Verteilung, Speicherung und Erzeugung). Die DIN V 18599 bestimmt als Zwischenwert den „Heizwärmebedarf vor Iteration“ ($Q_{h,b,0}$).

„ $Q_{h,b,0}$ bewertet den Gebäudeentwurf (langlebig verbaute Gebäudesubstanz) bzw. alle Elemente, die den Heizwärmebedarf erhöhen oder reduzieren können (Wärme- und Lüftungsverluste versus solare und interne Gewinne). Im Anforderungssystem sollte es mit einer zusätzlichen Anforderung zur Effizienz der Wärmeverteilung und -erzeugung kombiniert werden. Die Hüllflächenqualität kann jedoch durch den Einsatz einer Lüftung mit Wärmerückgewinnung reduziert werden und so dünnere Dämmschichten ermöglichen. Diese Möglichkeit hängt allerdings stark von der Höhe des Anforderungswerts ab. Hier sollte durch die Berechnungen eruiert werden, wo eine sinnvolle Grenze zu ziehen ist. Je nach Anforderungsniveau und zeitlichem Verlauf ist es deshalb ggf. sinnvoll, in einer Übergangsphase noch Bauteilanforderungen an die Hülle zu stellen.“ (ifeu et al. 2022)

Der Heizwärmebedarf beinhaltet ausschließlich die zur Aufrechterhaltung der nutzungsbedingten Soll-Innentemperatur erforderliche Wärme. Weitere Bilanzanteile auf der Ebene der Nutzenergie (Warmwasser, Kühlung, energetische Luftaufbereitung, Beleuchtung) werden in der Heizwärme nicht

berücksichtigt. Diese Bilanzanteile werden jedoch in der Hauptanforderungsgröße bilanziert, insofern wäre eine ähnliche Steuerungswirkung der Nebenanforderung wie in der Hauptanforderung zu erwarten. Für Wohngebäude, Nichtwohngebäude mit einer wohnähnlichen Nutzung sowie sonstige Nichtwohngebäude, bei denen der Energiebedarf überwiegend durch die Beheizung verursacht wird, ist eine auf den **Heizwärmebedarf** bezogene Nebenanforderung hinreichend. Aus Gründen der Einheitlichkeit und Vereinfachung wird daher für eine Weiterentwicklung des GEG bei allen Gebäuden der Heizwärmebedarf $Q_{h,b,0}$ als Nebenanforderungsgröße vorgeschlagen. Die Empfehlung zur Verwendung des Heizwärmebedarfs als Nebenanforderung auch für Nichtwohngebäude gilt unabhängig von ggf. durch hohe transparente Flächenanteile verursachte Kühlenergiebedarfe, da grundsätzlich die durch das GEG bzw. die in Bezug genommene DIN 4108-2 geltenden Mindestanforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz einzuhalten sind. Außerdem hat eine auf einem Referenzgebäude aufbauende Nebenanforderung ohnehin eine eingeschränkte Steuerungswirkung, da hohe Fensterflächenanteile ins Referenzgebäude übernommen werden und somit ein höheres zulässiges Anforderungsniveau zur Folge haben. Kühlenergiebedarfe werden perspektivisch vorrangig durch PV-Strom gedeckt, der auch direkt am Gebäude erzeugt werden kann. Anders als bei Wärmepumpen gibt es hier sehr gute tages- und jahreszeitliche Übereinstimmungen von Energieertrag und Energienachfrage. Eine Begrenzung des sommerlichen Energiebedarfs hat dadurch geringere energiewirtschaftliche Relevanz als eine Begrenzung des Heizwärmebedarfs.

In zukünftigen Forschungsprojekten ist ggf. zu prüfen, ob sich bei speziellen Nichtwohngebäuden mit geringem Heizenergiebedarf in der Kombination aus der voraussichtlichen Hauptanforderungsgröße und einer auf $Q_{h,b,0}$ bezogenen Nebenanforderung Regelungslücken ergeben, die anderweitig geschlossen werden müssen.

3.3 Das baubare Referenzgebäude

Im Hinblick auf die Gestaltung eines Anforderungsverfahrens für ein novelliertes GEG wurde in ifeu et al. 2022 geprüft, ob und inwieweit ein Verzicht auf das Referenzgebäudeverfahren bei Wohn- und Nichtwohngebäuden möglich wäre, welche alternativen Regelungsmodelle in Frage kämen und welche Auswirkungen der Verzicht auf das Referenzgebäudeverfahren und das jeweilige alternative Regelungsmodell hätte. Diese Arbeiten wurden hier fortgeführt. Die wesentlichen Ergebnisse dazu werden im Folgenden zusammenfassend dargestellt.

Das Referenzgebäude ist ein „Spiegelbild“ des real geplanten Gebäudes mit einer standardisierten Bauausführung und Anlagentechnik, woraus sich die Anforderungswerte (z. B. $Q_{h,b,0}$ und bewertete Endenergie) für das zu bauende Gebäude ergeben. Alternativ hierzu wäre die Vorgabe eines Grenzwertes, der entweder abhängig von der Ausgestaltung des Gebäudes ist oder einem absoluten Wert entspricht.

Seit der EnEV 2007 wird das Referenzgebäudeverfahren zur Ermittlung des maximal zulässigen Primärenergiebedarfs für Nichtwohngebäude verwendet. Angesichts der Vielzahl unterschiedlicher Nutzungen ist bei Nichtwohngebäuden ein derartiger Ansatz sehr vorteilhaft, wenn man umweltbezogene Anforderungen formulieren will, die gleichzeitig ambitioniert und trotzdem wirtschaftlich sind. Mit der EnEV 2009 wurde der Referenzgebäudeansatz für Wohngebäude übernommen. Die Notwendigkeit ergab sich damals einerseits aus der Zulässigkeit von zwei unterschiedlichen Verfahren zur Berechnung des Energiebedarfs (DIN V 4108-6/4701-10 und DIN V 18599), die zum Teil differierende Berechnungsergebnisse liefern. Zum anderen wurde ein einheitliches Verfahren für Wohngebäude und Nichtwohngebäude umgesetzt.

Das vorgesehene Referenzgebäude-Verfahren weist einige grundlegende Vorteile auf:

- Das Verfahren ermöglicht eine objekt- und nutzungsspezifische Formulierung von Anforderungen; damit kann der wirtschaftlich vertretbare Bereich gut ausgenutzt werden.
- Das Verfahren enthält einen prinzipiell umsetzbaren Vorschlag zur Ausführung der Bau- und Anlagentechnik, sofern der Anforderungswert, so wie für das künftige GEG vorgesehen, direkt, d. h. ohne Abschlagsfaktoren, aus dem Referenzgebäude abgeleitet wird.
- Für den Anwendungsfall Nichtwohngebäude ist das Referenzgebäudeverfahren aufgrund der nutzungsbedingt sehr unterschiedlichen Energiebedarfe von besonderer Bedeutung.
- Die Methode ist einheitlich für Wohngebäude und Nichtwohngebäude anwendbar. Sie kann daher problemlos auch bei gemischt genutzten Gebäuden Anwendung finden.
- Das Verfahren kann sowohl für Effizienz- wie auch Umweltgrößen verwendet werden.
- Das Verfahren ist vergleichsweise robust gegenüber dem Berechnungsverfahren, kann also beispielsweise auch bei mehreren Berechnungsvarianten verwendet werden.
- Bei Änderung von Randbedingungen in Berechnungsnormen oder im Gesetz (z. B. Klimadaten, Primärenergie- und Emissionsfaktoren) muss die Anforderungsformulierung nicht angepasst werden.
- Das Verfahren ist bereits seit 2007 für Nichtwohngebäude eingeführt, seit 2009 auch für Wohngebäude und damit in der praktischen Anwendung bekannt.

Die wesentlichen Nachteile des Referenzgebäude-Verfahrens in der derzeitigen Ausgestaltung (GEG 2020) sind:

- Der Gebäudeentwurf findet im Hinblick auf die Gebäudeorientierung, den Fensterflächenanteil und die Gebäudekompaktheit keine Berücksichtigung.
- Der exemplarische Ausführungsvorschlag der Referenz wird teilweise als verbindliche Vorgabe missverstanden oder ohne weitere Prüfung in die Planung/Ausführung übernommen, dadurch bleiben wirtschaftliche und energetische Alternativen und Optimierungsmöglichkeiten ungenutzt.
- Seit der Einführung von Abschlagsfaktoren zum 1.1.2016 erfüllt das Referenzgebäude die Anforderungen nicht mehr, beschreibt also keine direkt umsetzbare Ausführungsvariante.
- Durch die Einführung von Abschlagsfaktoren ergibt sich in Sonderfällen mit einem hohen Einfluss technischer Komponenten, die nicht im Referenzgebäude beschrieben sind und die daher vom ausgeführten Gebäude übernommen werden, eine größere prozentuale Verschärfung als intendiert.

Die zuvor benannten Nachteile des Referenzgebäudeverfahrens in Bezug auf die Verwendung von Abschlagsfaktoren werden in der neuen Anforderungssystematik behoben, indem eine neue baubare Referenz beschrieben wird.

Feste Anforderungswerte als Vorgabe für energetische Niveaus, wie zum Beispiel beim Passivhaus-Niveau (Heizwärmebedarf $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$) oder im Rahmen früherer Energieeinsparverordnungen (Anforderungswerte in Abhängigkeit vom A/V_e -Verhältnis) können hinsichtlich einhergehender Vor- und Nachteile wie folgt gegenübergestellt werden. Die wesentlichen Vorteile fester Anforderungswerte sind

- Sie sind in kürzerer Form und damit einfacher zu vermitteln als das Referenzgebäudeverfahren.
- Gebäudeorientierung und -kompaktheit können durch die Auswahl und Parametrierung von Modellgebäuden direkt in die Festlegung der Anforderungshöhe einfließen.
- Damit kann ein stärkerer Anreiz zu Effizienz steigernden Maßnahmen durch die Planung erfolgen.

Nachteile der festen Anforderungswerte sind:

- Die Methode ist nicht einheitlich für Wohngebäude und Nichtwohngebäude anwendbar. Für Nichtwohngebäude wäre aufgrund der Vielzahl von Nutzungsarten eine direkte Vorgabe von mehreren festen Anforderungswerten erforderlich und nur mit sehr großem Aufwand umsetzbar.
- Bei Änderung von Randbedingungen (z. B. Klimadaten, Primärenergie- und/oder Emissionsfaktoren) muss das Anforderungsniveau nachjustiert werden.
- Vorgenannter Punkt gilt auch für Änderungen am Berechnungsverfahren; insbesondere auch mit Blick auf eine künftig zu erwartende stärkere Kongruenz mit europäischen Normen. Ein geändertes Berechnungsverfahren führt i. d. R. zu anderen Berechnungsergebnissen, welche die Anforderungen an das Gebäude verschärfen oder abschwächen können. Auch bei Anpassung des Berechnungsverfahrens ist also der Anforderungswert zumindest zu überprüfen und ggfs. anzupassen.
- Nicht beeinflussbare Größen (Grundstück, Bebauungsplan, ...) können zu Einschränkungen der Baubarkeit führen; als Folge werden viele Einzelfallentscheidungen zu treffen sein.
- Die Anforderungswerte für Förderungen müssen neu kalibriert werden und ändern sich ggfs. Im Laufe der Zeit.
- Bei mehreren Berechnungsvarianten (Hauptverfahren / vereinfachte Verfahren) können ungewünschte Verschärfungen / Erleichterungen auftreten oder es müssten unterschiedliche Anforderungsniveaus je nach Nachweismethode eingeführt werden.

Die Gegenüberstellungen der methodischen Ansätze zur Formulierung von Anforderungen zeigen, dass beim Referenzgebäudeverfahren die Vorteile gegenüber den Nachteilen überwiegen. Für den Anwendungsfall Nichtwohngebäude ist das Referenzgebäudeverfahren aufgrund der nutzungsbedingt sehr unterschiedlichen Energiebedarfe sehr zu empfehlen. Als wesentlicher Nachteil hervorzuheben ist in Bezug auf feste Anforderungswerte der Anpassungsbedarf, welcher sich aus Änderungen von Randbedingungen oder Berechnungsverfahren ergibt.

3.4 Handlungsempfehlungen

Insgesamt empfehlen wir:

- In Übereinstimmung mit der EPBD die Verwendung von **Gesamtprimärenergie** als Anforderung an die Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes, die ggf. mittels Weighting-Faktoren für feste Biomasse, Biomethan und grüne Gase/Brennstoffe auf Wasserstoffbasis die klimafreundliche Wirkung dieser Energieträger und gleichzeitig die begrenzten Ressourcen berücksichtigen.
- Für die Fernwärme-Faktoren mit KWK die Umstellung auf das Carnot-Verfahren, zugleich Einführung einer unteren und oberen (Pauschalfaktor) Kappungsgrenze.
- Als Kenngröße für die langfristig verbauten Gebäudekomponenten, dem Gutachten ifeu et al. (2022) folgend, der **Heizwärmebedarf** $Q_{h,b,0}$ anstelle von H_T' zu wählen. Dies ermöglicht mehr Flexibilität, die Berücksichtigung der solaren Gewinne und der Wärmerückgewinnung aus Lüftungsanlagen.

Diese Kombination aus Anforderungsgrößen erfordert nur geringfügige Anpassungen am derzeitigen Steuerungssystem, führt technologieoffen zu vernünftigen Gebäudekonzepten und ist mit der EPBD kompatibel.

Teil 2: Festlegung des Anforderungsniveaus für das Nullemissionsgebäude

4 Weiterentwicklung des Referenzgebäudes zum Nullemissionsgebäude

Aufbauend auf der Definition des Nullemissionsgebäudes und der Analyse passender Anforderungsgrößen in den vorangehenden Kapiteln erfolgt nun eine Ableitung eines neuen Referenzgebäudes, das quantitativ und qualitativ den Benchmark für einen zukünftigen Nullemissionsgebäudestandard beschreibt.

Diese Herleitung erfolgt in mehreren Schritten. Zunächst wird die Ausführung der Gebäudehülle abgeleitet (Kapitel 4.1) auf Basis einer vergleichenden Analyse der baupraktischen Begrenzungen, der Nachfrage im Markt sowie der ökologischen Wirkung (graue Emissionen).

In Kapitel 4.2 wird untersucht, in welcher Form eine PV-Anlage in das Referenzgebäude integriert werden kann. Kapitel 4.3 identifiziert Veränderungen, die an der technischen Ausstattung der Referenzgebäude vorzunehmen sind. In Kapitel 4.4 erfolgt eine Darstellung des Handlungsbedarfs im Bereich sommerlicher Wärmeschutz. Kapitel 4.5 widmet sich schließlich dem Spezialthema Aufzüge.

Die abgeleiteten Effizienzniveaus werden dann in Kapitel 5 und 6 einer ökonomischen und in Kapitel 7 einer Lebenszyklus-Analyse unterzogen, um zu überprüfen, ob sie ein sinnvolles Niveau haben.

Wesentliche Voraussetzung bei der Bestimmung des baubaren Referenzgebäudes muss die Umsetzung von Art. 11 EPBD sein, in der die Unterschreitung des Gesamtprimärenergiekennwertes des NZEB-Niveaus um 10 % gefordert ist. Dies wird jeweils in Kapitel 5.4 und 6.4 überprüft.

4.1 Gebäudehülle: Markt und Restriktionen eines baubaren Referenzgebäudes

In diesem Kapitel geht es um die Bestimmung der Bauteilanforderungen bzw. die quantitative Festlegung des Ambitionsniveaus der Gebäude. Die Annäherung zu diesem Thema erfolgt von verschiedenen Seiten:

- Was wird heute schon gebaut? Diese Analyse erfolgt anhand der Daten der Energieausweis-Datenbank? (Kapitel 4.1.1)
- Welche baulichen Restriktionen beschränken sinnvolle und baupraktisch umsetzbare Anforderungen? (Kapitel 4.1.2)
- Welche Grenzen der Anforderungen werden aus ökobilanzieller und ökonomischer Sicht gesetzt? (Kapitel 4.1.3 und 4.1.4)
- Wo steht Deutschland im europäischen Vergleich in Bezug auf das Ambitionsniveau insbesondere der Anforderungen an die Gebäudehülle? (4.1.5)

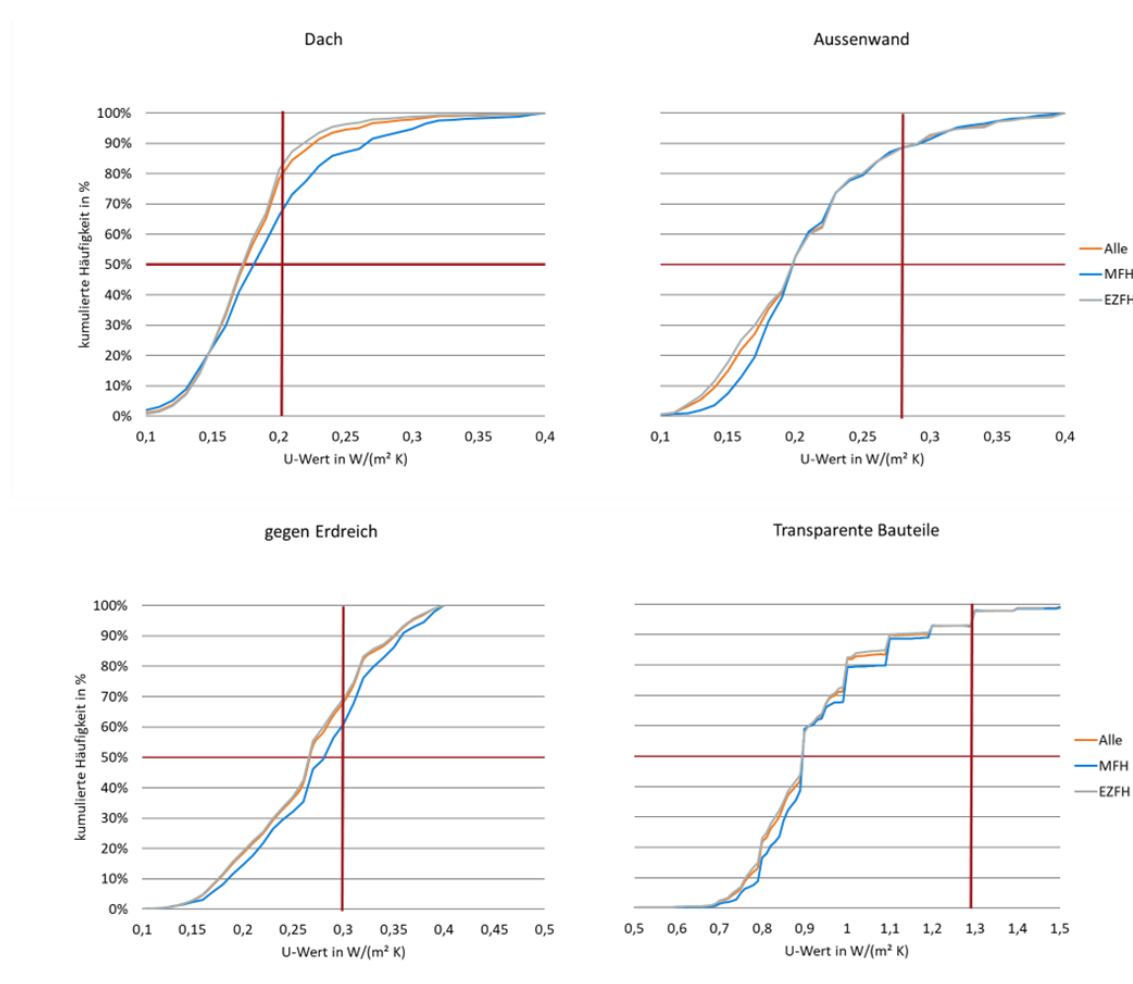
4.1.1 Auswertung der Energieausweis-Datenbank

In welchen Qualitäten wird heute bereits gebaut? Die hier vorgenommene Auswertung nutzt die aus der Stichprobenkontrolle vorliegenden Energieausweise (EA), bei der bereits insgesamt etwa 325.000 Kontrolldatensätze aus der EA-Datenbank des DIBt ausgewertet wurden. Diese Daten stammen aus dem Zeitraum von 2016 bis 2022. Die vorliegenden Daten wurden im Rahmen der Stichprobenkontrolle der Energieausweise gemäß § 99 Abs. 4 Ziffer 1 des GEG erhoben, um die Gültigkeit der eingegebenen Gebäudedaten zu überprüfen. Diese Stichprobenkontrolle wird vom DIBt für alle Bundesländer durchgeführt. Der Umfang der Stichprobe beläuft sich laut DIBt auf etwa 5-10 % der registrierten Ausweise. Der Datensatz umfasst überwiegend Energieausweise für Wohngebäude. Für die folgende Analyse werden nur die Bedarfsausweise der ab 2016 gebauten Wohngebäude herangezogen (statistische Gesamtheit: ca. 4-5%).

Die Förderzahlen der KfW und der BEG zeigen, dass bereits heute mehr als die Hälfte aller neu gebauten Gebäude eine höhere Energieeffizienz aufweisen als gesetzlich gefordert ist. Das heißt, dass die Anforderungen des GEG und des EH55 an die Gebäudehülle und Technische Gebäudeausrüstung (TGA) mit den am Markt seit langen verfügbaren Komponenten und Systemen eingehalten werden können.

Die folgende Abbildung stellt die kumulierte Häufigkeitsverteilung der im Neubau realisierten Bauteile der Gebäudehülle dar, separat dargestellt für EFH und MFH. Dabei werden insgesamt 18.500 Energieausweise für Wohngebäude ausgewertet, aus dem Zeitraum 2016 bis 2022. Dabei unterscheiden sich die Kurven für EFH und MFH vor allem bei den Außenwänden und beim unteren Gebäudeabschluss. Die U-Werte der Dächer und der Fenster sind zwischen EFH und MFH nahezu identisch. Bei den EFH zeigt sich, dass in der Praxis ein sehr gutes Effizienzniveau umgesetzt wird. Beim Dach wird in EFH in mehr als 80 % aller Fälle ein U-Wert von $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ oder niedriger umgesetzt, bei MFH sind es immerhin noch ca. 70 % der Dächer mit U-Werten von $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ oder darunter. Auch die Hälfte aller Außenwände wird mit einem U-Wert von $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ oder niedriger ausgeführt, der für Einzelmaßnahmen in der Förderung festgelegte Wert von $0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ wird in etwa 70 % der Fälle unterschritten. Bei den erdberührten Bauteilen (wie zum Beispiel Kellerwände) werden in EFH ebenfalls sehr niedrige U-Werte realisiert, in der Hälfte der Fälle etwa $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ oder darunter. Hier weichen die MFH etwas nach oben ab, was man daran sehen kann, dass nur in der Hälfte der Fälle U-Werte von $0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ erreicht werden. Allerdings sind die Wärmeverluste über erdberührte Bauteile auch aufgrund der im Erdreich herrschenden Temperatur geringer als über Bauteile, die an die Außenluft grenzen. Die kumulierte Häufigkeitsverteilung der Fenster-U-Werte zeigt Stufen und Sprünge, die durch die nur in Stufen erhältlichen Fenster-U-Werte erklärbar sind (für die Deklaration der U-Werte von Fenstern gilt eine wertgebende Ziffer nach dem Komma). U-Werte von $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ oder besser werden bereits in der Hälfte aller Gebäude realisiert, d.h. mindestens bei diesen Gebäuden wird eine Dreischiebenverglasung eingesetzt. Zusammen mit den U-Wert-Klassen $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ und $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ (davon dürften auch noch einige als gute Zweifach-Wärmeschutzverglasung ausgeführt worden sein) werden 85 – 90 % aller Fenster mit U-Werten realisiert, die deutlich unter dem bisherigen Referenzwert des GEG liegen.

Abbildung 4-1: Kumulierte Häufigkeitsverteilung der im Neubau (Zeitraum 2016 bis 2022) verwendeten Bauteile der Gebäudehülle im Vergleich zum U-Wert des Referenzgebäudes (vertikale rote Linie)



Quelle: FIW München

4.1.2 (Bau-) Praktische Rahmenbedingungen

Bei Umsetzung des EH 40 Standards im Wohngebäude wird an den spezifischen Transmissionswärmeverlust die Anforderung gestellt, dass dieser das 0,55-fache des spezifischen Transmissionswärmeverlustes des Referenzgebäudes nicht übersteigen darf. Für den U-Wert der Bauteile gibt es also keine konkrete Vorgabe. Die U-Werte des Referenzgebäudes sind nicht zwingend die Grundlage für die Planung der Außenbauteile von neuen Gebäuden. Je nach Auslegung der anderen Bauteile und der berücksichtigten Wärmebrückenzuschläge schwanken die U-Wert der Außenbauteile.

Mit dem baubaren Referenzgebäude im GEG soll aber die Möglichkeit gegeben sein, dass entsprechende U-Werte mit marktüblichen Bau- und Dämmstoffen machbar und mit etablierten Bauweisen umsetzbar sind (FIW 2023a). Dadurch wird zusätzlich die Akzeptanz neuer Festlegungen gesteigert. Die in Kapitel 4.1.6 und 4.1.7 vorgeschlagenen U-Werte sollten zu gut realisierbaren und dauerhaft funktionstüchtigen Konstruktionen führen. Nachfolgend werden daher für die Außenbauteile von Wohn- und Nichtwohngebäuden im Neubau typische und etablierte Materialien und Konstruktionen untersucht und die damit erreichbaren U-Werte bestimmt.

Die U-Werte sind hierbei nicht als Limit-Werte zu verstehen, sondern so, dass sie mit erhältlichen und bautechnisch machbaren Schichtdicken für den Neubau und ohne weitere Zusatzschichten oder Spezialfälle (z.B. wärmedämmendes monolithisches Mauerwerk mit WDVS oder mit exotischen Wärmedämmputzen) erreichbar sind. Die dabei eingesetzten Materialien und Konstruktionen bilden das im Neubau etablierte Spektrum am ambitionierten Ende ab. Die Recherche dazu kann aber keinesfalls Anspruch auf Vollständigkeit haben. Es wird bewusst darauf verzichtet, ausschließlich hochinnovative Materialien (z.B. Vakuum-Isolations-Paneele, Aerogeldämmplatten und -Putze) für die Ableitung der U-Wert-Vorschläge heranzuziehen (FIW 2023). Es ist nicht absehbar, dass eine ausreichende Menge dieser hochinnovativen Materialien für eine breite Umsetzung verfügbar sein wird. Trotz der Weiterentwicklung dieser Materialien und der fortlaufenden Optimierung der Herstellungsprozesse, sind die Kosten für diese Produkte deutlich höher als für etablierte Dämmmaterialien. Auch das aufwändigere Handling auf der Baustelle wirkt hier der Akzeptanz gegenüber diesen Produkten entgegen.

Neben den wärmedämmenden Eigenschaften werden weitere Zwänge und Randbedingungen für Materialien, Konstruktionen und Produkte gewürdigt, bspw. aus der Bauprodukteverordnung (Basic Work Requirements), zu den Auswirkungen auf das sommerliche Temperaturverhalten der Räume (z.B. Gesamtenergiedurchlassgrad und solare Warmegewinne), hinsichtlich der Baukosten oder zum Brand- und/oder Schallschutz.

Die farbliche Markierung (rot, gelb und grün) in den folgenden Tabellen steht in Zusammenhang mit den Effizienzniveaus I und II, die in Kapitel 4.1.6 und 4.1.7 genauer behandelt und spezifiziert werden. Rot bedeutet dabei, dass für ein Mehrfamilienhaus keines der Effizienzniveaus I oder II, gelb, dass Effizienzniveau II und grün, dass Effizienzniveau I erreicht wird.

Außenwände

Außenwände sind üblicherweise die größte wärmeübertragende Fläche von Gebäuden, wobei ihr Anteil entsprechend der Kompaktheit der betrachteten Gebäude und deren Fensterflächenanteil stark schwankt. Somit kommt dem Wärmedurchgang durch die Außenwände die größte Bedeutung zu. Dabei ist immer zu berücksichtigen, dass Wände meistens weitere Aufgaben übernehmen, bspw.: statische Aufgaben, sowie Wetter- und Schallschutz sicherstellen. Außenwände haben dementsprechend auch einen großen Anteil an den Baukosten des Rohbaus.

Monolithische Konstruktionen

Seit etwa dem Jahr 2000 sind mit Dämmstoffen gefüllte Varianten von gelochten Mauersteinen am Markt verfügbar, deren Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit nach und nach bis auf etwa 0,060 W/(m·K) vermindert wurden. Vereinzelt sind auch Produkte mit noch niedrigerer Wärmeleitfähigkeit zugelassen. Etwas breiter verfügbar und am Bau etabliert sind Mauersteine ab ca. 0,070 W/(m·K), die es in verschiedenen Waddicken gibt. Mit dünnen mineralischen Putzschichten innen und außen lassen sich damit in der Steinbreite 36,5 cm U-Werte von ca. 0,185 W/(m²·K) realisieren; mit Wärmedämmputzen oder mit größeren Steinbreiten (z.B. 42,5 cm) sind auch U-Werte von 0,16 W/(m²·K) oder darunter machbar (s.a. Tabelle 4-1). Die gewählten Steinbreiten in der Tabelle 4-1 entsprechen hierbei den derzeit gängigen Steinmaßen für Außenwände bei Neubauten.

Tabelle 4-1: U-Werte von **Mauerwerk aus monolithischen Wärmedämmsteinen** mit beidseitigen Putzschichten und Mörtel einfluss

Steinbreite (=Wanddicke unverputzt) in cm	U-Werte in W/(m ² ·K) des Mauerwerks, inkl. Mörtel und Putzschichten								
	Bemessungswerte Lambda der Wärmeleitfähigkeit in W/(m·K)								
	0,06	0,065	0,07	0,075	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12
30	0,19	0,21	0,22	0,24	0,25	0,28	0,31	0,34	0,37
36,5	0,16	0,17	0,19	0,20	0,21	0,24	0,26	0,28	0,31
42,5	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,20	0,23	0,25	0,27
49	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,20	0,22	0,23

Hinsichtlich der Verwendung von sehr leichten Mauersteinen im Mehrfamilienhausbau sollten auch die dort oft gewünschten höheren Anforderungen an den Schallschutz beachtet werden. Ein guter Schallschutz ist tendenziell einfacher mit eher schweren Bauteilen erreichbar. Für viele der leichten Steine gibt es daher spezielle Anschlusslösungen und Bausysteme, um eine bessere Schalldämmende Wirkung zu erreichen (hier vor allem zur Verringerung der Schallübertragung über die Bauteile zwischen Gebäuden und Wohnungen).

Außenwand mit WDVS

Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) gibt es in Dämmstärken bis etwa 400 mm, wobei Dicken über 300 mm sehr selten realisiert werden. Typischerweise bewegt sich die mittlere Dicke im Bereich von 14 bis 16 cm. WDVS können mit unterschiedlichen Dämmstoffen ausgeführt werden. In Deutschland ist das im EFH und bei kleineren MFH meistens EPS (weiß oder grau) oder Mineralwolle (Steinwolle oder Steinwolle-Lamellenplatten). Weitere Systeme basieren auf Phenolharz-Hartschaum PF, Polyurethan-Hartschaum PU (PUR oder PIR), Holzfasern oder Hanffasern. Durch den Einsatz von entsprechenden Dämmdicken sind auch sehr niedrige U-Werte problemlos machbar, wenngleich auch mit einem hohen Materialaufwand verbunden.

In nachfolgender Tabelle 4-2 sind für eine Außenwand mit WDVS in Abhängigkeit der Dämmstoffdicke und der Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs, die erzielbaren U-Werte dargestellt.

Tabelle 4-2: U-Werte von **Außenwänden mit WDVS** auf einer Kalksandstein-Wand mit Klebemörtel und Außenputz, ausgeführt mit verschiedenen Bemessungswerten der Wärmeleitfähigkeit von typischen WDVS-Dämmstoffen

U-Wert in W/(m²·K) der Außenwand mit WDVS für den Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs des WDVS in W/(m·K)										
Dicke der Dämmung	0,020	0,023	0,026	0,028	0,032	0,035	0,038	0,040	0,042	0,045
mm	in W/(m²·K)									
120	0,16	0,18	0,19	0,21	0,24	0,26	0,28	0,30	0,31	0,33
140	0,14	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,26	0,27	0,29
160	0,12	0,14	0,15	0,16	0,19	0,20	0,22	0,23	0,24	0,25
180	0,11	0,12	0,13	0,15	0,17	0,18	0,20	0,21	0,21	0,23
200	0,10	0,11	0,12	0,13	0,15	0,16	0,18	0,19	0,19	0,21
220	0,09	0,10	0,11	0,12	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19
240	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16	0,18

Die meisten WDV-Systeme haben eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung auch für sehr große Dämmdicken von 240 mm und darüber. Dass solche großen Dicken sehr selten realisiert werden, hängt am vergleichsweise höheren technischen Aufwand (bspw. Eigenlast Dämmstoff und Putz und

damit verbundene hohe notwendige Anzahl an Dübeln und Befestigern, Brandschutzmaßnahmen, etc.) und dem ökologischen und ökonomischen Grenznutzen (bspw. Verringerung der Nutzfläche durch große Wanddicken bei festgelegten Gebäudeaußenmaßen z. B. Lückenbebauung, Grenzabstände etc.) sowie dem exponentiell steigenden Materialverbrauch im Verhältnis zur Verbesserung des U-Wertes (s.a. Kapitel 7).

WDVS mit der in Deutschland am häufigsten eingesetzte Wärmeleitfähigkeit von $0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ können bereits in der Dämmdicke 180 mm U-Werte von $0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ erreichen. In ambitionierten Bauvorhaben werden auch Dämmdicken von 240 mm mit der Wärmeleitfähigkeit von $0,032$ eingesetzt, was zu einem U-Wert von $0,13 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ führt. Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen mit typischen Wärmeleitfähigkeiten von $0,038$ bis $0,045 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ermöglichen bei Schichtdicken von über 20 cm U-Werte von unter $0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Für einige Gebäudekategorien dürfen aus Brandschutzgründen nur nichtbrennbare Dämmstoffe eingesetzt werden. Diese sind i.d.R. anorganische Materialien, bspw. Glaswolle, Steinwolle, Schaumglas oder sehr leichter Porenbeton (Multipor), deren Wärmeleitfähigkeiten nicht beliebig niedrig sind. Da das hier zu definierende ZEB-Niveau auch für solche Gebäude funktionieren soll, ergeben sich bauliche und technische Restriktionen. Es gibt auch zugelassene Dämmstoffe mit Wärmeleitfähigkeiten unter $0,032 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, die mit steigenden Markttendenzen eingesetzt werden.

Zweischalige Wände

Diese Bauweise der zweischaligen Wände ist vor allem im Norden und Westen Deutschlands verbreitet. Zweischalige Wände bestehen aus einem tragenden Mauerwerk, vor dem eine zweite Schale (Schicht) als Wetterschutz aufgemauert wird. Zwischen den beiden Lagen befindet sich bei neuen Konstruktionen neben einer Dämmstoffschicht ein schmaler Luftspalt (Fingerspalt) hinter dem Verblendmauerwerk (also hinter der Vorsatzschale und vor der Dämmung). In diesem kann durch die Fugen des Verblendmauerwerks eingedrungener Schlagregen ablaufen. Beim Aufmauern des tragenden Mauerwerks werden Mauerwerksanker in die Fugen eingelegt, über die dann die Dämmplatten geschoben und mit Klemmtellern befestigt werden. Das äußere Ende der Mauerwerksanker wird dann in die Fugen des Vorsatzmauerwerks eingelegt, damit eine Verbindung der beiden Schalen entsteht. Je größer der Schalenabstand ist, desto mehr Anker mit entsprechender Zulassung werden aus statischen Gründen benötigt. Der maximale Schalenabstand für typische Flachstahlanker entsprechend ihrer bauaufsichtlichen Zulassung beträgt 25 cm, was die Dämmdicke auf 24 cm (mit 1 cm Fingerspalt) limitiert.

In nachfolgender Tabelle sind für eine Außenwand aus zweischaligem Mauerwerk in Abhängigkeit der Dämmstoffdicke und der Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs, die erzielbaren U-Werte dargestellt.

Tabelle 4-3: U-Werte der **zweischaligen Außenwand** für typische Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs

U-Wert in $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ der zweischaligen Außenwand für den Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit – des Dämmstoffs in $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$								
Dicke der Dämmung	0,020	0,023	0,026	0,028	0,032	0,035	0,038	0,040
mm	in $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$							
40	0,38	0,43	0,45	0,49	0,54	0,57	0,60	0,62
60	0,28	0,31	0,33	0,36	0,40	0,43	0,46	0,48
80	0,22	0,25	0,26	0,29	0,32	0,35	0,37	0,38
100	0,18	0,20	0,22	0,24	0,27	0,29	0,31	0,32
120	0,15	0,17	0,19	0,20	0,23	0,25	0,27	0,28
140	0,13	0,15	0,16	0,18	0,20	0,22	0,23	0,24
160	0,12	0,13	0,14	0,16	0,18	0,19	0,21	0,22
180	0,10	0,12	0,13	0,14	0,16	0,17	0,19	0,20

200	0,09	0,11	0,12	0,13	0,15	0,16	0,17	0,18
220	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,15	0,16	0,16
240	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15

Im zweischaligen Mauerwerk im Neubau überwiegend verwendete Dämmstoffe sind Polyurethan-Dämmstoffe (PU) (mit oder ohne diffusionsdichte Deckschichten) und Steinwolle. Aufgrund der technischen Anforderungen an die Anwendung WZ (Wand zwischen zwei Mauerwerksschalen) aus dem Brandschutz, der Wasseraufnahme, der Vermeidung von Korrosion an den Stahllankern, dem Durchstechen der Anker etc. sind praktisch kaum andere Dämmstoffe für diese Anwendung verfügbar. U-Werte von 0,18 oder 0,16 W/(m²·K) sind damit trotz der Limitierung der Schichtdicke auf derzeit 24 cm mit PU oder Steinwolle realisierbar.

Leichtbau-Wände

Zu den Leichtbau-Wänden zählen vor allem Holzständer- und Holztafel-Konstruktionen aus dem Fertighausbau, aber auch individuell geplante Holzbauten. Die vor allem für Hallenbauten zum Einsatz kommenden Stahl-Sandwich-Konstruktionen können hier ebenfalls aufgeführt werden. Bauliche Restriktionen bestehen nur bei der Verfügbarkeit von sehr dicken Sandwichelementen, die anderen Konstruktionen sind mit Platten- oder Einblasdämmstoffen auch in sehr großen Dicken herstellbar, wenngleich auch hier der ökologische und ökonomische Grenznutzen beachtet werden muss (s.a. Kapitel 7).

Bei Holzbauten und Fertigteilen werden v.a. Glasfasern, Holzfasern und lose Gefachdämmstoffe (Zelluloseflocken, Holzfasern, Hobelspäne etc.) mit Wärmeleitfähigkeiten von 0,035 bis ca. 0,050 W/(m·K) eingesetzt, bei Stahl-Sandwichelementen sind es Polyurethan-Schäume oder Mineralwolleplatten. Die Bandbreite der Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe von Sandwichelementen liegt dabei zwischen 0,024 und 0,045 W/(m·K). Damit sind sehr gute U-Werte mit Dämmdicken von 140 bis 220 mm möglich.

Bei der Ermittlung von U-Werten von Holzständer-Konstruktionen sind die Wärmebrückenwirkungen der Holzständer zu beachten. Bei größeren Dämmdicken werden daher material- und wärmebrückenoptimierte Doppel-T-Träger aus Holzwerkstoffen (TGI-Träger) eingesetzt. Raumseitig wird oft eine Installationsebene verbaut, um Durchdringungen der luftdichten Ebene zu verhindern. Holzständer-Konstruktionen können außenseitig auch zusätzlich überdämmt werden, um noch niedrigere U-Werte zu realisieren.

In nachfolgender Tabelle 4-4 sind für eine Holzständer-Außenwand mit Holzständern aus Nadelholz und einem Achsmaß von 62,5 cm in Abhängigkeit der Gefachtiefe und der Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs, die erzielbaren U-Werte dargestellt. In den U-Werten ist die Dämmwirkung einer Installationsebene von 25 mm enthalten.

Tabelle 4-4: U-Werte einer **Holzständer-Außenwand** mit Holzständern aus Nadelholz im Raster 62,5 cm für verschiedene Gefach-Tiefen und Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit

U-Wert in $W/(m^2 \cdot K)$ der Holzständer-Außenwand für den Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs in $W/(m \cdot K)$.						
Tiefe Gefach	0,032	0,035	0,038	0,040	0,042	0,045
mm	in $W/(m^2 \cdot K)$					
120	0,28	0,30	0,31	0,32	0,33	0,35
140	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,31
160	0,22	0,23	0,25	0,25	0,26	0,27
180	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25
200	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23
220	0,17	0,18	0,19	0,19	0,20	0,21
240	0,15	0,16	0,17	0,18	0,18	0,19
260	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17	0,18
280	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16	0,17
300	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16

Da für die weit verbreiteten Dämmstoffe Glaswolle und Holzwolle sowie für die losen Dämmstoffe sehr niedrige U-Werte nur bei großen Gefachtiefen erreichbar sind, werden entweder Doppel-T-Träger anstelle von massiven Ständern eingesetzt, oder es wird eine Konstruktion mit geringerer Gefachtiefe außen überdämmt. Solche mehrschichtigen Konstruktionen können dann auch außenseitig direkt verputzt werden (WDVS im Holzbau). Schon für eine holzmengen-optimierte Konstruktion mit einer Gefachtiefe von 160 mm lässt sich mit 60 mm Zusatzdämmung der Wärmeleitfähigkeit 0,040 $W/(m \cdot K)$ ein U-Wert von etwa 0,18 $W/(m^2 \cdot K)$ erreichen.

Dächer

Dächer haben nach der Außenwand den zweitgrößten Anteil an der wärmeübertragenden Umfassungsfläche eines Gebäudes, damit kommt ihnen auch beim Wärmeschutz eine wichtige Rolle zu. Bei kleineren und mittleren Wohngebäuden dominieren in Deutschland immer noch die Steildach-Konstruktionen, meistens als Sparren- oder Pfettendach ausgeführt, mit Dämmung zwischen den Dachsparren. Weit verbreitet sind aber auch Steildächer mit Dämmung oberhalb der Sparren (z.B. auf der Dachschalung) bzw. Kombinationen aus Zwischensparren- und Aufsparrendämmung.

Bei größeren Wohngebäuden und bei Nichtwohngebäuden dominieren Flachdach-Konstruktionen, die als klassisches gedämmtes Flachdach (Warmdach) oder als Umkehrdach ausgeführt werden. Wo bei gerade Umkehrdächer in der Ausführung als Gründach oder auch Retentionsdach (zur Verzögerung des Abflusses von Starkregenereignissen) in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen haben.

Bauliche Restriktionen gibt es hinsichtlich statischer Erfordernisse für die Installation von PV und für die dafür notwendigen Reinigungs- und Instandhaltungsbegehungen, die bei klassischen Warmdächern berücksichtigt werden müssen (Punkt- und Linienlasten durch die Beschwerung von Solarmodulen, Begehung, das Absetzen von Paletten durch Kräne etc., die auf der Dachbahn zu Undichtigkeiten und im Dämmstoff lokal zu Stauchungen führen können). Dies ist für Neubauten auch bei der Umsetzung einer möglichen PV-Pflicht zu beachten. Bei Umkehrdächern sind diese Belastungen aufgrund der sehr großen Druckfestigkeit von XPS unproblematisch, was sich daran zeigt, dass XPS beispielsweise auch auf gedämmten Parkdecks über beheizten Gebäudebereichen eingesetzt werden kann.

Die Installation von PV ist bei Steildächern im Neubau üblicherweise unproblematisch, da die höheren Lasten bei der statischen Auslegung berücksichtigt werden. Hinsichtlich des Wärmeschutzes bedeutet

das dann höchstens etwas höhere Holzanteile im zusammengesetzten Bauteil in der Berechnung nach DIN EN ISO 6946, was durch eine Erhöhung der Gefachtiefe oder eine Ergänzung der Zwischensparrendämmung durch eine zusätzliche Aufsparrendämmung kompensiert werden kann.

Steildächer

Um die derzeit häufig realisierten U-Werte von 0,12 bis ca. 0,14 W/(m²·K) in Sparrendächern alleine durch eine Zwischensparrendämmung zu erreichen, wären sehr hohe Sparren notwendig, die teilweise nicht verfügbar sind, bzw. eine andere Bauweise (z.B. Doppel-T-Träger anstelle massiver Holzsparren) bedingen würden. Daher werden Dämmungen zwischen den Sparren bei Sparrendächern häufig mit einer zusätzlichen Aufsparrendämmung kombiniert, was technisch problemlos möglich ist. Oft wird auch nur eine Aufsparrendämmung in einer entsprechend großen Dämmdicke ausgeführt und der Dachstuhl verbleibt als Sicht-Dachstuhl zugänglich von der Raumseite. Zwischen den Sparren werden vorwiegend flexible Dämmstoffe und Keile eingesetzt, bspw. aus Glaswolle (weitaus am häufigsten), Steinwolle oder flexible Matten aus nachwachsenden Rohstoffen, meistens Holzfasern. Die Dämmung oberhalb der Sparren besteht oft aus Polyurethan Hartschaumplatten, Holzfaserplatten oder Steinwolleplatten, die über eine Distanzverschraubung mittels Holzlattung von oben in die Sparren befestigt werden. Oft dienen diese Platten als kurzzeitiges Notdach während Bauarbeiten bzw. bieten eine Ablaufmöglichkeit für zwischen die Dachsteine eingedrungenen (und geschmolzenen) Flugschnee.

Bauliche Restriktionen bestehen keine, denn alle Dämmstoffe sind in ausreichender Platten- bzw. Mattendicke verfügbar und können problemlos in Schichten zum gewünschten U-Wert kombiniert werden. Bei Neubauten unkritisch ist die Dimensionierung, da statische Erfordernisse geplant und entsprechend angepasst werden.

In der nachfolgenden Tabelle 4-5 werden die erzielbaren U-Werte für eine Steildachkonstruktion in Abhängigkeit von der Gefachhöhe und der Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs aufgezeigt. Dabei wird die Konstruktion, bei der der Sparrenzwischenraum vollständig ausgedämmt wird, zusätzlich mit einer Aufsparrendämmung aus 120 mm typischen Holzfaserdämmplatten kombiniert. Die farbliche Markierung (rot, gelb und grün) in der Tabelle steht in Zusammenhang mit den Effizienzniveaus I und II, die in Kapitel 4.1.6 und 4.1.7 genauer behandelt und spezifiziert werden. Rot bedeutet dabei, dass keines der Effizienzniveaus I oder II erreicht wird, gelb, dass Effizienzniveau II erreicht wird und grün, dass Effizienzniveau I erreicht wird. Durch die zusätzliche Aufsparrendämmung sind bereits sehr gute U-Werte von 0,14 oder 0,12 W/(m²·K) mit moderaten Sparrenhöhen erreichbar, was insgesamt die Konstruktion vereinfacht und den Materialeinsatz (v.a. den von Holz) gegenüber einer Konstruktion ohne Aufsparrendämmung minimiert. Bei einer Ausführung des Steildachs mit ausschließlich Aufsparrendämmung sind auch ambitionierte U-Werte erreichbar, da die infrage kommenden Dämmstoffe in den erforderlichen Schichtdicken verfügbar sind.

Tabelle 4-5: U-Werte von **Sparrendächern** mit 120 mm Aufsparrendämmung der Wärmeleitfähigkeit 0,042 W/(m·K) mit unterschiedlichen Gefachtiefen und unterschiedlichen Bemessungswerten der Wärmeleitfähigkeit für typische Zwischensparren-Dämmstoffe (flexible Matten oder Einblasdämmung)

mit 120 mm Zusatzdämmung 0,042						
U-Wert in W/(m²·K) des Sparrendachs für den Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs in W/(m·K)						
Tiefe Gefach	0,032	0,035	0,038	0,040	0,042	0,045
mm	in W/(m²·K)					
120	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,18
140	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,17
160	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,16
180	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,15
200	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14
220	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13
240	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,13
260	0,10	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12
280	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11
300	0,09	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11

Flachdächer

U-Werte von 0,12 oder 0,14 W/(m²·K) lassen sich bei Flachdächern problemlos realisieren und werden bereits vielfach ausgeführt. Das gilt nicht nur bei klassischen Flachdächern mit der Dachabdichtung oberhalb der Dämmung (Warmdächer), sondern mittlerweile auch für Umkehrdächer, bei denen die Dämmung auf der Dachabdichtung angeordnet wird und damit zeitweise im auf der Abdichtung stehenden Wasser liegt. Da für Umkehrdächer bisher nur extrudiertes Polystyrol (XPS) eingesetzt wird und dieses als Bandschaum einlagig nur bis zu einer Dicke von etwa 200 mm herstellbar ist, war dies bis vor einigen Jahren eine technische Begrenzung für Umkehrdächer. Mittlerweile gibt es aber auch Systeme, die eine bauaufsichtliche Zulassung für eine zweilagige Verlegung der XPS-Platten haben, bzw. neue Produkte, die ab Werk bereits aus mehrlagig (verschweißt oder verklebten) XPS-Platten geringerer Dicke zusammengesetzt sind.

Für klassische Flachdächer werden eine Vielzahl von etablierten Dämmstoffen eingesetzt (EPS, PU, Mineralwolle, Glaswolle, Holzfaser, Schaumglas etc.) während für Umkehrdächer lediglich XPS zum Einsatz kommt. Für Umkehrdächer sind für einen U-Wert von 0,12 W/(m²·K) ab ca. 300 mm Dämmstoff notwendig. Da bei klassischen Flachdächern auch Dämmstoffe mit etwas niedrigerer Wärmeleitfähigkeit zum Einsatz kommen, lassen sich die o.g. U-Werte auch schon mit niedrigeren Schichtdicken ab 200 mm realisieren (z.B. für PU mit Aluminiumdeckschichten – siehe auch Tabelle 4-7).

Tabelle 4-6: U-Werte von **Umkehrdächern** für verschiedene Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs

U-Wert in $W/(m^2 \cdot K)$ des Umkehrdachs für den Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs in $W/(m \cdot K)$				
Dicke der Dämmung	0,035	0,036	0,038	0,040
mm	in $W/(m^2 \cdot K)$			
160	0,21	0,21	0,22	0,23
180	0,18	0,19	0,20	0,21
200	0,17	0,17	0,18	0,19
220	0,15	0,16	0,17	0,17
240	0,14	0,14	0,15	0,16
260	0,13	0,13	0,14	0,15
280	0,12	0,12	0,13	0,14
300	0,11	0,12	0,12	0,13
320	0,11	0,11	0,12	0,12
340	0,10	0,10	0,11	0,11
360	0,10	0,10	0,10	0,11

Tabelle 4-7: U-Werte von **Flachdächern** für verschiedene Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs

U-Wert in $W/(m^2 \cdot K)$ des Flachdachs für den Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs in $W/(m \cdot K)$						
Dicke der Dämmung	0,023	0,028	0,032	0,037	0,040	0,042
mm	in $W/(m^2 \cdot K)$					
120	0,18	0,22	0,25	0,28	0,30	0,32
140	0,16	0,19	0,22	0,25	0,26	0,28
160	0,14	0,17	0,19	0,22	0,23	0,24
180	0,12	0,15	0,17	0,19	0,21	0,22
200	0,11	0,14	0,15	0,18	0,19	0,20
220	0,10	0,12	0,14	0,16	0,17	0,18
240	0,09	0,11	0,13	0,15	0,16	0,17
260	0,09	0,10	0,12	0,14	0,15	0,15
280	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,14
300	0,08	0,09	0,10	0,12	0,13	0,14
320	0,07	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13
340	0,07	0,08	0,09	0,11	0,11	0,12
360	0,06	0,08	0,09	0,10	0,11	0,11

Unterer Gebäudeabschluss

Der untere Gebäudeabschluss des beheizten Volumens ist entweder der Kellerfußboden, bzw. die Bodenplatte unter dem Erdgeschoss falls ohne Keller gebaut wird, oder die Kellerdecke bei unbeheizten Kellern bzw. gegen Tiefgaragen.

Bauliche Restriktionen ergeben sich am unteren Gebäudeabschluss keine, da die üblicherweise verwendeten Dämmstoffe in ausreichender Schichtdicke angeboten werden und die Raumhöhe entsprechend der benötigten Dämmdicke angepasst werden kann. Bei Dämmungen am unteren Gebäudeabschluss kommen oft Kombinationen von Dämmschichten auf beiden Seiten des Bauteils zum Einsatz, bspw. eine Perimeterdämmung unter der Bodenplatte und eine Ausgleichs- und Trittschalldämmung unter dem Estrich, bzw. eine Dämmung unterhalb der Kellerdecke bei nicht beheizten Kellern in Kombination mit einer Dämmung oberhalb des Erdgeschossfußbodens.

Außerhalb der Abdichtung (Perimeter) werden vor allem XPS und EPS eingesetzt. Unter dem Estrich des Keller- oder Erdgeschossfußbodens sind typische Trittschalldämmstoffe wie EPS oder Mineralwolle üblich. Unterhalb der Kellerdecke können diverse Materialien eingesetzt werden. Aufgrund der geringeren Temperaturdifferenz für den Wärmeverlust (das Erdreich ist in der Heizperiode i.d.R. wärmer als die Außenluft) werden meistens auch etwas höhere U-Werte als beispielsweise bei der Außenwand realisiert. Für die Berechnung der U-Werte in der folgenden Tabelle 4-8 wurde oberhalb der Kellerdecke eine Trittschalldämmung der Dicke 40 mm und Wärmeleitfähigkeit 0,040 W/(m·K) berücksichtigt. Mit den verschiedenen Dämmstoffen unterhalb der Kellerdecke ergeben sich dann typische U-Werte von 0,24 oder 0,24 W/(m²·K) schon ab einer Schichtdicke von 80 bis 120 mm.

Tabelle 4-8: U-Werte von Kellerdecken für verschiedene Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs

U-Wert in W/(m²·K) der Kellerdecke für den Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs in W/(m·K)						
Dicke der Dämmung	0,023	0,028	0,032	0,035	0,040	0,045
mm	in W/(m²·K)					
80	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,29
100	0,17	0,19	0,21	0,22	0,24	0,26
120	0,15	0,17	0,19	0,20	0,22	0,23
140	0,13	0,15	0,17	0,18	0,20	0,21
160	0,12	0,14	0,15	0,16	0,18	0,19
180	0,11	0,12	0,14	0,15	0,16	0,18
200	0,10	0,11	0,13	0,14	0,15	0,17
220	0,09	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
240	0,08	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14

Fenster

Der U_w -Wert (Index w für window) ist ein zusammengesetzter Wärmedurchgangskoeffizient, der sich auf das komplette Fenster aus Blend- und Flügelrahmen, Glasrandverbund und Verglasung bezieht. Damit spielen auch die Flächenverhältnisse, ermittelt aus der Ansicht von innen, eine wichtige Rolle. Bei großen Fenstern mit einem geringen Rahmenanteil überwiegt der U_g -Wert der Verglasung (Index g für glazing). Bei kleinteiligen Fenstern (z.B. zwei- oder mehrflügeligen Fenstern) trägt der hohe Rahmenanteil und die Länge und Ausbildung des Randverbundes (Aluminium-Randverbund und thermisch verbesserte Randverbünde) zum U_w -Wert einen größeren Anteil bei. Innerhalb gewisser Grenzen können damit bestimmte U_w -Werte auch mit unterschiedlichen Ansätzen erreicht werden, was die Einordnung für aktuell in Deutschland verbaute Systeme erschwert.

Auch wenn der Trend in den letzten Jahren eindeutig zu den Dreifach-Verglasungen geht, werden auch noch in nennenswertem Umfang Zweifach-Verglasungen verwendet. Insbesondere im sozialen Wohnungsbau, wenn Fenstertüren mit Dreh-Kipp-Funktion eingebaut werden, wird aufgrund des niedrigeren Gewichts und der damit verbundenen Rahmen-Ausführung auf die Zweischeibenverglasung zurückgegriffen. Diese Fenstertüren benötigen keine breiteren bzw. verstärkten Rahmen und sind damit günstiger. Nachfolgend sind typische Glasaufbauten dargestellt, deren Scheibenzwischenräume mit Edelgasen gefüllt werden. Meistens kommt hier Argon zum Einsatz, bei einem Gasfüllgrad von 90 oder 95 %. In wenigen Fällen – bei sehr niedrigen U_g -Werten – werden Mischungen von Argon und Krypton eingesetzt, um einen noch niedrigeren Wärmedurchgang zu erreichen. Die Angaben 4/18/4 beziehen sich dabei auf die Dicke der beiden Floatglasscheiben (je 4 mm) und den Zwischenraum (18 mm). Andere Kombinationen aus Glasdicke und Zwischenraumdicke sind möglich, was sowohl den Wärmedurchgang aber auch die Luft-Schalldämmung der Verglasung (und damit der Fenster) beeinflusst.

- 1,0 / 2-fach Verglasung – Beispiel für Glasaufbau: 4/18/4 – U_g -Wert 1,0 W/(m²·K)
- 1,1 / 2-fach Verglasung – Beispiel für Glasaufbau: 4/18/4 – U_g -Wert 1,1 W/(m²·K)
- 0,7 / 3-fach Verglasung – Beispiel für Glasaufbau: 4/16/4/16/4 – U_g -Wert 0,7 W/(m²·K)
- 0,6 / 3-fach Verglasung – Beispiel für Glasaufbau: 4/16/4/16/4 – U_g -Wert 0,6 W/(m²·K)
- 0,5 / 3-fach Verglasung – Beispiel für Glasaufbau: 4/16/4/16/4 – U_g -Wert 0,5 W/(m²·K)

Ein Fenster der Abmessung 1,23 m Breite und 1,48 m Höhe (Standardgröße für die Deklaration des U-Wertes nach DIN EN ISO 10077) hat mit einer Dreifach-Verglasung mit einem U_g -Wert von 0,6 W/(m²·K) und einem thermisch verbesserten Randverbund in einem guten Kunststoffrahmen (U_f -Wert 0,9 W/(m²·K)) einen U_w -Wert von 0,8 W/(m²·K). Größere Fenster hätten (bei gleicher Ausführung) einen niedrigeren U_w -Wert, kleinere Fenster aufgrund des höheren Rahmenanteils einen etwas höheren U_w -Wert.

U_w -Werte von 0,8 und 0,9 W/(m²·K) sind für alle Rahmenmaterialien mit einer Dreifach-Verglasung bei typischen Fenstergrößen machbar. Als Rahmenmaterialien werden thermisch verbesserte Aluminiumprofile, Kunststoff-Hohlkammerprofile, massive Holzprofile und eine Kombination aus Holzprofilen mit Wetterschutzschale aus Aluminium (sog Holz-Alu-Profile) eingesetzt. Vereinzelt am Markt erhältlich sind auch Kombinationen von Kunststoffprofilen mit Wetterschutzschale aus Aluminium, sog. Kunststoff-Alu-Profile.

Das Haupteinsatzgebiet von Aluminiumprofilen ist dabei in Nichtwohngebäuden, während die anderen Profilmaterialien vorwiegend in Wohngebäuden eingesetzt werden. Dickere Verglasungen bedingen dabei auch tiefere Rahmen, die meist aus Stabilitätsgründen eine größere Ansichtsbreite haben und damit am Fenster einen größeren Rahmenanteil bedingen.

Bauliche Restriktionen zur Kombination von Rahmenmaterialien und Verglasungen ergeben sich aus dem Gewicht der Verglasung und weiteren Anforderungen an die Luftdichtheit der Konstruktion (Fenster und deren Einbaufuge), sowie ggf. aus Brand- und Schallschutzanforderungen.

Sonderverglasungen (z.B. Sonnenschutzverglasungen), selbsttragende geklebte Großelemente (structural glazing) und vorgehängte Glasfassaden (curtain walls) werden vorwiegend in Nichtwohngebäuden und dort vor allem bei repräsentativen Gebäuden (Hochhausfassaden) eingesetzt.

Schallschutzfenster

Viele der Anforderungen, die an Fenster hinsichtlich guten Wärmeschutzes und guten Schallschutzes gestellt werden, sind identisch. Der Einbau muss luftdicht ausgeführt und möglichst wärmebrückenarm sein. Dabei wirken sich drei Dichtebenen (Voraussetzung: die Beschläge sind gut eingestellt) gleichermaßen positiv auf den Wärme- und den Schallschutz aus. Größere Scheibenzwischenräume (gefüllt mit Edelgasen) dienen ebenfalls dem Wärme- und dem Schallschutz. Allgemein gilt, dass typische Energiesparfenster als Gesamtsystem aus 3-Scheiben-Verglasung, tieferem und breiterem Fensterrahmen und guter Luftdichtheit sich auch hinsichtlich des Schallschutzes positiv bemerkbar machen. Wobei im direkten Vergleich eine 3-fach-Verglasung gegenüber einer 2-fach-Verglasung kaum eine Verbesserung beim Schallschutz bringt (Kötz o.D.). Wichtig ist hier jedoch, dass sich die Prinzipien und Anforderungen an eine Schallschutzverglasung in einer 3-fach-Verglasung problemlos integrieren lassen, wie z.B. asymmetrischer Verglasungsaufbau (unterschiedlich dicke Scheiben), die Verwendung von speziellen Verbundglasscheiben mit zwischenliegenden Schichten aus Folien oder Gießharzen, dicke und schwere Scheiben, große Scheibenzwischenräume mit Edelgasfüllung etc.

Sehr gut wärmedämmende Fenster haben als Gesamtsystem ganz überwiegend auch einen guten Schallschutz, während spezielle Schallschutzfenster nicht automatisch einen guten Wärmeschutz haben. Da sich die Schallschutzprinzipien aber in Wärmeschutz-optimierten Fenstern integrieren lassen,

sind am Markt entsprechende Systeme breit verfügbar. Es ist jedoch zu beachten, dass die gleichzeitige Optimierung von Schall- und Wärmeschutz dann auch zu höheren Kosten bei den Fenstern führt.

Dach(flächen)fenster

Im Scheibenzwischenraum von Verglasungen mit Edelgasfüllung stellen sich bei geneigten Einbausituationen Konvektionswalzen ein, wenn die Wärmestromrichtung schräg nach oben oder senkrecht nach oben gerichtet ist. Damit hätte ein Dachflächenfenster (üblicherweise nur Dachfenster genannt) in der geneigten Einbausituation gegenüber einem völlig baugleichen Fenster in vertikaler Ausrichtung in der Praxis immer einen schlechteren U_w -Wert. In der technischen Ausführung des Referenzgebäudes im GEG (Fenster $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ und Dachflächenfenster $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) sowie in den alten Förderrichtlinien der KfW (Fenster $0,95 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ und Dachschrägenfenster $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) wurde diese Besonderheit berücksichtigt.

Am Markt sind zwei- und dreifach verglaste Dachflächenfenster verfügbar, wobei U_w -Werte von $1,0$ oder $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ angeboten werden, vereinzelt auch Werte darunter, wenn auch nur in Kombination mit sehr guten Dreifachverglasungen mit U_g – Werten von $0,60$ oder $0,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Dachfenster gibt es in der Rahmenausführung Aluminium, Holz, Holz-Aluminium und Kunststoff, wobei die Mechanik und der Beschlag gegenüber Fenstern in der Außenwand aufwändiger ist. Auch bei Dachfenstern geht der Trend klar zu Dreifachverglasungen, wenngleich auch nicht ganz so deutlich wie bei den „normalen“ Fenstern.

4.1.3 Ökologisches Kosten-Nutzen-Verhältnis

Eine sinnvolle Festlegung des Ambitionsniveaus muss auch unter Berücksichtigung der ökobilanziellen Grenzen und dem ökologischen Kosten-Nutzen-Verhältnis erfolgen. Verschiedene Studien beschäftigten sich in den vergangenen Jahren bereits mit dem Einfluss des Effizienzstandards und der Bauweisen hinsichtlich der „grauen Emissionen“, der grauen Energie und den Einsparungen in der Betriebsphase. Als Beispiele können die Studie zum „Einfluss der Dämmung auf das GWP und PENRT über den gesamten Gebäudelebenszyklus“ (FIW 2023b) oder die Studie „Graue Energie von Einfamilienhäusern in Niedrigstenergie-Gebäudestandard“ (FIW 2019) aufgeführt werden. Zunehmende Effizienzanforderungen führen zu erhöhten „grauen Emissionen“. Allerdings zeigen die Ergebnisse der Studien, bei denen mit statischen Primär- und THG-Emissions-Faktoren gerechnet wird, dass keineswegs auf einen zusätzlichen Wärmeschutz verzichtet werden sollte, da dieser zu höheren Energieeinsparungen und damit auch zu höheren THG-Einsparungen in der Betriebsphase führt. Auch in dieser Studie werden unterschiedliche Effizienzniveaus hinsichtlich Ihrer THG-Emissionen untersucht. Die Auswirkungen der unterschiedlichen Effizienzniveaus aber auch von unterschiedlichen THG-Emissionsfaktoren auf die THG-Emissionen der Gebäude über den Gebäude-Lebenszyklus sind in Kapitel 7 beschrieben.

4.1.4 Ökonomisches Kosten-Nutzen-Verhältnis

Eine sinnvolle Festlegung des Ambitionsniveaus muss auch unter Berücksichtigung des ökonomischen Kosten-Nutzen-Verhältnis erfolgen. Die Auswirkungen der unterschiedlichen Effizienzniveaus auf die wirtschaftliche Bewertung der Gebäude erfolgt als Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsberechnungen in den Kapiteln 5 und 6.

4.1.5 U-Werte der europäischen Nachbarländer

Der Neubau von Gebäuden wird in allen Ländern der Europäischen Union unter dem Aspekt der Wärmeeinsparung und Energieeffizienz reguliert. Dies ist spätestens seit der ab dem Jahr 2002 gültigen EPBD der Fall. Viele Länder hatten bereits vor dieser internationalen Vorgabe Mindeststandards für den Wärmeschutz von neu zu errichtenden Gebäuden. Für die Vorgaben wird in den meisten Ländern kein Referenzgebäudeverfahren angewendet. In Österreich gibt es beispielsweise in der OIB-Richtlinie 6 – Energieeinsparung und Wärmeschutz aus dem Jahr 2019 Anforderungen an einzelne wärmeübertragende Bauteile. Andere Länder wie beispielsweise Frankreich geben mittlere U-Werte für Bauteile vor, die nicht überschritten werden dürfen (Arrêté 2021).

Bei der Betrachtung von festgesetzten Kennwerten in anderen europäischen Ländern sind unterschiedliche Klimaregionen zu berücksichtigen. Die Klimazonen können auch im jeweiligen Land variieren. Resultat dessen ist, dass die Vorgabe für Nullemissionsgebäude je nach Klimazone mit abweichenden U-Werten zu erreichen ist. Darüber hinaus wird in den Ländern mit Anforderungen an Gebäudetypen unterschiedlich umgegangen. Meist werden Wohngebäude und Nichtwohngebäude getrennt betrachtet. Die Typisierung von Gebäuden oder die Einordnung in eben diese wird ebenfalls unterschiedlich vorgenommen. In Österreich etwa gibt es drei WG-Gebäudekategorien und 9 NWG-Gebäudekategorien. Vorgaben werden dann jeweils für gewisse Gebäudekategorien gemacht.

In Tabelle 4-9 sind die für den Neubau geltenden U-Werte verschiedener Länder für die Bauteile Außenwand, Dach und Fenster konsolidiert dargestellt. In den Ländern, die über ein Referenzgebäudeverfahren verfügen, sind die Werte des Referenzgebäudes angegeben. Anhand dieser Werte können die Anforderungen/Standards in den verschiedenen Ländern verglichen werden. Sortiert wurden die Länder nach den vereinfachten Klimazonen kalte Zone (nordeuropäisches Klima), gemäßigte Zone, subtropische Zone, wobei Länder, die in mehreren Klimazonen liegen, vereinfachend in die überwiegende Klimazone einsortiert wurden.

Die Werte in der Tabelle 4-9 erlauben, das jeweilige Dämm- bzw. Anforderungsniveau abzuschätzen. In einigen Ländern werden keine direkten Anforderungen an die U-Werte von einzelnen Bauteilen/Bauteilgruppen gestellt. Allerdings ergeben sich indirekt Anforderungen an die Bauteile/Qualität der Gebäudehülle über beispielsweise ein Referenzgebäude, wie in Deutschland. Hier müssen keine einzelnen U-Werte eingehalten werden, jedoch sind die U-Werte des Referenzgebäudes ein Indiz für die anzustrebende energetische Qualität der Gebäudehülle.

Länder des nordeuropäischen Klimas haben tendenziell höhere Anforderungen als im gemäßigten und subtropischen Klima, wobei Schweden keine Regelung einzelner U-Werte vornimmt. Bei den Vorgaben zur Außenwand liegt Deutschland mit $U = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ im aktuellen GEG im Ländervergleich über dem Mittelwert. Belgien, Bulgarien, Irland, Lettland, Litauen, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Polen, Slowenien und Ungarn haben beispielsweise höhere Anforderungen an die Außenwand. Österreich hat zwar höhere U-Wert in den Anforderungen, diese sind aber als Mindeststandard anzusehen. Die Hauptanforderung kommt aus dem Heizwärmebedarf und führt in der Praxis zu deutlich niedrigeren U-Werten. Insbesondere Luxemburg, das in der gleichen Klimazone liegt und ebenfalls ein Referenzgebäudeverfahren einsetzt, hat U-Werte, die deutlich niedriger liegen, obwohl in Luxemburg die gleichen Produkte und Bauverfahren eingesetzt werden.

Tabelle 4-9: U-Werte in $W/(m^2 \cdot K)$ für zu errichtende Gebäude in unterschiedlichen Ländern (Zusammenstellung ifeu, mit <https://www.ca-epbd.eu/outputs> und weiteren Quellen siehe Anmerkungen)

Länder	U-Wert in W/(m² K)			Anmerkung
Nordeuropäisches Klima				
	Außenwand	Dach	Fenster	
Finnland	0,17	0,09	1	
Schweden	-	-	-	U,mittel für EFH 0,3-0,4, MFH 0,4; NWG<50m² 0,33
Gemäßigte Zone				
Belgien: Brüssel/ Flandern/ Wallo- nien	-/0,24/0,24	-/0,24/0,24	-/1,5/1,5	Region Brüssel: Anforderungswerte für NHR (net heating requirement) und PEC (primary energy consumption)
Bulgarien	0,26/0,31	0,25/0,28	1,4/1,1	
				AW und D: Gebäude mit durchschn. Innentemp. >15 °C/<15 °C Fenster: 2-fach/3-fach verglast
Dänemark	0,3	0,2	Eref = 0	
Deutschland*	0,28	0,2	1,3	
Frankreich	0,31/0,31/0,45	0,19/0,22/0,25	1,9	Klimazone H1/H2/H3
Irland	0,18/0,21	0,16/0,2	1,4/1,6	WG/NWG
Lettland	0,18	0,15	1,3	
Litauen	0,2/0,12*k/0,13*k/0,1*k	0,16/0,1*k/0,1*k/0,08*k	1,6/1*k/1*k/0,7*k	U-Wert in Abhängigkeit der Innen- und Außentemp. (20/0->k=1)
Luxemburg*	0,13	0,11	0,9	
Niederlande	0,21	0,16	2,2	
Norwegen	0,18	0,13	0,8	Fenster: Verglasung
Österreich	0,35	0,24	1,4	
Polen	0,2	0,15	0,9	
Slowakei	0,22/0,46	0,15/0,3	1/1,7	Empf. U-Wert; max. U-Wert
Slowenien	0,28	0,2	1,3	
Tschechien	0,2/0,3	0,16/0,24	1,2/1,5	Empf. U-Wert; max. U-Wert
Ungarn	0,24	0,17	1,15-1,4	
Subtropische Zone				
Griechenland	0,55/0,45/0,4/0,35	0,45/0,4/0,35/0,3	2,8/2,6/2,4/2,2	Klimazone A/B/C/D
Italien	0,43/0,34/0,29/ 0,26/0,24	0,35/0,33/0,26/ 0,22/0,2	3/2,2/1,8/1,4/1,1	Klimazone A&B/C/D/E/F
Malta	1,22/1,22	0,4/0,59	4/4	WG/NWG
Portugal	0,35/0,50	0,3/0,4	2,2/2,8	Braganca/Lissabon
Spanien	0,41	0,35	1,8	
Zypern	0,4	0,4	2,25	

***Referenzgebäude**

Quelle: Zusammenstellung ifeu, mit <https://www.ca-epbd.eu/outputs> und weiteren Quellen (siehe Anmerkungen)

4.1.6 Referenzausführung Wohngebäude

Basierend auf dieser Auswertung werden im Folgenden zwei Dämmniveaus abgeleitet, die dann anschließend in Kapitel 5 einer **Kosten-Nutzen-Betrachtung** unterzogen werden. Das erste Effizienzniveau ergibt sich aus den am Markt verfügbaren und baubaren Niveaus, wie sie in den Kapiteln 4.1.1

bis 4.1.5 plausibilisiert wurden, während das Effizienzniveau II eine vom Effizienzgrad etwas abgeschwächte Variante darstellt. Die zusätzliche Betrachtung des weniger ambitionierten Effizienzniveaus II ermöglicht es, die Minderung der zugehörigen Investitionskosten in Verbindung mit gleichzeitig erhöhten Energiebezugskosten in einer Gesamtbewertung zu berücksichtigen. Ein Außenwand-U-Wert von $0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, wie im Effizienzniveau II berücksichtigt, bedeutet beispielsweise:

- 16 cm Dämmung WL 035 (Steinwolle)
- 14 cm Dämmung WL 032 (EPS)
- 18 cm Dämmung WL 039 (Holzfaserdämmplatte)

Die im Folgenden beschriebenen Referenzwerte werden für eine künftige bauliche Referenz vorgeschlagen. Die für Mehrfamilienhäuser genannten Werte sollen dabei auch für den Anwendungsfall Nichtwohngebäude gelten. Für Mehrfamilienhäuser werden in Effizienzniveau I und in der Sensitivität von Effizienzniveau II etwas niedriger Anforderungen an einzelne Komponenten gelegt, um die höhere Kompaktheit und den geringeren spezifischen Energieverbrauch zu belohnen. Eine Übertragung der Werte der Mehrfamilienhäuser auf die Nichtwohngebäude wird vorgeschlagen, da für Nichtwohngebäude in der Regel ebenfalls eine höhere Kompaktheit unterstellt werden kann. Darüber hinaus wird die bisherige Systematik verfolgt, wonach für Wohn- und Nichtwohngebäude gleiche U-Werte für den baulichen Wärmeschutz in der Referenzausführung vorgegeben sind.

In Tabelle 4-10 sind die entsprechenden U-Werte für die Effizienzniveaus Eff I und Eff II mit der Differenzierung nach Ein- und Mehrfamilienhäusern zusammengestellt. Zum Vergleich sind die aktuellen Werte des GEG 2024 ebenfalls aufgenommen und kursiv dargestellt. Die Formatierung einzelner Werte in Fettdruck hebt die Fälle hervor, bei denen beim MFH andere Werte angesetzt werden als für EFH.

Neben den U-Werten sind in der Tabelle 4-10 auch g-Wert (Fenster Fassade und Dach), Wärmebrückenkorrekturwert ΔU_{WB} und die Kenngröße n_{50} für die Festlegung der Luftdichtheit aufgeführt. Der Wert $n_{50} = 1 \text{ h}^{-1}$ entspricht der Kategorie I für Gebäude mit raumluftechnischen Anlagen gem. DIN V 18599-2, Tabelle 7 (Kategorie zur pauschalen Einschätzung der Gebäudedichtheit).

Tabelle 4-10: Referenzausführung Gebäudehülle, Effizienzniveaus – Wohngebäude

Bauteil	Wert/Einheit	Gebäude / Variante				
		EFH Eff I	MFH Eff I	EFH Eff II	MFH Eff II	GEG 2024
Außenwand	U in W/(m²K)	0,16	0,18	0,2	0,2 (0,23*)	0,28
Außentür	U in W/(m²K)	1	1	1,8	1,8	1,8
Dach, steil	U in W/(m²K)	0,12	0,14	0,17	0,2	0,2
Dach, flach	U in W/(m²K)	0,11	0,11	0,17	0,2	0,2
oberste Geschoßdecke	U in W/(m²K)	0,12	0,14	0,17	0,2	0,2
unterer Abschluss	U in W/(m²K)	0,2	0,24	0,3	0,3	0,35
Fenster Fassade	U in W/(m²K)	0,9	0,9	1	1	1,3
Fenster Dach	U in W/(m²K)	1	1	1,1	1,2	1,4
Fenster	g	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6
Wärmebrücken	ΔU in W/(m²K)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05
Luftdichtheit	n_{50} in h ⁻¹	1	1	1	1	1

* Sensitivität

4.1.7 Referenzausführung Nichtwohngebäude

Die Formulierung der U-Wert-Sätze für die Referenzausführung der Nichtwohngebäude orientiert sich an den dargestellten Werten für Mehrfamilienhäuser (siehe Erläuterung in Abschnitt 4.1.6), mit einer Ausnahme: die Wärmebrücken werden gegenüber der Referenzausführung gemäß GEG 2024 nicht verändert bzw. verbessert.

In Tabelle 4-11 und Tabelle 4-12 sind die entsprechenden U-Werte für die Effizienzniveaus Eff I und Eff II zusammengestellt. Zum Vergleich sind die Werte des GEG 2024 ebenfalls aufgenommen und kursiv dargestellt. Neben den U-Werten sind in der Tabelle auch g-Wert und an gleicher Stelle die Kenngröße $\tau_{v,D65,SNA}$ für die Bewertung der Tageslichtnutzung (Fenster Fassade und Dach) sowie Wärmebrückenkorrekturwert ΔU_{WB} und die Kenngröße n_{50} für die Festlegung der Luftdichtheit aufgeführt. Der Wert $n_{50} = 1 \text{ h}^{-1}$ entspricht der Kategorie I für Gebäude mit raumluftechnischen Anlagen gem. DIN V 18599-2 Tabelle 7 (Kategorie zur pauschalen Einschätzung der Gebäudedichtheit). Für Gebäude mit einem Nettoraumvolumen größer 1.500 m³ gilt ein anderer Bemessungswert, d.h. $q_{50} = 2 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$, d.h. der zu n_{50} korrespondierende Wert in der gleichen Kategorie I.

Für Nichtwohngebäude umfasst die Definition der Referenzausführung der Gebäudehülle im Vergleich zur Referenzausführung Wohngebäude zusätzliche Bauteile, d.h. Vorhangfassaden sowie Glasdächer, Lichtbänder und Lichtkuppeln, siehe dazu Tabelle 4-12, dort werden alle drei Werte dargestellt, d.h. U / g / $\tau_{v,D65,SNA}$.

Die tabellierten Werte gelten für Gebäude mit „normalen“ Raumtemperaturen im Heizfall $\geq 19^\circ\text{C}$, für diese sind im folgenden Berechnungsergebnisse dargestellt.

Tabelle 4-11: Referenzausführung Gebäudehülle, Effizienzniveaus – Nichtwohngebäude
(Raum-Solltemperaturen im Heizfall $\geq 19^\circ\text{C}$)

Gebäude/ Variante	Außenwand	Außentür	Dach steil	Dach flach	oberste Geschoß- decke	unterer Abschluss	Fenster Fassade	Fenster Dach	Fenster	Wärme- brücken	Luftdicht- heit
Wert/Einheit	U [W/(m ² K)]	U [W/(m ² K)]	U [W/(m ² K)]	U [W/(m ² K)]	U [W/(m ² K)]	U [W/(m ² K)]	U [W/(m ² K)]	U [W/(m ² K)]	g / $\tau_{v,D65,SNA}$ [-] / [-]	ΔU_{WB} [W/(m ² K)]	n_{50} [h ⁻¹]
NWG Eff I	0,18	1,0	0,14	0,11	0,14	0,24	0,90	1,0	0,50 / 0,72	0,05	1,0
NWG Eff II	0,20	1,8	0,20	0,20	0,20	0,30	1,0	1,2	0,50 / 0,72	0,05	1,0
GEG 2024*	0,28	1,8	0,20	0,20	0,20	0,35	1,3	1,4	0,6 / 0,78	0,05	1,0

* Dabei ist zu beachten, dass der Primärenergiebedarf des Gebäudes mit dem Faktor 0,55 multipliziert wird.

Tabelle 4-12: Referenzausführung Gebäudehülle, Effizienzniveaus, weitere Bauteile – Nichtwohngebäude
(Raum-Solltemperaturen im Heizfall $\geq 19^\circ\text{C}$)

Gebäude/ Variante	Vorhangfassade	Glasdächer	Lichtbänder	Lichtkuppeln
Wert/Einheit	U / g / $\tau_{v,D65,SNA}$ [W/(m ² K)] / [-] / [-]	U / g / $\tau_{v,D65,SNA}$ [W/(m ² K)] / [-] / [-]	U / g / $\tau_{v,D65,SNA}$ [W/(m ² K)] / [-] / [-]	U / g / $\tau_{v,D65,SNA}$ [W/(m ² K)] / [-] / [-]
NWG Eff I	1,0 / 0,50 / 0,72	1,2 / 0,51 / 0,70	1,4 / 0,64 / 0,80	1,8 / 0,64 / 0,60
NWG Eff II	1,2 / 0,50 / 0,72	1,2 / 0,51 / 0,70	1,4 / 0,64 / 0,80	1,8 / 0,64 / 0,60
GEG 2024*	1,4 / 0,48 / 0,72	2,7 / 0,63 / 0,76	2,4 / 0,55 / 0,48	2,7 / 0,64 / 0,59

* Dabei ist zu beachten, dass der Primärenergiebedarf des Gebäudes mit dem Faktor 0,55 multipliziert wird.

4.2 Photovoltaik: Berücksichtigung im Nullemissionsgebäude

Als Vorüberlegung zur quantitativen Festlegung des Referenzgebäudes ist die Frage relevant, in welcher Art und Weise Photovoltaik in das Referenzgebäude integriert wird. In diesem Zusammenhang stellen sich folgende Fragen: Wie wirken sich größere PV-Anlagen im Ist-Gebäude auf die Erfüllungsmöglichkeiten? Wie wirkt sich die Anrechnungsmethodik auf die Erfüllungsmöglichkeiten aus? Welche Bilanzierungsmethode soll angewendet werden? Wird Nutzerstrom bei der Berechnung der im Gebäude genutzten PV-Strommenge berücksichtigt? Soll der Einsatz einer Batterie belohnt werden oder soll die Batterie als durchlaufender Posten¹ im Referenzgebäude definiert werden?

Die europäische Kommission hat hierzu einen Entwurf einer Handreichung veröffentlicht (EU 2024), der noch weiter überarbeitet wird. Von folgenden Festlegungen gehen die Gutachter*innen aus:

- Gebäudenah erzeugter Strom aus PV-Anlagen soll insoweit angerechnet werden, als er für Gebäudefunktionen verwendet wird.
- Exportierter, nicht im Gebäude genutzter Strom darf keine Berücksichtigung finden. Das Berechnungsverfahren sollte möglichst dynamisch und realitätsnah die Energiebilanz abbilden.

Zur Beantwortung der Fragen und Veranschaulichung der Zusammenhänge werden im Folgenden Berechnungsergebnisse für ein freistehendes Einfamilienhaus (EFH_klein) diskutiert. Dabei handelt es

¹ Für das Referenzgebäude ist die Dimensionierung des Batteriespeichers wie beim zu errichtenden Gebäude anzunehmen.

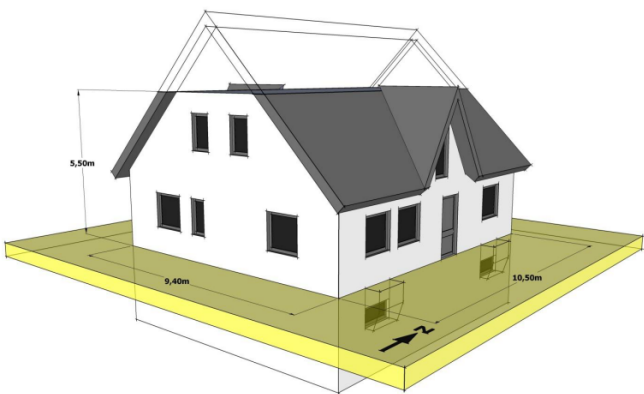
sich um einen Neubau mit dem baulichen Wärmeschutz entsprechend dem Vorschlag für die Referenzausführung (vgl. ifeu et al. 2022). Es werden folgende Anlagenvarianten betrachtet:

- Nah-/Fernwärme mit Abluftanlage
- Pelletkessel mit Abluftanlage
- Luft/Wasser-Wärmepumpe mit Abluftanlage
- Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Abluftanlage.

Dabei wird bei allen betrachteten Anlagenvarianten eine bedarfsgeführte Abluftanlage in Anlehnung an die Referenzausführung unterstellt. Je nach Fragestellung wird das Vorhandensein einer PV-Anlage bzw. eines Batteriespeichers variiert.

Da der vorliegende Abschnitt Vorüberlegungen aus der frühen Phase dieses Projekts wiedergibt, entspricht die bauliche und anlagentechnische Ausführung des Referenzgebäudes dem Vorschlag aus dem Vorgängerprojekt (ifeu et al. 2022)¹. Je nach Fragestellung wird sowohl für das Referenzgebäude als auch für das Ist-Gebäude das Vorhandensein einer PV-Anlage bzw. eines Batteriespeichers variiert.

Abbildung 4-2: Berechnungsbeispiel EFH_klein, Keller innerhalb der thermischen Hülle



Quelle: Klauß und Kirchhof (2010)

Im Rahmen der vorliegenden Analyse wird als Vergleichs- bzw. Anforderungsgröße der Primärenergiebedarf, gesamt $q_{p,tot}$ betrachtet. Den Berechnungen liegen die in folgender Tabelle ausgewiesenen Faktoren zugrunde.

Tabelle 4-13: Zugrunde gelegte Gesamt-Primärenergiefaktoren

Energieträger	Primärenergiefaktor, gesamt
	f_{pTotal}
Strom	1,5
Nah-/Fernwärme (Referenzgebäude)	0,8
Nah-/Fernwärme (Ist-Gebäude)	0,8
Pellet	1,2

¹ Die Abweichung der baulichen Referenzausführung zu den im Abschnitt 4.1.6 diskutierten Niveaus hat keinen Einfluss auf die Aussagen zu Auswirkungen der Berücksichtigung von Photovoltaik im Referenzgebäude, da sowohl für das Anforderungsniveau als auch das zu errichtende Gebäude die gleiche bauliche Ausführung unterstellt ist.

4.2.1 Berücksichtigung von Photovoltaik im Referenzgebäude

Für die zukünftige Berücksichtigung von Photovoltaik im Referenzgebäude sprechen folgende Argumente:

- Solardachpflicht in der EPBD
- Gewünschte Lenkungswirkung
- Verringerung der (ungewünschten) Substitution von Energieeinsparungsmaßnahmen durch Anrechnung von PV-Strom – wenn PV-Strom angerechnet wird, aber das Referenzgebäude keine PV-Anlage hat, dann können durch PV im ausgeführten Gebäude erhebliche Einsparungen generiert werden, die andere (sinnvolle) Energieeinsparungsmaßnahmen obsolet machen.

Gegen die zukünftige Berücksichtigung von Photovoltaik im Referenzgebäude spricht wiederum, dass PV nicht überall sinnvoll eingesetzt werden kann, z. B. aufgrund von Verschattung.

Unter Berücksichtigung der Argumente wird aus Sicht des Konsortiums folgende Option zur Berücksichtigung der Photovoltaik im Referenzgebäude grundsätzlich präferiert: Referenzgebäude mit PV-Anlage, die PV-Anlage kann jedoch entfallen bzw. verkleinert werden, wenn die Installation einer PV-Anlage im ausgeführten Gebäude nachweislich nur eingeschränkt oder nicht möglich ist.

4.2.2 Größe der PV-Anlage im Referenzgebäude

Sollte Photovoltaik im Referenzgebäude berücksichtigt werden, stellt sich in erster Linie die Frage nach der Dimensionierung der PV-Anlage für das Referenzgebäude, wobei hier die PV-Größe (klein bzw. (mittel-)groß) und nicht die Art, wie die PV-Größe zu bestimmen ist, entscheidend ist. Im Folgenden wird das resultierende Anforderungsniveau in Abhängigkeit der PV-Größe und die Erfüllungsmöglichkeiten für ein Einfamilienhaus (Nutzfläche $A_N = 235 \text{ m}^2$) diskutiert. Dabei werden Beispiel-Berechnungen für zwei Varianten der Referenzausführung mit PV durchgeführt

- Variante 1 „kleine Anlage“: $0,03 \text{ kW}_p \cdot A_N / \text{Anzahl beheizter Geschosse}$ (EFH_klein: 3,53 kW_p)
- Variante 2 „(mittel-)große Anlage“: $0,045 \text{ kW}_p \cdot A_N / \text{Anzahl beheizter Geschosse}$ (EFH_klein: 5,29 kW_p)

und dem Anforderungsniveau ohne Einbindung der PV-Anlage in das Referenzgebäude gegenübergestellt. Um die Auswirkungen der PV-Einbindung im Referenzgebäude auf die Erfüllungsmöglichkeiten typischer Anlagenvarianten in dem zu errichtenden Gebäude (**Ist-Gebäude**) zu zeigen, werden folgende Varianten der PV-Einbindung berücksichtigt:

- Referenzgebäude und das Ist-Gebäude ohne PV-Anlage
- Referenzgebäude und alle Varianten des Ist-Gebäudes mit PV-Anlage mit 3,5 kW_p
- Referenzgebäude und alle Varianten des Ist-Gebäudes mit PV-Anlage mit 5,3 kW_p

Im Ist-Gebäude werden folgende Anlagenvarianten betrachtet: Nah-/Fernwärme mit Abluftanlage, Pelletkessel mit Abluftanlage, Luft/Wasser-Wärmepumpe (L/W-EWP) mit Abluftanlage, Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Abluftanlage.

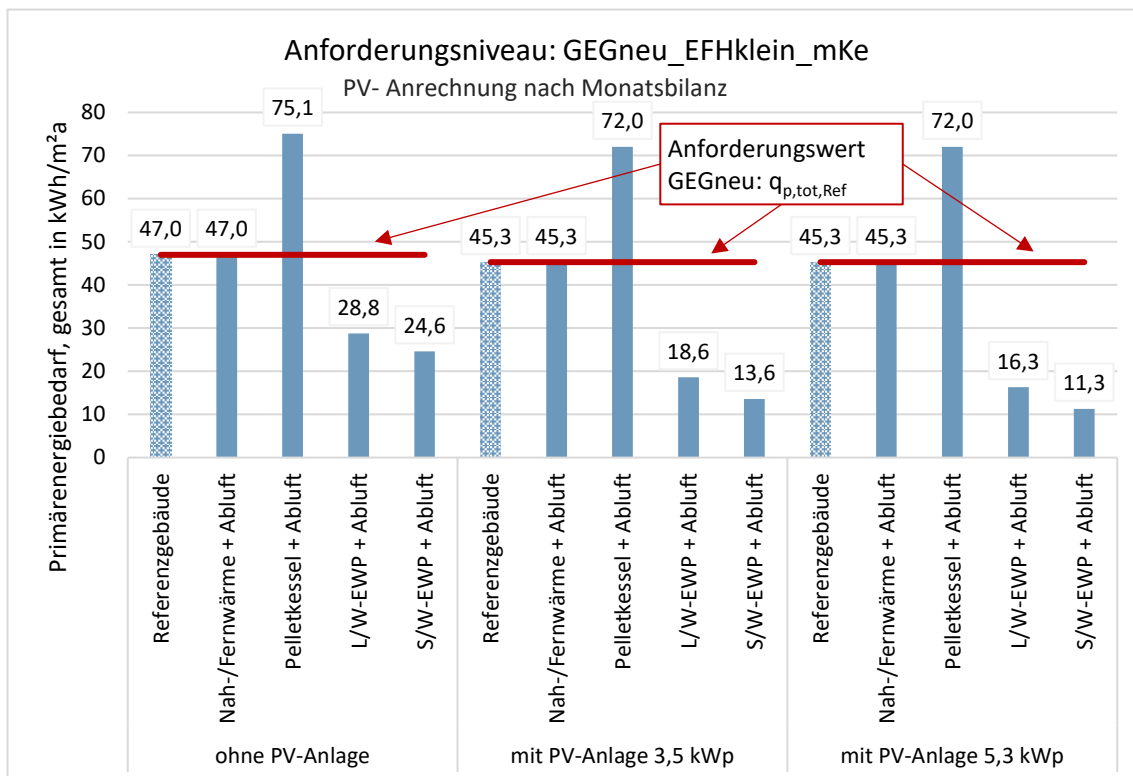
In Abbildung 4-3 wird der **Primärenergiebedarf, gesamt** in Abhängigkeit von der **PV-Größe** dargestellt. Die PV-Anrechnung erfolgt gemäß der nach GEG aktuell gültigen Vorgehensweise nach Monatsbilanz. Die Abbildung zeigt zum einen das primärenergetische Anforderungsniveau in Abhängigkeit

der PV-Größe im Referenzgebäude, zum anderen die resultierenden Primärenergiebedarfswerte der betrachteten Anlagenvarianten in dem zu errichtenden Gebäude.

Ohne Berücksichtigung einer PV-Anlage im Referenzgebäude liegt der Primärenergiebedarf, gesamt $q_{p,tot}$ des Referenzgebäudes bei 47 kWh/(m²a). Bei Berücksichtigung einer PV-Anlage im Referenzgebäude liegt der Primärenergiebedarf, gesamt $q_{p,tot}$ des Referenzgebäudes bei 45 kWh/(m²a), wobei die Werte sowohl bei der kleinen (3,5 kWp) als auch bei der (mittel-)großen (5,3 kWp) PV-Anlage identisch sind. Der resultierende Primärenergiebedarf, gesamt $q_{p,tot}$ der Pelletvariante verringert sich zwar durch die Berücksichtigung einer PV-Anlage geringfügig (72 kWh/(m²a) statt 75 kWh/(m²a)), der Anforderungswert wird jedoch weiterhin deutlich überschritten. Bei der Pelletvariante ist die maximale Höhe der anrechenbaren PV-Strommenge nach Monatsbilanz bereits bei der PV-Variante mit 3,5 kWp erreicht.

Die Primärenergiebedarfswerte $q_{p,tot}$ der weiteren Anlagenvarianten verringern sich durch die Einbindung der PV-Anlage ebenfalls. Dabei fällt die Reduktion des Primärenergiebedarfs, gesamt $q_{p,tot}$ durch die Anrechnung des PV-Stroms bei den Wärmepumpenvarianten höher als bei den nicht strombasierten Systemen aus. Die Anrechnung von PV-Strom bei der Variante mit Nah-/Fernwärme führt analog der Pelletvariante zu einer geringfügigen Absenkung des Primärenergiebedarfs, gesamt $q_{p,tot}$. Die maximale Höhe der anrechenbaren PV-Strommenge nach Monatsbilanz wird bei der netzgebundener Versorgungslösung ebenfalls bei der PV-Variante mit 3,5 kWp erreicht. Die grundsätzlichen Erfüllungsmöglichkeiten der betrachteten Anlagenvarianten bleiben durch die Einbindung der PV-Anlage im Referenzgebäude und Ist-Gebäude weitgehend unverändert.

Abbildung 4-3: Primärenergiebedarf gesamt in Abhängigkeit der PV-Größe im Referenzgebäude (schraffiert) und im Ist-Gebäude



Quelle: ITG Dresden

Die Ausstattung des Ist-Gebäudes mit einer größeren PV-Anlage als die im Diagramm betrachteten 5,3 kWp führt nur bei den Wärmepumpenvarianten zur weiteren Absenkung der Primärenergiebedarfswerte. Eine größere PV-Anlage im Ist-Gebäude als im Referenzgebäude würde für die nicht strombasierten Systeme nicht zur Verbesserung der Erfüllungsmöglichkeiten führen.

Zwischenfazit PV-Größe

Die Berücksichtigung von PV im Referenzgebäude unter Zugrundelegung der aktuell nach GEG gültigen PV-Anrechnung nach Monatsbilanz und der anlagentechnischen Ausstattung gemäß dem Vorschlag aus dem Vorgängergutachten führt zu keiner nennenswerten Verschärfung der Anforderungswerte, da die anrechenbare PV-Strommenge nur auf den GEG-relevanten Strombedarf der Referenzausführung begrenzt ist und dieser bei einer nicht strombasierten Referenzausführung nur der Hilfsenergie entspricht. Die Größe der PV-Anlage im Referenzgebäude hat keinen nennenswerten Einfluss auf das Anforderungsniveau und die grundsätzlichen Erfüllungsmöglichkeiten der betrachteten Anlagenvarianten, solange keine strombasierte Referenzausführung vorliegt. Eine größere PV-Anlage im Referenzgebäude als die betrachteten 3,5 kWp führt nicht zur Verschärfung der Anforderungswerte, da die maximal anrechenbare PV-Strommenge nach Monatsbilanz bereits bei der kleinen Anlage erreicht ist. Für die vorliegende Analyse wird daher die „kleine Anlage“ für das Referenzgebäude zugrunde gelegt.

Die Aufnahme der PV-Anlage in das Referenzgebäude signalisiert die Sinnhaftigkeit der PV-Lösung, denn diese kann den Ausbau der Erneuerbaren Energien im Gebäudebereich beschleunigen, ohne dabei das Anforderungsniveau nennenswert zu verschärfen.

4.2.3 Auswirkungen der Anrechnungsmethodik/des Bilanzrahmens

Im Folgenden werden die Auswirkungen der Anrechnungsmethodik für den PV-Strom auf das Anforderungsniveau und die Erfüllungsmöglichkeiten beleuchtet. Ergänzend zu der im 4.2.2 berücksichtigten PV-Anrechnung nach Monatsbilanz wird im Folgenden die anrechenbare PV-Strommenge nach Berechnungsmethodik der DIN V 18599-9 bestimmt. Bei der Monatsbilanz wird der GEG-relevante Strombedarf mit dem PV-Ertrag des jeweiligen Monats verglichen und immer der kleinere Wert als anrechenbare Strommenge des jeweiligen Monats bestimmt. Der GEG-relevante Strombedarf wird damit priorisiert – es findet keine Berücksichtigung weiterer Stromverbraucher im Gebäude statt. Die DIN V 18599 enthält dagegen ein Verfahren, mit dem die im Gebäude genutzte Strommenge realistischer abgeschätzt werden kann, u.a. durch die Berücksichtigung der täglichen Stundenzahl mit relevanter solarer Einstrahlung in dem jeweiligen Monat sowie durch die Berücksichtigung vom Nutzerstrom als gleichrangigen Verbraucher zu GEG-relevantem Strombedarf.

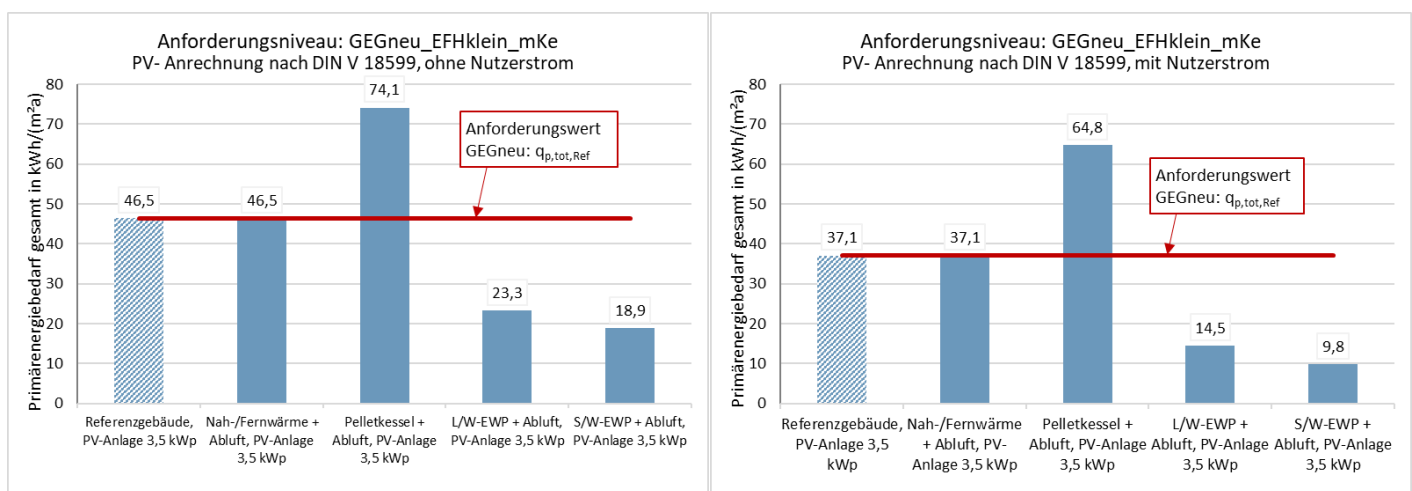
Bei der vorliegenden Berechnung der anrechenbaren Strommenge werden zwei Fälle hinsichtlich des Umgangs mit dem in der DIN V 18599-9 definierten Nutzerstrom betrachtet:

- DIN V 18599-9 ohne Berücksichtigung des Nutzerstrom bei der Berechnung der im Gebäude genutzten PV-Strommenge
- DIN V 18599-9 mit Berücksichtigung des Nutzerstrom bei der Berechnung der im Gebäude genutzten PV-Strommenge

Bei der vorliegenden Bewertung wird ausschließlich die Methode zur Bestimmung der anrechenbaren PV-Strommenge diskutiert, die im Fall von der Berechnung der anrechenbaren PV-Strommenge nach DIN V 18599 die Einbeziehung des Nutzerstroms ermöglicht. Eine vollständige Erweiterung der Bilanzgrenze des GEG um Nutzerstrom wird nicht vorgenommen.

Im Vergleich zu der PV-Anrechnung nach Monatsbilanz ist die nach DIN V 18599 ohne Berücksichtigung des Nutzerstroms bei der Bestimmung der im Gebäude genutzten PV-Strommenge berechnete anrechenbare PV-Strommenge sowohl für das Referenzgebäude als auch für die betrachteten Varianten geringer, was sich insbesondere bei den Wärmepumpenvarianten auf das Ergebnis auswirkt. Die grundsätzlichen Erfüllungsmöglichkeiten der betrachteten Anlagenvarianten ändern sich dadurch jedoch nicht. Durch die Berücksichtigung des Nutzerstroms bei der Bestimmung der im Gebäude genutzten PV-Strommenge steigt die anrechenbare PV-Strommenge bei allen Varianten an. Das führt wiederum dazu, dass der Endenergiebedarf und der resultierende Primärenergiebedarf, gesamt sowohl für das Referenzgebäude als auch bei den betrachteten Varianten ggü. der PV-Anrechnung nach Monatsbilanz mit dem aktuell gültigen Bilanzrahmen sinken. Die grundsätzlichen Erfüllungsmöglichkeiten der betrachteten Anlagenvarianten ändern sich dadurch jedoch nicht, solange das Ist-Gebäude mit einer PV-Anlage ausgestattet wird (vgl. bis Abbildung 4-4).

Abbildung 4-4: Primärenergiebedarf gesamt, Referenzgebäude (schraffiert) und Ist-Gebäude mit PV-Anlage (3,5 kWp), Berechnung der im Gebäude genutzten PV-Strommenge nach DIN V 18599 ohne Nutzerstrom (links) und mit Nutzerstrom (rechts)



Quelle: ITG Dresden

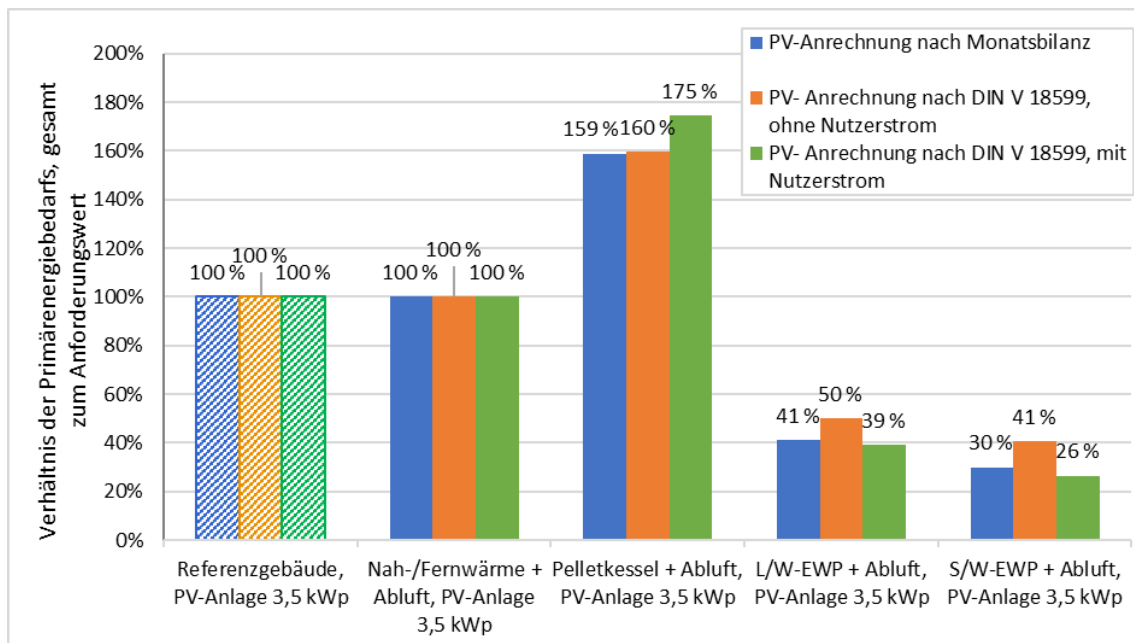
Im Folgenden wird das Verhältnis des Primärenergiebedarfs, gesamt der jeweiligen Anlagenvariante in Abhängigkeit der PV-Größe in dem zu errichtenden Gebäude (Ist-Gebäude) zu dem Wert des Referenzgebäudes in Abhängigkeit der PV-Anrechnungsmethodik abgebildet. Bei dem Referenzgebäude wird die PV-Größe nicht variiert. Es werden folgende Fälle aufgezeigt:

- Referenzgebäude und alle Varianten des Ist-Gebäudes mit PV-Anlage mit 3,5 kWp
- Referenzgebäude mit PV-Anlage mit 3,5 kWp, Ist-Gebäude ohne PV-Anlage

Abbildung 4-5 stellt das Verhältnis des Primärenergiebedarfs, gesamt zum Anforderungswert für den Fall dar, dass das Ist-Gebäude mit einer PV-Anlage ausgestattet ist. Bei dem Verhältnis des Primärenergiebedarfs der Erfüllungsvarianten zum Referenzgebäude steigt der Wert für Pelletkessel bei der Bewertung nach DIN V 18599 mit Nutzerstrom gegenüber der PV-Anrechnung nach Monatsbilanz an, da der Anteil der anrechenbaren PV-Strommenge bezogen auf den gesamten Endenergiebedarf bei der Pelletvariante niedriger ist als bei dem Referenzgebäude. In beiden Fällen wird Nutzerstrom im gleichen Umfang angerechnet. Der Strommehrbedarf des Pelletkessels ggü. Referenzausführung von 214 kWh/a, der bei der Monatsbilanz vollständig durch PV-Strom gedeckt wird, kann bei der Berechnung nach DIN V 18599 nur mit 62 kWh/a durch PV-Strom gedeckt werden. Bei dem Verhältnis des Primärenergiebedarfs der Wärmepumpenvarianten zum Referenzgebäude sinkt dagegen der Wert für beide Wärmepumpenvarianten bei der Bewertung nach DIN V 18599 mit Berücksichtigung des

Nutzerstroms bei der Berechnung der anrechenbaren PV-Strommenge gegenüber der PV-Anrechnung nach Monatsbilanz. Die Anrechnungsmethodik beeinflusst jedoch nur im geringfügigen Maße die grundsätzlichen Erfüllungsmöglichkeiten, solange das Ist-Gebäude analog dem Referenzgebäude mit einer PV-Anlage ausgestattet ist.

Abbildung 4-5: Verhältnis des Primärenergiebedarfs, gesamt zum Anforderungswert – Ist-Gebäude mit 3,5 kWp PV-Anlage, Referenzgebäude (schraffiert) mit 3,5 kWp

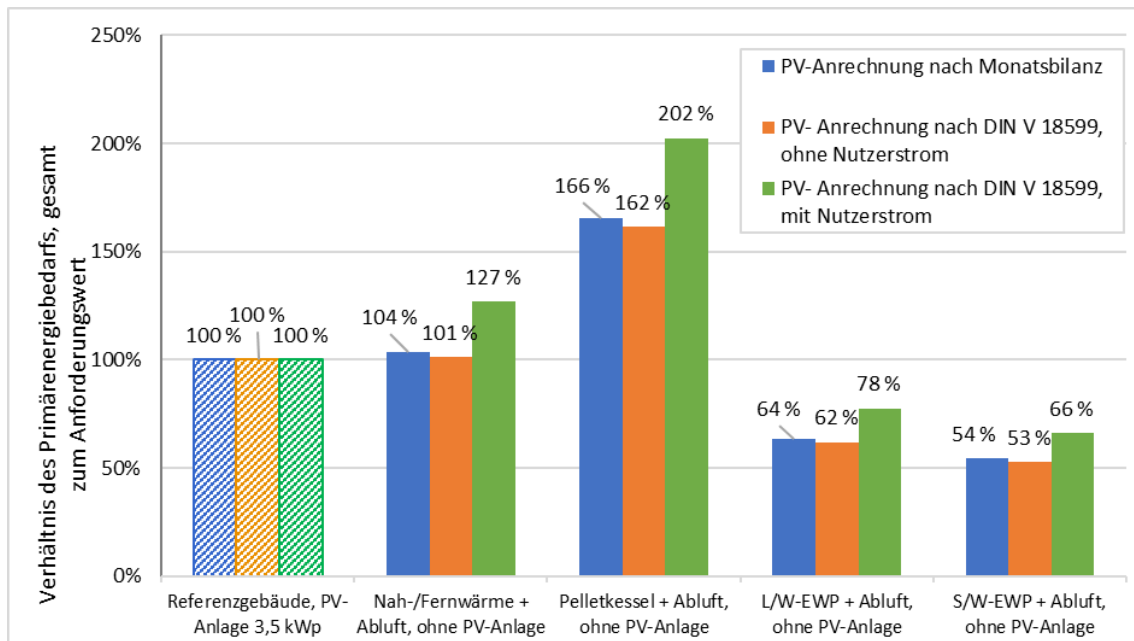


Quelle: ITG Dresden

Wird bei dem Ist-Gebäude auf den Einbau einer PV-Anlage verzichtet, obwohl der Einbau technisch möglich wäre, beeinflusst die Anrechnungsmethodik die grundsätzlichen Erfüllungsmöglichkeiten im deutlich höheren Maße, insbesondere, wenn die PV-Anrechnung nach DIN V 18599 mit Berücksichtigung des Nutzerstroms bei der Bestimmung der anrechenbaren PV-Strommenge erfolgen würde. Die Nah-/Fernwärme- sowie Pelletvariante müssten die fehlende PV-Anlage mit anderen Maßnahmen zur Einhaltung der primärenergetischen Anforderung kompensieren (z. B. durch den Einbau einer Zu-/Abluft-Anlage mit Wärmerückgewinnung, weitere Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes, Verzicht auf Zirkulation bei kleinen Gebäuden¹). Die Erfüllung der primärenergetischen Anforderung bei den beiden Wärmepumpenvarianten wäre trotz der fehlenden PV-Anlage ohne weitere bauliche und/oder anlagentechnische Maßnahmen möglich (s. Abbildung 4-6).

¹ Soweit rechtlich zulässig und technisch umsetzbar

Abbildung 4-6: Verhältnis des Primärenergiebedarfs, gesamt zum Anforderungswert – Ist-Gebäude ohne PV-Anlage, Referenzgebäude mit 3,5 kWp



Quelle: ITG Dresden

Zwischenfazit: Auswirkungen der Anrechnungsmethodik/des Bilanzrahmens

Bei der Bewertung der Auswirkungen der Anrechnungsmethodik für PV-Strom sind zwei Fälle zu unterscheiden:

- Das Ist-Gebäude wird mit einer PV-Anlage ausgestattet.
- Auf den Einbau einer PV-Anlage wird bei dem Ist-Gebäude verzichtet, obwohl der Einsatz technisch möglich wäre.

Die Auswirkungen der Aufnahme einer PV-Anlage in die Referenzausführung könnten dann je nach Anrechnungsmethodik unterschiedlich ausfallen.

Wenn im Ist-Gebäude eine PV-Anlage vorgesehen ist, hat die PV-Anrechnungsmethodik in Zusammenhang mit PV-Anlage im Referenzgebäude kaum Einfluss auf die grundsätzlichen Erfüllungsmöglichkeiten der typischen Wärmeversorgungsvarianten. Das gilt sowohl für das Monatsbilanzverfahren als auch für die Bewertung des im Gebäude genutzten PV-Stroms nach DIN V 18599-9.

Für Gebäude, die ohne PV-Anlage ausgeführt wären, bei denen jedoch der Einsatz technisch möglich wäre, würde die Aufnahme einer PV-Anlage in die Referenzausführung bei einer PV-Anrechnung nach Monatsbilanz und nach DIN V 18599 ohne Berücksichtigung des Nutzerstroms bei der Bestimmung der anrechenbaren PV-Strommenge zu einer geringfügigen Verschärfung der Anforderungen führen. Im Falle der betrachteten Nah-/Fernwärmevariante liegt die Überschreitung des Anforderungswertes im Bereich 1 % bis 4 %.

Die Aufnahme einer PV-Anlage in die Referenzausführung in Verbindung mit PV-Anrechnung nach DIN V 18599 mit Berücksichtigung des Nutzerstroms bei der Bestimmung der anrechenbaren PV-Strommenge würde für Gebäude, die ohne PV-Anlage ausgeführt wären, bei denen jedoch der Einsatz technisch möglich wäre, zu einer deutlichen Verschärfung der Anforderungen führen. Durch die Einbindung einer PV-Anlage in das Referenzgebäude und Berücksichtigung des Nutzerstroms bei der

Bestimmung der anrechenbaren PV-Strommenge nach DIN V 18599-9 verringert sich der Primärenergiebedarf, gesamt des Referenzgebäudes für das betrachtete Einfamilienhaus um 9,4 kWh/m²a ggü. der Berechnung ohne Nutzerstrom bei der anrechenbaren PV-Strommenge (vgl. Abbildung 4-4). Wird bei dem Ist-Gebäude auf den Einbau einer PV-Anlage verzichtet, müsste die gegenüber der Referenzausführung fehlende PV-Anlage durch bauliche und/oder andere anlagentechnische Maßnahmen, falls zur Einhaltung der primärenergetischen Anforderung erforderlich, kompensiert werden (z. B. durch den Einbau einer Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung, weitere Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes). Bei den untersuchten Varianten betrifft das die Nah-/Fernwärme- und die Pelletvariante. Mit den untersuchten Wärmepumpenvarianten wäre die Erfüllung der primärenergetischen Anforderung trotz der fehlenden PV-Anlage ohne weitere bauliche und/oder anlagentechnische Maßnahmen weiterhin möglich.

4.2.4 Berücksichtigung eines Batteriespeichers im Referenzgebäude

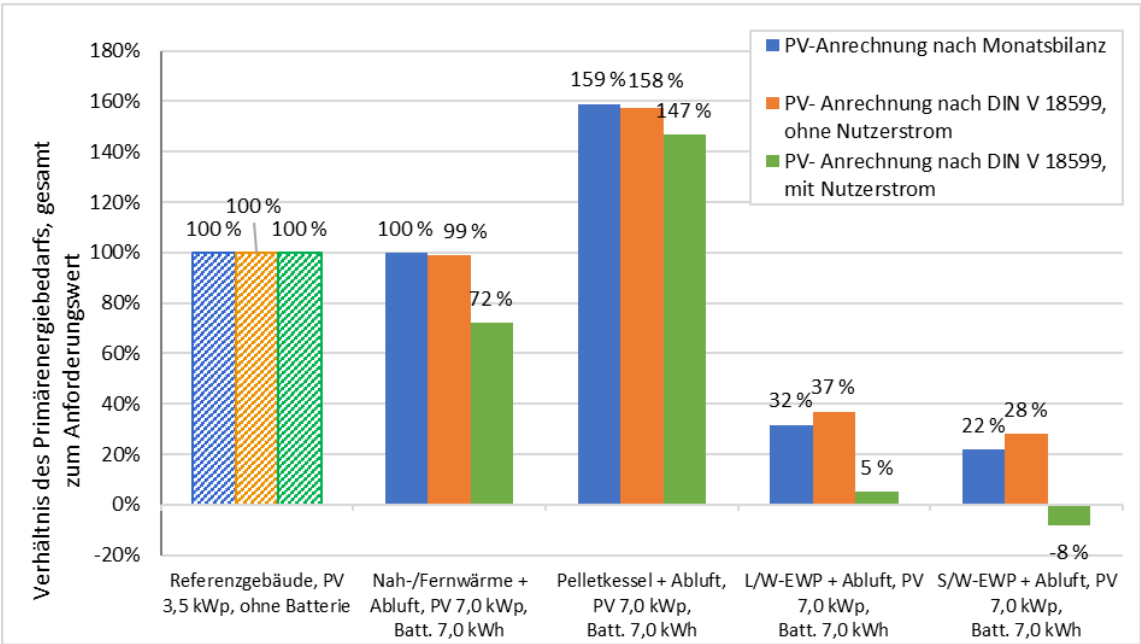
Sollte Photovoltaik im Referenzgebäude berücksichtigt werden, stellt sich außerdem die Frage nach der Berücksichtigung eines Batteriespeichers im Referenzgebäude. Im Folgenden werden Beispielberechnungen für drei Varianten der Referenzausführung mit PV und Batteriespeicher durchgeführt:

- Variante 1 „kleine PV-Anlage, ohne Batterie“: $0,03 \text{ kW}_p \cdot A_N / \text{Anzahl beheizter Geschosse}$, keine Batterie (EFH_klein: 3,53 kW_p)
- Variante 2 „kleine PV-Anlage, mit Batterie“: $0,03 \text{ kW}_p \cdot A_N / \text{Anzahl beheizter Geschosse} + 1 \text{ kWh/kW}_p \text{ Batterie}$ (EFH_klein: $0,03 \cdot 235/2 = 3,53 \text{ kW}_p + \text{Batterie } 3,53 \text{ kWh}$)
- Variante 3 „kleine PV-Anlage, mit Batterie als durchlaufender Posten“, wenn in Ist-Ausführung Batterie vorhanden: $0,03 \text{ kW}_p \cdot A_N / \text{Anzahl beheizter Geschosse} + \text{Batterie mit Dimensionierung, wie im Ist-Gebäude}$ (EFH_klein: $0,03 \cdot 235/2 = 3,53 \text{ kW}_p + \text{Batterie als durchlaufender Posten}^1$)

Der Einsatz einer Batterie ist nur bei PV-Anrechnung nach DIN V 18599 rechnerisch abbildbar, da das normative Verfahren eine Berechnungsregel zur Bestimmung des Mehrnutzens, den eine Batterieanlage verglichen mit dem Zustand ohne Batterie bietet, enthält. Insbesondere bei der PV-Anrechnung mit Berücksichtigung des Nutzerstroms bei der Bestimmung der anrechenbaren PV-Strommenge führt die Einbindung eines Batteriespeichers zu deutlich höherer anrechenbarer PV-Strommenge und damit zu niedrigerem Endenergiebedarf und folglich niedrigerem Primärenergiebedarf, gesamt, da das Rechenverfahren dann einen höheren eigengenutzten Stromanteil bilanziert. Bei der PV-Anrechnung nach Monatsbilanz beeinflusst das Vorhandensein eines Batteriespeichers die anrechenbare PV-Strommenge dagegen nicht, da die Bewertungsmethodik keine Regel zum Umgang mit Batteriespeichern enthält. Bei der Variante 1, die keine Berücksichtigung des Batteriespeichers im Referenzgebäude vorsieht, wird der Einsatz einer Batterie im Ist-Gebäude bei der PV-Anrechnung nach DIN V 18599 belohnt (vgl. Abbildung 4-7). Die resultierenden Primärenergiebedarfswerte der betrachteten Erfüllungsoptionen sinken durch die Einbindung des Batteriespeichers deutlich, wenn die PV-Anrechnung mit DIN V 18599 mit Berücksichtigung des Nutzerstroms bei der Bestimmung der anrechenbaren PV-Strommenge erfolgt. Die negativen Werte bei der Variante mit Sole/Wasser-Wärmepumpe sind darauf zurückzuführen, dass die mit Nutzerstrom bestimmte anrechenbare PV-Strommenge höher ist als der nach aktuell gültigem Bilanzrahmen berechnete GEG-relevante Strombedarf. Bei der Pelletvariante wird zwar der Primärenergiebedarf, gesamt durch die Einbindung einer PV-Anlage mit Batteriespeicher reduziert, die deutliche Überschreitung des Anforderungswertes jedoch bestehen.

¹ Für das Referenzgebäude ist die Dimensionierung des Batteriespeichers wie beim zu errichtenden Gebäude anzunehmen.

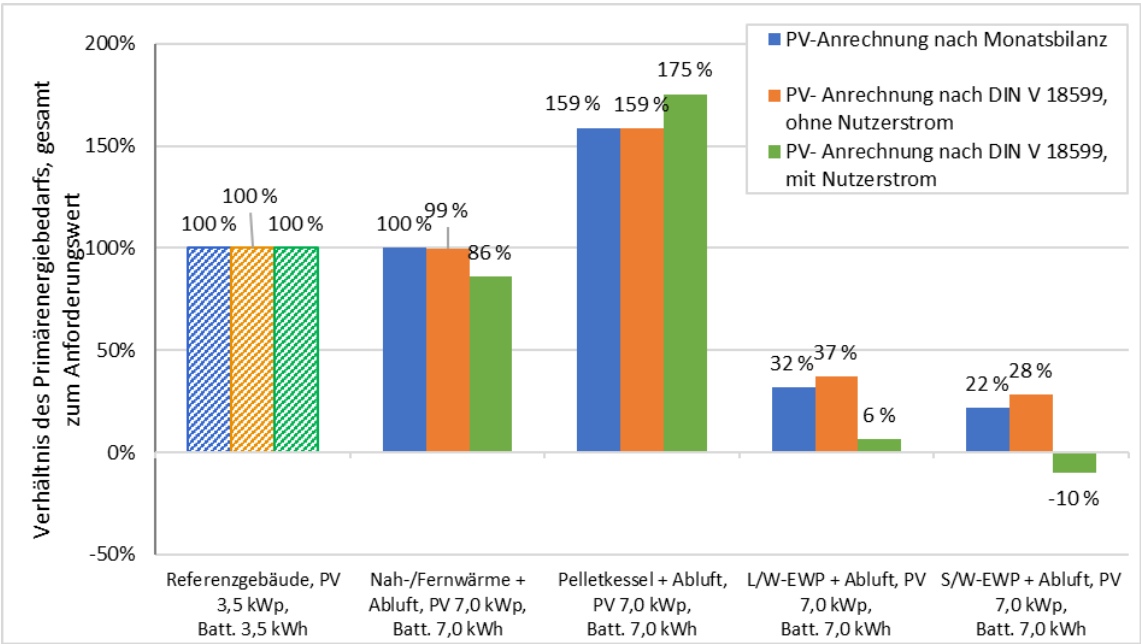
Abbildung 4-7: Verhältnis des Primärenergiebedarfs, gesamt zum Anforderungswert – Ist-Gebäude mit PV-Anlage + Batterie, Referenzgebäude (schraffiert) mit PV-Anlage ohne Batterie



Quelle: ITG Dresden

Wenn in die Referenzausführung ein Batteriespeicher entsprechend der Variante 2 aufgenommen wird, wird der Einsatz einer Batterie im Ist-Gebäude bei der PV-Anrechnung nach DIN V 18599 nur bei größerer Kapazität als die Referenzausführung belohnt (vgl. Abbildung 4-8). Die grundsätzlichen Erfüllungsmöglichkeiten der betrachteten Varianten bleiben weitgehend unverändert.

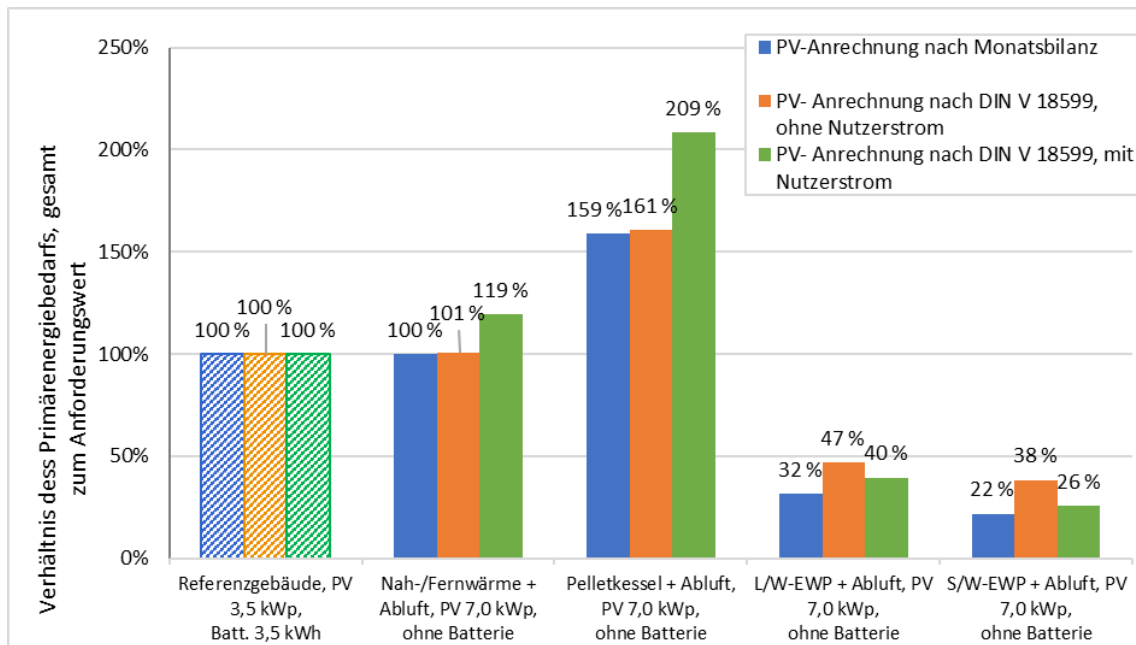
Abbildung 4-8: Verhältnis des Primärenergiebedarfs, gesamt zum Anforderungswert – Ist-Gebäude mit PV-Anlage + Batterie, Referenzgebäude (schraffiert) mit PV-Anlage + Batterie



Quelle: ITG Dresden

Die Aufnahme eines Batteriespeichers in die Referenzausführung führt dann zur Verschlechterung der Erfüllungsmöglichkeiten für Nah-/Fernwärme und Biomassevarianten, wenn bei dem Ist-Gebäude auf den Einsatz eines Batteriespeichers verzichtet wird und die PV-Anrechnung nach DIN V 18599 erfolgt. In diesem Fall wäre eine Kompensation durch bauliche und/oder anlagentechnische Maßnahmen erforderlich (vgl. Abbildung 4-9).

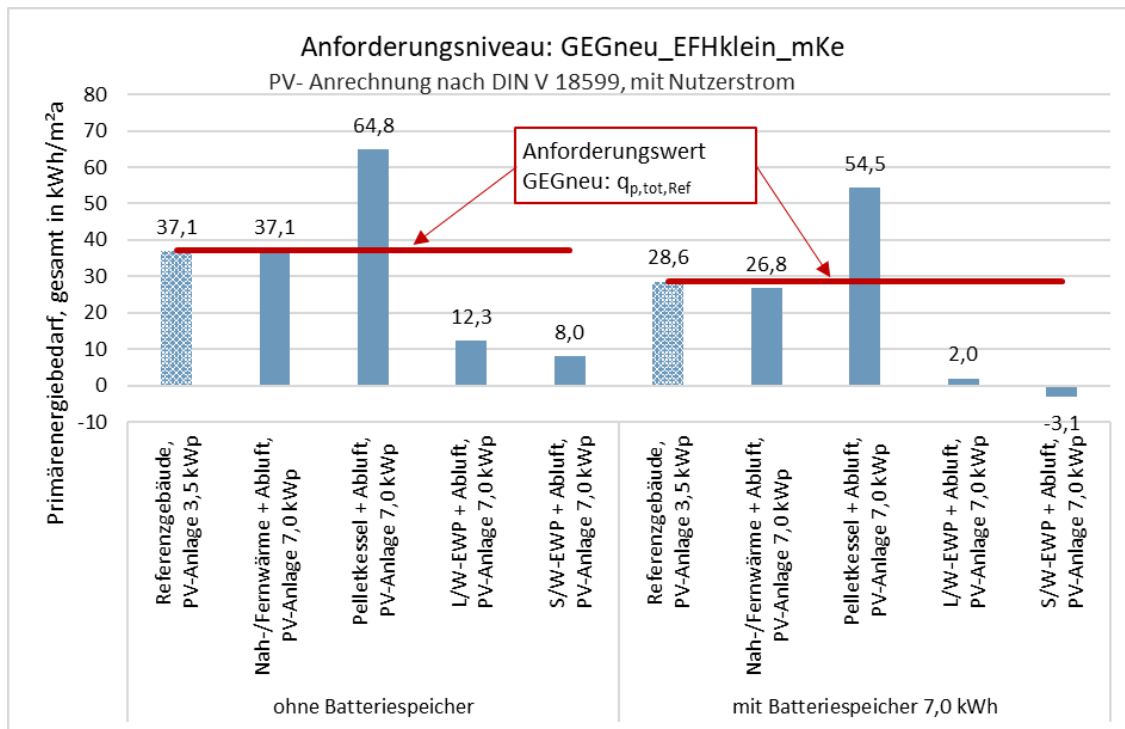
Abbildung 4-9: Verhältnis des Primärenergiebedarfs, gesamt zum Anforderungswert – Ist-Gebäude mit PV-Anlage ohne Batterie, Referenzgebäude (schraffiert) mit PV-Anlage + Batterie



Quelle: ITG Dresden

Bei der Variante 3 (Batterie als durchlaufender Posten) wird die gleiche Dimensionierung im Referenzgebäude wie im Ist-Gebäude für den Batteriespeicher zugrunde gelegt. Eine Batterie als durchlaufender Posten in der Referenzausführung führt beim Vorhandensein eines Batteriespeichers im Ist-Gebäude zwar zur Senkung des absoluten Anforderungsniveaus, hat aber weitgehend keinen Einfluss auf Erfüllungsmöglichkeiten üblicher Systeme (vgl. Abbildung 4-10).

Abbildung 4-10: Primärenergiebedarf, gesamt, Ist-Gebäude und Referenzgebäude (schraffiert) jeweils ohne und mit Batteriespeicher



Zwischenfazit: Batteriespeicher im Referenzgebäude

Der Einsatz eines Batteriespeichers ist nur bei der PV-Anrechnung nach DIN V 18599 rechnerisch abbildbar, da das normative Verfahren eine Berechnungsregel zur Bestimmung des Mehrnutzens, den eine Batterieanlage verglichen mit dem Zustand ohne Batterie bietet, enthält. Bei der PV-Anrechnung nach Monatsbilanz beeinflusst das Vorhandensein eines Batteriespeichers die anrechenbare PV-Strommenge dagegen nicht, da die Bewertungsmethodik keine Regel zum Umgang mit Batteriespeichern enthält. Die Aufnahme eines Batteriespeichers in die Referenzausführung würde zur Verschlechterung der Erfüllungsmöglichkeiten für Nah-/Fernwärme und Biomassevarianten ohne Batterie bei PV-Anrechnung nach DIN V 18599 mit Berücksichtigung des Nutzerstroms bei der Bestimmung der anrechenbaren PV-Strommenge führen. Eine Kompensation durch bauliche und/oder anlagentechnische Maßnahmen wäre an dieser Stelle erforderlich.

Ein Batteriespeicher als durchlaufender Posten in der Referenzausführung - gleiche Dimensionierung wie im Ist-Gebäude - würde zur Senkung des absoluten Anforderungsniveaus führen, hätte aber weitgehend keinen Einfluss auf Erfüllungsmöglichkeiten üblicher Systeme.

4.2.5 Schlussfolgerungen und Empfehlung

Ein Referenzgebäude mit PV-Anlage spiegelt die Tatsache wider, dass die Verbreitung von PV-Anlagen bei Wohngebäuden stetig zunimmt. Ab dem 1.1.2030 verlangt zudem die EPBD für neu errichtete Wohngebäude und ab dem 1.1.2027 auf allen neuen Nichtwohngebäuden (>250 m²) die Errichtung geeigneter Solaranlagen, wofern dies technisch geeignet und wirtschaftlich/funktional realisierbar ist (Art. 10 Abs. 3). Solange in der Referenzausführung keine strombasierte Heizung definiert wird und der Nutzerstrom außerhalb der Bilanz bleibt, ist der Einfluss der PV-Größe auf den resultierenden

Anforderungswert gering. Wenn im Ist-Gebäude ebenfalls eine PV-Anlage vorgesehen ist, hat die PV-Anrechnungsmethodik kaum Einfluss auf die grundsätzlichen Erfüllungsmöglichkeiten der typischen Wärmeversorgungsmaßnahmen.

Die Aufnahme einer PV-Anlage in die Referenzausführung würde für Gebäude, die ohne PV-Anlage ausgeführt wären, bei denen jedoch der Einsatz technisch möglich wäre

- bei einer PV-Anrechnung nach DIN V 18599 **mit** Berücksichtigung des Nutzerstroms bei der Bestimmung der anrechenbaren PV-Strommenge zu einer deutlichen Verschärfung der Anforderungen,
- bei einer PV-Anrechnung nach Monatsbilanz und nach DIN V 18599 **ohne** Berücksichtigung des Nutzerstroms bei der Bestimmung der anrechenbaren PV-Strommenge zu einer geringfügigen Verschärfung der Anforderungen

führen. Im Falle der PV-Anrechnung nach DIN V 18599 mit Nutzerstrom müsste die fehlende PV-Anlage durch bauliche und/oder andere anlagentechnische Maßnahmen bei den im Rahmen der Analyse untersuchten Nah-/Fernwärme- und die Pelletvariante kompensiert werden. Mit den untersuchten Wärmepumpenvarianten wäre die Erfüllung der primärenergetischen Anforderung trotz der fehlenden PV-Anlage ohne weitere bauliche und/oder anlagentechnische Maßnahmen weiterhin möglich.

Der Einsatz eines Batteriespeichers ist nur bei PV-Anrechnung nach DIN V 18599 rechnerisch abbildbar. Die Aufnahme eines Batteriespeichers in die Referenzausführung würde zur Verschlechterung der Erfüllungsmöglichkeiten für Nah-/Fernwärme und Biomassevarianten ohne Batterie bei PV-Anrechnung nach DIN V 18599 führen. Eine Kompensation durch bauliche und/oder anlagentechnische Maßnahmen wäre an dieser Stelle erforderlich.

Ein Batteriespeicher als durchlaufender Posten in der Referenzausführung (Vorhandensein bzw. Dimensionierung wie im Ist-Gebäude) würde zur Senkung des absoluten Anforderungsniveaus führen, hätte aber weitgehend keinen Einfluss auf Erfüllungsmöglichkeiten üblicher Systeme.

Im Ergebnis der vorliegenden Analyse zur Aufnahme der PV in die Referenzausführung wird für weitere Untersuchungen Folgendes vorgeschlagen:

- Aufnahme einer PV-Anlage in die Referenzausführung
 - PV-Fläche: 60 % der geeigneten Dachfläche¹
 - Batteriespeicher als durchlaufender Posten (Vorhandensein bzw. Dimensionierung wie im Ist-Gebäude)
- PV-Anrechnung
 - Wohngebäude: Berechnung nach DIN V 18599-9, Anrechnung des TGA-Stroms, es werden zwei Varianten gerechnet: mit und ohne Anrechnung des Nutzerstroms, eingespeister Strom wird nicht bewertet, Begrenzung der resultierenden Kennwerte auf ≥ 0 ! (Endenergiebedarf, Primärenergiebedarf, gesamt)
 - Nichtwohngebäude: Monatsbilanz, solange es in der DIN V 18599 kein Rechenverfahren gibt.

Das Thema der Aufnahme der PV in die Referenzausführung ist sehr vielschichtig und bedarf weiterer Analysen. Neben den hier diskutierten Fragen sind zu berücksichtigen:

¹ In Anlehnung an die Anforderungen der Baden-Württembergischen Solarpflicht, Details zu den Regelungen siehe dort, insbesondere https://www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/Photovoltaik/Praxisleitfaden-Photovoltaikpflicht-barrierefrei.pdf. Zu beachten: Die Ausgestaltung einer möglichen Solarpflicht in Anlehnung an Art. 10 EPBD ist nicht Gegenstand dieses Berichtes.

- die gewünschte Lenkungswirkungen in Richtung einer Ausstattung möglichst vieler Gebäude mit PV,
- eine mögliche generelle Erweiterung der Gebäudebilanz um den Nutzerstrom und
- die zukünftige Ausgestaltung der Stromtarife und die Entwicklung der Kosten für PV-Systeme, da diese die Wirtschaftlichkeit von PV-Anlagen im Wettbewerb mit anderen Energiesparmöglichkeiten in Gebäuden maßgeblich beeinflussen.

Eine finale Festlegung ist nur im Gesamtkontext von Anforderungssystematik und Anforderungshöhe im Ergebnis politischer Abwägungen möglich.

4.3 Anlagentechnik eines baubaren Referenzgebäudes

Aufbauend auf den Vorüberlegungen zur Ausgestaltung des Referenzgebäudes für die baulichen Komponenten und die Photovoltaik müssen auch die übrigen anlagentechnischen Elemente für Wohn- und Nichtwohngebäude festgeschrieben werden. Dabei kann auf dem vorhandenen Referenzgebäude des geltenden GEG aufgesetzt werden.

Als Referenzausführungen der Anlagentechnik für Wohn- und Nichtwohngebäude werden Systeme vorgeschlagen, die

- eine zielorientierte Formulierung der Anforderungshöhe für die Gesamtprimärenergie ermöglichen,
- eine prinzipiell ausführbare Versorgungsvariante darstellen und
- im Berechnungsverfahren der DIN V 18599 abbildbar sind.

4.3.1 Wohngebäude

Die Referenzausführungen der Anlagentechnik für Wohngebäude ist in Tabelle 4-14 aufgeführt. Gegenüber den Ausführungen im GEG 2024 sind die Verweise auf die zurückgezogene DIN V 4701-10 herausgenommen; alle Verweise beziehen sich auf die DIN V 18599:2018-09. Da für Anfang 2025 die Neuauflage der Normenreihe DIN/TS 18599 vorgesehen ist, muss bei Verwendung der in der Tabelle angegebenen Ausführungen eine Aktualisierung vorgenommen werden.

Gegenüber den Ausführungen im GEG 2024 werden im Wesentlichen folgende Anpassungen vorgenommen (siehe Tabelle 4-14):

- Heizungsanlage (Nr. 6):
Die Wärmeerzeugung durch einen Erdgas-Brennwertkessel ist nach GEG perspektivisch nicht mehr zulässig, bereits jetzt ist sie klimapolitisch nicht wünschenswert. Stattdessen wird eine **technologieneutrale Referenzheizung** vorgeschlagen. Dieser Weg wird gewählt, weil die Wahl beispielsweise einer Wärmepumpe als Referenzheizung zahlreiche andere Heizungssysteme u.a. mit Blick auf die Anforderungsgröße Gesamt-Primärenergie ausgeschlossen hätte, beispielsweise Fernwärme, Pelletkessel oder andere biogene Heizungen. Damit diese Heizung rechentechnisch in den DIN-Normen abgebildet ist, wird sie rechnerisch wie ein Wärmenetz mit einem vorgegebenen Gesamt-Primärenergiefaktor $f_{p,tot}$ von 0,8 behandelt. Mit diesem Primärenergiefaktor kann die Anforderungshöhe skaliert werden. Ein Faktor von 0,8 führt zu einem Niveau, mit dem die Anforderungen des ZEB in Kombination mit dem baubaren Referenzgebäude eingehalten werden kann (siehe Abschnitte

5.4 bzw. 6.4). Zugleich wird der Abstand zwischen einem mit Wärmepumpe konzipierten und einem mit Fernwärme versorgten Gebäude verringert und in ein angemessenes Verhältnis gebracht.

Die Regelung der Wärmeübergabe wird auf einen zertifizierten P-Regler umgestellt und berücksichtigt damit eine dem Stand der Technik entsprechende Ausstattung.

- **Anlage zur Warmwasserbereitung (Nr. 7):**
Da die Anforderungen an den Einsatz erneuerbarer Wärme über die 65 % EE-Regel für den Wärmeerzeuger abgedeckt werden, ist die Einbeziehung einer Solarthermieanlage als Bestandteil einer baubaren Referenz in die Referenzanlagentechnik nicht mehr erforderlich. Darüber hinaus ist eine Kombination eines Wärmenetzanschlusses oder einer Wärmepumpe mit einer solarthermischen Anlage unüblich und in vielen Fällen nicht sinnvoll. Daher wird eine gemeinsame Wärmebereitstellung mit der Heizungsanlage vorgesehen. Der Warmwasserspeicher wird entsprechend dieser Technik angepasst.
- **Lüftung (Nr. 9):**
Wohnungslüftungsanlagen sind heutzutage mehrheitlich mit einer Bedarfsführung ausgestattet. Vor dem Hintergrund erfolgt die Anpassung auf den nach DIN V 18599-10 vorgegebenen nutzungsbedingten Mindestaußenluftwechsel $n_{\text{Nutz}} = 0,45 \text{ h}^{-1}$.
- **Gebäudeautomation (Nr. 10)**
Für die Gebäudeautomation wird eine Ausstattung entsprechend Klasse C nach DIN V 18599-11: 2018-09 vorgeschlagen. Dies entspricht der bisherigen Beschreibung der Referenzausführung für den Bereich Gebäudeautomation. Die in der novellierten EPBD enthaltene Anforderung, dass neue oder umfassend renovierte Wohngebäude über die Fähigkeit verfügen müssen, auf externe Signale zu reagieren und den Energieverbrauch anzupassen, erzwingt keine umfassende Verbesserung der Gebäudeautomationsklasse entsprechend Klasse B oder A. Auf eine Referenzausstattung mit Automationsklasse B bzw. A wird deshalb verzichtet.
- **Photovoltaikanlage (Nr. 11)**
Mit der Aufnahme einer PV-Anlage in die Referenzausführung kann die gewünschte Lenkungswirkung zur Beschleunigung des Ausbaus Erneuerbarer Energien und insbesondere Erhöhung des Anteils von Strom aus erneuerbaren Energien im Gebäudebereich erreicht werden. Zudem verlangt die novellierte EPBD ab dem 1.1.2030 für neu errichtete Wohngebäude die Errichtung geeigneter Solaranlagen, wofern dies technisch geeignet und wirtschaftlich/funktional realisierbar ist. Die Ausführung des neu aufgenommenen Systems „Photovoltaikanlage“ basiert auf der Herleitung in Abschnitt 4.2.

Tabelle 4-14: Wohngebäude: Referenzausführung Anlagentechnik (fett: Ergänzungen; durchgestrichen: Streichungen gegenüber GEG2024)

Nr.	Bauteile/Systeme GEG	Referenz Wohngebäude
6	Heizungsanlage	<ul style="list-style-type: none"> • Wärmeerzeugung über einen technologieneutralen Referenzwärmeerzeuger (wie Fern- und Nahwärmenetz berechnet), Gesamt-Primärenergiefaktor $f_{p,tot} = 0,8$; • Wärmeerzeugung durch Brennwertkessel (verbessert, bei der Berechnung nach § 20 Absatz 1 nach 1994), Erdgas, Aufstellung: <ul style="list-style-type: none"> — für Gebäude bis zu 500 m² Gebäudenutzfläche innerhalb der thermischen Hülle — für Gebäude mit mehr als 500 m² Gebäudenutzfläche außerhalb der thermischen Hülle • Auslegungstemperatur 55/45 °C, zentrales Verteilsystem innerhalb der wärmeübertragenden Umfassungsfläche, ausschließlich statisch hydraulisch abgeglichen, Δp konstant, Pumpe auf Bedarf ausgelegt, Pumpe mit intermittierendem Betrieb, keine Überströmventile, für den Referenzfall sind die Rohrleitungslängen und die Umgebungstemperaturen gemäß den Standardwerten nach DIN V 18599-5: 2018-09 zu ermitteln. innen liegende Stränge und Anbindeleitungen, Standard-Leitungslängen nach DIN V 4701-10: 2003-08 Tabelle 5.3-2, Pumpe auf Bedarf ausgelegt (geregelt, Δp const), Rohrnetz ausschließlich statisch hydraulisch abgeglichen • Wärmeübergabe mit freien statischen Heizflächen (bei Anordnung vor Glasflächen mit Strahlungsschutz), ausschließlich statisch hydraulisch abgeglichen, P-Regler (zertifiziert), Anordnung an normaler Außenwand, Thermostatventile mit Proportionalbereich 1 K nach DIN V 4701-10: 2003-08 bzw. P-Regler (nicht zertifiziert) nach DIN V 18599-5: 2018-09
7	Anlage zur Warmwasserbereitung	<ul style="list-style-type: none"> • zentrale Warmwasserbereitung • gemeinsame Wärmebereitung mit Heizungsanlage nach Nummer 6 • indirekt beheizter Speicher nach DIN V 18599, Aufstellung mit Wärmeerzeuger außerhalb der thermischen Hülle, separate Umwälzpumpe vorhanden • bei Berechnung nach § 20 Absatz 1: <ul style="list-style-type: none"> allgemeine Randbedingungen gemäß DIN V 18599-8: 2018-09 Tabelle 6, Solaranlage mit Flachkollektor nach 1998 sowie Speicher ausgelegt gemäß DIN V 18599-8: 2018-09 Abschnitt 6.4.3 • bei Berechnung nach § 20 Absatz 2: <ul style="list-style-type: none"> Solaranlage mit Flachkollektor zur ausschließlichen Trinkwassererwärmung entsprechend den Vorgaben nach DIN V 4701-10: 2003-08 Tabelle 5.1-10 mit Speicher, indirekt beheizt (stehend), gleiche Aufstellung wie Wärmeerzeuger, — kleine Solaranlage bei $AN \leq 500 \text{ m}^2$ (bivalenter Solarspeicher) — große Solaranlage bei $AN > 500 \text{ m}^2$ • Verteilsystem mit Zirkulation, innerhalb der wärmeübertragenden Umfassungsfläche, innen liegende Stränge, gemeinsame Installationswand, Standard-Leitungslängen nach DIN V 18599-8: 2018-09 DIN V 4701-10: 2003-08 Tabelle 5.1-2
8	Kühlung	<ul style="list-style-type: none"> • keine Kühlung
9	Lüftung	<ul style="list-style-type: none"> • zentrale Abluftanlage mit Außenwandluftdurchlässen (ALD), bedarfsgeführt mit regeltem DC-Ventilator • DIN V 4701: 2003-08: Anlagen-Luftwechsel $n_A = 0,4 \text{ h}^{-1}$ • DIN V 18599-10: 2018-09: nutzungsbedingter Mindestaußenluftwechsel $n_{Nutz} = 0,45 \text{ h}^{-1}$
10	Gebäudeautomation	<ul style="list-style-type: none"> • Klasse C nach DIN V 18599-11: 2018-09
11	Photovoltaik	<ul style="list-style-type: none"> • PV-Kollektorfläche: 60 % der geeigneten Dachfläche* • Batteriespeicher wie im ausgeführten Gebäude • Kennwerte Module gemäß Standardwerten der DIN V 18599-9: 2018-09, kristallin, mäßig belüftet, monokristallines Silizium (ab 2017) • Berechnung PV-Ertrag und PV-Eigennutzung gem. DIN V 18599-9: 2018-09

- * folgende Vorgaben sind alternativ als Ergänzung GEG Anlage 1 oder in GEG § 25 Berechnungsrandbedingungen aufzunehmen:
- Die Größe der PV-Anlage (Module) entspricht 60 % der geeigneten Dachfläche. Als geeignete Dachfläche werden folgende Anteile an der gesamten Netto-Dachfläche angenommen: bei geneigten Dächern 80 % (ohne Nord-Orientierungen) und bei Flachdächern 60 %. Bei Flachdächern werden Module ost-west-orientiert mit einer Neigung von 10° angenommen, bei Steildächern wie beim zu errichtenden Gebäude.
- Hinsichtlich der Eignung von Dachflächen für PV wird an dieser Stelle auf die Regelungen in der Baden-Württembergischen PVPf-VO verwiesen. Entsprechende Regelungen müssen analog im GEG formuliert werden.

4.3.2 Nichtwohngebäude

Die Referenzausführungen der Anlagentechnik für Nichtwohngebäude ist in Tabelle 4-15 aufgeführt. Da für Anfang 2025 die Neuausgabe der Normenreihe DIN/TS 18599 vorgesehen ist, muss bei Verwendung der in der Tabelle angegebenen Ausführungen eine Aktualisierung vorgenommen werden.

Gegenüber den Ausführungen im GEG 2024 wurden im Wesentlichen folgende Anpassungen vorgenommen (siehe Tabelle 4-15):

- **Beleuchtungsart (Nr. 3.1):**
LED-Leuchten haben die stabförmigen Leuchtstofflampen abgelöst und sind mittlerweile die marktübliche Lösung. Durch diese Option ergibt sich im Gewerk Beleuchtung eine Verringerung des Energiebedarfs von rund 50 %.
- **Heizung allgemein / mit Raumhöhen > 4 m (Nr. 4.1 bis 4.4):**
Es wird vorgeschlagen, das dezentrale Heizsystem – wie in der praktischen Umsetzung üblich – nur noch für die Nutzungen 22.1, 22.2, 22.3, 26 und 41 nach DIN V 18599 Teil 10 (gewerbliche und industrielle Hallen, Messe/Kongress-Hallen und Lager-/Logistikhallen) als Referenzausführung vorzusehen. Eine generelle Unterteilung der Referenzausführungen für die Heizung nach Raumhöhen von ≤ 4 m und > 4 m ist damit nicht mehr erforderlich. Die neue Unterscheidung in den Nummern 4.1 bis 4.4 lautet „Heizung – allgemein“ und Heizung „Heizung mit Raumhöhen > 4 m für Nutzungen 22.1, 22.2, 22.3, 26 und 41 nach DIN V 18599 Teil 10“.
- **Heizung allgemein – Wärmeerzeuger (Nr. 4.1):**
Die Wärmeerzeugung durch einen Erdgas-Brennwertkessel ist nach GEG perspektivisch nicht mehr zulässig, bereits jetzt ist sie klimapolitisch nicht wünschenswert. Stattdessen wird eine generische Referenzheizung vorgeschlagen, die wie ein Fern- und Nahwärmenetzanschluss mit einem vorgegebenen Gesamt Primärenergiefaktor $f_{p,tot}$ des Netzes berechnet wird. Die Skalierung der Anforderungshöhe kann über die Festlegung des Gesamt-Primärenergiefaktors erfolgen.
- **Heizung allgemein – Wärmeübergabe (Nr. 4.3):**
Im GEG § 71a ist bei Nichtwohngebäuden mit einer Nennleistung der Heizungsanlage oder der kombinierten Raumheizungs- und Lüftungsanlage von mehr als 290 kW die Ausrüstung mit einem System für die Gebäudeautomatisierung und -steuerung mindestens entsprechend dem Automatisierungsgrad B nach DIN V 18599-11: 2018-09 vorgeschrieben. In diesem Fall wird ein „PI-Regler mit Optimierung“ im Referenzgebäude vorgeschlagen.

- Heizung mit Raumhöhen > 4 m (Nr. 4.4):
Der Energieträger wird auf Biomethan umgestellt, damit im Sinne der „baubaren Referenzausführung“ die Anforderungen an den Einsatz von mindestens 65 % EE erfüllt werden. Gleichzeitig werden dadurch die primärenergetischen Anforderungen verschärft. Die Leistungsregelung des Wärmeerzeugers und die Regelung der Wärmeübergabe werden dem Stand der Technik entsprechend angepasst.
- Warmwasser – zentrales System (Nr. 5.1):
Da die Anforderungen an den Einsatz erneuerbarer Wärme über die 65 % EE-Regel für den Wärmeerzeuger abgedeckt werden, ist die Einbeziehung einer Solarthermieanlage in die Referenzanlagentechnik nicht mehr erforderlich. Darüber hinaus ist eine Kombination eines Wärmenetzanschlusses mit einer solarthermischen Anlage unüblich und in vielen Fällen nicht sinnvoll. Daher wird eine gemeinsame Wärmebereitstellung mit der Heizungsanlage vorgesehen. Der Warmwasserspeicher wird entsprechend dieser Technik angepasst.
- Warmwasser – dezentrales System (Nr. 5.2):
Mit der vorgesehenen Berücksichtigung eines elektronisch geregelter Elektro-Durchlauferhitzers wird eine dem Stand der Technik entsprechende Ausstattung gewählt, die den Anforderungen des § 71 Absatz 5 entspricht.
- Raumluftechnik – Abluftanlage (Nr. 6.1):
Reine Abluftsysteme sind aufgrund der höheren Luftwechsel im Nichtwohngebäudebereich überwiegend bei wohnähnlichen Nutzungsarten mit kleinen Volumenströmen anzutreffen. Deshalb wurde der P_{SFP} -Wert in Richtung des Standardwertes für Wohnungslüftungsanlagen reduziert.
- Raumluftechnik – Zu- und Abluftanlage (Nr. 6.2):
Luftvolumenstromregelung
Die Klasse IDA-C6 stellt durch den Wechsel von Präsenzsteuerung auf stetige Luftqualitätsregelung eine Verschärfung dar, die wirtschaftlich vertretbar ist, da die Kosten weniger durch die Sensorik als vielmehr durch die sowieso notwendigen Volumenstromregler entstehen. Gleichzeitig wird für alle nicht genannten Nutzungsarten die Kategorie IDA-C1 explizit aufgeführt, um die Referenztechnik eindeutig zu beschreiben und verbesserte Ausführungen zu honorieren.

Spezifische elektrische Leistungsaufnahme

In allen früheren Definitionen wurden die P_{SFP} -Werte für Anlagen jeder Größe und Komplexität pauschal gleichbehandelt. Wenn sich den technisch machbaren Grenzen angenähert werden soll, ist eine stärkere Differenzierung notwendig. Der Vorschlag orientiert sich an der Ecodesign-RL 1253/2014/EG, wo auch nur die Minimalausstattung eines RLT-Gerätes losgelöst von weiteren Komponenten betrachtet wird. Allerdings wurde der hier als „Basiswert“ genannte Betrag deutlich reduziert. Je nach geplanter Ausstattung sollen weitere Zuschläge aufsummiert werden, die immer z. B. Kreislauf-Verbund-System (siehe Wärmerückgewinnung) Kanalnetz / Schalldämpfer oder im Einzelfall: z. B. Kühler / Befeuchter auftreten können. Gleichzeitig wurden die früheren P_{SFP} -Zuschläge gestrichen, was auch den Verweis auf die seit längerem zurückgezogene DIN EN 13053:2007 überflüssig macht. Das Ergebnis führt dann zu unterschiedlichen Referenz- P_{SFP} -Werten von Ventilatoren wie sie auch in der Praxis zwischen einfachen Anlagen in Lagerhallen oder komplexen Anlagen in Laboratorien auftreten können. Die einzelnen Beträge markieren die technisch machbare untere Grenze unter Berücksichtigung des Zielkonfliktes, dass die Luftgeschwindigkeiten in Zentralgeräten nicht beliebig angesenkt und gleichzeitig die Wärmerückgewinnungsgrade auf hohem Niveau gesteigert werden können.

Wärmerückgewinnung

Es wird ein Kreislauf-Verbund-System anstelle des bisherigen Plattenwärmeübertragers aufgenommen, da dieses System in nahezu allen Gebäuden und Gebäudekubaturen einsetzbar ist. Der Referenzwert für die Rückwärmzahl von 0,73 stellt eine anspruchsvolle Anforderung dar, die technisch realisierbar ist. Zum Vergleich: Standardwert nach DIN/TS 18599 – 7: 0,70 und Mindestwert nach Ecodesign-RL 1253/2014/EG: 0,68.

Zulufttemperatur

Bei dieser Größe handelt es sich um einen für die Berechenbarkeit notwendigen Planungswert, die bisher auf 18 °C definiert war. Durch die Veränderung der Zulufttemperatur können Bedarfsanteile für das Heizen / Kühlen zwischen RLT-Anlage und Raumheiz- bzw. Raumkühlsysteme verschoben werden. Die alte Vorgabe 18 °C hatte den Nachteil, das hocheffiziente Wärmerückgewinnungssysteme bei Übergangsbedingungen abgeregelt werden müssen und gleichzeitig wird Nachheizen in den Zonen bewirkt wird. Das vorgeschlagene Anheben auf 20 °C ist praxisgerechter und verbessert die Anrechenbarkeit hocheffizienter WRG-Systeme.

- Qualitätssicherung

In der neuen DIN/TS 18599- 3 wurde ein Bonusfaktor für das Anwenden eines dreistufigen Qualitätssicherungsverfahrens (Planung – Installation – Betrieb) eingeführt. Zum Erreichen der gewünschten Lenkungswirkung muss die Referenztechnik hier eindeutig beschrieben sein, deshalb der Faktor $f_{QS} = 1,0$ (keine Qualitätssicherung).

- Raumkühlung (Nr. 7) und Kälteerzeugung (Nr. 8):

Die seit der EnEV 2009 unveränderten Werte für die spezifische Pumpenleistung wurden dem Stand der Technik angepasst und um 33 % bzw. 25 % reduziert. Für den Erzeugerkreis inkl. RLT-Kühlung wird die Umstellung auf geregelte Pumpen vorgeschlagen. Dem Stand der Technik entsprechend soll die Pumpensteuerung „vollautomatisiert und bedarfsgesteuert“ erfolgen.

- Kälteerzeugung (Nr. 8):

Erzeugungstemperatur

Hier wurde bereits bei sehr großen Gebäuden hinsichtlich einer nutzungsangepassten Erzeugertemperatur unterschieden: Raumkühlung: 14 °C und RLT-Kühlung 6 °C. Dies wird beibehalten, jedoch wird vorgeschlagen, die Grenze von bisher 5.000 qm NGF mit Raumkühlung auf 3.500 qm zu reduzieren.

Nennleistungsziffer (EER)

Bislang wurde bei der Kälteerzeugung die Bauart beschrieben (Kolben-/Scrollverdichter, luftgekühlt), woraus sich ein Standardwert EER von 2,70 ableiten ließ. Um diesen Wert zu verbessern, müsste das technische System auf andere Verdichterbauarten (Schraube, Turbo) oder andere Kondensationsprinzipien (z. B. wassergekühlt mit Verdunstungsrückkühlung) wechseln. Dies erscheint für kleinere Gebäude praxisfern und würde gleichzeitig zu große Effizienzsprünge bewirken. Deshalb wird vorgeschlagen, anstelle indirekt auf einen Standardwert zu verweisen, den EER direkt und systemneutral zu beziffern. Die Vorgehensweise ist an dieser Stelle analog zu den Wärmedurchgangskoeffizienten von z. B. Außenwänden. Wird der EER vorgegeben, ist die Benennung des Kältemittels und des Baualters nicht mehr notwendig. Dadurch entsteht der zusätzliche Vorteil, dass nicht mehr auf ein klimaschädigendes Kältemittel (GWP ca. 1.450) verwiesen wird.

Entfall der 50%-Regelung

Die bisherige Regelung, dass bei bestimmten Nutzungsarten nur 50 % des Jahresprimärenergiebedarfs für die Kühlung angerechnet werden, sollte entfallen, um auch hier das

Prinzip der „Baubarkeit“ nicht zu verletzen. Die Regelung erschwerte darüber hinaus die Nachvollziehbarkeit der Rechenergebnisse. Ohnehin sind die Primärenergiebedarfsanteile für die Kühlung bei den meisten Gebäuden gering und werden z. B. durch verringerte Wärmeeinträge infolge des Einsatzes von LED-Beleuchtung noch geringer.

- Gebäudeautomation (Nr. 9)

Bei einer Gesamtleistung bis 290 kW wird wie bisher eine Ausstattung entsprechend Klasse C nach DIN V 18599-11: 2018-09 vorgeschlagen. Dies entspricht den Mindestanforderungen, die im GEG gestellt werden. Bei mehr als 290 kW wird eine Ausstattung entsprechend Klasse B nach DIN V 18599-11: 2018-09 vorgeschlagen, damit werden die diesbezüglichen Anforderungen der EPBD umgesetzt.

- Photovoltaikanlage (Nr. 10)

Mit der Aufnahme einer PV-Anlage in die Referenzausführung kann die gewünschte Lenkungswirkung zur Beschleunigung des Ausbaus Erneuerbarer Energien und insbesondere Erhöhung des Anteils von Strom aus erneuerbaren Energien im Gebäudebereich erreicht werden. Zudem verlangt die novellierte EPBD ab dem 1.1.2027 für alle neuen Nichtwohngebäude (>250 m²) die Errichtung geeigneter Solaranlagen, wofern dies technisch geeignet und wirtschaftlich/funktional realisierbar ist. Die Ausführung des neu aufgenommenen Systems „Photovoltaikanlage“ basiert auf der Herleitung in Abschnitt 4.2.

Tabelle 4-15: Nichtwohngebäude – Referenzausführung Anlagentechnik (fett: Ergänzungen; durchgestrichen: Streichungen gegenüber GEG2024)

Nr.	Bauteile/Systeme GEG	Referenz Nichtwohngebäude
3.1	Beleuchtungsart	direkt/indirekt mit LEDs in LED-Leuchten als Lichtbänder mit elektronischem Vorschaltgerät und stabförmiger Leuchtstofflampe
3.2	Regelung der Beleuchtung	Präsenzkontrolle: <ul style="list-style-type: none"> • in Zonen der Nutzungen 4, 15 bis 19, 21 und 31*: mit Präsenzmelder • im Übrigen: manuell Konstantlichtkontrolle/tageslichtabhängige Kontrolle: <ul style="list-style-type: none"> • in Zonen der Nutzungen 5, 9, 10, 14, 22.1 bis 22.3, 29, 37 bis 40*: Konstantlichtkontrolle gemäß DIN V 18599-4: 2018-09 Abschnitt 5.4.6 • in Zonen der Nutzungen 1 bis 4, 8, 12, 28, 31 und 36*: tageslichtabhängige Kontrolle, Kontrollart „gedimmt, nicht ausschaltend“ gemäß DIN V 18599-4: 2018-09 Abschnitt 5.5.4 (einschließlich Konstantlichtkontrolle) • im Übrigen: manuell
4.1	GEG 2020: Heizung (Raumhöhen ≤ 4 m) - Wärmeerzeuger GEGneu: Heizung allgemein - Wärmeerzeuger	Wärmeerzeugung über einen Referenzwärmeerzeuger (wie Fern- und Nahwärme berechnet), Gesamt-Primärenergiefaktor $f_{p,tot} = 0,8$ Brennwertkessel (verbessert, nach 1994) nach DIN V 18599-5: 2018-09, Erdgas, Aufstellung außerhalb der thermischen Hülle, Wasserinhalt > 0,15 l/kWh
4.2	GEG 2020: Heizung (Raumhöhen ≤ 4 m) – Wärmeverteilung GEGneu: Heizung allgemein - Wärmeverteilung	<ul style="list-style-type: none"> • <u>bei statischer Heizung und Umluftheizung (dezentrale Nachheizung in RLT-Anlage):</u> Zweirohrnetz, außen liegende Verteilleitungen im unbeheizten Bereich, innen liegende Steigstränge, innen liegende Anbindeleitungen, Systemtemperatur 55/45 °C, ausschließlich statisch hydraulisch abgeglichen, Δp const, Pumpe auf Bedarf ausgelegt, Pumpe mit intermittierendem Betrieb, keine Überströmventile, für den Referenzfall sind die Rohrleitungslängen und die Umgebungstemperaturen gemäß den Standardwerten nach DIN V 18599-5: 2018-09 zu ermitteln. • <u>bei zentralem RLT-Gerät:</u> Zweirohrnetz, Systemtemperatur 70/55 °C, ausschließlich statisch hydraulisch abgeglichen, Δp const, Pumpe auf Bedarf ausgelegt, für den Referenzfall sind die Rohrleitungslängen und die Lage der Rohrleitungen wie beim zu errichtenden Gebäude anzunehmen.
4.3	GEG 2020: Heizung (Raumhöhen ≤ 4 m) - Wärmeübergabe GEGneu: Heizung allgemein - Wärmeübergabe	<ul style="list-style-type: none"> • <u>bei statischer Heizung:</u> freie Heizflächen an der Außenwand (bei Anordnung vor Glasflächen mit Strahlungsschutz), Nennleistung der Heizungsanlage oder der kombinierten Raumheizungs- und Lüftungsanlage oder der Klimaanlage oder eine kombinierte Klima- und Lüftungsanlage ≤ 290 kW: P-Regler (zertifiziert) > 290 kW: PI-Regler mit Optimierung (zertifiziert); ausschließlich statisch hydraulisch abgeglichen, keine Hilfsenergie; ausschließlich statisch hydraulisch abgeglichen, P-Regler (nicht zertifiziert), keine Hilfsenergie • <u>bei Umluftheizung (dezentrale Nachheizung in RLT-Anlage):</u> Regelgröße Raumtemperatur, hohe Regelgüte.

Nr.	Bauteile/Systeme GEG	Referenz Nichtwohngebäude
4.4	<p>GEG 2020: Heizung (Raumhöhen > 4 m)</p> <p>GEGneu: Heizung mit Raumhöhen > 4 m für Nutzungen 22.1, 22.2, 22.3, 26 und 41 nach DIN V 18599 Teil 10</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Dezentrales Heizsystem:</u> Wärmeerzeuger gemäß DIN V 18599-5: 2018-09 Tabelle 52: - Dezentraler Warmlufterzeuger - nicht kondensierend - Leistung 25 bis 50 kW je Gerät - Energieträger Biomethan Erdgas - Leistungsregelung 2 (mehrstufig/modulierend mit Anpassung der Verbrennungsluftmenge) 1 (einstufig oder mehrstufig/modulierend ohne Anpassung der Verbrennungsluftmenge) • Wärmeübergabe gemäß DIN V 18599-5: 2018-09 Tabelle 16 und Tabelle 22: Warmluft mit zusätzlicher vertikaler Umwälzung (durch einen PI-Regler geregelte Umwälzung), Raumtemperaturregelung: Nennleistung der Heizungsanlage oder der kombinierten Raumheizungs- und Lüftungsanlage oder der Klimaanlage oder eine kombinierte Klima- und Lüftungsanlage - ≤ 290 kW: PI-Regler (zertifiziert) - > 290 kW: PI-Regler mit Optimierung (zertifiziert); Radialventilator, Auslass horizontal, ohne Warmluftrückführung, Raumtemperaturregelung P-Regler (nicht zertifiziert)
5.1	<p>Warmwasser - zentrales System</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Wärmeerzeuger:</u> gemeinsame Wärmebereitung mit Heizungsanlage allgemeine Randbedingungen gemäß DIN V 18599-8: 2018-09 Tabelle 6, Solaranlage mit Flachkollektor (nach 1998) zur ausschließlichen Trinkwassererwärmung nach DIN V 18599-8: 2018-09 mit Standardwerten gemäß Tabelle 19 bzw. Abschnitt 6.4.3, jedoch abweichend auch für zentral warmwasserversorgte Nettogrundflächen über 3.000 m² Restbedarf über Wärmeerzeuger der Heizung • <u>Wärmespeicherung:</u> indirekt beheizter Speicher nach DIN V 18599-8:2018-09, Aufstellung mit Wärmeerzeuger außerhalb der thermischen Hülle, separate Umwälzpumpe vorhanden bivalenter, außerhalb der thermischen Hülle aufgestellter Speicher nach DIN V 18599-8: 2018-09 Abschnitt 6.4.3 • <u>Wärmeverteilung:</u> mit Zirkulation, für den Referenzfall sind die Rohrleitungslänge und die Lage der Rohrleitungen wie beim zu errichtenden Gebäude anzunehmen.
5.2	<p>Warmwasser - dezentrales System</p>	<p>Elektronisch hydraulisch geregelter Elektro-Durchlauferhitzer, eine Zapfstelle und 6 Meter Leitungslänge pro Gerät bei Gebäudezonen, die einen Warmwasserbedarf von höchstens 200 Wh/(m²d) aufweisen</p>
6.1	<p>Raumluftechnik - Abluftanlage</p>	<p>spezifische Leistungsaufnahme Ventilator P_{SFP} = 0,4 1,0 kW/(m³/s)</p>

Nr.	Bauteile/Systeme GEG	Referenz Nichtwohngebäude																		
6.2	Raumluftechnik - Zu- und Abluftanlage	<ul style="list-style-type: none">• Luftvolumenstromregelung: Soweit für Zonen der Nutzungen 4, 8, 9, 12, 13, 23, 24, 35, 37 und 40* eine Zu- und Abluftanlage vorgesehen wird, ist diese mit bedarfsabhängiger Luftvolumenstromregelung Kategorie IDA-C6 gemäß DIN V 18599-7: 2018-09 Abschnitt 5.8.1 auszulegen. Alle übrigen Nutzungen: Kategorie IDA-C1.• Spezifische elektrische Leistungsaufnahme<ul style="list-style-type: none">- Basiswert Zuluftventilator (WRG, 1 Filter): $P_{SFP} = 275 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$- Basiswert Abluftventilator (WRG, 1 Filter): $P_{SFP} = 275 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$- Zuschläge je Ventilator und Bauteil, soweit vorhanden:<table><tr><td>WRG als KV-System</td><td>$\Delta P_{SFP} = 110 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$</td></tr><tr><td>Lufterhitzer</td><td>$\Delta P_{SFP} = 40 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$</td></tr><tr><td>Luftkühler</td><td>$\Delta P_{SFP} = 90 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$</td></tr><tr><td>Luftbefeuchter</td><td>$\Delta P_{SFP} = 30 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$</td></tr><tr><td>Schalldämpfer</td><td>$\Delta P_{SFP} = 40 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$</td></tr><tr><td>Zus. Filter bis ePM1 50 %</td><td>$\Delta P_{SFP} = 120 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$</td></tr><tr><td>ab ePM1 50 % und Sonstige</td><td>$\Delta P_{SFP} = 165 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$</td></tr><tr><td>Variabel-Volumenstromregler</td><td>$\Delta P_{SFP} = 100 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$</td></tr><tr><td>Luftkanalnetz mit Durchlässen</td><td>$\Delta P_{SFP} = 270 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$</td></tr></table>• Wärmerückgewinnung über Kreislauf-Verbund-System mit geregelter Pumpe; Rückwärmzahl Φ_{rec} bzw. $\eta_{t,comp} = 0,73$• bei geregelter Luftkonditionierung: Zulufttemperatur 20°C• Keine Qualitätssicherung: $f_{QS} = 1,0$• Spezifische Leistungsaufnahme:<ul style="list-style-type: none">- Zuluftventilator $P_{SFP} = 1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$- Abluftventilator $P_{SFP} = 1,0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$Erweiterte P_{SFP}-Zuschläge nach DIN EN 16798-3: 2017-11 Abschnitt 9.5.2.2 können für HEPA-Filter, Gasfilter sowie Wärmerückführungsbauteile der Klassen H2 oder H1 nach DIN EN 13053:2007-11 angerechnet werden.• Wärmerückgewinnung über Plattenwärmeübertrager: Temperaturänderungsgrad $\eta_{t,comp} = 0,6$ Zulufttemperatur 18°C Druckverhältniszahl $f_P = 0,4$• Luftkanalführung: innerhalb des Gebäudes• bei Kühlfunktion: Auslegung für $6/12^\circ\text{C}$, keine indirekte Verdunstungskühlung	WRG als KV-System	$\Delta P_{SFP} = 110 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$	Lufterhitzer	$\Delta P_{SFP} = 40 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$	Luftkühler	$\Delta P_{SFP} = 90 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$	Luftbefeuchter	$\Delta P_{SFP} = 30 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$	Schalldämpfer	$\Delta P_{SFP} = 40 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$	Zus. Filter bis ePM1 50 %	$\Delta P_{SFP} = 120 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$	ab ePM1 50 % und Sonstige	$\Delta P_{SFP} = 165 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$	Variabel-Volumenstromregler	$\Delta P_{SFP} = 100 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$	Luftkanalnetz mit Durchlässen	$\Delta P_{SFP} = 270 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$
WRG als KV-System	$\Delta P_{SFP} = 110 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$																			
Lufterhitzer	$\Delta P_{SFP} = 40 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$																			
Luftkühler	$\Delta P_{SFP} = 90 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$																			
Luftbefeuchter	$\Delta P_{SFP} = 30 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$																			
Schalldämpfer	$\Delta P_{SFP} = 40 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$																			
Zus. Filter bis ePM1 50 %	$\Delta P_{SFP} = 120 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$																			
ab ePM1 50 % und Sonstige	$\Delta P_{SFP} = 165 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$																			
Variabel-Volumenstromregler	$\Delta P_{SFP} = 100 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$																			
Luftkanalnetz mit Durchlässen	$\Delta P_{SFP} = 270 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$																			
6.3	Raumluftechnik - Luftbefeuchtung	für den Referenzfall ist die Einrichtung zur Luftbefeuchtung wie beim zu errichtenden Gebäude anzunehmen																		
6.4	Raumluftechnik - Nur-Luft-Klimaanlagen	<u>als kühllastgeregeltes Variabel-Volumenstrom-System ausgeführt:</u> Druckverhältniszahl: $f_P = 0,4$; konstanter Vordruck Luftkanalführung: innerhalb des Gebäudes																		
7	Raumkühlung	<ul style="list-style-type: none">• Kältesystem:<ul style="list-style-type: none">- Kaltwasser-Ventilator-konvektor, Brüstungsgerät- Kaltwassertemperatur $14/18^\circ\text{C}$• Kaltwasserkreis Raumkühlung:<ul style="list-style-type: none">- Überströmung 10 %- spezifische elektrische Leistung der Verteilung $P_{d,spz} = 20 \text{ 30-Wel}/\text{kW}_{Kälte}$- geregelte Pumpe, optimal adaptiert, Pumpe hydraulisch entkoppelt,- vollautomatisierter, bedarfsgesteuerter Betrieb saisonale sowie Nacht- und Wochenendabschaltung nach DIN V 18599-7: 2018-09, Anhang D																		

Nr.	Bauteile/Systeme GEG	Referenz Nichtwohngebäude
8	Kälteerzeugung	<p>Erzeuger: Kolben/Scrollverdichter mehrstufig schaltbar, EER = 3,30, R134a, außenluftgekühlt, kein Speicher, Baualterfaktor $f_{e,B} = 1,0$, Freikühlfaktor $f_{FC} = 1,0$</p> <p>Kaltwasser-Erzeugungstemperatur: - bei mehr als 3.500 5.000 m² mittels Raumkühlung konditionierter Nettogrundfläche, für diesen Konditionierungsanteil: 14/18 °C - im Übrigen: 6/12 °C</p> <p>Kaltwasserkreis Erzeuger inklusive RLT-Kühlung: ● Überströmung 30 % ● spezifische elektrische Leistung der Verteilung $P_{d,spez} = 15 \text{ } 20 \text{ W}_{el}/\text{kW}_{Kälte}$ ● hydraulisch abgeglichen, ● ungeregelter Pumpe, optimal adaptiert, Pumpe hydraulisch entkoppelt, ● vollautomatisierter, bedarfsgesteuerter Betrieb, ● saisonale sowie Nacht- und Wochenendabschaltung nach DIN V 18599-7: 2018-09, Anhang D, ● Verteilung außerhalb der konditionierten Zone.</p> <p>Der Primärenergiebedarf für das Kühlsystem und die Kühlfunktion der raumluftechnischen Anlage darf für Zonen der Nutzungen 1 bis 3, 8, 10, 16, 18 bis 20 und 31* nur zu 50 % angerechnet werden.</p>
9	Gebäudeautomation	<p>Nennleistung der Heizungsanlage oder der kombinierten Raumheizungs- und Lüftungsanlage oder der Klimaanlage oder eine kombinierte Klima- und Lüftungsanlage $\leq 290 \text{ kW}$: Klasse C nach DIN V 18599-11: 2018-09 $> 290 \text{ kW}$: Klasse B nach DIN V 18599-11: 2018-09 Klasse C nach DIN V 18599-11: 2018-09</p>
10	Photovoltaikanlage	<ul style="list-style-type: none"> ● PV-Kollektorfläche: 60 % der geeigneten Dachfläche** ● Batteriespeicher wie im ausgeführten Gebäude ● Kennwerte Module gemäß Standardwerten der DIN V 18599-9: 2018:09, kristallin, mäßig belüftet, monokristallines Silizium (ab 2017) <p>Berechnung PV-Ertrag gem. DIN V 18599-9: 2018:09</p>

* Nutzungen nach Tabelle 5 der DIN V 18599-10: 2018-09.

** Folgende Vorgaben sind alternativ als Ergänzung GEG Anlage 1 oder in GEG § 25 Berechnungsrandbedingungen aufzunehmen:

Die Größe der PV-Anlage (Module) entspricht 60 % der geeigneten Dachfläche. Als geeignete Dachfläche werden folgende Anteile an der gesamten Netto-Dachfläche angenommen: bei geneigten Dächern 80 % (ohne Nord-Orientierungen) und bei Flachdächern 60 %. Bei Flachdächern werden Module ost-west-orientiert mit einer Neigung von 10° angenommen, bei Steildächern wie beim zu errichtenden Gebäude.

Hinsichtlich der Eignung von Dachflächen für PV wird an dieser Stelle auf die Regelungen in der Baden-Württembergischen PVPf-VO verwiesen. Entsprechende Regelungen müssen analog im GEG formuliert werden.

4.3.3 Handlungsempfehlungen

Für die Fortschreibung des GEG wird empfohlen, eine neue Referenzanlagentechnik vorzugeben:

- Als Referenzausführungen der Anlagentechnik für Wohn- und Nichtwohngebäude werden Systeme vorgeschlagen, welche in Kombination mit dem baulichen Wärmeschutz (s. Abschnitt 4.1.6 und Abschnitt 4.1.7) zur Erfüllung der Anforderungen des ZEB führen (s. Abschnitt 5.4 und Abschnitt 6.4) und eine prinzipiell ausführbare Variante des zu errichtenden Gebäudes („baubares“ Referenzgebäude) darstellen.
- Die Komponenten der Referenzausführungen werden im Hinblick auf den Stand der Technik, aktuelle Planungspraxis und marktübliche Ausführungen angepasst.
- Bei Umsetzung der vorgeschlagenen Referenzausführungen in einem künftigen GEG ist zu beachten, dass Anpassungen auf die für 2025 vorgesehene Neufassung der Bilanzierungsnorm DIN/TS 18599 vorzunehmen sind.

4.4 Sommerlicher Wärmeschutz

4.4.1 Erläuterungen zur Anforderungssystematik

Hinsichtlich der Anforderungen zum sommerlichen Wärmeschutz wurde im GEG 2019 das Regelungskonzept der EnEV 2007 in der Fassung von 2013 übernommen (siehe dort Anlage 1 Nr. 3 sowie Anlage 2 Nr. 4). Das GEG formuliert dementsprechend selbst keine diesbezüglichen Anforderungen, sondern verweist in § 14 Abs. 1 bis 3 auf die in der DIN 4108-2:2013-02 aufgestellten Mindestanforderungen. Das Anforderungsniveau ist seit 2013 unverändert.

Grundsätzlich gelten Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz nach dem GEG nur für neu zu errichtende Wohn- oder Nichtwohngebäude bzw. für Erweiterungen von Bestandsgebäuden, die eine zusammenhängende Nutzfläche von mehr als 50 m² aufweisen. Bei der Nachweisführung wird unterschieden zwischen Wohn- und Nichtwohngebäuden. Die Nachweisführung zum sommerlichen Wärmeschutz ist unabhängig von der energetischen Bilanzierung nach DIN V 18599. Es gibt keinerlei Querbezüge zwischen den Mindestanforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz und dem bei Vorliegen einer Gebäudekühlung energetisch zu berücksichtigenden Energiebedarf für Kühlung. Nach DIN 4108-2 kann die Nachweisführung entweder über ein vereinfachtes Kennwertverfahren (Sonneneintragskennwerte) oder über thermische Simulationsrechnungen geführt werden. Bei dem Kennwertverfahren handelt es sich um ein vereinfachtes Nachweisverfahren, welches mittels Simulationsrechnungen und den für die geltende Anforderungsgröße und -höhe „kalibriert“ wurde. Diese Kalibrierung erfolgte seinerzeit auf Grundlage von Klimadaten (Testreferenzjahre), welche mittlere klimatische Verhältnisse für die Periode 1988 bis 2007 beschreiben [Deutscher Wetterdienst]. Für den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes ist Deutschland in die Klimaregionen A (sommerkühl), B (gemäßigt) und C (sommerheiß) eingeteilt, wobei jeweils ein definierter Klimadatensatz (Rostock für Klimaregion A, Potsdam für Klimaregion B und Mannheim für Klimaregion C) für den nachzuweisenden Standort auszuwählen ist.

Mit der Verpflichtung, die Anforderungen der genannten DIN einzuhalten, brachte schon das Energieeinsparrecht in der Vorgängerregelung der EnEV 2007 zum Ausdruck, dass baulicher Wärmeschutz grundsätzlich Vorrang vor technischer Gebäudekühlung haben soll. Es ist allerdings aus rechtlicher Sicht darauf hinzuweisen, dass dieser Vorrang durch das aus der EnEV 2013 übernommene spezielle Wirtschaftlichkeitsgebot des § 14 Abs. 4 GEG bei Gebäuden mit Klimaanlage relativiert wird. Nach § 14 Abs. 4 GEG sind bauliche Maßnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz gemäß DIN 4108-2:

2013-02 Abschnitt 4.3 bei Gebäuden mit Anlagen zur Kühlung nur erforderlich, wenn sich die investiven Aufwendungen in (zusätzliche) bauliche Wärmeschutzmaßnahmen durch Energieeinsparungen erwirtschaften lassen. In einem im Auftrag des Umweltbundesamtes erstellten Forschungsprojekt (Hutter et al. (2023), dort Klinski, S. 257 ff.) wird problematisierend darauf hingewiesen, dass dies in den betreffenden Fällen zur Umkehrung des an sich vorgesehenen Vorrangs baulicher Maßnahmen führt und einen Anreiz zur Kühlung mit Klimaanlageanlagen bietet. Das widerspricht auch dem Grundsatz „efficiency first“.

Im Rahmen des Forschungsprogramms Zukunft Bau wurde vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Auftrag des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) das Projekt „Weiterentwicklung von Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz“ (Maas et al. 2024) durchgeführt. Wesentliches Ziel der Projektbearbeitung bestand darin, die bestehende Anforderungssystematik zum sommerlichen Wärmeschutz „auf den Prüfstand zu stellen“ und in diesem Zusammenhang insbesondere Möglichkeiten einer Anpassung an den weiter voranschreitenden Klimawandel zu entwickeln, damit auch unter künftigen Klimarandbedingungen ein hinreichender sommerlicher Wärmeschutz sichergestellt werden kann. Der Schwerpunkt der Betrachtungen lag dabei auf der Betrachtung der in der DIN 4108-2 niedergelegten *technischen* Anforderungen. In dieser Hinsicht wurden in dem Projekt einige diesseits als sinnvoll oder zumindest bedenkenwert eingestufte Vorschläge entwickelt.

Im Folgenden wird der dort identifizierte Überarbeitungsbedarf der Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz gemäß DIN 4108-2 zusammenfassend wiedergegeben:

- **Klimadaten**

Für eine künftige Fassung der DIN 4108-2 wird empfohlen, anstelle der momentanen Einteilung Deutschlands in drei Klimaregionen einen ortsgenauen Nachweis einzuführen. Dafür sollten ortsgenaue Testreferenzjahre angewendet werden. Mittlerweile verfügbar sind Klimadaten, die in einer sehr hohen örtlichen Auflösung (Kilometerraster) klimatische Verhältnisse für Deutschland beschreiben. Aktuell befinden sich diese Datensätze durch den Deutschen Wetterdienst im Auftrag des BBSR in Überarbeitung. Neben aktuellen mittleren Klimadaten werden auch sog. **Zukunftsklimadaten** entwickelt. Um den weiter voranschreitenden Klimawandel in den Anforderungen zu berücksichtigen, wird empfohlen, auf diese Zukunftsklimadaten abzustellen. Nur so kann sichergestellt werden, dass auch unter künftigen klimatischen Verhältnissen ein hinreichender sommerlicher Wärmeschutz gewährleistet ist.

Ein großer Vorteil der Umstellung auf eine ortsbezogene Nachweisführung wird darin gesehen, dass hierdurch auch Stadtklimaeffekte berücksichtigt werden, was bisher nicht der Fall ist.

- **Anforderungsgröße und -höhe**

Auswertungen unter Ansatz von bereits verfügbaren Zukunftsklimadaten im Vergleich zu den nach DIN 4108-2:2013-02 aktuell der Nachweisführung zugrunde zulegenden Klimadaten zeigen, dass sich die thermische Beanspruchung unter künftigen klimatischen Verhältnissen deutlich verschärfen wird. Für Situationen, bei denen der gegenwärtige Anforderungswert (Übertemperaturgradstunden) unter Ansatz der aktuellen Testreferenzjahre gerade so eingehalten wird, kann unter Ansatz der Zukunftsklimadaten in etwa eine Verdoppelung festgestellt werden. Ursächlich verantwortlich dafür sind einerseits länger andauernde und häufiger auftretende Hitzeperioden. Gleichzeitig zeigen die Simulationsrechnungen unter künftigen Klimarandbedingungen um 1,5 bis 2 Grad erhöhten Raumtemperaturen unter ansonsten gleichen Randbedingungen.

Im Zusammenhang mit der Verwendung ortsgenauer Zukunftsklimadaten sollte eine neue Anforderungsgröße eingeführt werden. Die Ergebnisse der hierzu durchgeführten Untersuchungen führen zu der Empfehlung, **methodisch auf die Komfortbewertung nach DIN EN**

16798-1 umzustellen. Als Anforderungsgröße zeigen die Überschreitungshäufigkeiten der Obergrenzen der Komfortstufe II ($n_{\text{Kat.II}}$) die meisten Vorteile zu bieten, auch mit Blick auf eine perspektivische Fortschreibung der Anforderungen (ggf. differenziertere von unterschiedlichen Nutzungen). Hinsichtlich der Anforderungshöhe wird empfohlen, bezogen auf die tatsächliche Nutzungszeit eine höchstens zulässige prozentuale Überschreitung der Obergrenzen der Komfortstufe II zu formulieren. Auswertungen im Vergleich zur gegenwärtigen Anforderungsgröße und -höhe zeigen, dass die zulässige Überschreitungshäufigkeit zwischen 3 und 5 % der Nutzungszeit betragen sollte. Eine derartige Anforderungsformulierung hätte den Vorteil, dass die Anforderungssystematik selbst nicht umgestellt werden müssten, wenn sich klimatische Bedingungen ändern bzw. wenn neue Klimadatensätze verfügbar sind. Dies ist möglich, da es sich bei der Komfortbewertung nach DIN EN 16798-1 um ein Verfahren handelt, bei dem der thermische Komfort in einem Raum über dem gleitenden Mittelwert der Außentemperatur bewertet wird.

- **Differenzierung Nutzungen**

Exemplarische Auswertungen unter Zugrundelegung unterschiedlicher Nichtwohnnutzungsprofile zeigen, dass abhängig von den fallweise angesetzten Randbedingungen (interne Wärmequellen, Mindest-Außenluftvolumenstrom, Nutzungszeiten) sehr unterschiedliche thermische Beanspruchungen der Räume resultieren und diese Heterogenität der Nutzungen durch die Vorgabe einer "Standard-Nichtwohnnutzung" gemäß DIN 4108-2 nicht hinreichend berücksichtigt wird. Im Sinne einer zielführenden und den tatsächlichen Nutzungsrandbedingungen gerechten Nachweisführung zum sommerlichen Wärmeschutz sollte die Anforderungssystematik künftig eine differenziertere Behandlung der Nichtwohnnutzungen ermöglichen.

- **Nachweis sommerlichen Wärmeschutz im Bestand**

Im GEG 2024 ist eine Nachweisführung zum sommerlichen Wärmeschutz für Bestandsgebäude nicht vorgesehen. Perspektivisch sollte dies jedoch zumindest für umfangreiche Sanierungen analog zu den bereits bestehenden Regelungen nach BEG WG und BEG NWG vorgeschrieben werden. Insbesondere im Zusammenhang mit der noch zu erarbeitenden Definition eines $\text{ZEB}_{\text{Bestand}}$ sollte überprüft werden, ob und in welcher Form eine Nachweisführung zum sommerlichen Wärmeschutz Bestandteil eines $\text{ZEB}_{\text{Bestand}}$ sein soll.

4.4.2 Handlungsempfehlungen

Für die Fortschreibung des GEG bieten sich in Anknüpfung an die beiden genannten Forschungsprojekte grundsätzlich folgende Optionen an:

- Verweis auf die Regelungen zum sommerlichen Wärmeschutz gemäß DIN 4108-2, wie bisher. Hier besteht „die Gefahr“, dass bis zur nächsten Novellierung des GEG noch keine neue Fassung der DIN 4108-2 vorliegt, die eine o. g. umfassende Umstellung der Anforderungssystematik abbildet.
- Aufnahme der Anforderungen zum sommerlichen Wärmeschutz direkt in das GEG. Ein Verweis auf das durch DIN EN 16798-1 beschriebene Verfahren zur Komfortbewertung und die Benennung eines Anforderungsniveaus, z. B. in Form von 3 % zulässigen Überschreitungshäufigkeiten der Komfortstufe II wäre eine denkbare Alternative zu einem Verweis auf DIN 4108-2.
- Aufhebung von § 14 Abs. 4 GEG oder Änderung in dem Sinne, dass die Vorschrift nur anwendbar ist, wenn mit baulichen Maßnahmen sommerlichen Wärmeschutzes entsprechend der betreffenden DIN allein nicht sichergestellt werden kann, dass das Gebäude im Sommer ausreichend kühl gehalten wird.

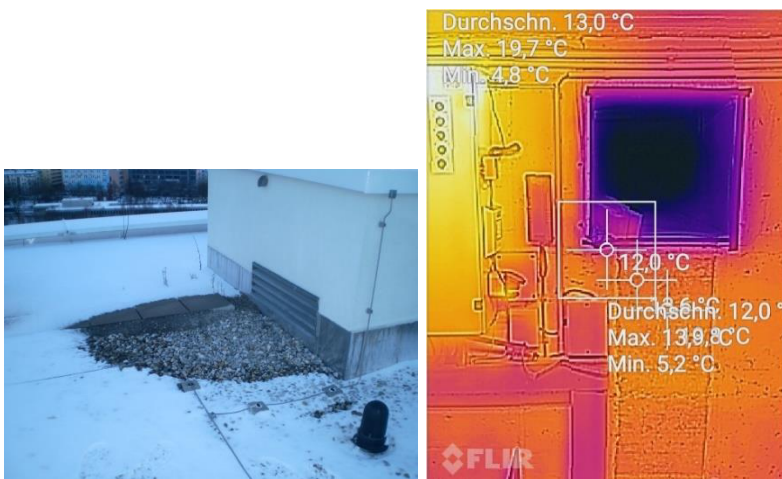
Hinsichtlich weiterer Einzelheiten sind vertiefende Überlegungen an anderer Stelle zu empfehlen.

4.5 Exkurs: Permanente Lüftungsöffnungen in Aufzugsschächten

Aufzugsschächte müssen belüftet, um die Luftzufuhr für Personen, eine Entrauchung Brandfall und eine Regulation der Feuchtigkeit sicherzustellen. Die Norm DIN EN 81-20 (Sicherheitsregeln für die Konstruktion und den Einbau von Aufzügen – Aufzüge für den Personen- und Gütertransport – Teil 20: Personen- und Lastenaufzüge) formuliert Anforderungen an die Belüftung von Aufzugsschächten.

In der Musterbauordnung ist eine Lüftungsöffnung von 2,5 % der Grundfläche des Aufzugsschachtes, mindestens jedoch 0,1 m², vorgeschrieben. Die einfachste und meist anzutreffende Variante hierfür ist eine permanente Öffnung nach außen am Schachtkopf (siehe Abbildung 4-11).

Abbildung 4-11: Beispiele für permanente Lüftungsöffnungen an Aufzugsschächten von außen und innen



Quelle: Links, © B. A. S. E. Gebäudetechnik; rechts, © D + H Mechatronic

4.5.1 Alternative: Abschluss mit automatischem Verschluss

Für die verschiedenen Funktionen der Aufzugsschachtbelüftung ist jedoch eine dauerhafte Öffnung nicht zwingend notwendig. Die Musterbauordnung erlaubt auch einen Abschluss der Öffnung mit einem automatischen Verschluss: „Diese Öffnung darf einen Abschluss haben, der im Brandfall selbsttätig öffnet und von mindestens einer geeigneten Stelle aus bedient werden kann“ (§ 39 Abs. 3 Musterbauordnung: Aufzüge).

Automatisierte Systeme zur Rauchableitung und Lüftung sind seit über zehn Jahren verfügbar. Diese bestehen aus einer verschließbaren Klappe, die bei Bedarf über eine Steuerungseinheit automatisch geöffnet wird (siehe Abbildung 4-12). Eine Öffnung per Handsteuerung ist ebenfalls möglich. Zusätzlich zu Rauchsensoren, kann die Lüftung je nach System auch durch Schaltuhren und Temperatur- oder Feuchtigkeitssensoren an den Bedarf angepasst werden.

Abbildung 4-12: Beispiel für Elemente eines Systems zur automatischen Aufzugsschachtbelüftung



Quelle: © B.A.S.E. Gebäudetechnik

Eingesetzt werden diese Systeme bisher nahezu ausschließlich beim Einbau von neuen Aufzugsanlagen – aber auch hier ist die Marktdurchdringung nach Einschätzungen aus der Branche bisher noch überschaubar¹. Eine Nachrüstung im Bestand findet bisher offenbar kaum statt.

4.5.2 Hohe Energieverluste durch permanente Lüftungsöffnungen

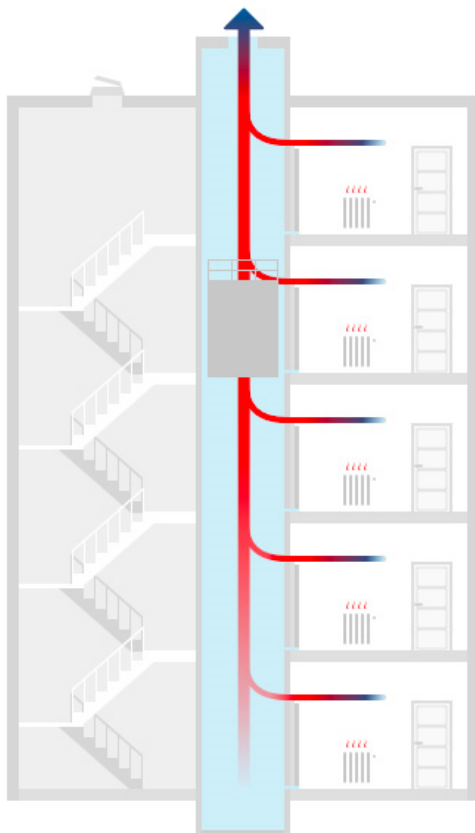
Wenn beheizte Luft durch die Spalten der Aufzugstüren in den Schacht und von dort durch die permanente Lüftungsöffnung nach außen strömt, entstehen erhebliche Energieverluste. Die warme Luft erfährt im Schacht einen Auftrieb und kühlere Luft strömt von außen nach – es entsteht insbesondere in Gebäuden mit geringerer Luftdichtigkeit ein Kamineffekt (siehe Abbildung 4-13). Auch die Bewegung der Aufzugskabine kann warme Luft in Richtung der Lüftungsöffnung drücken.

Die Höhe des Energieverlustes hängt zum einen von der Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenluft, aber auch von den Gegebenheiten des Gebäudes bzw. des Aufzuges, wie der Schachthöhe, der Spaltbreite der Aufzugstüren, der Luftdichtheit des Gebäudes und der Nutzungsfrequenz des Aufzuges ab.

Wenn sich der Aufzugsschacht in einem beheizten Bereich befindet – etwa in einer Hotellobby, in einem Krankenhaus- oder Büroflur – sind die Wärmeverluste höher. Somit sind entsprechende Nichtwohngebäude stärker betroffen.

¹ Einschätzungen aus einem Stakeholderworkshop zum Thema Aufzugsschachtbelüftung im Rahmen des Projektes „Wissenschaftliche Untersuchung zur Steigerung der produktbezogenen Energieeffizienz“ für das BMWi am 25.03.2021 gingen von unter 25 % in Neubauten aus.

Abbildung 4-13: Illustration des Wärmeverlustes durch den Kamineffekt in einem Aufzugsschacht



Quelle: © D + H Mechatronic

4.5.3 Beispiele aus der Praxis

Durch eine Messung des Volumenstroms der durch die Lüftungsöffnung ausströmenden Luft und der Innen- und Außentemperatur kann der Energieverlust bestimmt werden. Beispiele aus der Praxis für Nichtwohngebäude weisen auf ein enormes Energie-Einsparpotenzial hin:

- Krankenhaus mit fünfgeschossigem Doppelaufzug: Energieverlust von 11.264 kWh_{therm} über den Monat Dezember¹.
- Bürogebäude mit fünfgeschossigem Aufzug im beheizten Treppenhaus: Wärmeverlustleistung von 3,7 kW_{therm} bei einer Temperaturdifferenz zwischen Innen und Außen von etwa 10 K².
- Bürohochhaus mit 10 Aufzügen: Einsparung von 550.000 kWh_{therm} pro Jahr³

Auch für Wohngebäude zeigt eine aktuelle Untersuchung relevante Einsparpotenziale durch eine Nachrüstung auf (Grinewitschus und Roßhoff 2023). Die Wärmeverluste an den Lüftungsöffnungen der Aufzüge von zwei vergleichbaren Mehrfamilienhäusern mit 10 Halten (Keller, Erdgeschoss und 8

¹ Messergebnis von D+H Mechatronic.

² Nickel, G. Ermittlung des tatsächlichen Verlustes von Wärmeenergie an Rauchabzugsöffnungen von Aufzugsanlagen durch Messung. Personenaufzug im beheizten Treppenhaus eines Bürogebäudes

³ ZVEI (ed): RWA aktuell Energieoptimierte Lüftung und Entrauchung von Aufzugsschächten Nachdruck 04/2017

Obergeschosse) wurden über eine bzw. zwei Wochen vermessen und auf die Heizperiode 2022/2023 hochgerechnet. In einem der Gebäude wurde die Hüllfläche (Fassade, Fenster, Dach) nachträglich gedämmt.

Die gemessenen Wärmeverluste betrugen:

- Unsaniertes Wohngebäude (8 Obergeschosse):
 - ca. 340 kWh_{therm} in einer Woche bei durchschnittlich ca. 4°C
 - ca. 7950 kWh_{therm} bei Extrapolation auf Heizperiode 2022/2023
- Saniertes Wohngebäude (8 Obergeschosse):
 - ca. 190 kWh_{therm} in einer Woche bei durchschnittlich ca. 4°C
 - ca. 5280 kWh_{therm} bei Extrapolation auf Heizperiode 2022/2023

Bei den untersuchten Wohngebäuden besteht die Besonderheit, dass es eine zweite permanente Lüftungsöffnung im mit dem Aufzugsschacht verbundenen Technikraum gibt. Die gesamten Wärmeverluste unter Berücksichtigung dieser zweiten Lüftungsöffnung bzw. möglichen Einsparungen bei Verschluss beider Öffnungen sind daher vermutlich noch größer.

Der ZVEI geht von einem durchschnittlichen Wärmeverlust von 15.000 kWh_{therm} pro Aufzug aus (ZVEI und GIH 2021).

4.5.4 Abschätzung der Amortisationszeit bei Umrüstung

Im Regelfall kann von erheblichen Energie- und Kosteneinsparungen durch die Nachrüstung eines automatisierten Verschlusses der Lüftungsöffnungen ausgegangen werden. Da die Höhe der Einsparungen von den konkreten Gegebenheiten des Gebäudes/Aufzuges abhängen, wird die Amortisationszeit hier für eine Bandbreite möglicher Einsparungen abgeschätzt.

Aufgrund der Messergebnisse aus der Praxis und theoretischer Berechnungen wird eine realistische Bandbreite der möglichen Einsparungen pro Aufzug angenommen:

- Einsparung Nutzenergie Wärme: ca. 5.000 kWh_{therm} – 25.000 kWh_{therm} pro Jahr

Um diese Nutzenergie zu erzeugen, muss eine größere Menge an Endenergie eingesetzt werden. Unter der Annahme von 15 % Verlusten ergibt sich die folgende Endenergieeinsparung:

- Einsparung Endenergie: ca. 6.000 kWh – 29.000 kWh pro Jahr

Bei angenommen Heizkosten von 10 ct/kWh ergeben sich damit die folgenden jährlichen Kosteneinsparungen:

- Jährliche Einsparung Heizkosten: ca. 600 € - 2900 €

Die Kosten für die Nachrüstung werden nach Herstellerangaben abgeschätzt:

- Systeminvestition: ca. 4000 € - 6000 €

- Erneuerung Klappenmotor (etwa alle 10 Jahre): ca. 600 € - 900 €
- Jährliche Wartungskosten: ca. 300 € - 400 €

Eine einfache Gegenrechnung von jährlichen Einsparungen und Kosten – noch ohne Berücksichtigung von Inflation, steigenden Energiepreisen und Zinseffekten – zeigt demnach für die Amortisationszeit eine Bandbreite zwischen ca. zwei bis dreizehn Jahren.

4.5.5 Potenzial der Nachrüstung

Der Bestand an Aufzügen in Deutschland beträgt ca. 815.000 (Dispan 2022), wovon ca. 675.000 VDMA (2023) Personenaufzüge sind. Im Jahr 2021 wurden etwa 24.000 neue Aufzüge in neu gebauten Gebäuden oder als Ersatz für existierende Aufzüge in Bestandsgebäuden eingebaut.

Aufgrund der bisher kaum stattfindenden Nachrüstung, kann davon ausgegangen werden, dass nur solche Aufzüge über eine Belüftungsklappe verfügen, die bereits bei ihrer Installation damit ausgerüstet wurden. Als grobe Schätzung wird angenommen, dass dies bei ca. 5 % des Gesamtbestandes der Fall ist.

Die mögliche Anzahl von sinnvoll nachrüstbaren Aufzügen reduziert sich weiter um Aufzüge in unbeheizten Gebäuden, und im Einzelfall durch technische Limitierungen.

Als grobe Schätzung wird hier von ca. 600.000 nachrüstbaren Aufzugsschächte ausgegangen. Bei einer angenommenen Bandbreite der möglichen Wärmeenergieeinsparung von 5.000 kWh_{therm} – 15.000 kWh_{therm} pro Aufzugsschacht, ergibt sich ein Potenzial für Einsparungen bei der Nutzenergie von ca. 3 TWh_{therm} – 9 TWh_{therm}. Bei Umwandlungsverlusten von 15 % ergibt sich ein Potenzial für Endenergieeinsparungen im Bereich von ca. 3,5 TWh – 11 TWh.

4.5.6 Handlungsempfehlungen

Aus den Analysen entsteht ein Handlungsbedarf für die Regelungen im GEG. Zum einen sollte eine Klarstellung erfolgen, dass eine Belüftungsklappe für Aufzugsschächte für Luftdichtheit notwendig ist. Die Luftdichtheit von Neubauten ist in § 13 GEG geregelt:

„§ 13 GEG - Dichtheit

Ein Gebäude ist so zu errichten, dass die wärmeübertragende Umfassungsfläche einschließlich der Fugen dauerhaft luftundurchlässig nach den anerkannten Regeln der Technik abgedichtet ist. Öffentlich-rechtliche Vorschriften über den zum Zweck der Gesundheit und Beheizung erforderlichen Mindestluftwechsel bleiben unberührt.“

Diese Formulierung lässt Spielraum für Aufzugsschächte mit permanenten Lüftungsöffnungen. Eine Ergänzung könnte klarstellen, dass die Belüftung von Aufzugsschächten nach aktuellem Stand der Technik mit einem verschließbaren Abschluss auszuführen ist. ZVEI und GIH (2021) machen dafür folgenden sinnvollen für § 13 GEG mit einem neu ergänzten Satz 2:

„Ein Gebäude ist so zu errichten, dass die wärmeübertragende Umfassungsfläche einschließlich der Fugen dauerhaft luftundurchlässig nach den anerkannten Regeln der Technik abgedichtet ist. Aufzugsschächte müssen einen der Energieeinsparung dienenden Abschluss haben, der die bauordnungsrechtlichen Anforderungen erfüllt, insbesondere im Brandfall selbsttätig

öffnet. Öffentlich-rechtliche Vorschriften über den zum Zweck der Gesundheit und Beheizung erforderlichen Mindestluftwechsel bleiben unberührt.“

Der Vollständigkeit halber werden an dieser Stelle auch Empfehlungen für die Weiterentwicklung der Anforderungen in Bestandsgebäuden dokumentiert.

Da das größte Einsparpotenzial bei Aufzugsschächten im Bestand liegt, und in vielen Fällen von einer geringen Amortisationszeit ausgegangen werden kann, wäre eine Nachrüstpflicht analog zur bisherigen Regelung für die Dämmung der obersten Geschossdecke in § 47 GEG sinnvoll.

Ein Formulierungsvorschlag des ZVEI und GIH (2021) für einen entsprechenden neuen Absatz in § 47 lautet:

„Eigentümer eines Gebäudes, das nach seiner Zweckbestimmung jährlich mindestens vier Monate auf Innentemperaturen von mindestens 19 Grad Celsius beheizt werden, müssen dafür sorgen, dass Aufzugsschächte einen der Energieeinsparung dienenden Abschluss haben, der die bauordnungsrechtlichen Anforderungen erfüllt, insbesondere im Brandfall selbsttätig öffnet. Die Frist zur Pflichterfüllung beträgt vier Jahre nach dem [Datum].“

Von ZVEI und GIH (2021) wird außerdem eine Frist zur Nachrüstung mit Belüftungsklappen von vier Jahren für alle beheizten Gebäude mit Aufzügen vorgeschlagen. Da davon ausgegangen werden kann, dass die Energieverluste in Nichtwohngebäuden und höheren Wohngebäuden größer sind als in niedrigeren Wohngebäuden, könnte auch eine gestufte Frist angewendet werden.

Beispielsweise könnte eine Frist von vier Jahren für alle Nichtwohngebäude und Wohngebäude mit sechs oder mehr Obergeschossen gelten, und eine Frist von sechs Jahren für niedrigere Wohngebäude.

Im Regelfall sollte eine Nachrüstung wirtschaftlich sein. Um Einzelfälle, in denen z.B. aufgrund technischer Gegebenheiten eine Nachrüstung mit unzumutbaren Kosten verbunden ist, von der Verpflichtung zur Nachrüstung auszunehmen, könnte die Nachrüstpflicht nur bei gegebener Wirtschaftlichkeit greifen.

5 Modellierung der baubaren Referenzgebäude: Wohngebäude

Um die energetischen, ökonomischen und ökologischen Auswirkungen des neuen vorgeschlagenen Anforderungssystems und seiner Parametrierung zu quantifizieren, werden im Folgenden Ergebnisse von Berechnungen für verschiedene Beispielgebäude dargestellt. Dies geschieht für Wohngebäude (Kapitel 5) und Nichtwohngebäude (Kapitel 6).

5.1 Methodik

Die **energetischen** und **ökonomischen** Untersuchungen erfolgen zweistufig, d.h. zunächst werden für die neuen Anforderungsgrößen und Referenzfestlegungen die Gebäude energetisch bewertet, anschließend werden Wirtschaftlichkeitsberechnungen angestellt und das ZEB-Konzept auf etwaigen Anpassungsbedarf überprüft.

Die **Wirtschaftlichkeitsberechnung** erfolgt auf Grundlage einer vollständigen annuitätischen Bewertung (VDI 2067). Hierbei werden sowohl die energiebedingten Kostenanteile als auch die nicht energiebedingten Kosten berücksichtigt.

Neben dem Hauptteil der Auswertung über die gesamte Breite der Variationen (siehe Erläuterungen zu Methodik, Variantenbildung und Szenarien im Folgenden) werden einzelne Aspekte an ausgewählten Fällen untersucht und im Abschnitt zu **Sensitivitäten** (Kapitel 5.3) zusammengestellt. Bei der Variantenbildung und den Berechnungen werden für verschiedene Beispielgebäude folgende Aspekte berücksichtigt.

- Referenzausführung GEG 2024, Eff I und Eff II (Eff I und Eff II bezeichnen die beiden betrachteten Wärmeschutz- bzw. Effizienzniveaus aus Kapitel 4.1.6 und 4.1.7). Die Gebäude (Hülle und Anlagentechnik) werden jeweils nach **aktueller** Referenzausführung (GEG 2024) und nach der hier vorgeschlagenen **neuen** Referenzausführung mit zwei Varianten des Wärmeschutzniveaus (Eff I und Eff II) modelliert und berechnet. Aus den Ergebnissen dieser Referenzgebäude leiten sich jeweils die Anforderungsgröße und das Anforderungsniveau für die drei Fälle ab (GEG, Eff I und Eff II).
- Anforderungsgrößen
 - Für das aktuelle GEG 2024 sind zwei Anforderungsgrößen relevant, d.h. der Jahres-**Primärenergiebedarf** (nicht erneuerbarer Anteil) $q_{p,ne}$ [kWh/(m²a)] und der spezifische **Transmissionswärmetransferkoeffizient** $H_{T'}$ [W/(m²K)].
 - Für das neue Anforderungsniveau werden in Kapitel 3 unterschiedliche Größen vorgestellt und diskutiert. Im Rahmen der Bearbeitung erfolgen Anpassungen an unterschiedliche Diskussionsstände; die hier dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf den Jahres-**Primärenergiebedarf gesamt** $q_{p,tot}$, also inklusiv der erneuerbaren Anteile, sowie den **Heizwärmebedarf** vor Iteration $q_{h,b,0}$ [kWh/(m²a)].

- Anforderungsniveaus
 - Im GEG 2024 liegt das Anforderungsniveau für $q_{p,ne}$ bei **55 %** des Wertes, der sich für die Referenzausführung ergibt. Bei H_T' gilt der Wert des Referenzgebäudes, also **100 %**.
 - Für das neu vorgeschlagene Anforderungsniveau gilt das Ergebnis der Referenzausführung als Grenzwert für beide Anforderungsgrößen, also jeweils **100 %**.
- Erfüllungsoptionen

Für die sogenannten Erfüllungsoptionen werden die Gebäude mit unterschiedlichen Ausführungen der Gebäudehülle und Anlagentechnik modelliert, um die Auswirkungen der Einhaltung der Anforderungswerte für unterschiedliche Systeme zu quantifizieren. Dabei werden

 - verschiedene anlagentechnische Systeme (Heizen, Trinkwassererwärmung, Lüften) variiert sowie
 - der bauliche Wärmeschutz insofern angepasst, dass die Grenzwerte der Anforderungsgrößen erreicht werden (Kalibrierung).
- Kalibrierung

Durch die Kalibrierung werden die Erfüllungsoptionen so angepasst, dass die Anforderungen (gerade so) eingehalten werden (kleiner oder gleich Grenzwert). Dabei erfolge eine Anpassung des baulichen Wärmeschutzes, so dass die Auswirkungen des Systemwechsels auf die energetische Bewertung kompensiert wird, unter Berücksichtigung zweier zusätzlicher Restriktionen, d.h.

 - die Verbesserung der Gebäudehülle erfolgt nur bis zu einer **unteren Schwelle**, siehe Tabelle 5-1, da eine weitere Absenkung der Kennwerte als nicht baubar bzw. nicht wirtschaftlich angesehen wird (nicht baubar bzw. nicht wirtschaftlich bedeutet in diesem Zusammenhang, dass bei weitergehender Verbesserung der U-Werte aus baupraktischer Perspektive eine unverhältnismäßige Erhöhung der Dämmschichtdicken erforderlich wären, die mit nur unwesentlichen weiteren Reduzierungen des Wärmebedarfs verbunden sind und sich somit auch nicht wirtschaftlich darstellen lassen. Konsequenz: es kann zu einer **Nicht-Erfüllung** der Anforderungen kommen).
 - Die Verschlechterung der Gebäudehülle erfolge nur bis zu einer **oberen Schwelle**, siehe Tabelle 5-1, welche sich an den Höchstwerten für Änderungen an Bestandsgebäuden gemäß GEG 2024 Anlage 7 (Konsequenz: es kann zu einer **Über-Erfüllung** der Anforderungen kommen) orientiert.
- Gegenüberstellung

Bei allen drei Anforderungsniveaus erfolge eine Gegenüberstellung der jeweiligen Werte für die Referenzausführung und die Erfüllungsoptionen. Die Diagramme (siehe Dashboards im folgenden Abschnitt) stellen die Grenzwerte der Anforderungsgrößen z.T. als horizontale Linien dar.

Tabelle 5-1: Variation Gebäude (Wohn- und Nichtwohnnutzung) – untere Schwelle sowie obere Schwelle (z.T. gem. GEG 2024 Anlage 7)

Gebäude/ Variante	Außen- wand	Außentür	Dach steil	Dach flach	oberste Geschoß- decke	unterer Abschluss	Fenster Fassade	Fenster Dach	Fenster	Wärme- brücken	Luftdicht- heit
Wert/Einheit	U [W/(m²K)]	U [W/(m²K)]	U [W/(m²K)]	U [W/(m²K)]	U [W/(m²K)]	U [W/(m²K)]	U [W/(m²K)]	U [W/(m²K)]	g [-] / [-]	DU _{WB} [W/(m²K)]	n ₅₀ [h⁻¹]
untere Schwelle	0,10	0,8	0,10	0,10	0,10	0,14	0,75	0,8	0,5	0,02	1,0
obere Schwelle	0,24	1,8	0,24	0,20	0,24	0,30	1,3	1,4	0,6	0,05	1,0

5.1.1 Variantenbildung und Szenarien

Die Beschreibung der Methodik im vorhergehenden Abschnitt zeigt, dass für die Berechnungen unterschiedliche Variantenbildungen vorgenommen werden. Neben den U-Wert-Sätzen der Referenzausführungen und den definierten unteren und oberen Schwellen können die Varianten wie folgt zusammengefasst werden.

Die Bandbreite der untersuchten Gebäudetypen umfasst für Wohngebäude

- 3 Ein-/Zweifamilienhäuser (freistehend, einseitig und zweiseitig angebaut) und
- 2 Mehrfamilienhäuser mit 6 bzw. 40 Wohneinheiten.

Die Variation der Anlagensysteme bezieht sich im Wesentlichen auf die Erzeugungsart für Heizung und Trinkwassererwärmung sowie die Art der mechanischen Lüftung. Zusammenfassend werden folgende neun Systeme unterschieden:

1. Luft-Wasser-Wärmepumpe (LuftWP)
2. Sole-Wasser-Wärmepumpe (SoleWP)
3. feste Biomasse (Pellet)
4. Fernwärme (Fernwärme oder FW)
5. Biogas-Brennwertkessel (BiogasBW)
6. Elektro-Direktheizung (E-Direkt)
7. Fernwärme zusätzlich mit Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (90 % WRG)
8. BiogasBW zusätzlich mit Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (90 % WRG)
9. E-Direkt zusätzlich mit Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (90 % WRG)

Bei den ersten sechs Systemen ohne Nennung der Lüftungsart wird eine Abluftanlage gemäß (bisheriger bzw. neuer) Referenzausführung angesetzt. Die nachfolgende Zusammenfassung dokumentiert ausgewählte Randbedingungen zur Systemkonfiguration.

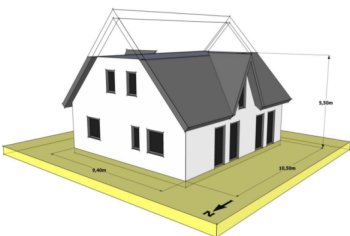

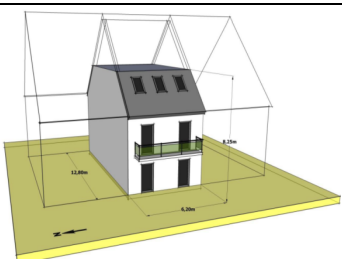

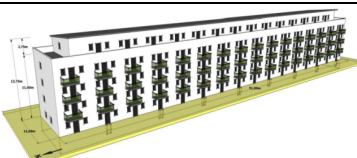
- Die **Wärmeübergabe** der Heizung erfolgt je nach System
 - ohne Wärmepumpe über Heizkörper (P-Regler, zertifiziert),
 - mit Wärmepumpe über Flächenheizungen (PI-Regler, zertifiziert) bzw.
 - Elektro-Direktheizung über Heizflächen (Zweipunktregler, zertifiziert).
- Bei der **Wärmeverteilung** der Heizung werden folgende Netztypen angesetzt:
 - ohne Wärmepumpe im EFH Typ I (Etagenring) und im MFH Typ III (Steigstrang)
 - mit Wärmepumpe Typ IIb (Etagenverteilung Fußbodenheizung).
- Die Netztypen bei der **Trinkwassererwärmung** umfassen
 - für zentrale Systeme Typ I (Steigstrang, mit Zirkulation) und
 - für dezentrale elektrische Systeme Typ III.
- Die **dezentrale Wärmeerzeugung** erfolgt mittels Elektro-Direktheizung in Verbindung mit einem elektronisch geregelter Elektro-Durchlauferhitzer für die Trinkwassererwärmung; die **zentrale Wärmeerzeugung** erfolgt kombiniert für Heizung und Trinkwassererwärmung.
- Die **Systemtemperaturen und Betriebsweisen** bei dezentralen Wärmeerzeugungssystemen sind wie folgt konfiguriert:
 - Wärmepumpen mit Systemtemperaturen 35/28 °C, Sole-Wasser-Wärmepumpen monovalent, Luft-Wasser-Wärmepumpen bivalent teilparallel und
 - die weiteren indirekten Systeme (Fernwärme, Pellet, Biogas-Brennwert) mit Systemtemperaturen von 55/45 °C.
- Bei der **Lüftungstechnik** kommen folgende zentralen Systeme (DC-Motoren, Ganzjahresbetrieb) zum Einsatz:
 - Abluftanlagen bedarfsgeführt (Zonen mit Außenluftdurchlässen ALD) oder

- Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnungsgraden von 90 % (Zonen ohne ALD).
- Der Einsatz von **Solarthermie** wird nicht betrachtet.
- Für die Fälle mit Anrechnung von erzeugtem und selbstgenutztem **PV-Strom** gelten folgende Randbedingungen (siehe auch Herleitung in Kapitel 4.2):
 - Größe der PV-Anlage (Module) entspricht 60 % der geeigneten Dachfläche
 - als geeignete Dachfläche werden für die Modellgebäude folgende Anteile an der gesamten Dachfläche angenommen: bei geneigten Dächern 80 % (ohne Nord-Orientierungen) und bei Flachdächern 60 %
 - bei Flachdächern werden Module ost-west-orientiert mit einer Neigung von 10° angenommen
 - Batteriespeicher werden nicht berücksichtigt.
- Die **Berechnung** des produzierten PV-Stroms und der anrechenbaren Eigennutzung erfolgt gemäß DIN V 18599-9. Dabei wird der **Nutzerstrom** (Anwendungsstrombedarf $q_{el,b} = 63 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{d})$ gemäß DIN V 18599-10)
 - bei der energetischen Bewertung nicht mit bilanziert und
 - bei der Bewertung der Wirtschaftlichkeit zusammen mit dem eingespeisten Anteil mit saldiert.

5.1.2 Modellgebäude (Wohnnutzung)

Die Modellgebäude sind der Modellgebäudedatenbank des Zentrums für Umweltbewusstes Bauen entnommen (Klauß und Kirchhof 2010). Die wesentlichen Merkmale der verwendeten Modellgebäude sind Tabelle 5-2 zu entnehmen.

Tabelle 5-2: Modellgebäude (Wohnnutzung) Gebäudedaten

Wert/Einheit	beheiztes Volumen V_e [m ³]	beheizte Nutzflä- che A_N [m ²]	wärmetau- schende Hüllfläche A [m ²]	Anzahl Wohnein- heiten	Keller vorhan- den	Keller Beheizung
Einfamilienhaus freistehend EFHklein_mKe	735,0	235,2	472,7	1-2	ja	beheizt
						
Doppelhaushälfte DHHsued_oKe	450,0	144,0	305,5	1	nein	-
						
Reihenmittelhaus RMH_mKe	819,0	262,1	270,4	1-2	ja	beheizt
						
Mehrfamilienhaus MFHklein_uKe	1.480,0	473,6	837,0	6	ja	unbeheizt
						
Mehrfamilienhaus MFHgross_uKe	11.910,0	3.811,2	4.758,0	40	ja	unbeheizt
						

Quelle Bilder: Klauß und Kirchhof (2010)

5.1.3 Randbedingungen der Wirtschaftlichkeitsanalyse

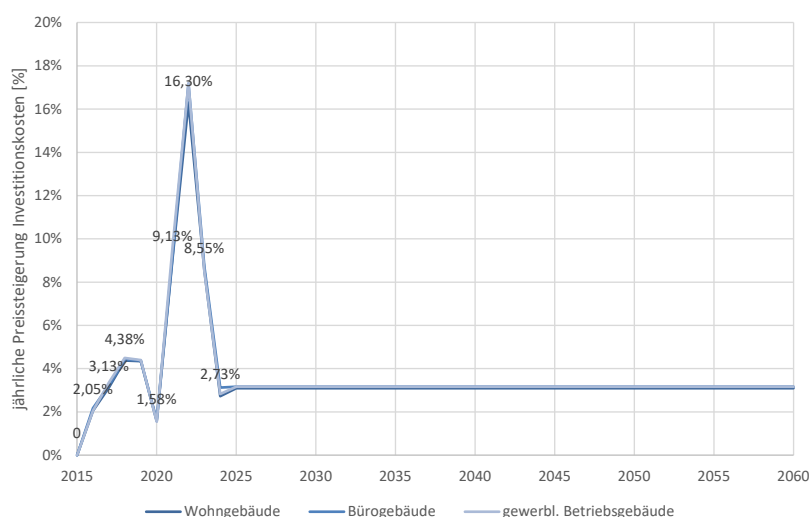
In diesem Abschnitt erfolgt die Zusammenstellung von Randbedingungen der Wirtschaftlichkeitsanalyse für Wohngebäude. Die Angaben zur Preissteigerung, zu Energiekosten sowie zu weiteren Randbedingungen gelten auch für die Betrachtungen bei Nichtwohngebäuden in Abschnitt 6.1.3.

Detaillierte Hintergründe zu grundlegenden Ansätzen der Wirtschaftlichkeitsanalyse sind in der Vorgängerstudie „Kurzgutachten zur Überarbeitung von Anforderungssystemen und Standards im Gebäudeenergiegesetz für Neubauten sowie Bestandsgebäude einschl. der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für Neubauten und Bestandsgebäude“ (ifeu et al. 2022) dokumentiert. Diese umfassen u. a. die Erläuterung der Methodik des Berechnungsverfahrens und die Angaben zur Bestimmung der Investitionskosten.

Preissteigerung

Die Ermittlung der Preissteigerungs-Raten für die Investitionskosten erfolgt für die aktuellen Jahre auf Grundlage der Preisindizes des Statistischen Bundesamts (Destatis o.D.) über eine Mittelwertbildung der Quartalswerte (bis 2024 Quartal II). Für den Blick in die Zukunft wird der Mittelwert der Jahre 2016 bis 2020 verwendet. Der zeitliche Verlauf für Wohn- und Nichtwohngebäude ist in Abbildung 5-1 bis zum Jahr 2060 dargestellt. Die Unterschiede bei den drei Linien sind marginal und daher kaum erkennbar, sie liegen weitgehend übereinander. Die angegebenen Datenbeschriftungen beziehen sich auf die Wohngebäude.

Abbildung 5-1: Jährliche Preissteigerung Investitionskosten



Quelle: IBH

Energiekosten

Die für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit (nach VDI 2067) angesetzten Energiepreise sind in Tabelle 5-3 und Abbildung 5-2 zusammengefasst. Dort sind für Grundpreis [€/a] und Arbeitspreis [€/kWh] jeweils angegeben

- der Preis für das Jahr der Investition („Jahr Invest“ angegeben, hier 2024),
- die Preissteigerung als geometrischer Mittelwert ausgehend von diesem Jahr für die Länge des Betrachtungszeitraums (hier 30 Jahre) und
- der sich daraus ergebende mittlere Energiepreis über den Betrachtungszeitraum („Zeitraum“).

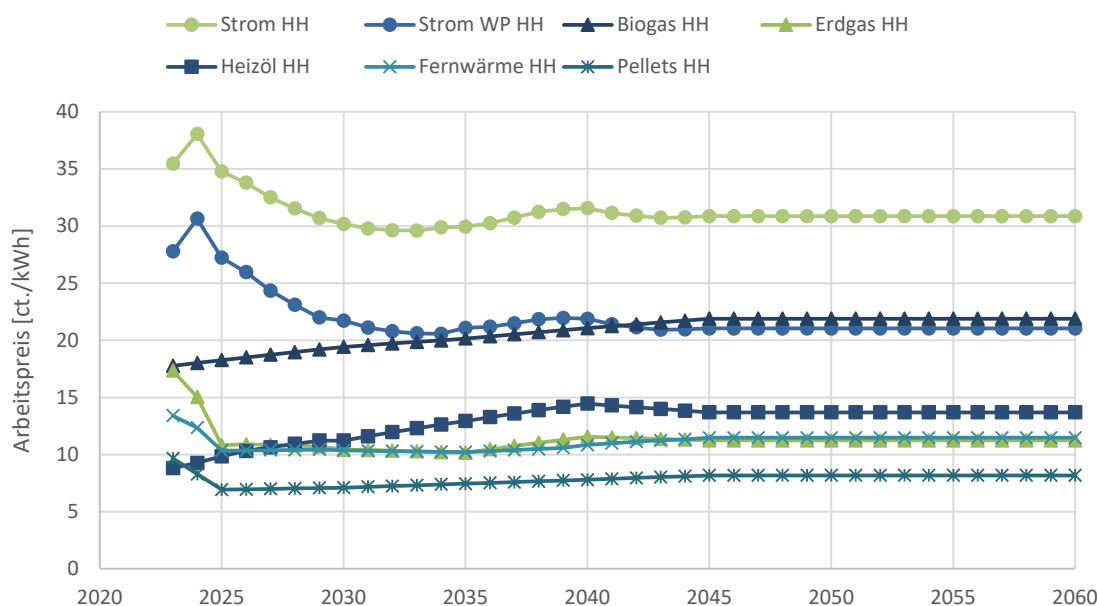
Es erfolgt eine Differenzierung nach Wohnnutzung (HH, Haushalte) und Nichtwohnnutzung (GHD, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen) sowie für Fernwärme eine Unterscheidung für Ein- und Mehrfamilienhäuser.

Die zugrundeliegenden Energiepreispfade wurden von Prognos zur Verfügung gestellt. Dabei handelt es sich um Realpreise (ohne Deflator) inkl. CO₂-Bepreisung, aber ohne Hochpreisfaktor. Für die im Betrachtungszeitraum von 30 Jahren fehlenden Jahre wird der jeweils letzte verfügbare Wert weitergeschrieben.

Tabelle 5-3: Energiepreise je Energieträger, Gebäude und Nutzung

Energieträger	Gebäude	Nutzung	Grundpreis		Arbeitspreis	
			Jahr Invest [€/a]	Zeitraum* [€/a]	Jahr Invest [€/kWh]	Zeitraum* [€/kWh]
Erdgas		GHD	106,80	107,92	0,126	0,126
Erdgas		HH	125,00	126,44	0,150	0,151
Heizöl		GHD	0	0	0,078	0,078
Heizöl		HH	0	0	0,093	0,093
Pellets		GHD	0	0	0,071	0,072
Pellets		HH	0	0	0,083	0,083
Strom		GHD	87,61	87,76	0,259	0,259
Strom		HH	104,26	104,44	0,381	0,380
Strom WP		GHD	87,61	87,76	0,259	0,258
Strom WP		HH	104,26	104,44	0,306	0,305
Fernwärme		GHD	932,77	932,77	0,123	0,124
Fernwärme	EFH	HH	504,20	504,20	0,123	0,124
Fernwärme	MFH	HH	932,77	932,77	0,123	0,124
Biogas		GHD	0	0	0,153	0,154
Biogas		HH	0	0	0,180	0,181

* Mittelwert über den Betrachtungszeitraum

Abbildung 5-2: Prognose der Arbeitspreise nach Energieträgern, nur Haushalte (HH), inkl. CO₂-Bepreisung

Quelle: IBH

Energiebedingte und nicht energiebedingte Kosten

Im Zuge der Wirtschaftlichkeitsbewertung erfolgt die Berücksichtigung der energiebedingten Kosten für bauliche und anlagentechnische Komponenten und weiteren nicht energiebedingten Kostenanteilen. Hierbei werden Kostenansätze aus den Berichten BfEE (2016) und BfEE (2017) zugrunde gelegt. Die Hochrechnung auf das Kostenniveau des für die vorliegenden Auswertungen unterstellten Investitionsjahres 2024 erfolgt unter Ansatz von mittleren Baupreisindizes (siehe Erläuterungen zur Preissteigerung). Die Angaben zu den nicht energiebedingten Kosten für Neubauten beinhalten die Investitionskosten der Kostengruppen 300 und 400 (gemäß HOAI) ohne Berücksichtigung von gesonderten Instandhaltungs- oder Restwerten.

Für die Wohngebäude werden auf Grundlage der Fortschreibung aus o. g. Quellen folgende nicht energiebedingten Kosten berücksichtigt (Angaben gelten für den Investitions-Zeitpunkt 2024):

- Einfamilienhäuser: 2.491 EUR/m² A_N
- Doppelhaushälfte: 2.116 EUR/m² A_N
- Reihemittelhaus: 2.116 EUR/m² A_N
- Mehrfamilienhäuser: 2.294 EUR/m² A_N

Weitere Randbedingungen

- Zeitpunkt Investition 2024
- Betrachtungszeitraum 30 a
- Kapitalzinssatz 2 %.
- Preissteigerung Investition (Zukunft) 3,1 % p. a.
- Einspeisevergütung PV 0,10 €/kWh brutto.

5.1.4 Erläuterung zur Darstellungsform (Dashboard)

Die Ergebnisdarstellung der energetischen und wirtschaftlichen Bewertung erfolgt zusammenfassend in Form von doppelseitigen Dashboards, beginnend in Abschnitt 5.2.1 für das Einfamilienhaus. In den Dashboards sind folgende Informationen enthalten:

- erste Seite: **energetische** Bewertung für drei Niveaus (GEG 2024, Eff I, Eff II)
 - Diagramm Heizwärmebedarf $q_{h,b,0}$ vor Iteration inkl. Einhaltung der Erfüllungsoptionen, d.h. Linie 100 % für Eff I und Eff II
 - darunter (zum Vergleich) Diagramm spezifischer Transmissionswärmetransferkoeffizient H_T' , also die aktuelle Anforderungsgröße mit einer 100 %-Linie für die Anforderung GEG 2024
 - Diagramm Primärenergie gesamt $q_{p,tot}$ inkl. Einhaltung der Erfüllungsoptionen, d.h. Linie 100 % für Eff I und Eff II
 - darunter (nur informativ) Diagramm Treibhausgas-Emissionen **THG** auf Grundlage der Emissionsfaktoren aus Abschnitt 3.1.2, Tabelle 3-2 und ergänzend für Fernwärme mit einem mittleren Wert von 180 g/kWh berechnet
 - Tabelle zu den **Anforderungsgrößen**, d.h. Angabe zu Erfüllungsgrad und Relevanz. Dort wird eine Farbcodierung verwendet, i.E.
 - **rot kursiv** - Nicht-Erfüllung der Anforderung mit U-Werten der unteren Schwelle;
 - **grün fett** - relevante Anforderungsgröße (bei Eff I und II Werte können sich Werte < 100% ergeben aufgrund der Deckelung der U-Werte an der oberen Schwelle, dadurch liegt eine Übererfüllung vor)
 - informativ zur Vervollständigung: Tabellen mit **Randbedingungen** zu Faktoren Primärenergie ($f_{p,ne}$ und $f_{p,tot}$) und THG sowie die U-Wert-Sätze für Eff I und Eff II
- zweite Seite: **wirtschaftliche** Bewertung
 - Übernahme der energetischen Ergebnisse für die Wirtschaftlichkeit in Form eines Diagramms Jahres-Endenergiebedarf q_f zuzüglich Nutzerstrom $q_{el,b}$ gem. DIN V 18599-10 (für Wohngebäude)
 - Diagramm **Energiekosten** im ersten Jahr A_v nach Energieträgern (als gestapelte Säulen) inkl. Nutzerstrom, PV-Eigennutzung, PV-Einspeisung; die horizontalen Striche stellen die Verrechnung, also den resultierenden Saldo aller Größen dar.
 - Bestimmung der Energiekosten im ersten Jahr über Differenzierung des Energiebedarfs nach Energieträgern (Biogas, Fernwärme, Strom); zusätzlich Nutzerstrom sowie Anteile der PV-Bilanz, d.h. Eigennutzung (**vermiedener Netzbezug**, daher Kostenreduktion und Auftragung nach unten) und Einspeisung (**Erlös**, ebenfalls nach unten aufgetragen)
 - Diagramm **Investitionskosten** A_0 für Bau, Anlage und nicht energiebedingte Kosten (als gestapelte Säulen)
 - Die Investitionskosten setzen sich zusammen aus den nicht energiebedingten Kosten (konstant angenommen für alle Varianten) und den Kosten für Gebäudehülle (Bau) und Anlagentechnik. Die Kosten für Anlagentechnik schwanken, da einzelne Kostenpositionen eine Abhängigkeit von der Dimensionierung aufweisen, welche wiederum abhängig ist von der Heizlast (und bei Nichtwohngebäuden Kühllast) und damit der Qualität der Gebäudehülle.
 - Diagramm annuitätische **Jahreskosten** A_N mit 2 % Realzins für die Kostengruppen Investition, Wartung, Energiekosten, Nutzerstrom, PV-Eigennutzung, PV-Einspeisung, Saldo im Diagramm dargestellt

- Bei den Jahreskosten oder der Annuität werden die Komponenten über den Betrachtungszeitraum von 30 Jahren wirtschaftlich bewertet, unter Berücksichtigung ihrer Nutzungsdauern, Ersatzbeschaffungen und Restwerte.
- Der Anteil Energiekosten umfasst diejenigen Kosten, welche zur Bedarfsdeckung (Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung) anfallen und durch Zukauf gedeckt werden. Die PV-Eigennutzung ist separat ausgewiesen, ebenso Nutzerstrom (nur relevant im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen) und die PV-Einspeisung.

Die in den Diagrammen dargestellten Prozentwerte stellen die Änderung gegenüber der Referenzausführung GEG 2024 dar. Die Dashboards weisen v.a. bei den Tabellen Wiederholungen auf, dies ist beabsichtigt, da jedes für sich schlüssig lesbar sein soll.

Die Tabelle zu den Anforderungsgrößen zeigt, dass für einige Systemvarianten die Anforderungen nicht eingehalten werden können, selbst, wenn die Gebäudehülle bis zum Rand der Baubarkeit optimiert wird (untere Schwelle der U-Werte). Diese Varianten sind bei den Diagrammen mit den Ergebnissen zur Wirtschaftlichkeit nicht bzw. als Lücken dargestellt, da hier eine Auswertung unzulässig wäre.

5.2 Ergebnisse

5.2.1 Kleines Einfamilienhaus (EFH klein)

Die Ergebnisse für das freistehende Einfamilienhaus sind in Tabelle 5-4 zusammengefasst. Das neue baubare Referenzgebäude führt insgesamt zu einem ausgewogenen Verhältnis bezüglich der **Kosten-, Energie- und Treibhausgas-Einsparungen**. Gegenüber dem GEG 2024 werden für die jeweilige Heiztechnologie bei Luft-Wasser-Wärmepumpen 23 % (Eff I) bzw. 12 % (Eff II) Endenergie eingespart (vgl. auch zusammenfassende Darstellung in Tabelle 5-9), bei Fernwärme 23 % (Eff I) bzw. 10 % (Eff II) (jeweils ohne Berücksichtigung des Nutzerstroms). Diese Einsparung erfordert über alle Varianten betrachtet **Mehrinvestitionen** gegenüber dem GEG 2024, die in einer Größenordnung von 0 bis 7 % für Effizienzniveau I und -1 bis 4 % für Effizienzniveau II liegen. Die Variante Biomethan mit WRG weist mit 7 % erhöhten Investitionskosten bei Eff I und 4 % erhöhten Investitionskosten bei Eff II die größten Kostenerhöhungen auf. Nimmt man die Energie- und Betriebskosten dazu, so liegen die **Jahreskosten** aller Varianten sehr nah beieinander (Erhöhungen gegenüber GEG 2024 zwischen 0 und 3 % für Eff I und zwischen 0 und 1 % für Eff II).

Sichtbar sind in den Abbildungen auch die neuen Flexibilitäten in Bezug auf die Erfüllbarkeit der Effizienzanforderung, die sich ergeben, in dem man Lüftungs-Wärmerückgewinnung, Wärmedämmung und andere Heizwärme-senkende Maßnahmen miteinander in Beziehung setzt (durch $q_{h,b,0}$ statt H_r).

Geht man stärker ins Detail bezüglich einzelner Energieträger, so ergibt sich, dass mehrere Varianten die Erfüllung der **Anforderung nicht erreichen** (rot kursive Angabe der Prozentwerte, erste Seite Tabelle 5-9 unten links). Diese Fälle sind bei den Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit ausgeblendet, da sie keine weitere Auswertung zulassen. Dies trifft für Eff I und II auf die Systeme mit BiogasBW, E-Direkt und Pellet jeweils ohne WRG zu. Während beim GEG 2024 die Systeme mit BiogasBW noch unter den Grenzwerten liegen ($q_{p,ne}$ bzw. H_T) können die Anforderungen bei E-Direkt ohne WRG nicht eingehalten werden. Hinweis: Werte für $q_{p,ne}$ sind nicht grafisch dargestellt. Wollte man Biogas als Teil der Lösungsoptionen im Neubau halten, dann müsste man den Gesamt-Primärenergiefaktor für

Biogas politisch definiert absenken, wie das auch im gegenwärtigen GEG gemacht wurde (§22 Abs. 1 GEG). Dies lässt die EPBD grundsätzlich zu (Verwendung sogenannter Gewichtungsfaktoren).

Nach dem neuen System wäre eine Elektro-Direktheizung in diesem Einfamilienhaus dann möglich, wenn entweder eine Wärmerückgewinnung installiert ist oder andere (hier nicht betrachtete) Maßnahmen umgesetzt werden, die zu einer Senkung von $q_{p,tot}$ führen, z. B. eine besonders große PV-Anlage.

Die Ergebnisse zu den **energetischen Größen** sind in den Diagrammen oben für $q_{h,b,0}$ und $q_{p,tot}$ dargestellt. Die Wärmepumpen unterschreiten den Grenzwert für $q_{p,tot}$ deutlich, in diesen Fällen greift der Grenzwert $q_{h,b,0}$, er wird eingehalten. Bei der Fernwärme ohne WRG greifen beide Anforderungsgrößen, dieses System entspricht der Referenzausführung. Mit WRG liegt für Eff II eine Übererfüllung vor, die U-Werte werden über die obere Schwelle (U_{max}) hinaus nicht weiter verschlechtert.

Interessant mit Blick auf das Ambitionsniveau heute ist eine Analyse des spezifischen **Transmissionswärmetransferkoeffizient** H_T' . Für die Varianten Wärmepumpen und Fernwärme ergibt sich, dass die neuen Kennwerte der Effizienzniveaus bei 64 % (Eff I) bzw. 82 % (Eff II) gegenüber der Referenzausführung GEG 2024 liegen. Für das Effizienzhaus 55 lag der H_T' -Anforderungswert per Definition bei 70 % und für das Effizienzhaus 40 bei 55 %. Für das Niveau Eff I ergibt sich also ein bauliches Wärmeschutzniveau, welches etwas besser ist als das Effizienzhaus 55, das Niveau Eff II weist einen schlechteren Wärmeschutz als ein Effizienzhaus 55 auf. Vorstehende Erläuterung erfolgt zur Einordnung in die „Denkweise“ der bisherigen Anforderungssystematik, eine Empfehlung zum Festhalten an der bisherigen Anforderungssystematik bzw. der Anforderungsgröße H_T' soll damit nicht zum Ausdruck gebracht werden.

Bei den Auswertungen zum System Fernwärme, welches in Bezug die Anlagentechnik der Referenz-Anlagentechnik entspricht, zeigen die Auswertungen teilweise eine Erfüllung der Anforderungen, die bei 99 % der Anforderungswerte liegt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die bauliche Referenzausführung für die transparenten Bauteile von einem g-Wert von 0,50 ausgeht. Der in der Variante bei der Erfüllungsoption modellierte g-Wert liegt allerdings bei einem g-Wert von 0,53. Hieraus ergeben sich im Vergleich zur Referenz geringfügig höhere nutzbare solare Wärmeeinträge, was zu der geringfügigen Übererfüllung der Anforderungen führt.

Beim System Fernwärme mit WRG können die U-Werte für Eff I auf das H_T' -Niveau 97 % und für Eff II auf 101 % der aktuellen Referenzausführung verschlechtert werden (Hintergrund s. Kapitel 3.2.3). Bei den 97 % H_T' wird der $q_{p,tot}$ -Anforderungswert gerade erreicht und eine darüber hinausgehende Erhöhung der U-Werte würde eine Überschreitung dieses Anforderungswertes bedeuten. Mit dem Niveau 101 % H_T' bei Eff II wird die obere Schwelle der U-Werte (U_{max}) erreicht. Eine darüber hinausgehende Erhöhung der U-Werte wäre mit Blick auf die $q_{h,b,0}$ - und $q_{p,tot}$ -Anforderungswerte zwar noch möglich, kommt aber aufgrund der gesetzten Obergrenzen für die U-Werte nicht infrage. Daher kommt es für diesen Fall zu einer Übererfüllung beider Anforderungswerte.

Bei dem System E-Direkt mit WRG ergeben sich für die Gebäudehülle bei Eff I ähnliche Werte wie bei den Varianten mit Wärmepumpe. Das Niveau Eff II liegt etwas niedriger, hier greift die Anforderung an $q_{p,tot}$ und nicht wie bei Wärmepumpen an $q_{h,b,0}$.

Bei den informativ dargestellten Treibhausgasemissionen **THG** zeigt sich, dass sie im Groben dem Trend der Primärenergie folgen. Abweichungen ergeben sich allerdings bei einzelnen Energieträgern: Pellets weisen in der derzeitigen THG-Bilanzierungslogik niedrige THG-Faktoren auf, aber eine hohe Gesamtprimärenergie. Bei der E-Direkt-Heizung kommt der höhere THG-Faktor von Strom zum Tragen, und die Fernwärmebewertung hängt stark vom individuellen Netz ab.

Die Auswertung der Berechnungen zur **Wirtschaftlichkeit** sind im zweiten Bereich des Dashboards dargestellt und umfassen vier Diagramme. Die Darstellung des **Endenergiebedarfs** q_f stellt den Übergang dar von der energetischen zur ökonomischen Bewertung der Berechnungsvarianten. Zusätzlich ist der Nutzerstrom aufgetragen, das Verhältnis von Energiebedarf (Heizen, Lüften, Trinkwassererwärmung) zum Nutzerstrom kann der Darstellung der gestapelten Säulen entnommen werden. Bei den Systemen Pellet und Biogas mit den Niveaus Eff I und Eff II sowie bei allen Niveaus der Elektro-Direktheizung (E-Direkt) sind keine Säulen dargestellt; diese Ausführungen halten die jeweiligen Anforderungen nicht ein (vgl. Tabelle „Anforderungsgrößen“ links unten auf der ersten Seite des Dashboards).

Der Saldo bei den **Energiekosten** im ersten Jahr ist in jeder Säulenauswertung als horizontale Linie dargestellt und stellt die Verrechnung der positiven (Bedarfe) und negativen Anteile (PV-Eigennutzung und PV-Einspeisung) der gestapelten Säule dar. Insgesamt ist bei dieser Betrachtung der relativ hohe konstante Kostenanteil des Nutzerstroms zu berücksichtigen. Gegenüber der Referenzausführung GEG 2024 liegen die saldierten Kosten für Wärmepumpen und Fernwärme etwa zwischen 83 und 85 % (Eff I) bzw. zwischen 91 und 93 % (Eff II). Kommt bei Fernwärme eine Wärmerückgewinnung dazu, ergibt sich für das Niveau Eff I eine Energiekosteneinsparung gegenüber GEG 2024 von 3 %, bei dem Niveau Eff II bleiben die Energiekosten im Vergleich zu GEG 2024 auf dem gleichen Niveau. Für E-Direkt mit WRG ergeben sich für Eff I um 2 % geringere Energiekosten - hier schlägt auch ein höherer Anteil des nutzbaren PV-Stroms zu Buche; die Verschlechterung der Gebäudehülle für Eff II führt nur in diesem Fall zu einer Erhöhung auf 112 %.

Hier nochmals der **Hinweis**, dass die PV-Eigennutzung für die energetischen und ökonomischen Betrachtungen nur bedingt vergleichbar ist. Für beide Berechnungen gelten unterschiedliche Bilanzgrenzen. Dies wird bewusst gewählt, um einerseits der energetischen Systemgrenze der EPBD zu entsprechen und andererseits den realen ökonomischen Nutzen der PV-Anlage abzubilden. Während die energetische Bilanz den Nutzerstrom beim Eigennutzungsanteil unberücksichtigt lässt, ist er bei der wirtschaftlichen Bewertung enthalten.

Die **Gesamtinvestitionskosten** betragen bei dem betrachteten Einfamilienhaus im Mittel über alle Varianten gesehen rd. 792.000 €. Die höchsten Gesamtinvestitionskosten treten beim Niveau Eff II in Verbindung mit dem System „Biogas-Brennwertkessel und Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung“ auf; Hintergrund hierfür sind die hohen Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz sowie die erforderliche Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung. Die geringsten Kosten treten beim Niveau GEG 2024 in Verbindung mit der Fernwärmeversorgung auf; hier liegt das schwächste Niveau des baulichen Wärmeschutzes vor und die Investitionen für die Wärmeerzeugung treten nicht im Gebäude auf. Bei den Wärmepumpenvarianten liegen die Mehrkosten gegenüber dem Ausgangsniveau GEG 2024 in beiden Fällen bei 4 % (Eff I) bzw. bei 2 % (Eff II). Ähnlich verhält es sich bei der Fernwärmeversorgung (ohne Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung), die Mehrkosten liegen bei 5 % (Eff I) bzw. bei 2 % (Eff II). Im Falle der Fernwärmeversorgung und Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung sowie bei der Elektro-Direktheizung und Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung liegen die Mehrkosten unter 1 %. Beim Einsatz des Biogas-Brennwertkessel und Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung betragen die Mehrkosten im Falle von Eff I 7 % und bei Eff II 4 %.

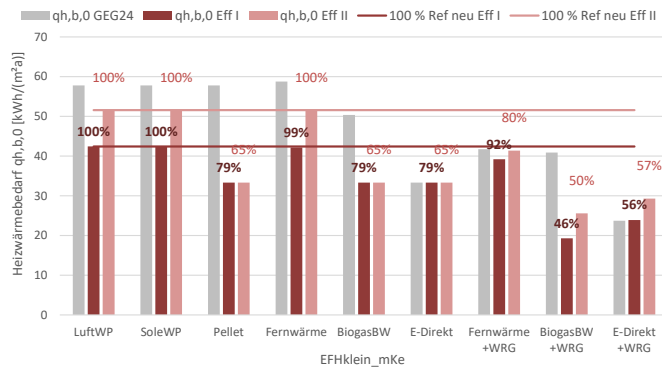
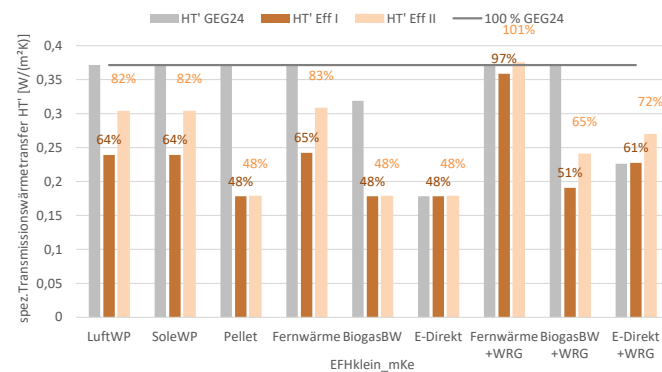
Die **Jahreskosten** steigen unter Einsatz der Luft-Wasser-Wärmepumpe gegenüber dem Ausgangsfall GEG 2024 beim Niveau Eff I um 2 % und beim Niveau Eff II um 1 %; die gleichen Steigerungen resultieren bei der Fernwärmeversorgung (ohne Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung). Bei Berücksichtigung der Sole-Wasser-Wärmepumpe sowie des Biogas-Brennwertkessels mit Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung ergeben sich Erhöhungen der Jahreskosten von 3 % (Eff I) und 1 % (Eff II). Keine Veränderungen in den berechneten Jahreskosten liegen im Falle der Fernwärmeversorgung und Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung sowie bei der Elektro-Direktheizung und Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung vor.

Diese Seite ist zur Anzeige der Dashboards auf gegenüberliegenden Doppelseiten freigehalten.

Tabelle 5-4: Zusammenfassung Randbedingungen und Ergebnisse Energie/Ökonomie als Dashboard – EFH klein

Auswertung Energie für

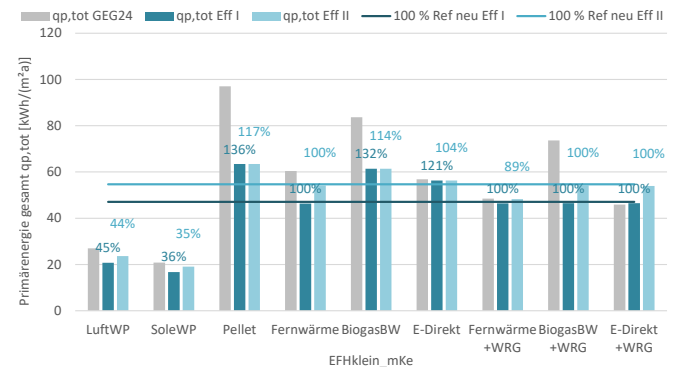
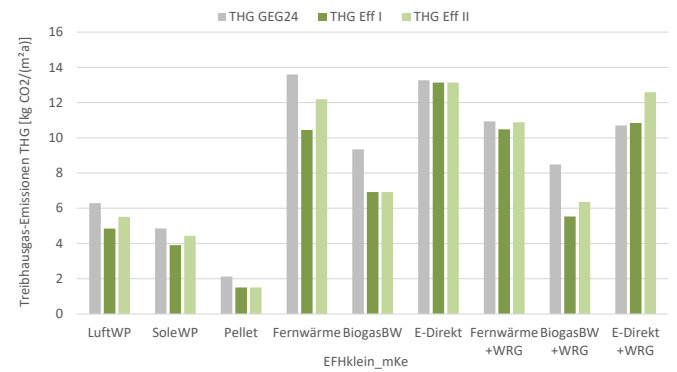
- GEG 2024, Effizienzniveau Eff I und Eff II
- Linien 100 % Anforderung, d.h. Referenzausführung Eff I und Eff II bzw. GEG 2024 (H_T')
- Angabe Prozentwerte Eff ggü. Linie 100 %

Heizwärmebedarf vor Iteration $q_{h,b,0}$ [kWh/(m²a)]spez. Transmissionswärmetransfer H_T' [W/(m²K)]

Anforderungsgrößen (Erfüllungsgrad und Relevanz)

Variante	GEG24		Eff I		Eff II	
	Q _{p,ne}	H _{T'}	Q _{p,tot}	q _{h,b,0}	Q _{p,tot}	q _{h,b,0}
LuftWP	33%	100%	45%	100%	44%	100%
SoleWP	22%	100%	36%	100%	35%	100%
Biomasse (Pellet)	20%	100%	136%	79%	117%	65%
Fernwärme	23%	100%	100%	99%	100%	100%
BiogasBW	55%	86%	132%	79%	114%	65%
E-Direkt	74%	48%	121%	79%	104%	65%
Fernwärme+WRG	18%	100%	100%	92%	89%	80%
BiogasBW+WRG	47%	100%	100%	46%	100%	50%
E-Direkt+WRG	55%	61%	100%	59%	100%	59%

Q_{p,ne} - Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, H_{T'} - spez. Transmissionswärmetransferkoeffizient, Q_{p,tot} - Primärenergiebedarf gesamt, q_{h,b,0} - Heizwärmebedarf vor Iteration, **rot kursiv** - Nicht-Erfüllung Anforderung mit U-Werten untere Schwelle; **grün fett** - relevante Anforderungsgröße (Eff I und II Werte < 100% aufgrund Deckelung U-Werte obere Schwelle)

EFH klein mit Keller (beheizt), 1-2 WE, A_N = 235 m²Primärenergiebedarf gesamt $q_{p,tot}$ [kWh/(m²a)]Treibhausgasemissionen THG-Äquivalent [kg CO₂/(m²a)]

Randbedingungen (Faktoren Primärenergie und THG)

Energieträger	f _{p,ne} (GEG24) [-]	f _{p,tot} [-]	THG [g CO ₂ /kWh]
Biomasse (Pellet)	0,2	1,2	20
Biogas	0,7	1,3	140
Fernwärme	0,7	0,8	180
Strom	1,8	1,5	350

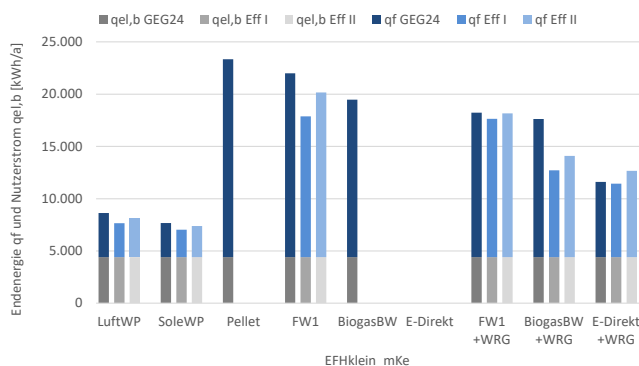
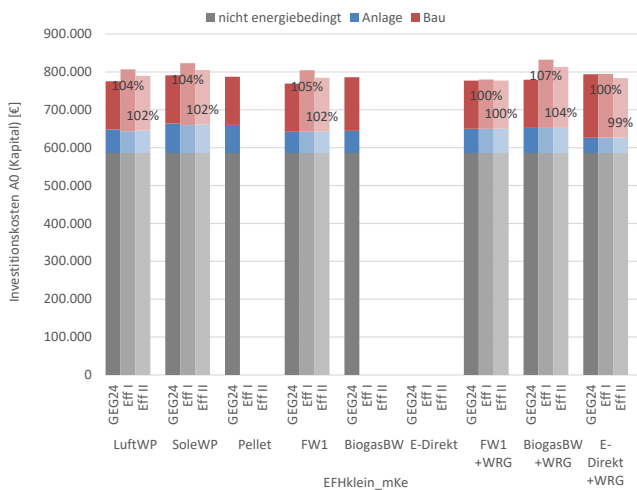
U-Werte Eff I und Eff II - EFH [W/(m²K)]

Niveau	AW	AT	DA steil	DA flach	OGD	UA	FE Fass.	FE Dach	WB
Eff I	0,16	1,0	0,12	0,11	0,12	0,20	0,9	1,0	0,03
Eff II	0,20	1,8	0,17	0,17	0,17	0,30	1,0	1,2	0,03
GEG24	0,28	1,8	0,20	0,20	0,20	0,35	1,3	1,4	0,05

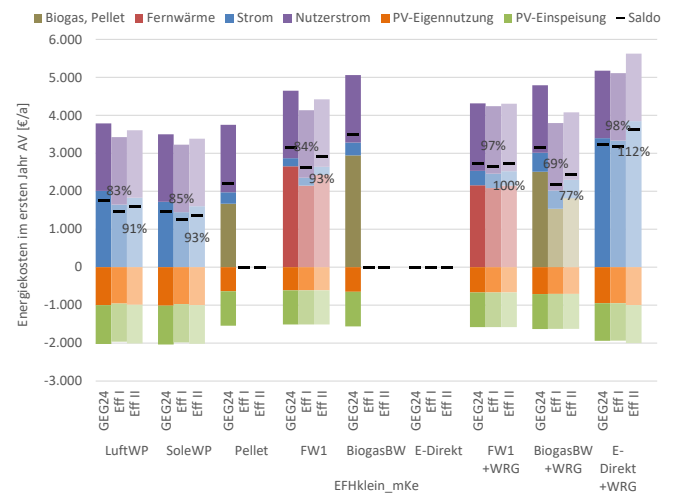
AW - Außenwand, AT - Außentür, DA - Dach, OGD - oberste Geschossdecke, UA - unterer Abschluss, FE - Fenster, Fass. - Fassade, WB - Wärmebrückenkorrekturwert

Auswertung Ökonomie für

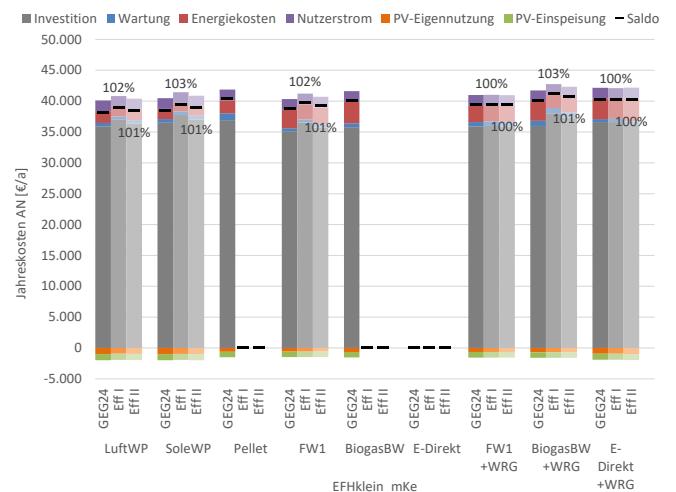
- GEG 2024, Effizienzniveau Eff I und Eff II
- Jahres-Endenergiebedarf für Energiekosten
- nicht für Varianten ohne Erfüllung Anforderungen
- Energiekosten (1. Jahr), Investitionskosten und Jahreskosten (Annuität)
- Saldo (Querschnitt)
- Angabe Prozentwerte Eff ggü. GEG 2024

Endenergiebedarf q_f und Nutzerstrom $q_{el,b}$ [kWh/a]Nutzerstrom $q_{el,b}$ gemäß DIN V 18599-10Investitionskosten A_0 (Kapital) [€]

Investitionskosten für Bau, Anlage und nicht energiebedingte Kosten

EFH klein mit Keller (beheizt), 1-2 WE, $A_N = 235 \text{ m}^2$ Energiekosten 1. Jahr A_v nach Energieträger [€/a]

Energiekosten inkl. Nutzerstrom, PV-Eigennutzung, PV-Einspeisung

Jahreskosten (Annuität) A_N [€/a]

Jahreskosten mit 2 % Realzins für die Kostengruppen Investition, Wartung, Energiekosten, Nutzerstrom, PV-Eigennutzung, PV-Einspeisung

5.2.2 Doppelhaushälfte (DHH) und Reihenmittelhaus (RMH)

Die Ergebnisse für die Doppelhaushälfte sind in Tabelle 5-5 zusammengefasst, das Reihenmittelhaus in Tabelle 5-6. Mit Verweis auf die ausführlichen Erläuterungen zum kleinen Einfamilienhaus in Abschnitt 5.2.1 ergeben sich für die Doppelhaushälfte und das Reihenmittelhaus sehr ähnliche Bewertungen. Die folgende Erläuterung der Ergebnisse fasst daher nur die wesentlichen Unterschiede stichpunktartig zusammen:

- Erhöhung der **Investitionskosten** für Wärmepumpen und Fernwärme im Vergleich zu GEG2024 für Eff I um 4 - 6 % und für Eff II um 2 %, dabei Reduzierung der **Energiekosten** (1. Jahr) auf 82 bis 87 % (DHH) bzw. 91 bis 92 % (RMH) für Eff I und 92 - 94 % (DHH) bzw. 96 bis 97 % (RMH) bei Eff II. Daraus ergeben sich **Gesamtkosten**, die für Eff I um 2 - 4 % und für Eff II um 1 % gegenüber GEG24 erhöht sind.
- Feste und flüssige **Biomasse** erfüllen die $q_{p,tot}$ -Anforderungen der neuen Anforderungssystematik (ohne WRG) nicht. Flüssige Biomasse mit WRG erfüllt die Anforderungen bei Eff II (beide Haustypen) und beim RMH auch bei Eff I. Wenn diese Versorgungsoptionen für den Neubau zulässig sein sollten, dann müssten die Gesamtprimärenergiefaktoren angepasst werden.
- **E-Direkt** erreicht ohne WRG die Anforderungen bei Eff I (DHH) und bei Eff II (beide Haustypen) nicht. Erst das Hinzufügen der WRG bei E-Direkt bringt diese Variante auch für Eff I in die Erfüllung.

5.2.3 Kleines und großes Mehrfamilienhaus (MFH klein/groß)

Die Ergebnisse für das kleine Mehrfamilienhaus sind in Tabelle 5-7 zusammengefasst, das große MFH in Tabelle 5-8. Insgesamt ergeben sich ähnliche Ergebnisse wie für das freistehende Einfamilienhaus. Die wesentliche Unterscheidung EFH/MFH bezieht sich auf die unterschiedlichen **U-Wert-Sätze** für Effizienzniveaus, siehe auch Tabelle im Dashboard. Die Zusammenfassung der wesentlichen Unterschiede bei den Ergebnissen gegenüber EFH bezieht sich auf die folgenden Aspekte:

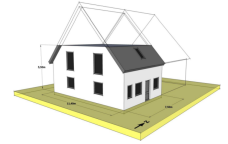
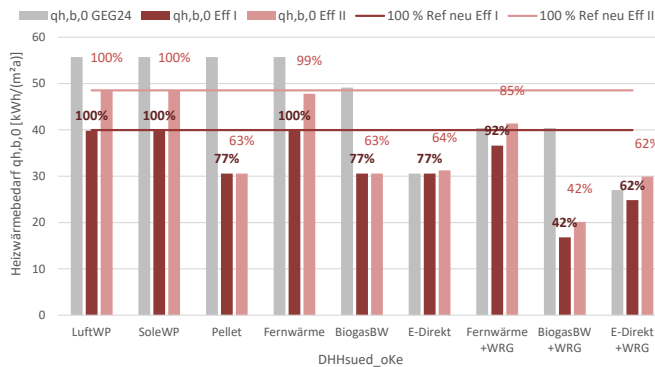
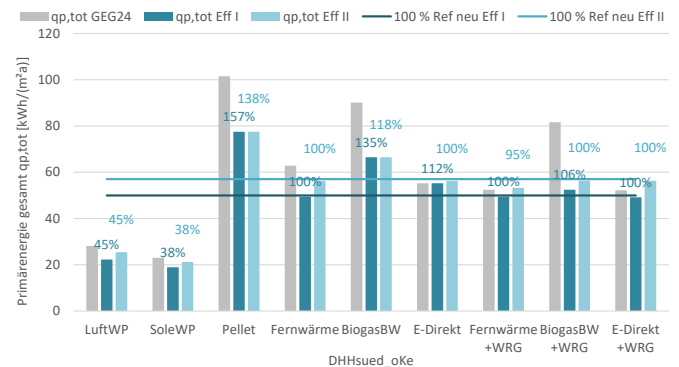
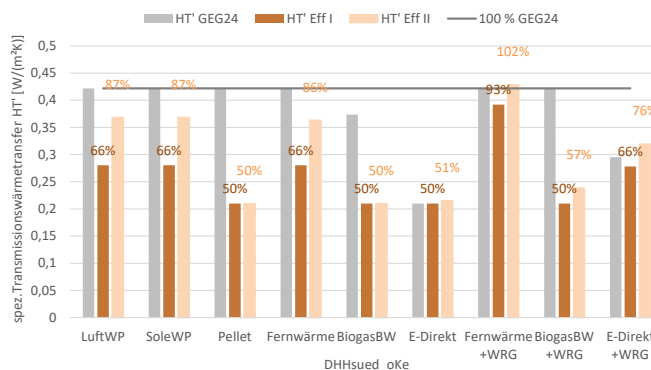
- Für die Varianten Wärmepumpen und Fernwärme ergibt sich für die aktuelle H_{tr}' -Anforderung, dass die neuen Kennwerte der Effizienzniveaus bei 65 % (Eff I) bzw. 77 % (Eff II) gegenüber der Referenzausführung GEG 2024 liegen. Auch hier liegt das erreichte H_{tr}' -Niveau bei Eff I etwas besser als für ein Effizienzhaus 55 erforderlich. Für das Niveau Eff II liegt es um 7 % schlechter als das für ein Effizienzhaus 55 definierte Anforderungsniveau. Hier noch einmal zu Vergleich: beim EFH wird mit Eff I das Niveau 64 % $H_{T,Ref}'$ und mit Eff II das Niveau 82 % $H_{T,Ref}'$ erreicht.
- Ein Unterschied ergibt sich für die Variante Fernwärme mit WRG. Dort wird nicht nur bei Eff II, sondern für das große MFH auch bei Eff I die Anforderungsgröße $q_{p,tot}$ übererfüllt (97 %), d.h. die U-Werte werden über die obere Schwelle U_{max} hinaus nicht weiter verschlechtert. Infolge der WRG und in Verbindung mit der oberen U-Wert-Grenze ergibt sich für diese Fälle also eine Übererfüllung beider Anforderungsgrößen.

Diese Seite ist zur Anzeige der Dashboards auf gegenüberliegenden Doppelseiten freigehalten.

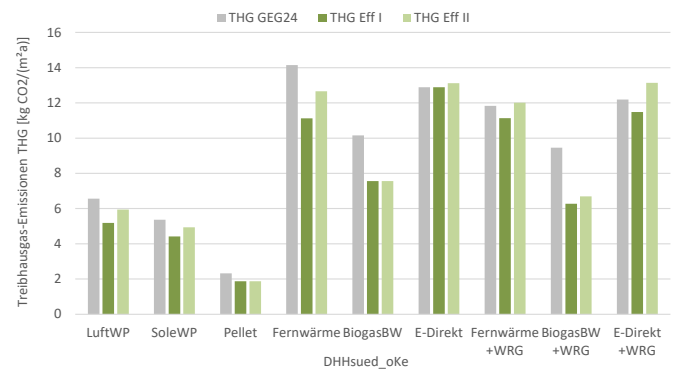
Tabelle 5-5: Zusammenfassung Randbedingungen und Ergebnisse Energie/Ökonomie als Dashboard – Doppelhaushälfte DHH

Auswertung Energie für

- GEG 2024, Effizienzniveau Eff I und Eff II
- Linien 100 % Anforderung, d.h. Referenzausführung Eff I und Eff II bzw. GEG 2024 (H_T')
- Angabe Prozentwerte Eff ggü. Linie 100 %

Doppelhaushälfte ohne Keller, 1 WE, $A_N = 144 \text{ m}^2$ Heizenergiebedarf vor Iteration $q_{h,b,0}$ [kWh/(m²a)]Primärenergiebedarf gesamt $q_{p,tot}$ [kWh/(m²a)]spez. Transmissionswärmetransfer H_T' [W/(m²K)]

Treibhausgasemissionen THG-Äquivalent [kg CO₂/(m²a)]



Anforderungsgrößen (Erfüllungsgrad und Relevanz)

Variante	GEG24		Eff I		Eff II	
	$q_{p,ne}$	H_T'	$q_{p,tot}$	$q_{h,b,0}$	$q_{p,tot}$	$q_{h,b,0}$
LuftWP	30%	100%	45%	100%	45%	100%
SoleWP	21%	100%	38%	100%	38%	100%
Biomasse (Pellet)	19%	100%	157%	77%	138%	63%
Fernwärme	23%	100%	100%	100%	100%	99%
BiogasBW	55%	89%	135%	77%	118%	63%
E-Direkt	60%	50%	112%	77%	100%	64%
Fernwärme+WRG	18%	100%	100%	92%	95%	85%
BiogasBW+WRG	48%	100%	106%	42%	100%	42%
E-Direkt+WRG	55%	70%	100%	62%	100%	62%

$q_{p,ne}$ - Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, H_T' - spez. Transmissionswärmetransferkoeffizient, $q_{p,tot}$ - Primärenergiebedarf gesamt, $q_{h,b,0}$ - Heizwärmebedarf vor Iteration, *rot kursiv* - Nicht-Erfüllung Anforderung mit U-Werten untere Schwelle; **grün fett** - relevante Anforderungsgröße (Eff I und II Werte < 100% aufgrund Deckelung U-Werte obere Schwelle)

Randbedingungen (Faktoren Primärenergie und THG)

Energieträger	$f_{p,ne}$ (GEG24) [-]	$f_{p,tot}$ [-]	THG [g CO₂/kWh]
Biomasse (Pellet)	0,2	1,2	20
Biogas	0,7	1,3	140
Fernwärme	0,7	0,8	180
Strom	1,8	1,5	350

U-Werte Eff I und Eff II - EFH [W/(m²K)]

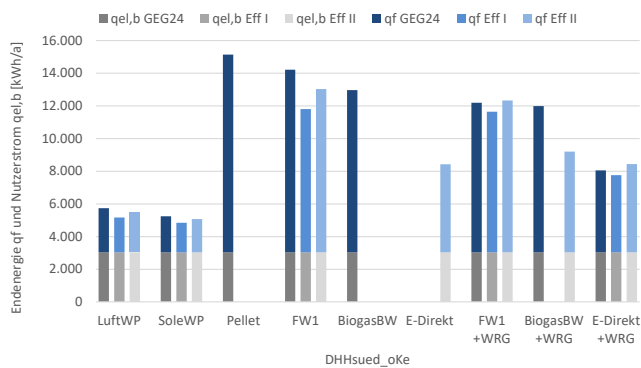
Niveau	AW	AT	DA steil	DA flach	OGD	UA	FE Fass.	FE Dach	WB
Eff I	0,16	1,0	0,12	0,11	0,12	0,20	0,9	1,0	0,03
Eff II	0,20	1,8	0,17	0,17	0,17	0,30	1,0	1,2	0,03
GEG24	0,28	1,8	0,20	0,20	0,20	0,35	1,3	1,4	0,05

AW - Außenwand, AT - Außentür, DA - Dach, OGD - oberste Geschossdecke, UA - unterer Abschluss, FE - Fenster, Fass. - Fassade, WB - Wärmebrückenkorrekturwert

Auswertung Ökonomie für

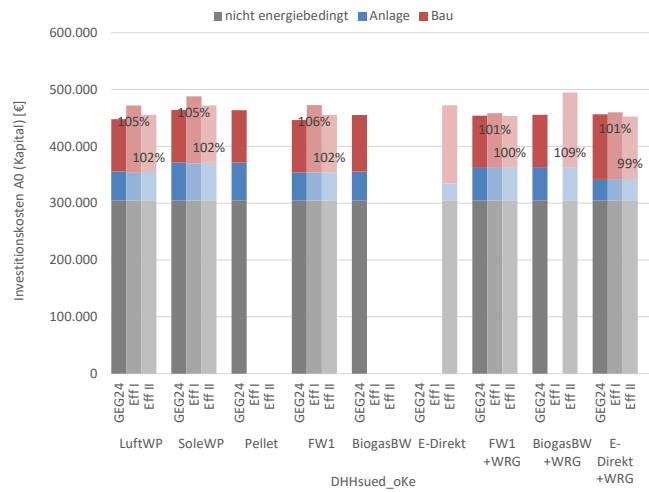
- GEG 2024, Effizienzniveau Eff I und Eff II
- Jahres-Endenergiebedarf für Energiekosten
- nicht für Varianten ohne Erfüllung Anforderungen
- Energiekosten (1. Jahr), Investitionskosten und Jahreskosten (Annuität)
- Saldo (Querschnitt)
- Angabe Prozentwerte Eff ggü. GEG 2024

Endenergiebedarf q_f und Nutzerstrom $q_{el,b}$ [kWh/a]



Nutzerstrom $q_{el,b}$ gemäß DIN V 18599-10

Investitionskosten A_0 (Kapital) [€]

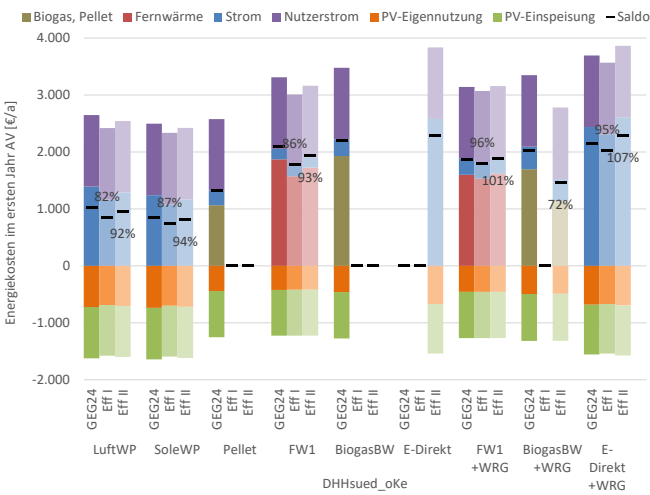


Investitionskosten für Bau, Anlage und nicht energiebedingte Kosten

Doppelhaushälfte ohne Keller, 1 WE, $A_N = 144 \text{ m}^2$

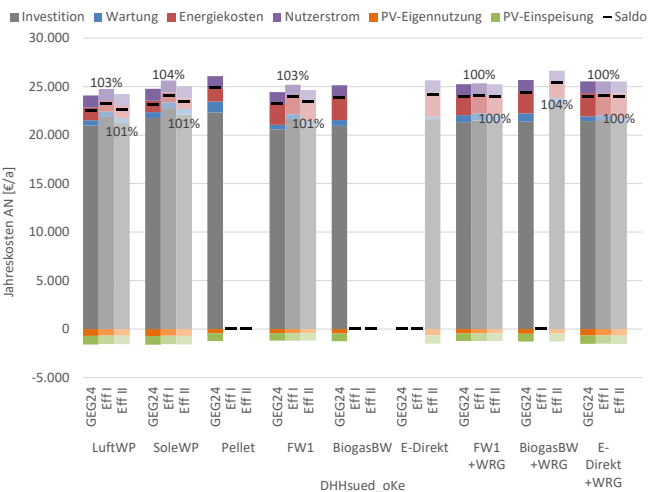


Energiekosten 1. Jahr A_V nach Energieträger [€/a]



Energiekosten inkl. Nutzerstrom, PV-Eigennutzung, PV-Einspeisung

Jahreskosten (Annuität) A_N [€/a]

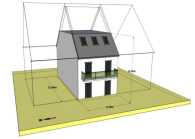
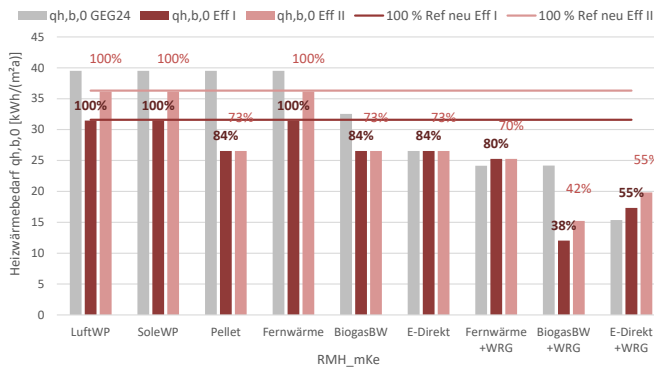
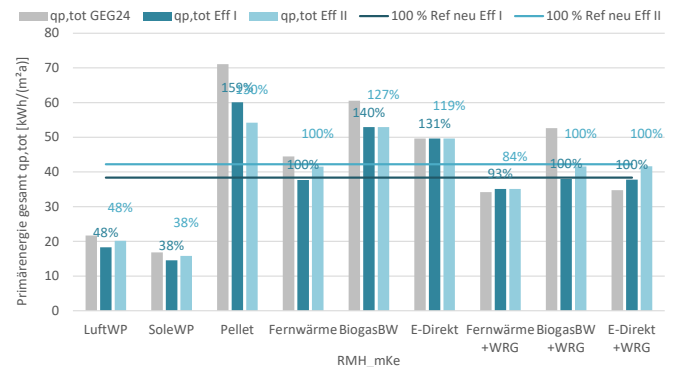
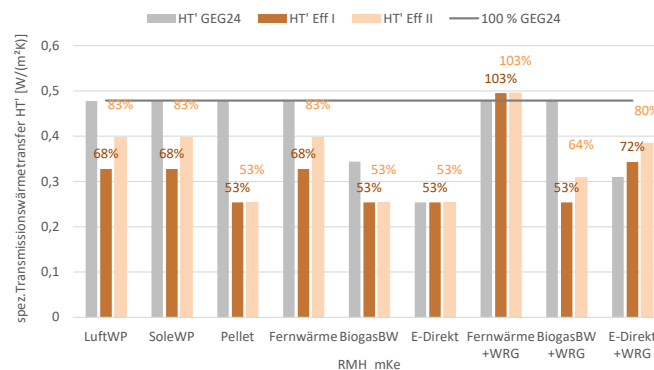


Jahreskosten mit 2 % Realzins für die Kostengruppen Investition, Wartung, Energiekosten, Nutzerstrom, PV-Eigennutzung, PV-Einspeisung

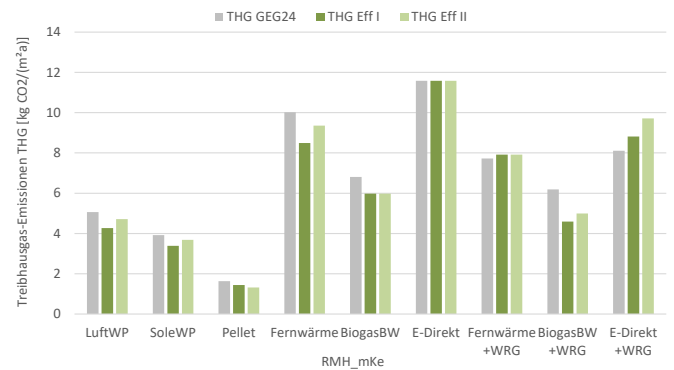
Tabelle 5-6: Zusammenfassung Randbedingungen und Ergebnisse Energie/Ökonomie als Dashboard – Reihenmittelhaus RMH

Auswertung Energie für

- GEG 2024, Effizienzniveau Eff I und Eff II
- Linien 100 % Anforderung, d.h. Referenzausführung Eff I und Eff II bzw. GEG 2024 (H_T')
- Angabe Prozentwerte Eff ggü. Linie 100 %

Reihenmittelhaus mit Keller (beheizt), 1-2 WE, $A_N = 262 \text{ m}^2$ Heizwärmebedarf vor Iteration $q_{h,b,0}$ [kWh/(m²a)]Primärenergiebedarf gesamt $q_{p,tot}$ [kWh/(m²a)]spez. Transmissionswärmetransfer H_T' [W/(m²K)]

Treibhausgasemissionen THG-Äquivalent [kg CO₂/(m²a)]



Anforderungsgrößen (Erfüllungsgrad und Relevanz)

Variante	GEG24		Eff I		Eff II	
	$q_{p,ne}$	H_T'	$q_{p,tot}$	$q_{h,b,0}$	$q_{p,tot}$	$q_{h,b,0}$
LuftWP	38%	100%	48%	100%	48%	100%
SoleWP	26%	100%	38%	100%	38%	100%
Biomasse (Pellet)	20%	100%	159%	84%	130%	73%
Fernwärme	24%	100%	100%	100%	100%	100%
BiogasBW	55%	72%	140%	84%	127%	73%
E-Direkt	90%	53%	131%	84%	119%	73%
Fernwärme+WRG	17%	100%	93%	80%	84%	70%
BiogasBW+WRG	46%	100%	100%	38%	100%	42%
E-Direkt+WRG	55%	65%	100%	55%	100%	55%

$q_{p,ne}$ - Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, H_T' - spez. Transmissionswärmetransferkoeffizient, $q_{p,tot}$ - Primärenergiebedarf gesamt, $q_{h,b,0}$ - Heizwärmebedarf vor Iteration, **rot kursiv** - Nicht-Erfüllung Anforderung mit U-Werten untere Schwelle; **grün fett** - relevante Anforderungsgröße (Eff I und II Werte < 100% aufgrund Deckelung U-Werte obere Schwelle)

Randbedingungen (Faktoren Primärenergie und THG)

Energieträger	$f_{p,ne}$ (GEG24) [-]	$f_{p,tot}$ [-]	THG [g CO₂/kWh]
Biomasse (Pellet)	0,2	1,2	20
Biogas	0,7	1,3	140
Fernwärme	0,7	0,8	180
Strom	1,8	1,5	350

U-Werte Eff I und Eff II - EFH [W/(m²K)]

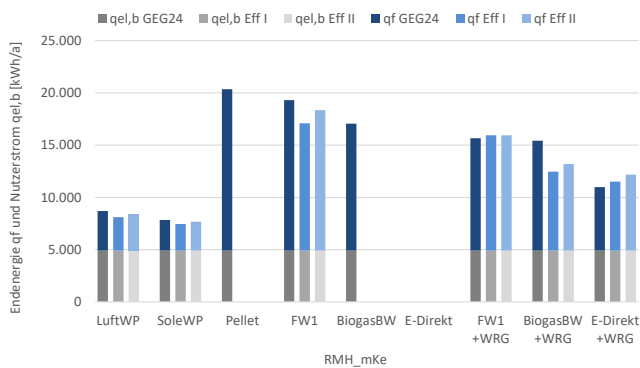
Niveau	AW	AT	DA steil	DA flach	OGD	UA	FE Fass.	FE Dach	WB
Eff I	0,16	1,0	0,12	0,11	0,12	0,20	0,9	1,0	0,03
Eff II	0,20	1,8	0,17	0,17	0,17	0,30	1,0	1,2	0,03
GEG24	0,28	1,8	0,20	0,20	0,20	0,35	1,3	1,4	0,05

AW - Außenwand, AT - Außentür, DA - Dach, OGD - oberste Geschossdecke, UA - unterer Abschluss, FE - Fenster, Fass. - Fassade, WB - Wärmebrückenkorrekturwert

Auswertung Ökonomie für

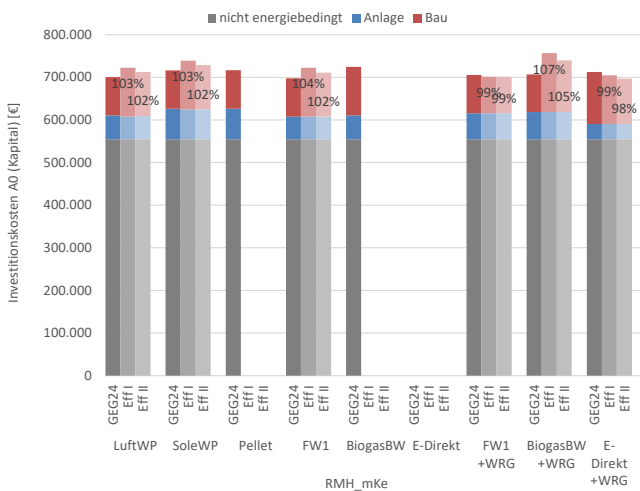
- GEG 2024, Effizienzniveau Eff I und Eff II
- Jahres-Endenergiebedarf für Energiekosten
- nicht für Varianten ohne Erfüllung Anforderungen
- Energiekosten (1. Jahr), Investitionskosten und Jahreskosten (Annuität)
- Saldo (Querschnitt)
- Angabe Prozentwerte Eff ggü. GEG 2024

Endenergiebedarf q_f und Nutzerstrom $q_{el,b}$ [kWh/a]



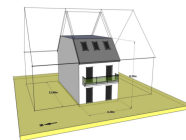
Nutzerstrom $q_{el,b}$ gemäß DIN V 18599-10

Investitionskosten A_0 (Kapital) [€]

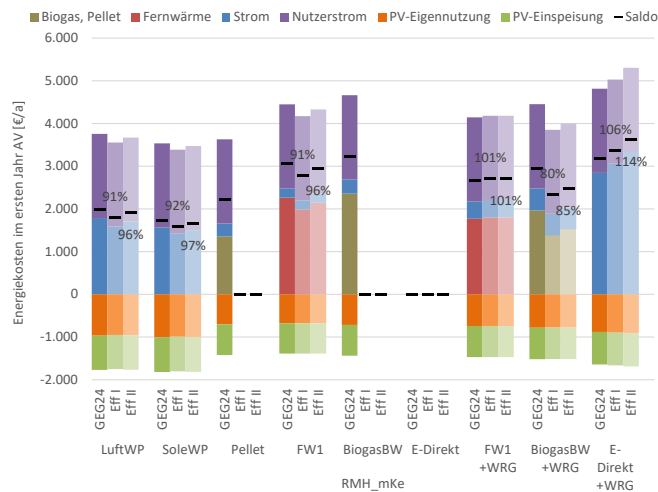


Investitionskosten für Bau, Anlage und nicht energiebedingte Kosten

Reihenmittelhaus mit Keller (beheizt), 1-2 WE, $A_N = 262 \text{ m}^2$

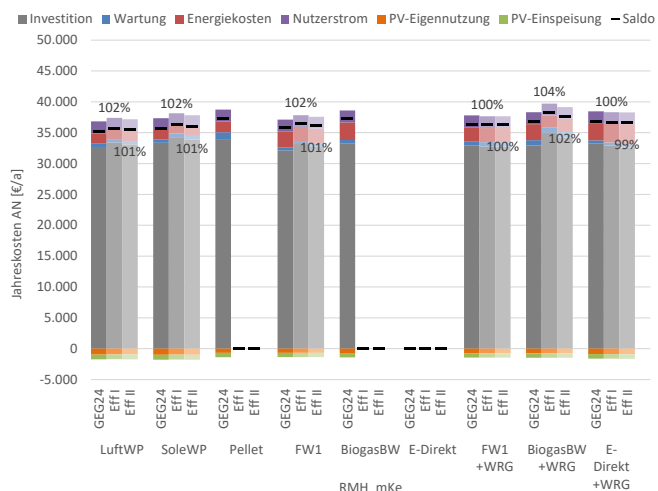


Energiekosten 1. Jahr A_V nach Energieträger [€/a]



Energiekosten inkl. Nutzerstrom, PV-Eigennutzung, PV-Einspeisung

Jahreskosten (Annuität) A_N [€/a]

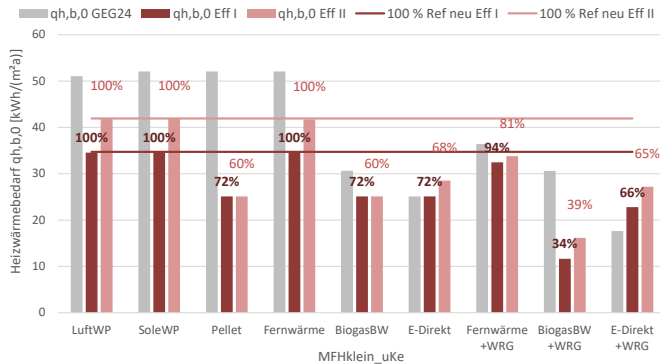
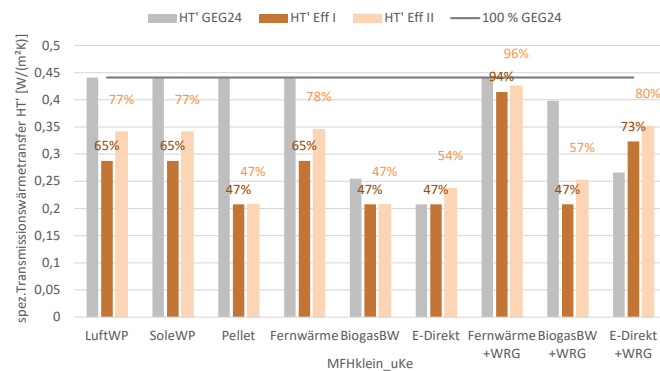


Jahreskosten mit 2 % Realzins für die Kostengruppen Investition, Wartung, Energiekosten, Nutzerstrom, PV-Eigennutzung, PV-Einspeisung

Tabelle 5-7: Zusammenfassung Randbedingungen und Ergebnisse Energie/Ökonomie als Dashboard – MFH klein

Auswertung Energie für

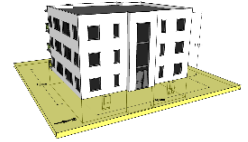
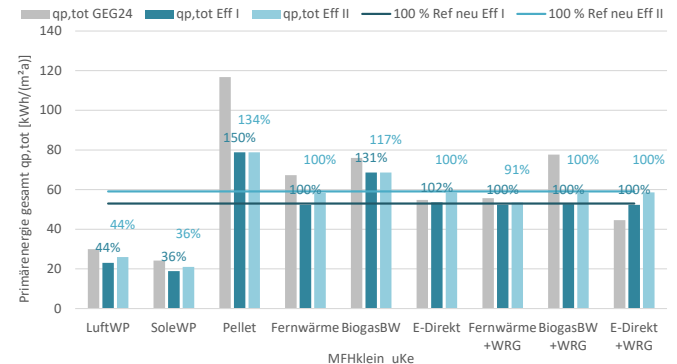
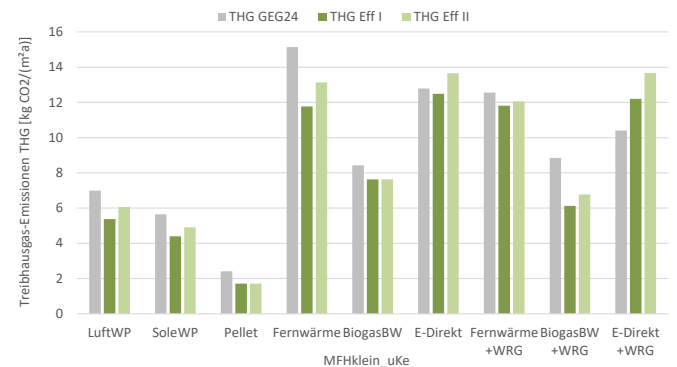
- GEG 2024, Effizienzniveau Eff I und Eff II
- Linien 100 % Anforderung, d.h. Referenzausführung Eff I und Eff II bzw. GEG 2024 (H_T')
- Angabe Prozentwerte Eff ggü. Linie 100 %

Heizwärmebedarf vor Iteration $q_{h,b,0}$ [kWh/(m²a)]spez. Transmissionswärmestrom H_T' [W/(m²K)]

Anforderungsgrößen (Erfüllungsgrad und Relevanz)

Variante	GEG24		Eff I		Eff II	
	q _{p,ne}	H _{T'}	q _{p,tot}	q _{h,b,0}	q _{p,tot}	q _{h,b,0}
LuftWP	44%	100%	44%	100%	44%	100%
SoleWP	33%	100%	36%	100%	36%	100%
Biomasse (Pellet)	26%	100%	150%	72%	134%	60%
Fernwärme	28%	100%	100%	100%	100%	100%
BiogasBW	55%	58%	131%	72%	117%	60%
E-Direkt	74%	47%	102%	72%	100%	68%
Fernwärme+WRG	23%	100%	100%	94%	91%	81%
BiogasBW+WRG	55%	90%	100%	34%	100%	39%
E-Direkt+WRG	55%	60%	100%	66%	100%	65%

q_{p,ne} - Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, H_{T'} - spez. Transmissionswärmestrom, q_{p,tot} - Primärenergiebedarf gesamt, q_{h,b,0} - Heizwärmebedarf vor Iteration, **rot kursiv** - Nicht-Erfüllung Anforderung mit U-Werten untere Schwelle; **grün fett** - relevante Anforderungsgröße (Eff I und II Werte < 100% aufgrund Deckelung U-Werte obere Schwelle)

MFH klein mit Keller (unbeheizt), 6 WE, A_N = 474 m²Primärenergiebedarf gesamt $q_{p,tot}$ [kWh/(m²a)]Treibhausgasemissionen THG-Äquivalent [kg CO₂/(m²a)]

Randbedingungen (Faktoren Primärenergie und THG)

Energieträger	f _{p,ne} (GEG24) [-]	f _{p,tot} [-]	THG [g CO ₂ /kWh]
Biomasse (Pellet)	0,2	1,2	20
Biogas	0,7	1,3	140
Fernwärme	0,7	0,8	180
Strom	1,8	1,5	350

U-Werte Eff I und Eff II - MFH [W/(m²K)]

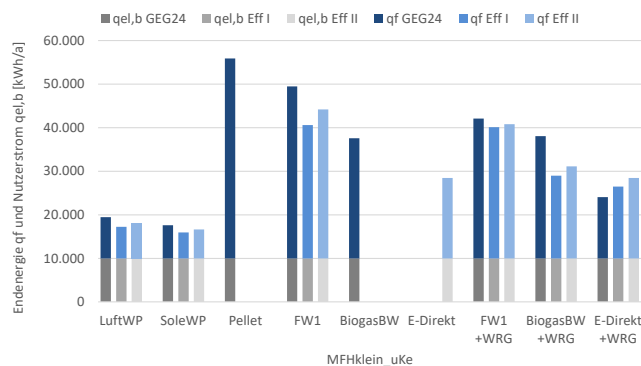
Niveau	AW	AT	DA steil	DA flach	OGD	UA	FE Fass.	FE Dach	WB
Eff I	0,18	1,0	0,14	0,11	0,14	0,24	0,9	1,0	0,03
Eff II	0,20	1,8	0,20	0,20	0,20	0,30	1,0	1,2	0,03
GEG24	0,28	1,8	0,20	0,20	0,20	0,35	1,3	1,4	0,05

AW - Außenwand, AT - Außentür, DA - Dach, OGD - oberste Geschossdecke, UA - unterer Abschluss, FE - Fenster, Fass. - Fassade, WB - Wärmebrückenkorrekturwert

Auswertung Ökonomie für

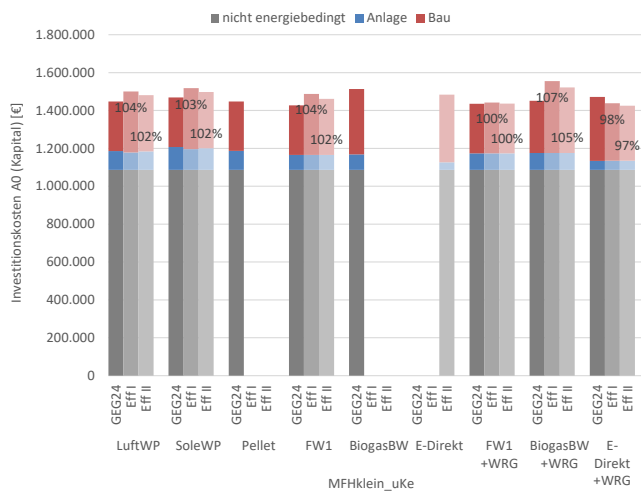
- GEG 2024, Effizienzniveau Eff I und Eff II
- Jahres-Endenergiebedarf für Energiekosten
- nicht für Varianten ohne Erfüllung Anforderungen
- Energiekosten (1. Jahr), Investitionskosten und Jahreskosten (Annuität)
- Saldo (Querschnitt)
- Angabe Prozentwerte Eff ggü. GEG 2024

Endenergiebedarf q_f und Nutzerstrom $q_{el,b}$ [kWh/a]



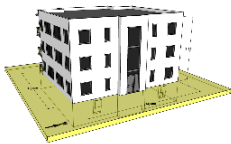
Nutzerstrom $q_{el,b}$ gemäß DIN V 18599-10

Investitionskosten A_0 (Kapital) [€]

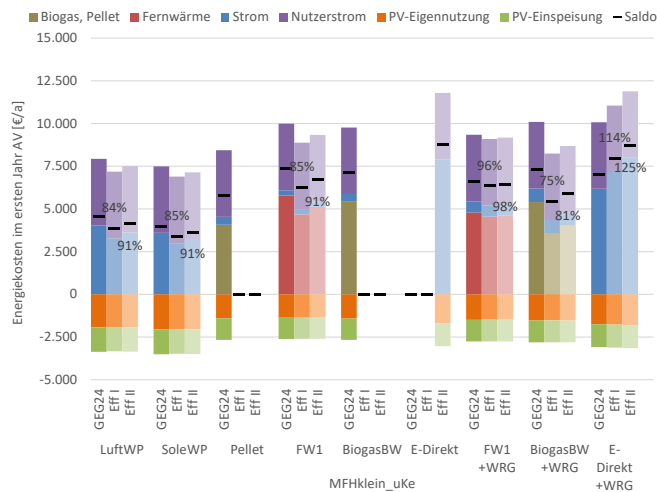


Investitionskosten für Bau, Anlage und nicht energiebedingte Kosten

MFH klein mit Keller (unbeheizt), 6 WE, $A_N = 474 \text{ m}^2$

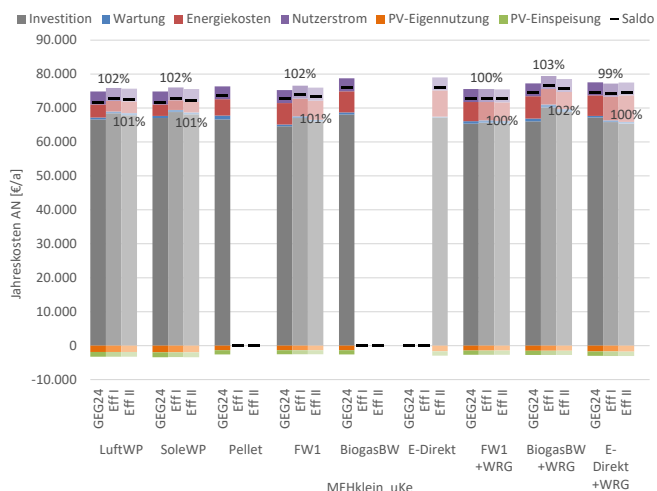


Energiekosten 1. Jahr A_V nach Energieträger [€/a]



Energiekosten inkl. Nutzerstrom, PV-Eigennutzung, PV-Einspeisung

Jahreskosten (Annuität) A_N [€/a]



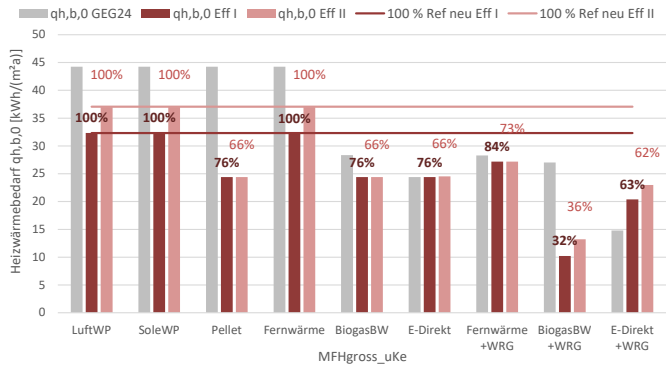
Jahreskosten mit 2 % Realzins für die Kostengruppen Investition, Wartung, Energiekosten, Nutzerstrom, PV-Eigennutzung, PV-Einspeisung

Tabelle 5-8: Zusammenfassung Randbedingungen und Ergebnisse Energie/Ökonomie als Dashboard – MFH groß

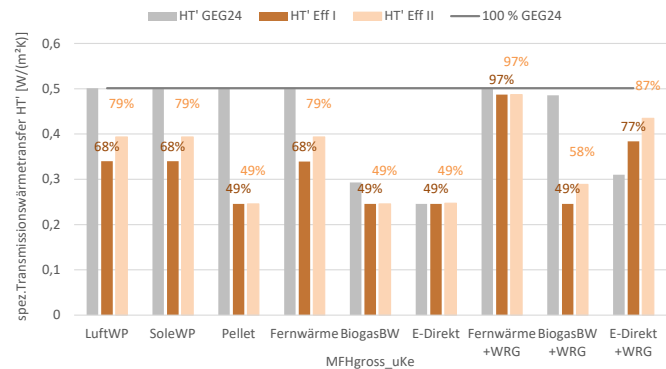
Auswertung Energie für

- GEG 2024, Effizienzniveau Eff I und Eff II
- Linien 100 % Anforderung, d.h. Referenzausführung Eff I und Eff II bzw. GEG 2024 (H_T')
- Angabe Prozentwerte Eff ggü. Linie 100 %

Heizwärmebedarf vor Iteration $q_{h,b,0}$ [kWh/(m²a)]



spez. Transmissionswärmestrom H_T' [W/(m²K)]

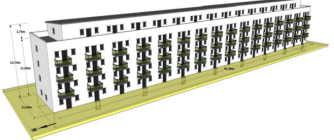


Anforderungsgrößen (Erfüllungsgrad und Relevanz)

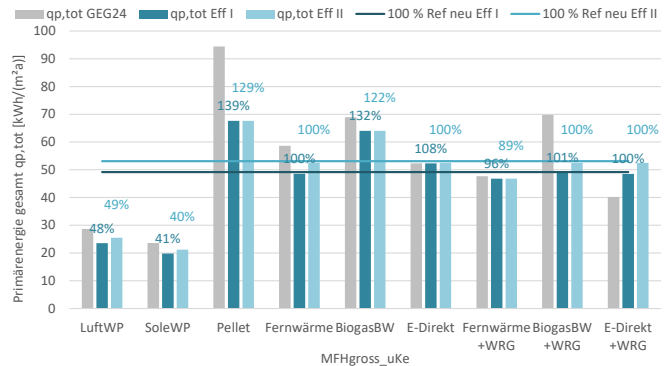
Variante	GEG24		Eff I		Eff II	
	q _{p,ne}	H _{T'}	q _{p,tot}	q _{h,b,0}	q _{p,tot}	q _{h,b,0}
LuftWP	47%	100%	48%	100%	49%	100%
SoleWP	36%	100%	41%	100%	40%	100%
Biomasse (Pellet)	23%	100%	139%	76%	129%	66%
Fernwärme	27%	100%	100%	100%	100%	100%
BiogasBW	55%	58%	132%	76%	122%	66%
E-Direkt	79%	49%	108%	76%	100%	66%
Fernwärme+WRG	22%	100%	96%	84%	89%	73%
BiogasBW+WRG	55%	97%	101%	32%	100%	36%
E-Direkt+WRG	55%	62%	100%	63%	100%	62%

q_{p,ne} - Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, H_{T'} - spez. Transmissionswärmestromkoeffizient, q_{p,tot} - Primärenergiebedarf gesamt, q_{h,b,0} - Heizwärmebedarf vor Iteration, **rot kursiv** - Nicht-Erfüllung Anforderung mit U-Werten untere Schwelle; **grün fett** - relevante Anforderungsgröße (Eff I und II Werte < 100% aufgrund Deckelung U-Werte obere Schwelle)

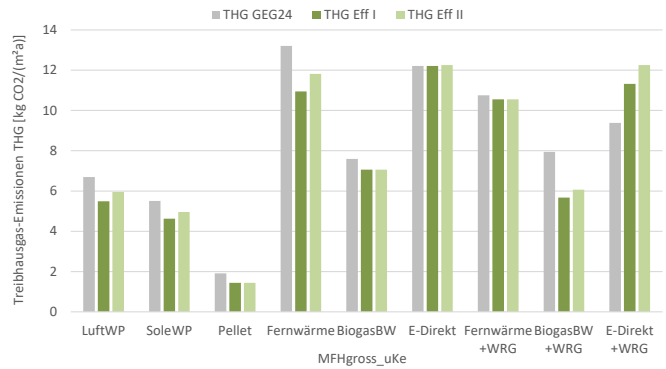
MFH groß mit Keller (unbeheizt), 40 WE, A_N = 3.811 m²



Primärenergiebedarf gesamt $q_{p,tot}$ [kWh/(m²a)]



Treibhausgasemissionen THG-Äquivalent [kg CO₂/(m²a)]



Randbedingungen (Faktoren Primärenergie und THG)

Energieträger	f _{p,ne} (GEG24) [-]	f _{p,tot} [-]	THG [g CO ₂ /kWh]
Biomasse (Pellet)	0,2	1,2	20
Biogas	0,7	1,3	140
Fernwärme	0,7	0,8	180
Strom	1,8	1,5	350

U-Werte Eff I und Eff II - MFH [W/(m²K)]

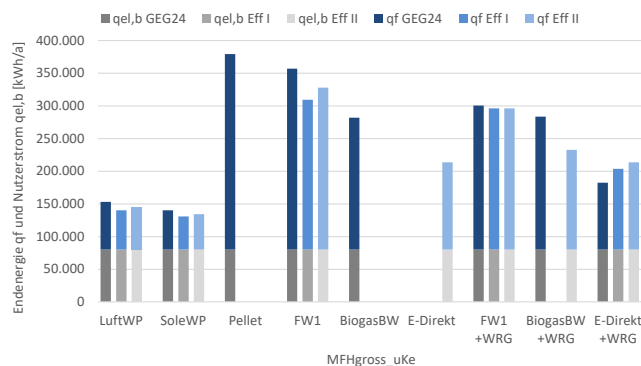
Niveau	AW	AT	DA steil	DA flach	OGD	UA	FE Fass.	FE Dach	WB
Eff I	0,18	1,0	0,14	0,11	0,14	0,24	0,9	1,0	0,03
Eff II	0,20	1,8	0,20	0,20	0,20	0,30	1,0	1,2	0,03
GEG24	0,28	1,8	0,20	0,20	0,20	0,35	1,3	1,4	0,05

AW - Außenwand, AT - Außentür, DA - Dach, OGD - oberste Geschossdecke, UA - unterer Abschluss, FE - Fenster, Fass. - Fassade, WB - Wärmebrückenkorrekturwert

Auswertung Ökonomie für

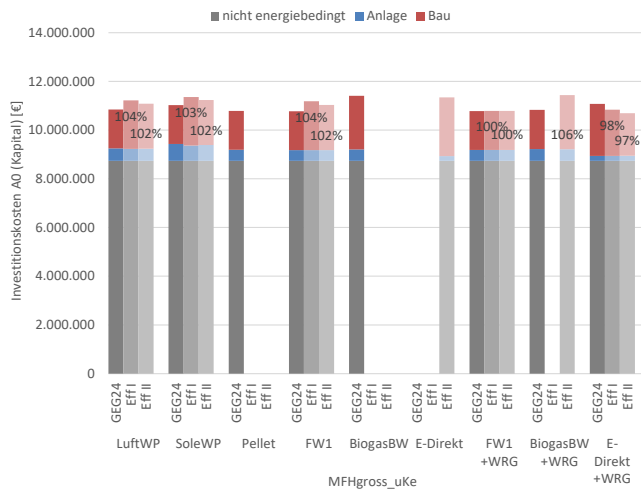
- GEG 2024, Effizienzniveau Eff I und Eff II
- Jahres-Endenergiebedarf für Energiekosten
- nicht für Varianten ohne Erfüllung Anforderungen
- Energiekosten (1. Jahr), Investitionskosten und Jahreskosten (Annuität)
- Saldo (Querschnitt)
- Angabe Prozentwerte Eff ggü. GEG 2024

Endenergiebedarf q_f und Nutzerstrom $q_{el,b}$ [kWh/a]



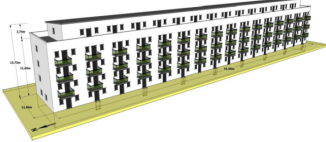
Nutzerstrom $q_{el,b}$ gemäß DIN V 18599-10

Investitionskosten A_0 (Kapital) [€]

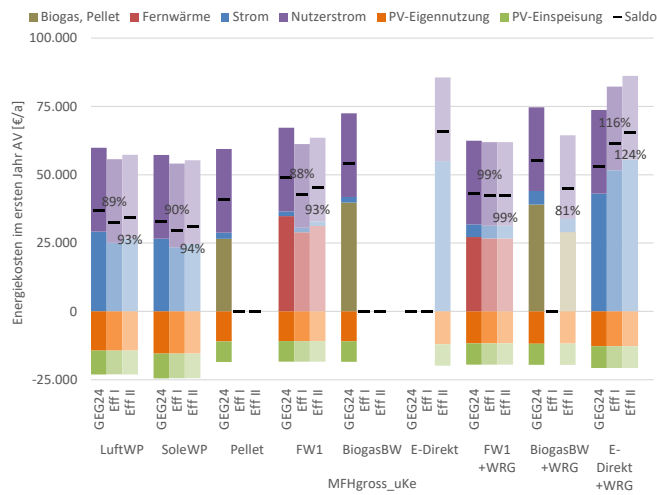


Investitionskosten für Bau, Anlage und nicht energiebedingte Kosten

MFH groß mit Keller (unbeheizt), 40 WE, $A_N = 3.811 \text{ m}^2$

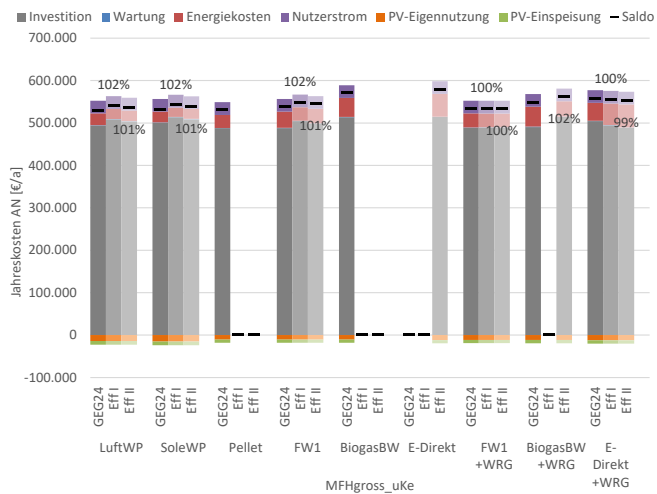


Energiekosten 1. Jahr A_V nach Energieträger [€/a]



Energiekosten inkl. Nutzerstrom, PV-Eigennutzung, PV-Einspeisung

Jahreskosten (Annuität) A_N [€/a]



Jahreskosten mit 2 % Realzins für die Kostengruppen Investition, Wartung, Energiekosten, Nutzerstrom, PV-Eigennutzung, PV-Einspeisung

5.3 Sensitivitäten

Über die mit Abschnitt 5.2 dokumentierten Regelvarianten hinaus werden weitere Fragestellungen anhand einzelner Gebäude behandelt. Dafür werden nur die Modelle "EFH klein" und "MFH groß" verwendet. Bei den Anlagen-Varianten umfassen die Untersuchungen die Wärmepumpen-Systeme (kurz WP, Luft-Wasser und Sole-Wasser) sowie die Fernwärme (kurz FW) ohne und mit mechanischer Lüftung (WRG). Die Systeme Biogas-Brennwert und Elektro-Direkt – jeweils ohne und mit mechanischer Lüftung – sowie Pelletkessel können nur eingeschränkt einbezogen werden, da in einzelnen Fällen die Einhaltung der Anforderungen nicht gewährleistet ist.

Für die Auswertungen werden die Absolutwerte verglichen (prozentuale Änderung bezogen auf Ausgangsfall), nicht die bisher betrachteten relativen Werte mit Bezug auf Erfüllung GEG oder den Ergebnissen der unterschiedlichen Referenzgebäude.

5.3.1 Sensitivität 1: Außenwand-U-Wert

Fragestellung: Wie verändern sich Energie- und Kostenbilanz, wenn der **Außenwand-U-Wert** beim großen MFH 0,23 statt 0,20 W/(m²K) beträgt?

Mit Verweis auf die zusammenfassenden Ergebnisse in Tabelle 5-10 ist für die hier behandelte Sensitivität zu berücksichtigen, dass bei Mehrfamilienhäusern der spezifische Heizwärmebedarf für das Niveau Eff II bei den Wärmepumpenvarianten bei 37 kWh/(m²a) liegt und somit im Vergleich zum Einfamilienhaus mit 51,6 kWh/(m²a) wegen der besseren Kompaktheit einen deutlich niedrigeren Bedarf aufweist.

Die Änderungen in dieser Variante beziehen sich nur auf das Effizienzniveau Eff II. Dabei wird der U-Wert-Satz für die Referenzausführung modifiziert, wodurch sich Anpassungen bei den Erfüllungsoptionen ergeben. Hier dokumentiert werden die Rechenergebnisse für die beiden im Neubau am weitesten verbreiteten Heizsysteme Luft/Wasser-Wärmepumpe und Fernwärme.

- Für das Heizungssystem **Luft-Wärmepumpe** steigen durch die schlechtere Außenwanddämmung der H_T'-Wert um 3,0 %, der Heizwärmebedarf um 2,7 %, der End- und Primärenergiebedarf (total) sowie die Treibhausgasemissionen THG um 1,7 %, die energiebedingten Investitionskosten sinken um 0,7 % und die Energiekosten im ersten Jahr steigen um 1,3 %. Daraus ergeben sich Jahreskosten, die um 0,06 % unter dem Bezugsfall mit einem U-Wert der Außenwand von 0,20 W/(m²K) liegen (mit 101,26 % statt 101,32 % der Jahreskosten eines GEG-2024-Gebäudes).
- Für das Heizungssystem **Fernwärme** steigen der H_T'-Wert ebenfalls um 3,0 %, der Heizwärmebedarf um 2,7 %, der End- und Primärenergie (total) sowie Treibhausgasemissionen THG um 1,6 %, die energiebedingten Investitionskosten sinken um 0,8 % und die Energiekosten im ersten Jahr steigen um 1,5 %. Daraus ergeben sich Jahreskosten, die um 0,04 % unter dem Ausgangsfall liegen (mit 101,19 % statt 101,23 % der Jahreskosten eines GEG-2024-Gebäudes).

Zusammenfassung: Mit den eingesparten Investitionskosten aufgrund eines geringeren Wärmeschutzes ergibt sich ein Anstieg des Energiebedarfs um 1,6 % und eine entsprechende Erhöhung der Energiebezugskosten. In der Gesamtbetrachtung ergeben sich unveränderte Jahreskosten. Aus rein wirtschaftlicher Perspektive wäre die Vorgabe beider U-Werte somit „gleichwertig“. Die Einbeziehung der ökologischen Perspektive zeigt, dass der niedrigere U-Wert aufgrund der niedrigeren Emissionen während der Nutzung bei gleichbleibenden Jahresgesamtkosten ein sinnvollerer Wärmeschutzniveau der Außenwand beschreibt.

5.3.2 Sensitivität 2: Warmwasser ohne Zirkulation bei kleinen Gebäuden

Fragestellung: Welche Auswirkungen hat der Verzicht auf Warmwasser-Zirkulation in der Referenzausführung? Anwendung auf EFH klein.

Bei der Referenzausführung wird die Trinkwassererwärmung ohne Zirkulation betrachtet, wodurch sich Anpassungen bei den Erfüllungsoptionen ergeben. Diese sind ebenfalls ohne Zirkulation gerechnet. Bei den Investitionskosten ergeben sich durch den Verzicht auf die Zirkulation etwas geringere Investitionskosten (500 €/WE). Hierzu wird folgende Bewertung zusammengefasst:

- Keine Auswirkungen für Systeme, bei denen $Q_{h,b,0}$ als Anforderungsgröße greift (WP und z.T. FW);
- für das System Biogas-Brennwert mit WRG können die U-Werte entspannt werden, d.h. der H_T -Wert steigt um 3,8 % (Eff I) bzw. 2,6 % (Eff II), der Heizwärmebedarf um 4,7 % (Eff I) bzw. 3,1 % (Eff II);
- gleichzeitig sinken End- und Primärenergie (total) sowie Treibhausgasemissionen THG um 2,9 % bis 3,5 %, die energiebedingten Investitionskosten sinken um 1,4 % (Eff I) bzw. 0,8 % (Eff II) und die Energiekosten im ersten Jahr sinken um 3,3 % (Eff I) bzw. 2,9 % (Eff II). Daraus ergeben sich Jahreskosten, die um 0,5 % (Eff I) bzw. 0,4 % (Eff II) unter dem Ausgangsfall liegen (mit 101,08 % statt 101,45 % der Jahreskosten eines GEG-2024-Gebäudes).

Zusammenfassung: Durch den Verzicht auf Zirkulation ergibt sich für die Jahreskosten (Annuitäten) eine Änderung von im Mittel **-0,4 %** (Eff I und Eff II), mit einer Bandbreite von -0,5 % (Eff I, BiogasBW+WRG) bis -0,2 % (Eff II, Fernwärme).

5.3.3 Sensitivität 3: Investitionskosten für energiebedingte Komponenten steigen stärker bzw. weniger stark

Fragestellung: Wie verändert sich die Wirtschaftlichkeit, wenn die energiebedingten Investitionskosten um 10 % mehr/weniger steigen? Anwendung auf EFH klein und MFH groß.

Bei den Randbedingungen der Wirtschaftlichkeitsbewertung werden die energiebedingten Investitionskosten für bauliche und anlagentechnische Maßnahmen um 10 % erhöht bzw. gesenkt. Hierdurch ändern sich die Gesamtinvestitionskosten (also inklusive nicht energiebedingter Kostenanteile) im Mittel über die betrachteten Fälle um +/-2,4 %).

Antwort: Durch diese Variation ergibt sich für die Jahreskosten (Annuitäten) eine Änderung von im Mittel **-2,1 %** (Senkung) bzw. **+2,1 %** (Steigerung) gegenüber den bisher angesetzten Investitionskosten, mit einer Bandbreite von -2,7 % bis +2,7 % (Eff II, EFH, SoleWP).

Für die Jahreskosten gegenüber einem GEG-2024-Gebäude ergeben sich im Mittel (über die bewertbaren Gebäude) ohne Änderung an den Investitionskosten 101,35 % (Eff I) bzw. 100,76 % (Eff II). Der Mittelwert wird durch die Variation der Investitionskosten

- bei 10 % Senkung reduziert um 0,171 Prozentpunkte auf 101,18 % (Eff I) bzw. um 0,06 Prozentpunkte auf 100,7 % (Eff II),
- bei 10 % Steigerung ergibt sich eine Erhöhung um 0,164 Prozentpunkte auf 101,51 % (Eff I) bzw. um 0,13 Prozentpunkte auf 100,89 % (Eff II).

5.3.4 Sensitivität 4: Energiekosten steigen stärker bzw. weniger stark

Fragestellung: Wie verändert sich die Wirtschaftlichkeit, wenn die Energiekosten um 10 % mehr/weniger steigen? Anwendung auf EFH klein und MFH groß.

Bei den Randbedingungen der Wirtschaftlichkeitsbewertung werden die Energiekosten um 10 % gesenkt und erhöht.

Antwort: Durch diese Variation zeigt sich für die Jahreskosten (Annuitäten) eine Änderung von im Mittel **-0,7 %** (Senkung) bzw. **+0,7 %** (Steigerung) gegenüber den bisher angesetzten Energiekosten, mit einer Bandbreite von -1,2 % bis +1,2 % (Eff II, MFH, E-Direkt+WRG).

Für die Jahreskosten gegenüber einem GEG-2024-Gebäude ergeben sich im Mittel (über die bewertbaren Gebäude) ohne Änderung an den Energiekosten 101,35 % (Eff I) bzw. 100,76 % (Eff II). Der Mittelwert wird durch die Variation der Energiekosten

- bei 10 % Senkung bei Eff I um 0,07 Prozentpunkte auf 101,42 % und bei Eff II um 0,073 Prozentpunkte auf 100,83 % erhöht,
- bei 10 % Steigerung resultiert eine Reduktion um 0,069 Prozentpunkte auf 101,28 % (Eff I) bzw. 0,001 Prozentpunkte auf 100,761 % (Eff II).

Die Veränderung der Energiebezugskosten um +/-10% bleibt somit unter Berücksichtigung der allgemeinen Unsicherheit einer annuitätischen Bewertung für einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren praktisch ohne Bedeutung.

5.4 Einhaltung der Bedingung -10 % NZEB

Gemäß EPBD haben die Mitgliedsstaaten ein nationales Anforderungsniveau als ZEB zu definieren, mit dem gegenüber dem (ebenfalls auf nationaler Ebene festgelegten) Niveau NZEB eine mindestens 10-prozentige gesamtprimärenergetische Einsparung erreicht wird. Konkret wird in dem Entwurf der Guidance Note wie folgt formuliert:

„4.1.3. ARTICLE 11(3) – THE CAP ON MAXIMUM THRESHOLD FOR THE ENERGY DEMAND

According to article 11(3) the maximum energy demand threshold of a ZEB must be “at least 10% lower” than NZEB threshold for “total primary energy use” as established by the Member State on 28 May 2024¹². This implies the following situations:

- *If the NZEB threshold is already established based on total primary energy use, then the threshold for ZEB will be automatically NZEB threshold minus 10%.*
- *If the NZEB threshold is not established based on total primary energy use, it should be translated into total primary energy use and the 10% must be discounted from this value.*

As an example, if NZEB threshold (translated or not) in total primary energy use is 50 kWh/(m².yr), then the upper limit of the ZEB maximum threshold for energy demand will be:

$$50 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{yr}) - (50 \cdot 10\%) \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{yr}) = 50 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{yr}) - 5 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{yr}) = 45 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{yr}).$$

This “NZEB -10%” cap will stay over time and the maximum energy demand threshold for ZEB cannot be amended towards higher values, independently of the results of future cost-optimal calculations.“

Das in der Guidance Note beschriebene Verfahren für den Nachweis des ZEB-Niveaus ist aus den folgenden Gründen auf die deutsche Anforderungssystematik nicht anwendbar:

- Das für Deutschland definierte NZEB-Niveau basiert in seiner Anforderung auf dem nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf ($q_{p,ne}$). Dabei wird allerdings kein fester Grenzwert vorgegeben; der Anforderungswert ergibt sich vielmehr aus einem Referenzgebäudeverfahren und beträgt 55 % des für das Referenzgebäude berechneten nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs.
- Eine “Übersetzung” der nationalen Anforderung in die Größe Gesamtprimärenergiebedarf $q_{p,tot}$ ist nicht möglich, weil
 - der erneuerbare Primärenergiebedarfsanteil in der aktuellen Anforderung nicht adressiert ist und das auf den nicht erneuerbaren Anteil bezogene Anforderungsniveau nicht auf den Gesamtprimärenergiebedarf übertragen werden kann und
 - sich die Gesamtprimärenergiefaktoren mit Fortschreibung der Bilanzierungsrandbedingungen ändern und somit ein direkter Vergleich des Gesamtprimärenergiebedarfs nach den NZEB-Kriterien mit dem Gesamtprimärenergiebedarf nach den ZEB-Kriterien (mit veränderten Primärenergiefaktoren) nicht zulässig ist.

Der Nachweis einer mindestens 10%igen Einsparung in Bezug auf das NZEB-Niveau wird daher für die betrachteten Gebäude unter Zugrundelegung einer jeweiligen Anlagentechnik geführt. Hierzu wird für alle anlagentechnischen Varianten die gesamtprimärenergetische Einsparung bei den Niveaus Eff I und Eff II im Vergleich zum GEG 2024-Niveau betrachtet. Die entsprechenden Auswertungen dazu sind in Tabelle 5-9 enthalten und werden im Folgenden zusammengefasst:

- Für die LuftWP (Luft/Wasser Wärmepumpe) und SoleWP (Sole/Wasser Wärmepumpe) ergeben sich für das Niveau Eff I Einsparungen im Vergleich zum Niveau GEG 2024 zwischen 14 und 23 % (Spalte Primärenergie, jeweils die kleinste und größte Einsparung über alle betrachteten Gebäude). Für Eff II liegen die Einsparungen nur bei 6 bis 13 %. Die geforderte Einsparung von mindestens 10 % ergibt sich demnach durchgehend nur für das Niveau Eff I.
- Für Fernwärme ergeben sich Einsparungen, die mit den Wärmepumpen vergleichbar sind: Sie liegen für das Niveau Eff I zwischen 15 und 23 % und für das Niveau Eff II zwischen 7 und 13 %. Nur im Fall des Reihenmittelhauses wird hier die Einsparung von mindestens 10 % gegenüber der NZEB-Erfüllungsoption nicht erreicht.
- Für feste (Pellet) und flüssige Biomasse (BiogasBW) können für Eff I und Eff II keine Erfüllungsoptionen gebildet werden, da ohne weitere Maßnahmen die gesamtprimärenergetischen Anforderungswerte nicht erreicht werden. Erst in Verbindung mit einer Lüftungsanlage mit WRG wird im Fall von BiogasBW+WRG in den meisten Fällen der zulässige Gesamtprimärenergiebedarf erreicht (für Eff I nicht bei der Doppelhaushälfte und dem großen MFH). Hierbei zeigen sich Einsparungen im Vergleich zur NZEB-Erfüllung bei Eff I zwischen 28 und 37 %.
- Die mit Tabelle 5-10 ergänzten spezifischen Bedarfswerte zeigen, dass sich im Fall der Varianten, bei denen zusätzlich eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung vorgesehen wird, gesamtprimärenergetische Bedarfe ergeben, die mit den Bedarfswerten ohne Lüftungsanlage vergleichbar sind. Im Vergleich zu den korrespondierenden Erfüllungsoptionen zum NZEB-Niveau ergeben sich hier allerdings deutlich geringere Einsparungen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass mit Einführung der neuen Anforderungsgröße $q_{h,b,0}$ eine Flexibilisierung in Bezug auf die Anforderungserfüllung eingeführt wird: einhergehend mit dem Ein-

bau einer Lüftungsanlage mit WRG kann bei Eff I und Eff II ein weniger ambitionierter baulicher Wärmeschutz zur Ausführung kommen, was bei den Erfüllungsoptionen für das GEG 2024 nicht der Fall ist. Die Auswertungen zeigen hier, dass in der neuen Anforderungssystematik alternativ zur Ausführung eines sehr ambitionierten Wärmeschutzes eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung vorgesehen werden kann und dass hiermit ein gesamtprimärenergetischer Bedarf auf demselben Niveau erreicht wird.

Im Rahmen der gewählten Betrachtungsweise und den zugrunde gelegten Beispielgebäuden sowie typischen Anlagenvarianten (Wärmepumpen und Fernwärme) wird die mindestens geforderte 10%ige Einsparung gegenüber dem NZEB-Niveau mit Eff I in allen Fällen erreicht. Für das Niveau Eff II kann die geforderte Einsparung nicht in allen Fällen nachgewiesen werden. Die Weiterentwicklung des Referenzgebäudes in Richtung des Effizienzniveaus II erscheint somit mindestens erforderlich, um die Anforderung „-10 % NZEB“ zu erreichen.

5.5 Zusammenfassung

In Tabelle 5-9 sind die Ergebnisse für alle Berechnungen zusammengeführt, und zwar mit einer Ausweisung der prozentualen Veränderungen gegenüber der Erfüllung für das GEG 2024 sowie %-Werte gegenüber Sollwerten der betrachteten Niveaus GEG 2024, Eff I und Eff II. Tabelle 5-10 dokumentiert die gleichen Berechnungsergebnisse als spezifische Bilanzgrößen bezogen auf die Nutzfläche A_N . In der Gesamtschau ergeben sich folgende Bewertungen:

- Bei der Heizungsoption Wärmepumpe werden im Effizienzniveau I Endenergie- und Gesamt-**Primärenergieeinsparungen** sowie THG-Einsparungen von 16 bis 23 % gegenüber den Erfüllungsoptionen des geltenden GEG erzielt; die größten prozentualen Einsparungen ergeben sich bei freistehenden Einfamilienhäusern, etwas geringere Werte ergeben sich beim Reihemittelhaus und bei großen Mehrfamilienhäusern. Im Effizienzniveau II liegen die Einsparungen niedriger (6 - 13 %).
- Diese Einsparungen haben investive Mehrkosten (ohne Förderung) von 3 bis 5 % (Eff I) bzw. 2 % (Eff II) zur Folge; die **Jahresgesamtkosten** liegen im Eff I-Niveau um 2 bis 4 % über dem Wert des geltenden GEG. Im Effizienzniveau II liegen die Investitionskosten um 2 % über den GEG 2024 Varianten, die Jahresgesamtkosten mit 101 % im Rahmen der Datenunsicherheit gleichauf mit dem GEG 2024. Werden bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung 10 % höhere bzw. niedrigere Energiekostensteigerungen unterstellt, so ergeben sich Änderungen bezogen auf die Jahresgesamtkosten von +/-0,7 %. Eine Veränderung der Investitionskosten +/-10 % beeinflusst die Jahresgesamtkosten um +/-2,1 %.
- Bei der Fernwärme liegen die Energie- und THG-Einsparungen bei 15 bis 23 % (Eff I) bzw. 7 bis 13 % (Eff II), verbunden mit Investitionsmehrkosten von +4 bis +6 % für Eff I und +2 % für Eff II. Hieraus ergeben sich um 2 % (Eff I) bzw. 1 % erhöhte Jahreskosten.
- Neben den betriebswirtschaftlichen Einsparungen für die Gebäudenutzer*innen ergeben sich zusätzliche **Einsparungen im Gesamtsystem** (z. B. reduzierte Erfordernis des Stromverteilnetz-Ausbaus und der winterlichen Backup-Leistungen im Kraftwerkspark), die hier nicht monetarisiert werden können. Der niedrigere Verbrauch erhöht zudem die **Resilienz** des Gebäudekonzepts und puffert Energiepreis-Volatilitäten und -Steigungen ab.
- Bei Hinzuziehung der verbesserten Lüftung mit Wärmerückgewinnung als Technologie ergeben sich geringere Einsparungen und auch Mehrkosten, weil hier die Einsparungen in der neuen Kenngröße $q_{h,b,0}$ als Erfüllungsmaßnahme anerkannt werden, in der alten Logik des H_T' jedoch nicht. Das zeigt die größere **Flexibilität** und Technologieoffenheit des neuen Anforderungssystems.

Hierzu folgende Erläuterung am Beispiel des kleinen Einfamilienhauses für das System Fernwärme (vgl. Werte in Tabelle 5-10): ohne Lüftungsanlage ergibt sich für die Fernwärme für

die Erfüllungsoption zum GEG 2024 ein Endenergiebedarf in Höhe von 74,8 kWh/(m²a) und für das Niveau Eff I in Höhe von 57,3 kWh/(m²a). Das Hinzufügen der Wärmerückgewinnung führt für das GEG 2024 zu einer Reduzierung des Endenergiebedarfs auf 58,8 kWh/(m²a). Demgegenüber ergibt sich für die Erfüllungsoption zu Eff I nur eine Veränderung des Endenergiebedarfs auf 56,3 kWh/(m²a).

Dies liegt daran, dass das Hinzufügen der Wärmerückgewinnung bei Eff I in Verbindung mit der neuen Anforderungssystematik und Anforderungsgröße $q_{h,b,0}$ ein Nachlassen bei dem baulichen Wärmeschutz ermöglicht. In der Anforderungssystematik des GEG 2024 besteht diese Flexibilität nicht: das Hinzufügen der Wärmerückgewinnung führt zu einer energetischen Einsparung und die Investitionskosten steigen von 3.271 €/m² auf 3.304 €/m². Im Vergleich dazu fallen zwar bei Eff I dieselben Investitionsmehrkosten bei der Lüftungsanlage an, gleichzeitig ergeben sich aber Einsparungen in Verbindung mit dem Nachlassen der Qualität beim Wärmeschutz: insgesamt ergeben sich für die Erfüllungsoption zu Eff I für den Fall Fernwärme mit WRG 3.316 €/m² geringere Investitionskosten im Vergleich zum Fall ohne Wärmerückgewinnung (dort 3.420 €/m²).

- Eine Elektrodirektheizung ist in dem gegebenen System in Verbindung mit einer Wärmerückgewinnung sinnvoll einsetzbar. Diese Variante hat allerdings insbesondere im Mehrfamilienhaus einen deutlich höheren Energiebedarf im Vergleich zur Erfüllungsoption für das GEG 2024 bei ähnlichen Jahreskosten zur Folge. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in der neuen Anforderungssystematik das Hinzufügen der Wärmerückgewinnung auch für dieses System ein Nachlassen des baulichen Wärmeschutzes möglich ist und somit ein im Vergleich zum GEG 2024 verschlechterter baulicher Wärmeschutz zur Umsetzung kommen kann. Reduzierte Investitionskosten bei gleichzeitig erhöhten energiebedingten Kosten gleichen sich somit in der Jahresgesamtkostenbetrachtung aus.
- Für die Brennstoffe Biomasse und grüne Gase müssten, sofern diese als Erfüllungsoptionen für den Neubau zulässig sein sollen, Gewichtungsfaktoren eingeführt werden. Betrachtet man das $H_{T'}$ -Niveau, das bei den verbreiteten Heizungsvarianten Wärmepumpe und Fernwärme erreicht wird, so sieht man, dass ein $H_{T'}$ -Niveau zwischen 64 % und 68 % bei Effizienz-niveau I und 77 und 87 % bei Effizienz-niveau II erreicht wird. Dies entspricht für Eff I einem Niveau, welches einen etwas besseren Wärmeschutz als ein „Effizienzhaus 55“ (70 % $H_{T,Ref'}$) aufweist. Für Eff II ergibt sich ein Niveau in etwa vergleichbar mit einem „Effizienzhaus 70“ (mit 85 % $H_{T,Ref'}$).
- Mit Eff I wird die mindestens geforderte 10%ige Einsparung gegenüber dem NZEB-Niveau erreicht. Für das Niveau Eff II wird die geforderte Einsparung in den meisten Fällen erreicht.

Die Gutachter*innen halten den Vorschlag einer baubaren Referenz mit einem weiterentwickelten Effizienz-niveau und einer Differenzierung nach EZFH/MFH/NWG sowie der zusätzlichen Flexibilität durch die neuen Anforderungsgrößen vor dem Hintergrund der Ausbalancierung von Einsparung, ökologischem und ökonomischem Kosten-Nutzen-Verhältnis und Dekarbonisierung für einen nachhaltigen Vorschlag zur Umsetzung der EPBD.

Tabelle 5-9: Zusammenfassung der Rechenergebnisse für Wohngebäude, Angabe Prozentwerte in Relation zu unterschiedlichen Bezugsfällen (siehe Legende)

Gebäude, System		Endenergie q_f		Primär- energie $q_{p,tot}$		Treibhaus- gas THG		Heizwärme- bedarf $q_{h,b,0}$		Transmission- swärme H_t'		Investitions- kosten A_0		Jahres- kosten A_N		Erfüllung Anforderung, % ggü. Sollwert							
		Eff I Eff II		Eff I Eff II		Eff I Eff II		Eff I Eff II		Eff I Eff II		Eff I Eff II		Eff I Eff II		GEG24		Eff I		Eff II			
		%-Bezug	a	a	a	a	a	a	a	a	b	b	a	a	a	a	$q_{p,ne}$	H_t'	$q_{p,tot}$	$q_{h,b,0}$	$q_{p,tot}$	$q_{h,b,0}$	
EFHklei	LuftWP	77%	88%	77%	88%	77%	88%	73%	89%	64%	82%	104%	102%	102%	101%	33%	100%	45%	100%	44%	100%		
	SoleWP	81%	92%	81%	92%	81%	92%	73%	89%	64%	82%	104%	102%	103%	101%	22%	100%	36%	100%	35%	100%		
	Pellet	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20%	100%	136%	79%	117%	65%		
	FW	77%	90%	77%	90%	77%	90%	72%	88%	65%	83%	105%	102%	102%	101%	23%	100%	100%	99%	100%	100%		
	BiogasBW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55%	86%	132%	79%	114%	65%		
	E-Direkt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	74%	48%	121%	79%	104%	65%		
	FW+WRG	96%	100%	96%	100%	96%	100%	94%	99%	97%	101%	100%	100%	100%	100%	18%	100%	100%	92%	89%	80%		
	Biogas+WRG	63%	73%	63%	74%	65%	75%	47%	63%	51%	65%	107%	104%	103%	101%	47%	100%	100%	46%	100%	50%		
E-Direkt+WRG	98%	115%	98%	115%	98%	115%	101%	124%	61%	72%	100%	99%	100%	100%	55%	61%	100%	56%	100%	57%			
DHHsued_oKe	LuftWP	79%	91%	79%	91%	79%	91%	72%	87%	66%	87%	105%	102%	103%	101%	30%	100%	45%	100%	45%	100%		
	SoleWP	82%	92%	82%	92%	82%	92%	72%	87%	66%	87%	105%	102%	104%	101%	21%	100%	38%	100%	38%	100%		
	Pellet	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19%	100%	157%	77%	138%	63%		
	FW	78%	89%	79%	90%	79%	90%	72%	86%	66%	86%	106%	102%	103%	101%	23%	100%	100%	100%	100%	99%		
	BiogasBW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55%	89%	135%	77%	118%	63%		
	E-Direkt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60%	50%	112%	77%	100%	64%		
	FW+WRG	94%	102%	94%	101%	94%	101%	91%	102%	93%	102%	101%	100%	100%	100%	18%	100%	100%	92%	95%	85%		
	Biogas+WRG	-	69%	-	69%	-	71%	-	50%	-	57%	-	109%	-	104%	48%	100%	106%	42%	100%	42%		
E-Direkt+WRG	94%	108%	94%	108%	94%	108%	92%	111%	66%	76%	101%	99%	100%	100%	55%	70%	100%	62%	100%	62%			
RMH_mKe	LuftWP	84%	93%	84%	93%	84%	93%	80%	92%	68%	83%	103%	102%	102%	101%	38%	100%	48%	100%	48%	100%		
	SoleWP	86%	94%	86%	94%	86%	94%	80%	92%	68%	83%	103%	102%	102%	101%	26%	100%	38%	100%	38%	100%		
	Pellet	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20%	100%	159%	84%	130%	73%		
	FW	85%	93%	85%	93%	85%	93%	80%	92%	68%	83%	104%	102%	102%	101%	24%	100%	100%	100%	100%	100%		
	BiogasBW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55%	72%	140%	84%	127%	73%		
	E-Direkt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90%	53%	131%	84%	119%	73%		
	FW+WRG	103%	103%	103%	103%	103%	103%	105%	105%	103%	103%	99%	99%	100%	100%	17%	100%	93%	80%	84%	70%		
	Biogas+WRG	72%	79%	72%	79%	74%	81%	50%	63%	53%	64%	107%	105%	104%	102%	46%	100%	100%	38%	100%	42%		
E-Direkt+WRG	109%	120%	109%	120%	109%	120%	113%	129%	72%	80%	99%	98%	100%	99%	55%	65%	100%	55%	100%	55%			
MFHklein_uKe	LuftWP	77%	87%	77%	87%	77%	87%	68%	82%	65%	77%	104%	102%	102%	101%	44%	100%	44%	100%	44%	100%		
	SoleWP	78%	87%	78%	87%	78%	87%	66%	80%	65%	77%	103%	102%	102%	101%	33%	100%	36%	100%	36%	100%		
	Pellet	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26%	100%	150%	72%	134%	60%		
	FW	78%	87%	78%	87%	78%	87%	66%	80%	65%	78%	104%	102%	102%	101%	28%	100%	100%	100%	100%	100%		
	BiogasBW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55%	58%	131%	72%	117%	60%		
	E-Direkt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	74%	47%	102%	72%	100%	68%		
	FW+WRG	94%	96%	94%	96%	94%	96%	89%	93%	94%	96%	100%	100%	100%	100%	23%	100%	100%	94%	91%	81%		
	Biogas+WRG	68%	75%	68%	75%	69%	77%	38%	53%	47%	57%	107%	105%	103%	102%	55%	90%	100%	34%	100%	39%		
E-Direkt+WRG	117%	131%	117%	131%	117%	131%	129%	154%	73%	80%	98%	97%	99%	100%	55%	60%	100%	66%	100%	65%			
MFHgross_uKe	LuftWP	82%	89%	82%	89%	82%	89%	73%	84%	68%	79%	104%	102%	102%	101%	47%	100%	48%	100%	49%	100%		
	SoleWP	84%	90%	84%	90%	84%	90%	73%	84%	68%	79%	103%	102%	102%	101%	36%	100%	41%	100%	40%	100%		
	Pellet	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23%	100%	139%	76%	129%	66%		
	FW	83%	89%	83%	90%	83%	90%	73%	84%	68%	79%	104%	102%	102%	101%	27%	100%	100%	100%	100%	100%		
	BiogasBW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55%	58%	132%	76%	122%	66%		
	E-Direkt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	79%	49%	108%	76%	100%	66%		
	FW+WRG	98%	98%	98%	98%	98%	98%	96%	96%	97%	97%	100%	100%	100%	100%	22%	100%	96%	84%	89%	73%		
	Biogas+WRG	-	75%	-	75%	-	76%	-	49%	-	58%	-	106%	-	102%	55%	97%	101%	32%	100%	36%		
E-Direkt+WRG	121%	131%	121%	131%	121%	131%	138%	155%	77%	87%	98%	97%	100%	99%	55%	62%	100%	63%	100%	62%			

Fußnoten/Legende

a) %-Bezug: Erfüllung GEG 2024, Qp55HT100

b) %-Bezug: Referenz GEG 2024

c) % ggü. Sollwert der jeweiligen Anforderungsgröße (Erfüllung)

-) Fälle ohne Erfüllung der jeweiligen Anforderungen, entweder bei GEG24 und/oder Eff I bzw. Eff II (rot kursiv)

Tabelle 5-10: Zusammenfassung der Rechenergebnisse für Wohngebäude, spezifische Werte (Bezug A_N)

Gebäude, System		Endenergie q _f [kWh/(m²a)]			Primärenergie q _{p,tot} [kWh/(m²a)]			Heizwärmebedarf q _{h,b,0} [kWh/(m²a)]			Treibhausgas THG [kg CO2/m²]			Investitionskosten [€/m²]			Jahreskosten [€/m²a)]		
		GEG24	Eff I	Eff II	GEG24	Eff I	Eff II	GEG24	Eff I	Eff II	GEG24	Eff I	Eff II	GEG24	Eff I	Eff II	GEG24	Eff I	Eff II
EFHklei	LuftWP	18,0	13,8	15,8	27,0	20,8	23,6	57,8	42,4	51,6	6,3	4,8	5,5	3.297	3.431	3.357	162	165	163
	SoleWP	13,9	11,2	12,7	20,8	16,7	19,0	57,8	42,4	51,6	4,9	3,9	4,4	3.364	3.499	3.422	164	168	165
	Pellet	80,5	52,5	52,5	97,1	63,4	63,4	57,8	33,3	33,3	2,1	1,5	1,5	3.348	-	-	172	-	-
	FW	74,8	57,3	67,0	60,4	46,4	54,1	58,8	42,2	51,5	13,6	10,4	12,2	3.271	3.420	3.335	165	169	167
	BiogasBW	64,1	47,0	47,0	83,7	61,4	61,4	50,4	33,3	33,3	9,3	6,9	6,9	3.342	-	-	170	-	-
	E-Direkt	37,9	37,5	37,5	56,9	56,3	56,3	33,3	33,3	33,3	13,3	13,1	13,1	-	-	-	-	-	-
	FW+WRG	58,8	56,3	58,5	48,5	46,5	48,3	41,7	39,2	41,4	10,9	10,5	10,9	3.304	3.316	3.305	168	168	168
	Biogas+WRG	56,2	35,4	41,2	73,7	46,5	54,1	40,9	19,3	25,6	8,5	5,5	6,4	3.313	3.538	3.459	171	175	173
	E-Direkt+WRG	30,6	31,0	36,0	45,9	46,5	53,9	23,7	25,0	30,2	10,7	10,8	12,6	3.376	3.364	3.321	171	171	171
DHHsued_oKe	LuftWP	18,8	14,8	17,0	28,1	22,2	25,5	55,7	39,8	48,5	6,6	5,2	5,9	3.110	3.278	3.163	156	161	157
	SoleWP	15,3	12,6	14,1	23,0	18,9	21,2	55,7	39,8	48,5	5,4	4,4	4,9	3.221	3.390	3.277	161	167	163
	Pellet	84,1	64,2	64,2	101,5	77,5	77,5	55,7	30,6	30,6	2,3	1,9	1,9	3.219	-	-	173	-	-
	FW	77,6	60,9	69,4	62,8	49,4	56,2	55,7	39,8	47,8	14,1	11,1	12,7	3.098	3.283	3.164	161	167	163
	BiogasBW	69,0	50,8	50,8	90,1	66,5	66,5	49,1	30,6	30,6	10,2	7,6	7,6	3.161	-	-	166	-	-
	E-Direkt	36,8	36,8	37,5	55,2	55,2	56,2	30,6	30,6	31,3	12,9	12,9	13,1	-	-	3.280	-	-	168
	FW+WRG	63,6	59,8	64,6	52,5	49,4	53,2	40,4	36,6	41,4	11,8	11,1	12,0	3.152	3.184	3.150	167	167	167
	Biogas+WRG	62,2	39,8	42,8	81,6	52,4	56,3	40,4	16,8	20,1	9,5	6,3	6,7	3.163	-	3.436	169	-	176
	E-Direkt+WRG	34,8	32,8	38,0	52,2	49,2	57,0	27,0	24,8	30,4	12,2	11,5	13,3	3.171	3.194	-	167	167	-
RMH_mKe	LuftWP	14,5	12,2	13,5	21,7	18,3	20,2	39,5	31,5	36,2	5,1	4,3	4,7	2.674	2.756	2.719	134	136	135
	SoleWP	11,2	9,7	10,5	16,8	14,5	15,8	39,5	31,5	36,2	3,9	3,4	3,7	2.733	2.819	2.780	136	139	138
	Pellet	58,9	49,7	44,9	71,1	60,1	54,2	39,5	26,5	26,5	1,6	1,4	1,3	2.734	-	-	143	-	-
	FW	54,9	46,5	51,2	44,5	37,7	41,5	39,5	31,5	36,2	10,0	8,5	9,4	2.662	2.756	2.713	137	139	138
	BiogasBW	46,3	40,5	40,5	60,5	52,9	52,9	32,5	26,5	26,5	6,8	6,0	6,0	2.764	-	-	142	-	-
	E-Direkt	33,1	33,1	33,1	49,7	49,7	49,7	26,5	26,5	26,5	11,6	11,6	11,6	-	-	-	-	-	-
	FW+WRG	41,0	42,1	42,1	34,2	35,1	35,1	24,1	25,3	25,3	7,7	7,9	7,9	2.692	2.677	2.677	139	138	138
	Biogas+WRG	40,1	28,8	31,6	52,7	38,0	41,6	24,2	12,0	15,2	6,2	4,6	5,0	2.697	2.888	2.822	141	146	144
	E-Direkt+WRG	23,2	25,2	27,8	34,8	37,8	41,6	15,4	17,3	19,8	8,1	8,8	9,7	2.720	2.689	2.660	141	140	140
MFHklein_uKe	LuftWP	20,0	15,4	17,3	30,0	23,0	26,0	51,0	34,5	41,9	7,0	5,4	6,1	3.056	3.168	3.127	151	153	153
	SoleWP	16,1	12,6	14,0	24,2	18,9	21,0	52,1	34,5	41,9	5,6	4,4	4,9	3.102	3.204	3.162	151	153	152
	Pellet	96,9	65,3	65,3	116,7	78,8	78,8	52,1	25,1	25,1	2,4	1,7	1,7	3.057	-	-	156	-	-
	FW	83,4	64,7	72,3	67,3	52,3	58,4	52,1	34,5	41,7	15,1	11,8	13,1	3.014	3.141	3.086	154	156	155
	BiogasBW	58,3	52,6	52,6	76,0	68,6	68,6	30,7	25,1	25,1	8,4	7,6	7,6	3.195	-	-	161	-	-
	E-Direkt	36,5	35,7	39,0	54,8	53,5	58,5	25,1	25,1	28,5	12,8	12,5	13,7	-	-	3.133	-	-	161
	FW+WRG	67,8	63,7	65,1	55,7	52,4	53,5	36,4	32,5	33,8	12,6	11,8	12,1	3.030	3.044	3.033	154	154	154
	Biogas+WRG	59,3	40,1	44,7	77,6	52,6	58,5	30,6	11,7	16,2	8,8	6,1	6,8	3.064	3.284	3.214	157	162	160
	E-Direkt+WRG	29,7	34,9	39,0	44,6	52,3	58,6	17,7	22,8	27,2	10,4	12,2	13,7	3.108	3.036	3.009	157	157	157
MFHgross_uKe	LuftWP	19,1	15,7	17,0	28,7	23,5	25,5	44,3	32,3	37,0	6,7	5,5	6,0	2.845	2.945	2.909	139	142	141
	SoleWP	15,7	13,2	14,2	23,6	19,8	21,2	44,3	32,3	37,0	5,5	4,6	5,0	2.893	2.981	2.949	140	142	141
	Pellet	78,4	56,1	56,1	94,4	67,6	67,6	44,3	24,4	24,4	1,9	1,4	1,4	2.831	-	-	139	-	-
	FW	72,6	60,1	65,0	58,6	48,6	52,5	44,3	32,3	37,0	13,2	10,9	11,8	2.828	2.935	2.895	141	144	143
	BiogasBW	52,9	49,1	49,1	69,0	64,0	64,0	28,4	24,4	24,4	7,6	7,1	7,1	2.994	-	-	150	-	-
	E-Direkt	34,9	34,9	35,0	52,3	52,3	52,5	24,4	24,4	24,5	12,2	12,2	12,3	-	-	2.978	-	-	152
	FW+WRG	57,8	56,6	56,6	47,7	46,8	46,8	28,3	27,2	27,2	10,8	10,6	10,5	2.830	2.832	2.832	140	140	140
	Biogas+WRG	53,3	37,3	40,0	69,8	48,9	52,5	27,0	10,2	13,2	7,9	5,7	6,1	2.842	-	3.002	144	-	147
	E-Direkt+WRG	26,8	32,4	35,0	40,2	48,5	52,5	14,8	20,4	23,0	9,4	11,3	12,3	2.907	2.843	2.806	146	146	145

Legende

rot kursiv: Fälle ohne Erfüllung der jeweiligen Anforderungen, werden bei Wirtschaftlichkeit nicht ausgewertet "-"

6 Modellierung der baubaren Referenzgebäude: Nichtwohngebäude

Den Untersuchungen für Nichtwohngebäude liegen ähnliche Methoden und Variantenbildungen zugrunde, wie bei den Wohngebäuden beschrieben (s. Kapitel 5.1). Im Folgenden werden daher nur die Unterschiede beschrieben.

6.1 Methodik

Die Unterschiede beim methodischen Vorgehen für die Nichtwohngebäude gegenüber Wohngebäuden lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Anforderungsgröße:** „Nebenanforderung“ GEG 2024 ist bei Nichtwohngebäuden nicht der spezifische Wärmetransferkoeffizient H_T' , sondern der mittlere U-Wert der Gebäudehülle \bar{U} (U_{quer}), wobei transparente und opake Bauteile getrennt betrachtet werden. Für die neue Anforderungssystematik wird analog zu den Wohngebäuden die Effizienzanforderung $q_{h,b,0}$ anstelle der bisherigen U_{quer} -Anforderungen herangezogen.
- Bei den Auswertungen erfolgt die Anrechnung von **PV-Strom** nach § 23 Abs. 2.
- Bei der PV-Bilanz wird kein **Nutzerstrom** berücksichtigt, da keine ausreichende Datengrundlage verfügbar ist.
- Die bauliche **Referenzausführung** orientiert sich an den Werten für Mehrfamilienhäuser, außer bei Wärmebrücken, dort bleibt der Wert für den Wärmebrückenkorrekturwert ΔU_{WB} bei $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

6.1.1 Variantenbildung und Szenarien

Für die Untersuchungen werden **Modellgebäude** aus Klauß und Kirchhof (2010) herangezogen, stellvertretend für unterschiedliche Gebäudetypen, welche im folgenden Abschnitt näher beschrieben werden, v.a. bezüglich der unterschiedlichen Konditionierung je nach Nutzungsprofil. Nachstehende Gebäude werden analysiert:

- 2 Bürogebäude in kleiner (1.700 m^2) und großer Ausführung (6.000 m^2 , mit überdachtem Atrium)
- 1 großes Hotel (8.700 m^2)
- 1 kleiner Kindergarten (500 m^2)
- 1 mittelgroßer Verbrauchermarkt (2.100 m^2)

Weitere Modellgebäude mit für Hallen typischer Bauweise und Anlagentechnik sind nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchungen, was u. a. auf fehlende Kostenansätze für spezielle Bauteil-Ausführungen für diese Bauweise sowie der typischen eingesetzten Anlagentechnik zurückzuführen ist. Sie müssen in einem Folgeprojekt untersucht werden.

Für die **Variation der Anlagensysteme** werden folgende Fälle unterschieden:

1. Luft-Wasser-Wärmepumpe (LuftWP)
2. Sole-Wasser-Wärmepumpe (SoleWP)
3. Fernwärme (Fernwärme oder FW)
4. Biogas-Brennwertkessel (BiogasBW)
5. Elektro-Direktheizung (E-Direkt, nicht für Verbrauchermarkt)

Die **Variantenbildung** erfolgt analog zur Vorgehensweise bei den Wohngebäuden, mit folgenden Anpassungen und Einschränkungen:

- Die **Lüftungstechnik** wird bereits in der Referenzausführung zonenweise unterschiedlich in Ansatz gebracht (es gibt Bereiche mit Zu-/Abluftsystemen mit Wärmerückgewinnung 90 %, mit reinen Abluftsystemen z.B. in Sanitärbereichen und mit Fensterlüftung), bei der Variantenbildung erfolgt keine Variation der Lüftungstechnik.
- Die **Trinkwassererwärmung** erfolgt je nach Modellgebäude zentral oder dezentral (elektrisch).
- Der Trinkwarmwasser-**Bedarf** ist je nach Nutzung der Zonen bereits auf die Zahlenwerte der Neuausgabe der Norm (DIN/TS 18599-10) angepasst.
- **Gekühlte** Zonen liegen bei drei der fünf Modellgebäude vor.
- Beim Hotel wird zusätzlich zur Regelvariante mit PV eine Variante mit **Solarthermie** für die Trinkwassererwärmung (STWE) betrachtet.
- Beim Verbrauchermarkt wird die Art der **Wärmeübergabe** an die dort typischen größeren Raumhöhen angepasst (Umluftheizung).
- Bei der **Kälteerzeugung** wird angenommen, dass der Bedarf im Fall der Wärmepumpen-Varianten auch durch die Wärmepumpen gedeckt ist (Auslegung gemäß max. Heiz- und Kühlleistung), bei den übrigen Systemen wird eine Kompressionskältemaschine (luftgekühlt) in Ansatz gebracht (für Referenzausführung und Varianten).
- Für die Bildung von **Erfüllungsoptionen** bei den Niveaus Eff I und Eff II werden keine Änderungen im Bereich der Anlagentechnik vorgenommen, da z. B. für optimierte Beleuchtung, verbesserte Lüftungstechnik und weitere energetisch wirksame Maßnahmen keine Kostenfunktionen vorliegen. Die Auswertungen in Abschnitt 6.2 zeigen in einigen Fällen (z. B. in den Varianten mit einem Biogas-Brennwertkessel), dass die Anforderungen an das neue GEG-Niveau mit ausschließlicher Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes nicht eingehalten werden können. Die Aussagekraft der Ergebnisse ist somit nur begrenzt. Im Rahmen von nachfolgenden Untersuchungen muss eine entsprechende Bewertung von weitergehenden anlagentechnischen Maßnahmen und deren Auswirkung auf den Gesamt-Primärenergiebedarf erfolgen.

6.1.2 Modellgebäude (Nichtwohnnutzung)

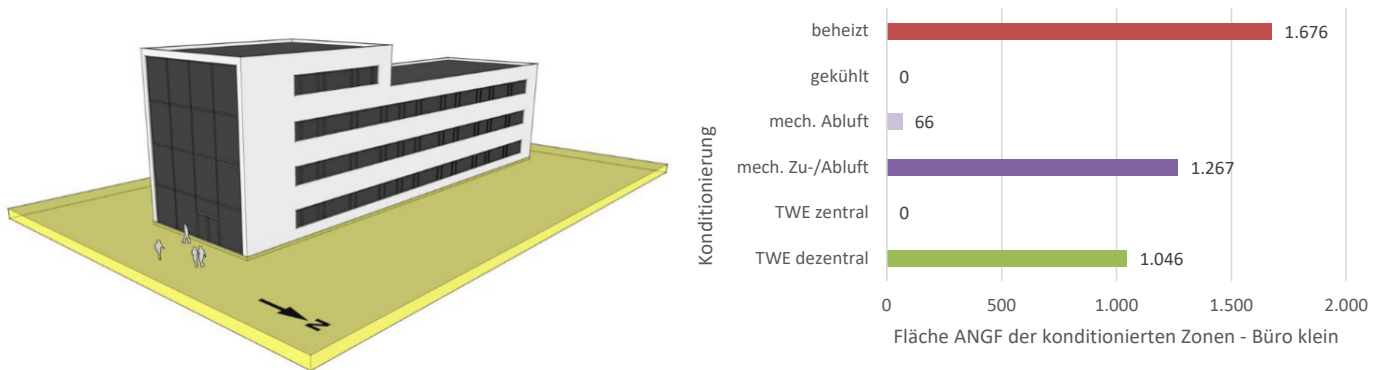
Im Folgenden werden die fünf untersuchten Gebäude vorgestellt, welche auf Grundlage der Modellgebäude-Datenbank (Klauß und Kirchhof 2010) weiterentwickelt werden.

Büro klein

Das kleine Büro (siehe Abbildung 6-1) mit einer Nettogrundfläche A_{NGF} von 1.676 m² weist eine mittlere Kompaktheit ($A/V_e = 0,35 \text{ m}^{-1}$) und einen fassadenbezogenen Fensterflächenanteil von 38 % auf.

Die Nettogrundfläche ist komplett beheizt, es gibt keinen gekühlten Zonen. Etwa 80 % der Nettogrundfläche sind mechanisch belüftet, überwiegend mit einem Zu-/Abluft-System (76 %). Der zu deckende Bedarf an Trinkwarmwasser (dezentrales System) fällt auf etwa 60 % von A_{NGF} an.

Abbildung 6-1: Modellgebäude – Ansicht und Konditionierung – Büro klein



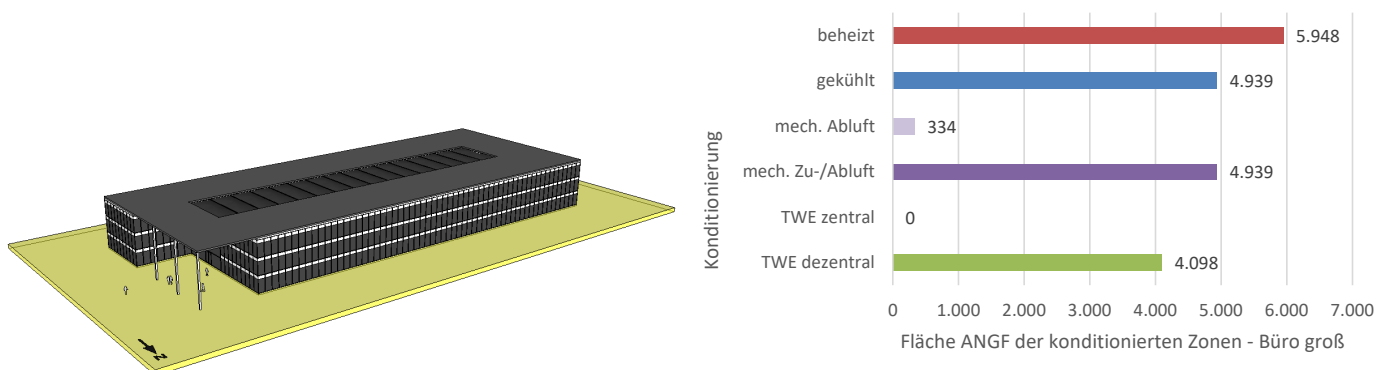
Quelle: links Klauß und Kirchhof (2010), rechts IBH

Büro groß

Das große Büro (siehe Abbildung 6-2) mit einer Nettogrundfläche A_{NGF} von 5.948 m² (beheizte Zonen) weist eine hohe Kompaktheit auf ($A/V_e = 0,25 \text{ m}^{-1}$) und hat einen fassadenbezogenen Fensterflächenanteil von 80 %. Das innenliegende Atrium (784 m²) ist überdacht (Glasdach) und unbeheizt.

Die Nettogrundfläche ist komplett beheizt, die gekühlten Zonen umfassen 83 % von A_{NGF} . Etwa 89 % der Nettogrundfläche sind mechanisch belüftet, überwiegend mit einem Zu-/Abluft-System (83 %). Der zu deckende Bedarf an Trinkwarmwasser (dezentrales System) fällt auf etwa 69 % von A_{NGF} an.

Abbildung 6-2: Modellgebäude – Ansicht und Konditionierung – Büro groß



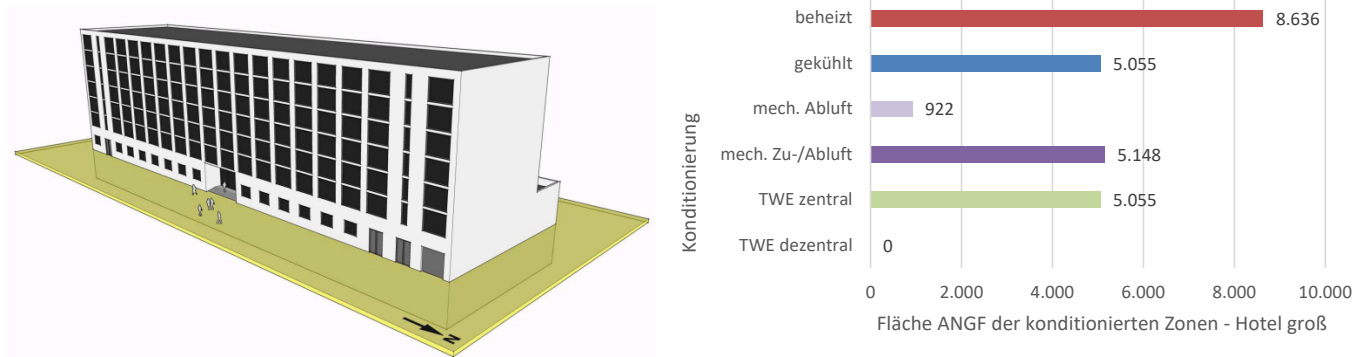
Quelle: links Klauß und Kirchhof (2010), rechts IBH

Hotel groß

Das große Hotel (siehe Abbildung 6-3) mit einer Nettogrundfläche A_{NGF} von 8.636 m² (beheizte Zonen) weist eine sehr hohe Kompaktheit auf ($A/V_e = 0,18 \text{ m}^{-1}$) und hat einen fassadenbezogenen Fensterflächenanteil von 41 %. Im unbeheizten Keller befindet sich eine Tiefgarage (3.056 m²).

Die Nettogrundfläche ist komplett beheizt, die gekühlten Zonen umfassen 60 % von A_{NGF} . Etwa 70 % der Nettogrundfläche sind mechanisch belüftet, überwiegend mit einem Zu-/Abluft-System (60 %). Der zu deckender Bedarf an Trinkwarmwasser (zentrales System) fällt auf 59 % von A_{NGF} an.

Abbildung 6-3: Modellgebäude – Ansicht und Konditionierung – Hotel groß



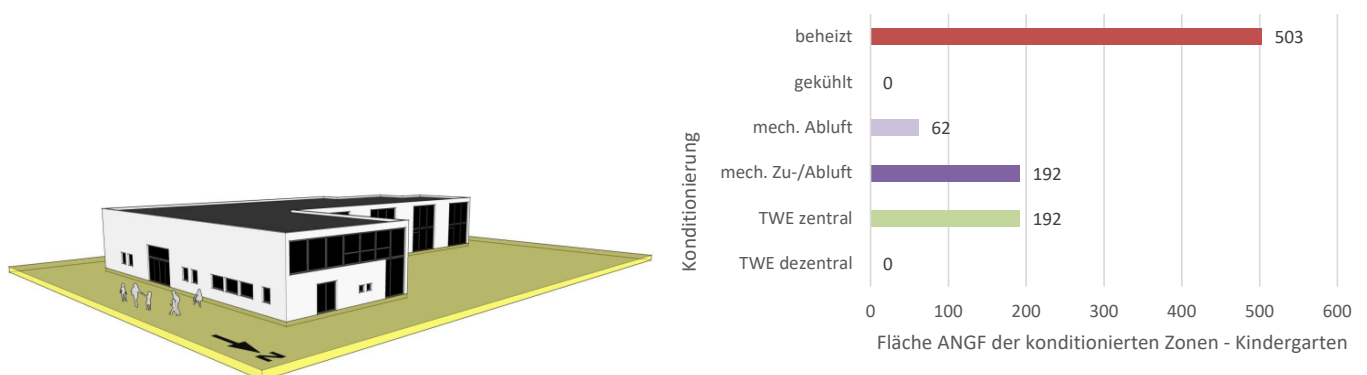
Quelle: links Klauß und Kirchhof (2010), rechts IBH

Kindergarten

Der Kindergarten (siehe Abbildung 6-4) mit einer Nettogrundfläche A_{NGF} von 503 m² weist eine mäßige Kompaktheit auf ($A/V_e = 0,54 \text{ m}^{-1}$) und einen fassadenbezogenen Fensterflächenanteil von 38 %.

Die Nettogrundfläche ist komplett beheizt, es gibt keine gekühlten Zonen. Etwa 50 % der Nettogrundfläche sind mechanisch belüftet, überwiegend mit einem Zu-/Abluft-System (38 %). Der zu deckender Bedarf an Trinkwarmwasser (zentrales System) fällt auf 38 % von A_{NGF} an.

Abbildung 6-4: Modellgebäude – Ansicht und Konditionierung – Kindergarten



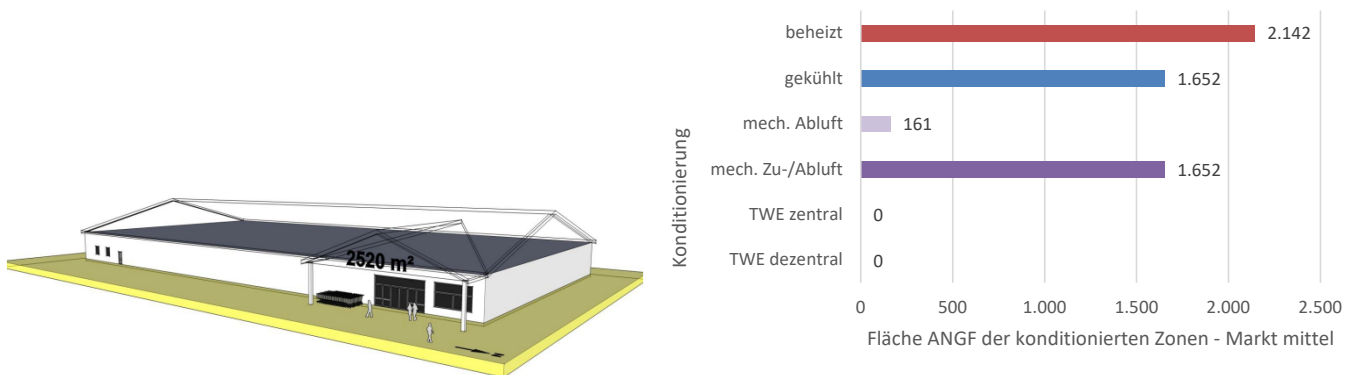
Quelle: links Klauß und Kirchhof (2010), rechts IBH

Verbrauchermarkt

Der Verbrauchermarkt (siehe Abbildung 6-5) mit einer Nettogrundfläche A_{NGF} von 2.142 m² weist eine mäßige Kompaktheit auf ($A/V_e = 0,45 \text{ m}^{-1}$) und hat einen fassadenbezogenen Fensterflächenanteil von 3 %.

Die Nettogrundfläche ist komplett beheizt, die gekühlten Zonen umfassen 77 % von A_{NGF} . Etwa 85 % der Nettogrundfläche sind mechanisch belüftet, überwiegend mit einem Zu-/Abluft-System. Eine Trinkwarmwasserbereitung wird für dieses Gebäude nicht vorgesehen.

Abbildung 6-5: Modellgebäude – Ansicht und Konditionierung – Markt mittel



Quelle: links Klauß und Kirchhof (2010), rechts IBH

6.1.3 Randbedingungen der Wirtschaftlichkeitsanalyse

Abweichend von den Angaben in Abschnitt 5.1.3, die sowohl hinsichtlich der Methodik und der Datenquellen auch für die hier behandelten Nichtwohngebäude gelten, werden nachstehend ergänzend die nicht energiebedingten Kosten für Nichtwohngebäude aufgeführt.

Auf Grundlage der Fortschreibung aus den in Abschnitt 5.1.3 genannten Quellen werden folgende nicht energiebedingten Kosten berücksichtigt (Angaben gelten für den Investitions-Zeitpunkt 2024 und beinhalten keine Mehrwertsteuer):

- Büro, klein: 3.500 EUR/m² A_{NGF}
- Büro, groß: 3.262 EUR/m² A_{NGF}
- Hotel: 4.725 EUR/m² A_{NGF}
- Kindertagesstätte: 3.460 EUR/m² A_{NGF}
- Verbrauchermarkt: 2.214 EUR/m² A_{NGF}

6.1.4 Erläuterung zur Darstellungsform (Dashboard)

Die Unterschiede bei der Darstellung der Dashboards für Nichtwohngebäude gegenüber Wohngebäuden lassen sich wie folgt zusammenfassen.

- Die Darstellung für H_T' entfällt.
- Hinzu kommt eine graphische Darstellung der **Konditionierung**, d.h. die Summe der Zonenflächen (A_{NGF}), welche beheizt und gekühlt werden, mechanische Abluft- oder Zu-/Abluftsysteme enthalten sowie mit zentraler oder dezentraler Trinkwassererwärmung (TWE) ausgestattet sind.
- Der **Nutzerstrom** wird nicht mit bilanziert, da für Nichtwohngebäude keine überschlägige Quantifizierung möglich ist. Dies führt zu Unterschieden bei der Bewertung der PV-Eigennutzung für die Nichtwohngebäude gegenüber den Wohngebäuden.

6.2 Ergebnisse

Mit den Abschnitten 6.2.1 bis 6.2.2 erfolgt je Modellgebäude die zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse anhand von Dashboards. Den Dashboards vorangestellt wird jeweils eine textliche Erläuterung der wesentlichen Erkenntnisse. Eine Zusammenfassung aller Ergebnisse unter Einbeziehung der in Abschnitt 6.3 behandelten Sensitivitäten erfolgt mit Abschnitt 6.5.

6.2.1 Nichtwohngebäude: Büro klein

Die Ergebnisse für das Büro klein sind in Tabelle 6-1 zusammengefasst. Die variierten Anlagentechniken umfassen beim Nichtwohngebäude ähnliche Systeme wie bei den Wohngebäuden, jedoch ohne Variation der Lüftungstechnik und ohne die Behandlung fester Biomasse (Pellet).

Die Einsparungen bei den **energetischen Bilanzgrößen** (End- und Primärenergiebedarf sowie Treibhausgase) gegenüber der Erfüllung GEG 2024 liegen gemäß Tabelle 6-6 (siehe 6.5 Zusammenfassung) bei der Luft-Wasser-Wärmepumpe im Bereich von 22 % (Eff I) bzw. 16 % (Eff II), für die Fernwärme bei 29 % (Eff I) bzw. 21 % (Eff II). Die energetischen Verbesserungen korrespondieren mit einer Erhöhung der **Investitionskosten** um 2 bis 4 %. Hiermit verbunden ist eine Erhöhung der **Jahreskosten** (Annuitäten) um 1 bis 2 %.

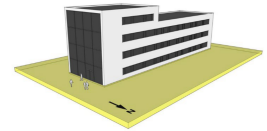
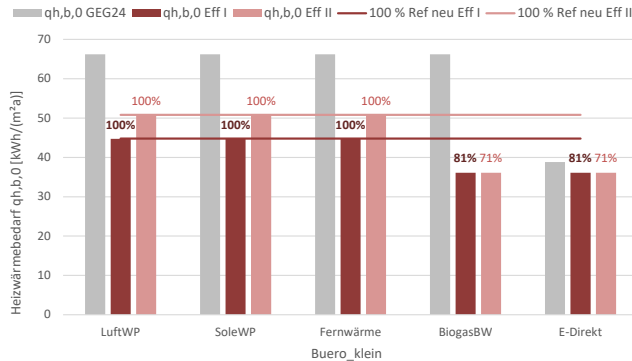
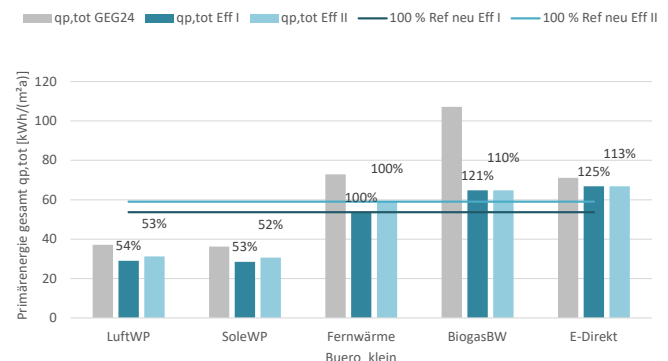
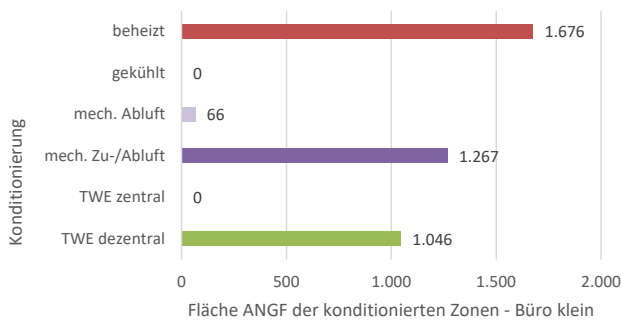
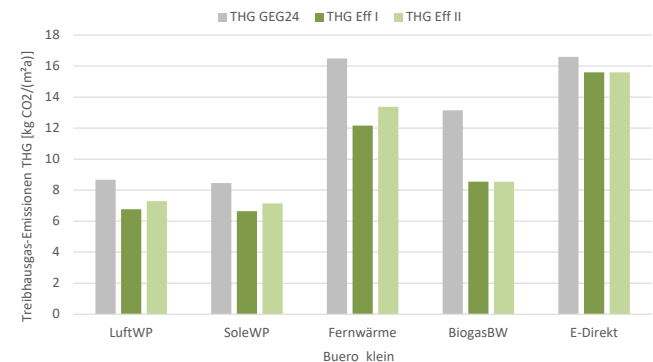
Bei den **Anforderungsgrößen** (Tabelle unten links) zeigt sich für GEG 2024 bei allen Systemen eine Erfüllung; nur beim System E-Direkt greift die Anforderung an den Primärenergiebedarf, bei den übrigen Systemen die Neben-Anforderung über die mittleren U-Werte. Die aus den Niveaus Eff I und Eff II resultierenden GEG-Anforderungen können mit den hier angesetzten Verbesserungen des baulichen Wärmeschutzes bei den Systemen BiogasBW und E-Direkt nicht erfüllt werden.

Beim Dashboard auf der zweiten Seite folgen die **Energiekosten** im ersten Jahr (rechts) der Größenordnung des Energiebedarfs (links), unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Energieträger. Anders als bei den Wohngebäuden wird hier kein Nutzerstrom ausgewiesen. Die saldierten Kosten (schwarzer Querstrich) liegen gegenüber der Referenzausführung GEG 2024 bei den bewertbaren Systemen (Wärmepumpen und Fernwärme) bei etwa 75 % (Eff I) bzw. 82 % (Eff II). Durch die energiebedingten Kosten erhöhen sich die **Investitionskosten** um 2 bis 4 %, beim Saldo der **Jahreskosten** liegt die Erhöhung zwischen 1 und 2 %.

Tabelle 6-1: Zusammenfassung Randbedingungen und Ergebnisse Energie/Ökonomie als Dashboard – Büro klein

Auswertung Energie für

- GEG 2024, Effizienzniveau Eff I und Eff II
- Linien 100 % Anforderung, d.h. Referenzausführung Eff I und Eff II
- Angabe Prozentwerte Eff ggü. Linie 100 %

Büro klein ohne Keller, 3 Geschosse, $A_{NGF} = 1.676 \text{ m}^2$ Heizwärmebedarf vor Iteration $q_{h,b,0}$ [kWh/(m²a)]Primärenergiebedarf gesamt $q_{p,tot}$ [kWh/(m²a)]Konditionierung der Zonenflächen (A_{NGF}) [m²]Treibhausgasemissionen THG-Äquivalent [kg CO₂/(m²a)]

Anforderungsgrößen (Erfüllungsgrad und Relevanz)

Variante	GEG24		Eff I		Eff II	
	$q_{p,ne}$	U_{quer}	$q_{p,tot}$	$q_{h,b,0}$	$q_{p,tot}$	$q_{h,b,0}$
LuftWP	29%	100%	54%	100%	53%	100%
SoleWP	29%	100%	53%	100%	52%	100%
Fernwärme	45%	100%	100%	100%	100%	100%
BiogasBW	44%	100%	121%	81%	110%	71%
E-Direkt	55%	36%	125%	81%	113%	71%

$q_{p,ne}$ - Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, U_{quer} (\bar{U}) - Mittelwert Wärmedurchgangskoeffizienten Hülle, $q_{p,tot}$ - Primärenergiebedarf gesamt, $q_{h,b,0}$ - Heizwärmebedarf vor Iteration, **rot kursiv** - Nicht-Erfüllung Anforderung mit U-Werten untere Schwelle; **grün fett** - relevante Anforderungsgröße (Eff I und II Werte < 100% aufgrund Deckelung U-Werte obere Schwelle)

Randbedingungen (Faktoren Primärenergie und THG)

Energieträger	$f_{p,ne}$ (GEG24) [-]	$f_{p,tot}$ [-]	THG [g CO ₂ /kWh]
Biomasse (Pellet)	0,2	1,2	20
Biogas	0,7	1,3	140
Fernwärme	0,7	0,8	180
Strom	1,8	1,5	350

U-Werte Eff I und Eff II - Nichtwohngebäude [W/(m²K)]

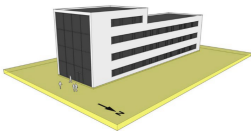
Niveau	AW	AT	DA steil	DA flach	OGD	UA	FE Fass.	FE Dach	WB
Eff I	0,18	1,0	0,14	0,11	0,14	0,24	0,9	1,0	0,05
Eff II	0,20	1,8	0,20	0,20	0,20	0,30	1,0	1,2	0,05
GEG24	0,28	1,8	0,20	0,20	0,20	0,35	1,3	1,4	0,05

AW - Außenwand, AT - Außentür, DA - Dach, OGD - oberste Geschossdecke, UA - unterer Abschluss, FE - Fenster, Fass. - Fassade, WB - Wärmebrückenkorrekturwert

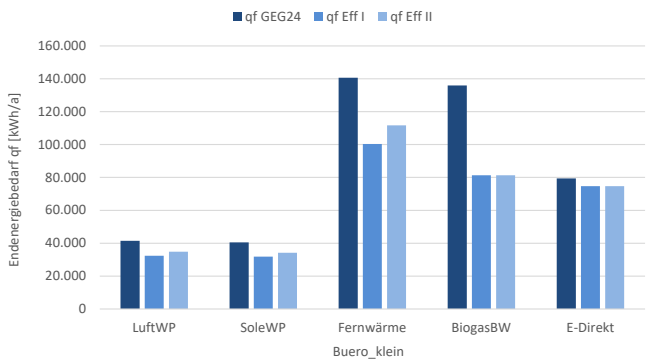
Auswertung Ökonomie für

- GEG 2024, Effizienzniveau Eff I und Eff II
- Jahres-Endenergiebedarf für Energiekosten
- nicht für Varianten ohne Erfüllung Anforderungen
- Energiekosten (1. Jahr), Investitionskosten und Jahreskosten (Annuität)
- Saldo (Querschnitt)
- Angabe Prozentwerte Eff ggü. GEG 2024

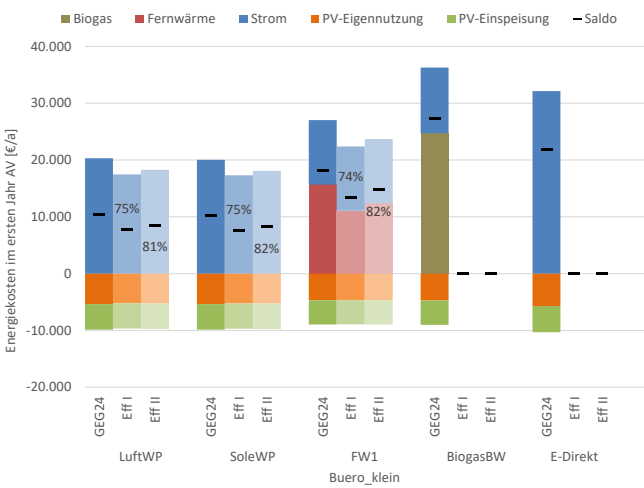
Büro klein ohne Keller, 3 Geschosse, $A_{NGF} = 1.676 \text{ m}^2$



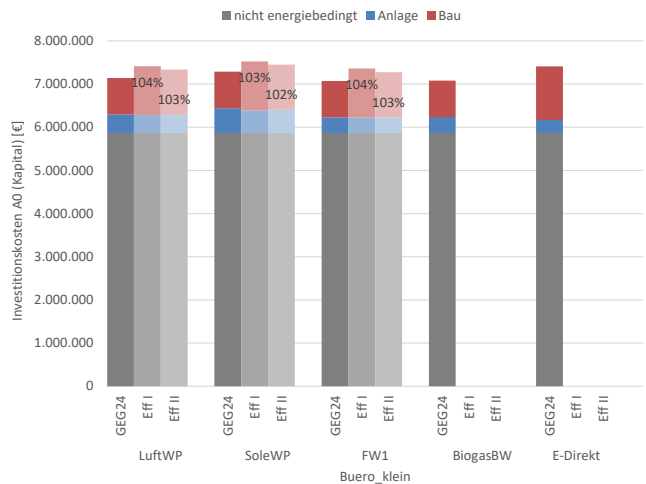
Endenergiebedarf q_f und Nutzerstrom $q_{el,b}$ [kWh/a]



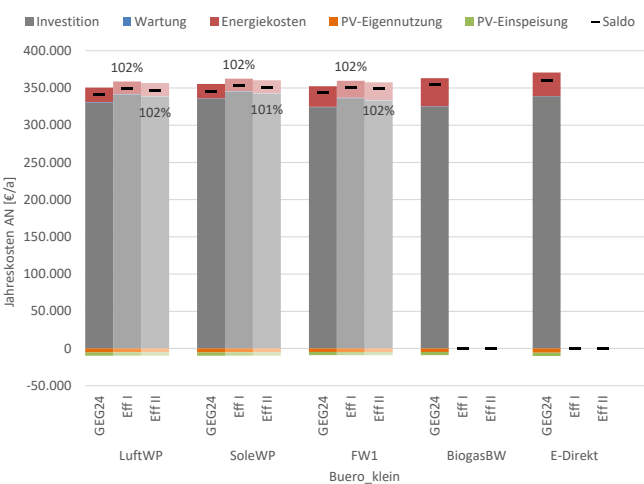
Energiekosten 1. Jahr A_v nach Energieträger [€/a]



Investitionskosten A_0 (Kapital) [€]



Jahreskosten (Annuität) A_N [€/a]



Investitionskosten für Bau, Anlage und nicht energiebedingte Kosten

Jahreskosten mit 2 % Realzins für die Kostengruppen Investition, Wartung, Energiekosten, Nutzerstrom, PV-Eigennutzung, PV-Einspeisung

6.2.2 Weitere Nichtwohngebäude (Büro groß, Hotel, Kindergarten, Markt)

Den weiteren Nichtwohngebäuden sind für die Ergebnisdarstellung folgende Dashboards bzw. Tabellen zugeordnet, d. h. die Ergebnisse sind für

- das Büro groß in Tabelle 6-2,
- das Hotel groß in Tabelle 6-3,
- den Kindergarten in Tabelle 6-4 und
- den Verbrauchermarkt in Tabelle 6-5

zusammengefasst. Für den Verbrauchermarkt werden nur vier Anlagenvarianten ausgewertet, die E-Direktheizung wird dort nicht betrachtet.

Die Einsparungen bei den **energetischen Bilanzgrößen** gegenüber der Erfüllung GEG 2024 lagen für das Büro klein bei

- der Luft-Wasser-Wärmepumpe im Bereich von 22 % (Eff I) bzw. 16 % (Eff II), bei weiteren NWG variieren die Werte bei Eff I von 14 bis 31 % und bei Eff II von 10 bis 21 %.
- für der Fernwärme bei 29 % (Eff I) bzw. 21 % (Eff II), bei weiteren NWG variieren die Werte bei Eff I von 6 bis 28 % und bei Eff II von 17 bis 20 %.

Bei der **Fernwärme** sind zwei Ausnahmen hervorzuheben. Beim Kindergarten ergibt sich für das Niveau Eff II eine **Erhöhung** der energetischen Kenngrößen um 5 %. Zudem kann beim **Hotel** - bedingt u. a. durch die hohen anfallenden Bedarfe für Trinkwarmwasser - für die Fernwärme keine Systemlösung im Rahmen der hier variierten Parameter gefunden werden, durch welche eine Einhaltung der Anforderungen erreicht werden kann. In Tabelle 6-6 der Zusammenfassung (Kapitel 6.5) wird daher noch ein weiteres System ergänzt, um auch bei der Fernwärme die Anforderungsgrößen zu unterschreiten. Dabei werden die PV-Flächen durch solare Trinkwassererwärmung (STWE) ergänzt. Für das neue System stellt sich jedoch ebenfalls eine Erhöhung der Energiebedarfe ein, je nach Kenngröße und Niveau um 4 bis 11 %, letztere Zahl v.a. bei den THG-Emissionen. Daher werden diese Varianten nicht weitergehend untersucht.

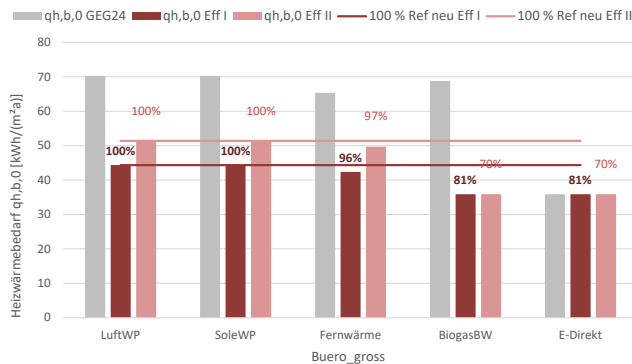
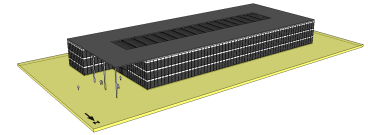
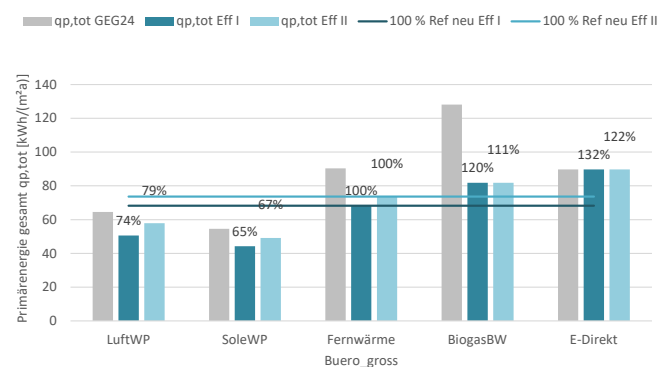
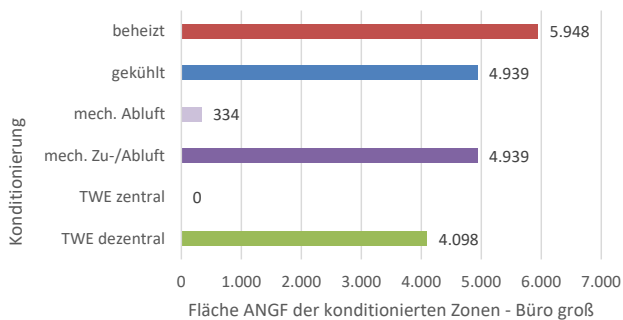
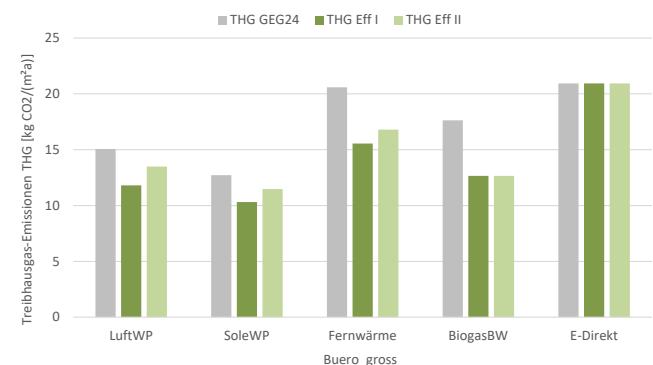
Die energetischen Verbesserungen korrespondierten beim Büro klein mit einer Erhöhung der **Investitionen** von 2 bis 4 % und damit um 1 bis 2 % höheren **Jahreskosten**, bei den weiteren NWG ergeben sich Erhöhungen der Investitionskosten bis 6 %, bei den Jahreskosten bis 3 %.

Diese Seite ist zur Anzeige der Dashboards auf gegenüberliegenden Doppelseiten freigehalten.

Tabelle 6-2: Zusammenfassung Randbedingungen und Ergebnisse Energie/Ökonomie als Dashboard – Büro groß

Auswertung Energie für

- GEG 2024, Effizienzniveau Eff I und Eff II
- Linien 100 % Anforderung, d.h. Referenzausführung Eff I und Eff II
- Angabe Prozentwerte Eff ggü. Linie 100 %

Heizwärmebedarf vor Iteration $q_{h,b,0}$ [kWh/(m²a)]Büro groß ohne Keller, unbeh. Atrium, $A_{NGF} = 5.948 \text{ m}^2$ Primärenergiebedarf gesamt $q_{p,tot}$ [kWh/(m²a)]Konditionierung der Zonenflächen (A_{NGF}) [m²]Treibhausgasemissionen THG-Äquivalent [kg CO₂/(m²a)]

Anforderungsgrößen (Erfüllungsgrad und Relevanz)

Variante	GEG24		Eff I		Eff II	
	q _{p,ne}	U _{quer}	q _{p,tot}	q _{h,b,0}	q _{p,tot}	q _{h,b,0}
LuftWP	48%	100%	74%	100%	79%	100%
SoleWP	41%	100%	65%	100%	67%	100%
Fernwärme	55%	86%	100%	96%	100%	97%
BiogasBW	55%	79%	120%	81%	111%	70%
E-Direkt	65%	32%	132%	81%	122%	70%

q_{p,ne} - Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, U_{quer} (\bar{U}) - Mittelwert Wärmedurchgangskoeffizienten Hülle, q_{p,tot} - Primärenergiebedarf gesamt, q_{h,b,0} - Heizwärmebedarf vor Iteration, **rot kursiv** - Nicht-Erfüllung Anforderung mit U-Werten untere Schwelle; **grün fett** - relevante Anforderungsgröße (Eff I und II Werte < 100% aufgrund Deckelung U-Werte obere Schwelle)

Randbedingungen (Faktoren Primärenergie und THG)

Energieträger	f _{p,ne} (GEG24) [-]	f _{p,tot} [-]	THG [g CO ₂ /kWh]
Biomasse (Pellet)	0,2	1,2	20
Biogas	0,7	1,3	140
Fernwärme	0,7	0,8	180
Strom	1,8	1,5	350

U-Werte Eff I und Eff II - Nichtwohngebäude [W/(m²K)]

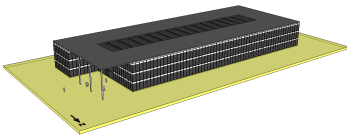
Niveau	AW	AT	DA steil	DA flach	OGD	UA	FE Fass.	FE Dach	WB
Eff I	0,18	1,0	0,14	0,11	0,14	0,24	0,9	1,0	0,05
Eff II	0,20	1,8	0,20	0,20	0,20	0,30	1,0	1,2	0,05
GEG24	0,28	1,8	0,20	0,20	0,20	0,35	1,3	1,4	0,05

AW - Außenwand, AT - Außentür, DA - Dach, OGD - oberste Geschossdecke, UA - unterer Abschluss, FE - Fenster, Fass. - Fassade, WB - Wärmebrückenkorrekturwert

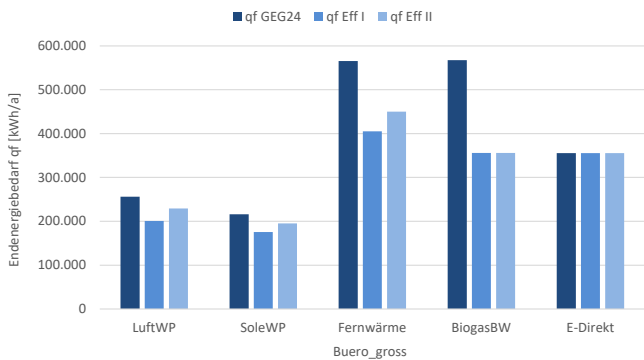
Auswertung Ökonomie für

- GEG 2024, Effizienzniveau Eff I und Eff II
- Jahres-Endenergiebedarf für Energiekosten
- nicht für Varianten ohne Erfüllung Anforderungen
- Energiekosten (1. Jahr), Investitionskosten und Jahreskosten (Annuität)
- Saldo (Querschnitt)
- Angabe Prozentwerte Eff ggü. GEG 2024

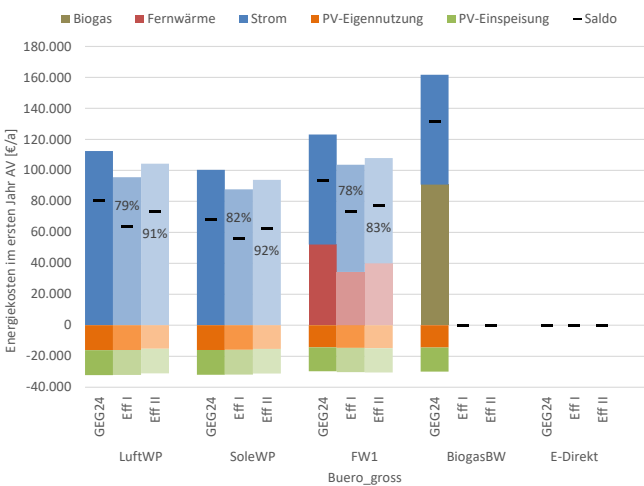
Büro groß ohne Keller, unbeh. Atrium, $A_{NGF} = 5.948 \text{ m}^2$



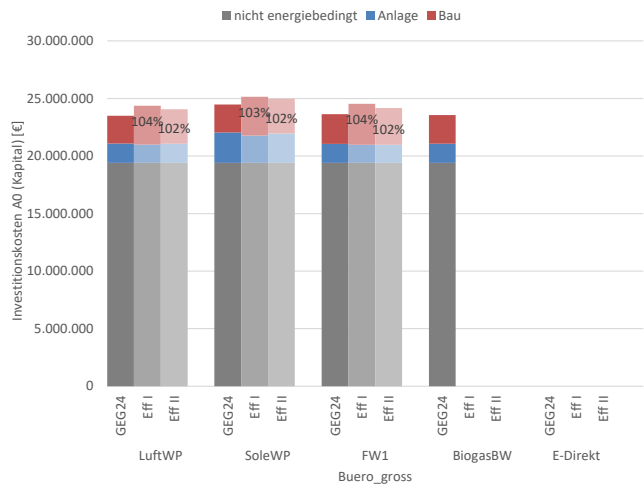
Endenergiebedarf q_f [kWh/a]



Energiekosten 1. Jahr A_v nach Energieträger [€/a]

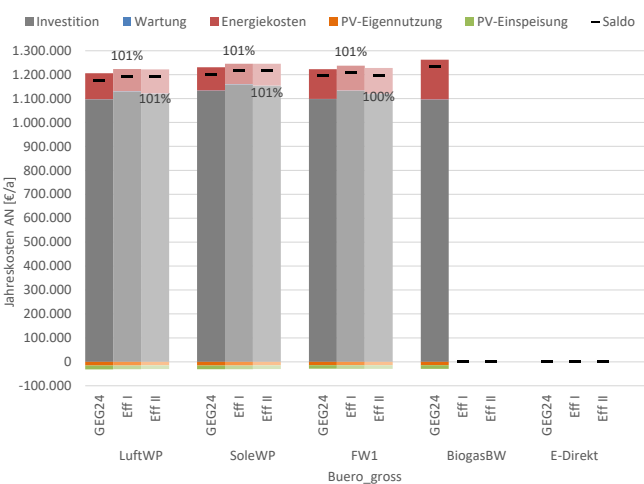


Investitionskosten A_0 (Kapital) [€]



Energiekosten, PV-Eigennutzung, PV-Einspeisung

Jahreskosten (Annuität) A_N [€/a]



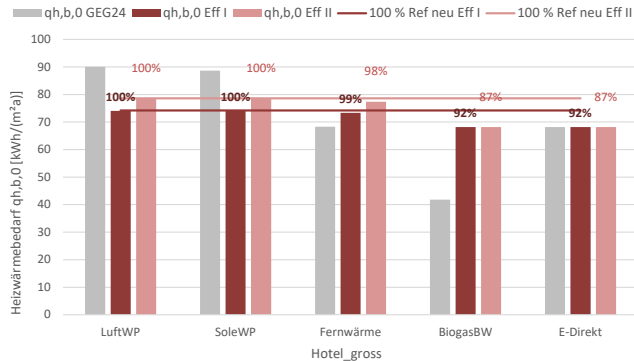
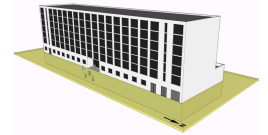
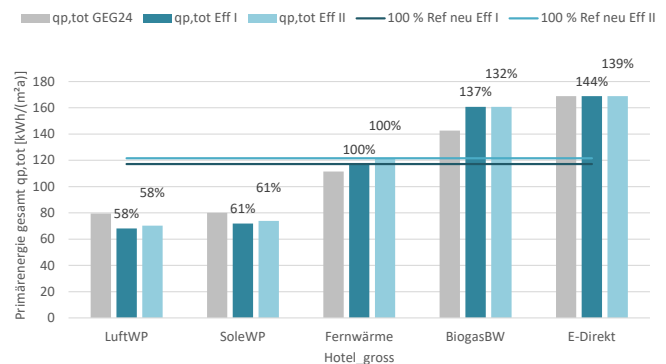
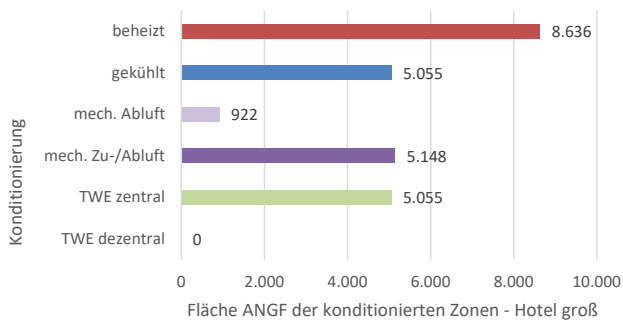
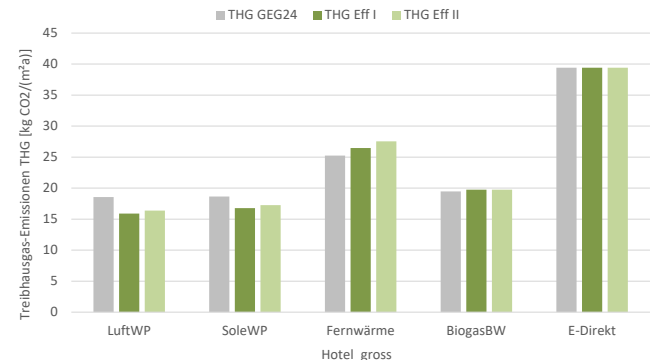
Investitionskosten für Bau, Anlage und nicht energiebedingte Kosten

Jahreskosten mit 2 % Realzins für die Kostengruppen Investition, Wartung, Energiekosten, Nutzerstrom, PV-Eigennutzung, PV-Einspeisung

Tabelle 6-3: Zusammenfassung Randbedingungen und Ergebnisse Energie/Ökonomie als Dashboard – Hotel

Auswertung Energie für

- GEG 2024, Effizienzniveau Eff I und Eff II
- Linien 100 % Anforderung, d.h. Referenzausführung Eff I und Eff II
- Angabe Prozentwerte Eff ggü. Linie 100 %

Heizwärmebedarf vor Iteration $q_{h,b,0}$ [kWh/(m²a)]Hotel groß, 5 + 2 Geschosse (Tiefgarage), $A_{NGF} = 8.636 \text{ m}^2$ Primärenergiebedarf gesamt $q_{p,tot}$ [kWh/(m²a)]Konditionierung der Zonenflächen (A_{NGF}) [m²]Treibhausgasemissionen THG-Äquivalent [kg CO₂/(m²a)]

Anforderungsgrößen (Erfüllungsgrad und Relevanz)

Variante	GEG24		Eff I		Eff II	
	q _{p,ne}	U _{quer}	q _{p,tot}	q _{h,b,0}	q _{p,tot}	q _{h,b,0}
LuftWP	55%	100%	58%	100%	58%	100%
SoleWP	55%	93%	61%	100%	61%	100%
Fernwärme	59%	32%	100%	99%	100%	98%
BiogasBW	57%	32%	137%	92%	132%	87%
E-Direkt	90%	32%	144%	92%	139%	87%

q_{p,ne} - Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, U_{quer} (\bar{U}) - Mittelwert Wärmedurchgangskoeffizienten Hülle, q_{p,tot} - Primärenergiebedarf gesamt, q_{h,b,0} - Heizwärmebedarf vor Iteration, **rot kursiv** - Nicht-Erfüllung Anforderung mit U-Werten untere Schwelle; **grün fett** - relevante Anforderungsgröße (Eff I und II Werte < 100% aufgrund Deckelung U-Werte obere Schwelle)

Randbedingungen (Faktoren Primärenergie und THG)

Energieträger	f _{p,ne} (GEG24) [-]	f _{p,tot} [-]	THG [g CO ₂ /kWh]
Biomasse (Pellet)	0,2	1,2	20
Biogas	0,7	1,3	140
Fernwärme	0,7	0,8	180
Strom	1,8	1,5	350

U-Werte Eff I und Eff II - Nichtwohngebäude [W/(m²K)]

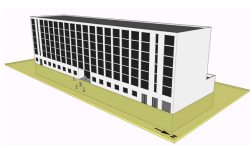
Niveau	AW	AT	DA steil	DA flach	OGD	UA	FE Fass.	FE Dach	WB
Eff I	0,18	1,0	0,14	0,11	0,14	0,24	0,9	1,0	0,05
Eff II	0,20	1,8	0,20	0,20	0,20	0,30	1,0	1,2	0,05
GEG24	0,28	1,8	0,20	0,20	0,20	0,35	1,3	1,4	0,05

AW - Außenwand, AT - Außentür, DA - Dach, OGD - oberste Geschossdecke, UA - unterer Abschluss, FE - Fenster, Fass. - Fassade, WB - Wärmebrückenkorrekturwert

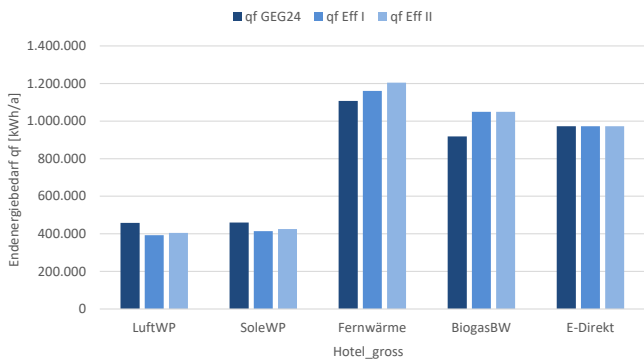
Auswertung Ökonomie für

- GEG 2024, Effizienzniveau Eff I und Eff II
- Jahres-Endenergiebedarf für Energiekosten
- nicht für Varianten ohne Erfüllung Anforderungen
- Energiekosten (1. Jahr), Investitionskosten und Jahreskosten (Annuität)
- Saldo (Querschnitt)
- Angabe Prozentwerte Eff ggü. GEG 2024

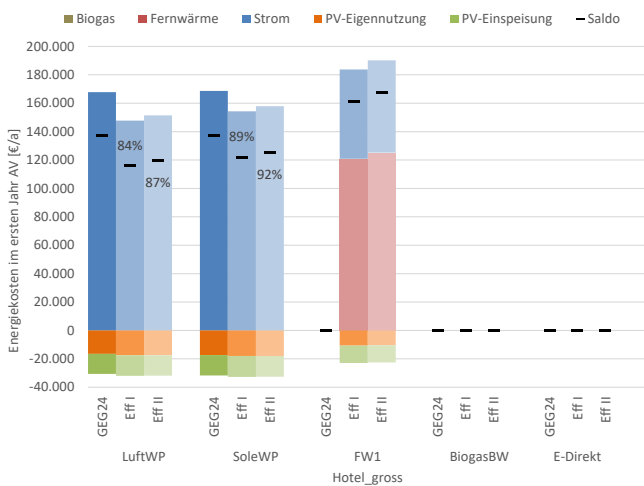
Hotel groß, 5 + 2 Geschosse (Tiefgarage), $A_{NGF} = 8.636 \text{ m}^2$



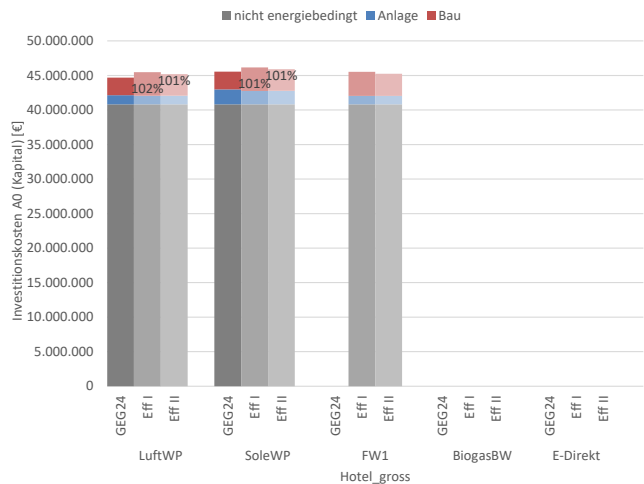
Endenergiebedarf q_f [kWh/a]



Energiekosten 1. Jahr A_v nach Energieträger [€/a]

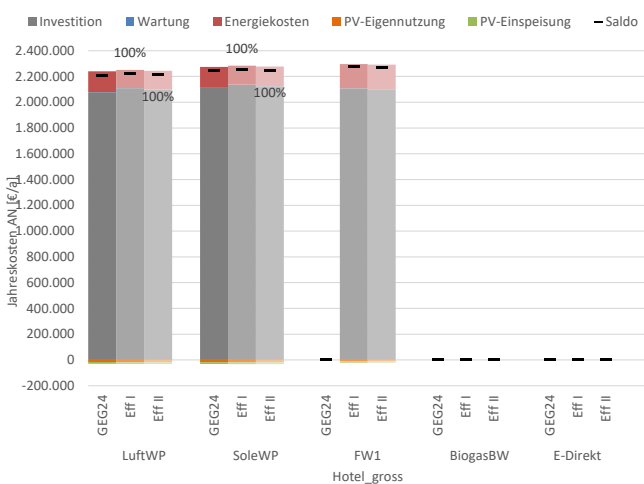


Investitionskosten A_0 (Kapital) [€]



Energiekosten inkl. Nutzerstrom, PV-Eigennutzung, PV-Einspeisung

Jahreskosten (Annuität) A_N [€/a]



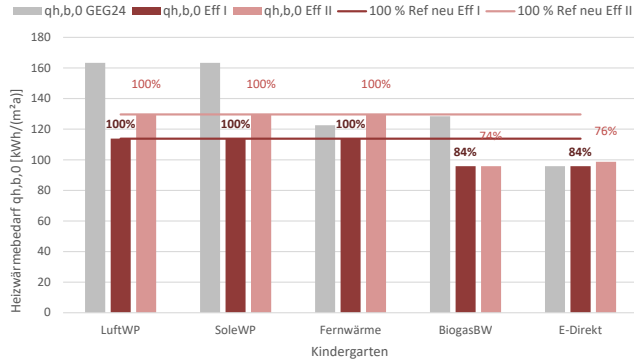
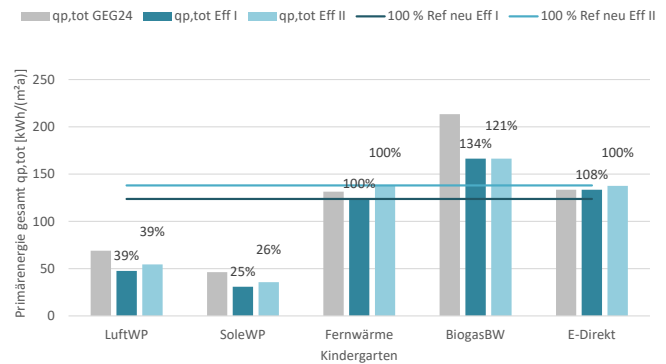
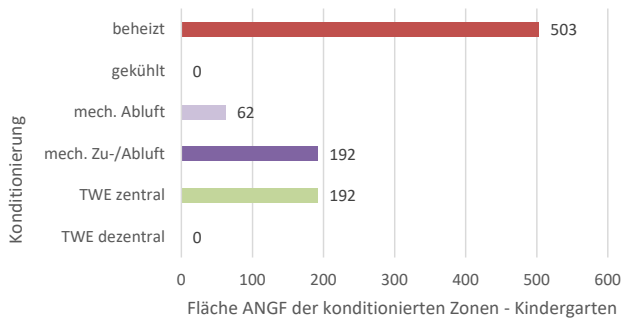
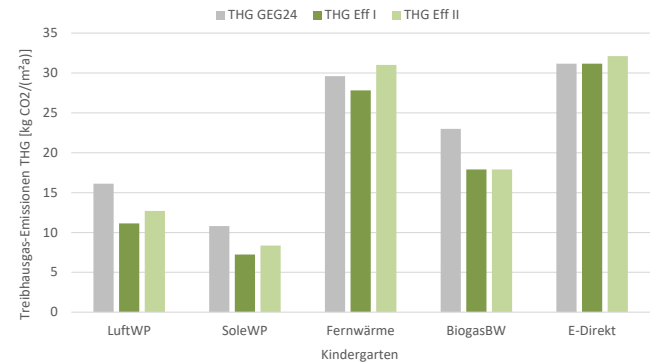
Investitionskosten für Bau, Anlage und nicht energiebedingte Kosten

Jahreskosten mit 2 % Realzins für die Kostengruppen Investition, Wartung, Energiekosten, Nutzerstrom, PV-Eigennutzung, PV-Einspeisung

Tabelle 6-4: Zusammenfassung Randbedingungen und Ergebnisse Energie/Ökonomie als Dashboard – Kindergarten

Auswertung Energie für

- GEG 2024, Effizienzniveau Eff I und Eff II
- Linien 100 % Anforderung, d.h. Referenzausführung Eff I und Eff II
- Angabe Prozentwerte Eff ggü. Linie 100 %

Heizwärmebedarf vor Iteration $q_{h,b,0}$ [kWh/(m²a)]Kindergarten ohne Keller, 2 Geschosse, $A_{NGF} = 503 \text{ m}^2$ Primärenergiebedarf gesamt $q_{p,tot}$ [kWh/(m²a)]Konditionierung der Zonenflächen (A_{NGF}) [m²]Treibhausgasemissionen THG-Äquivalent [kg CO₂/(m²a)]

Anforderungsgrößen (Erfüllungsgrad und Relevanz)

Variante	GEG24		Eff I		Eff II	
	q _{p,ne}	U _{quer}	q _{p,tot}	q _{h,b,0}	q _{p,tot}	q _{h,b,0}
LuftWP	40%	100%	39%	100%	40%	100%
SoleWP	27%	100%	25%	100%	26%	100%
Fernwärme	55%	57%	100%	100%	100%	100%
BiogasBW	55%	68%	135%	84%	121%	74%
E-Direkt	69%	32%	108%	84%	100%	76%

q_{p,ne} - Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, U_{quer} (\bar{U}) - Mittelwert Wärmedurchgangskoeffizienten Hülle, q_{p,tot} - Primärenergiebedarf gesamt, q_{h,b,0} - Heizwärmebedarf vor Iteration, **rot kursiv** - Nicht-Erfüllung Anforderung mit U-Werten untere Schwelle; **grün fett** - relevante Anforderungsgröße (Eff I und II Werte < 100% aufgrund Deckelung U-Werte obere Schwelle)

Randbedingungen (Faktoren Primärenergie und THG)

Energieträger	f _{p,ne} (GEG24) [-]	f _{p,tot} [-]	THG [g CO ₂ /kWh]
Biomasse (Pellet)	0,2	1,2	20
Biogas	0,7	1,3	140
Fernwärme	0,7	0,8	180
Strom	1,8	1,5	350

U-Werte Eff I und Eff II - Nichtwohngebäude [W/(m²K)]

Niveau	AW	AT	DA steil	DA flach	OGD	UA	FE Fass.	FE Dach	WB
Eff I	0,18	1,0	0,14	0,11	0,14	0,24	0,9	1,0	0,05
Eff II	0,20	1,8	0,20	0,20	0,20	0,30	1,0	1,2	0,05
GEG24	0,28	1,8	0,20	0,20	0,20	0,35	1,3	1,4	0,05

AW - Außenwand, AT - Außentür, DA - Dach, OGD - oberste Geschossdecke, UA - unterer Abschluss, FE - Fenster, Fass. - Fassade, WB - Wärmebrückenkorrekturwert

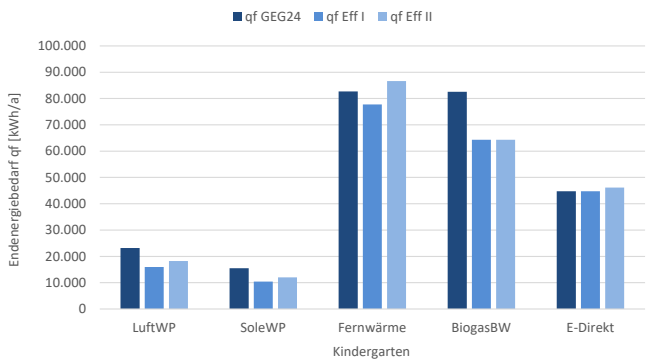
Auswertung Ökonomie für

- GEG 2024, Effizienzniveau Eff I und Eff II
- Jahres-Endenergiebedarf für Energiekosten
- nicht für Varianten ohne Erfüllung Anforderungen
- Energiekosten (1. Jahr), Investitionskosten und Jahreskosten (Annuität)
- Saldo (Querschnitt)
- Angabe Prozentwerte Eff ggü. GEG 2024

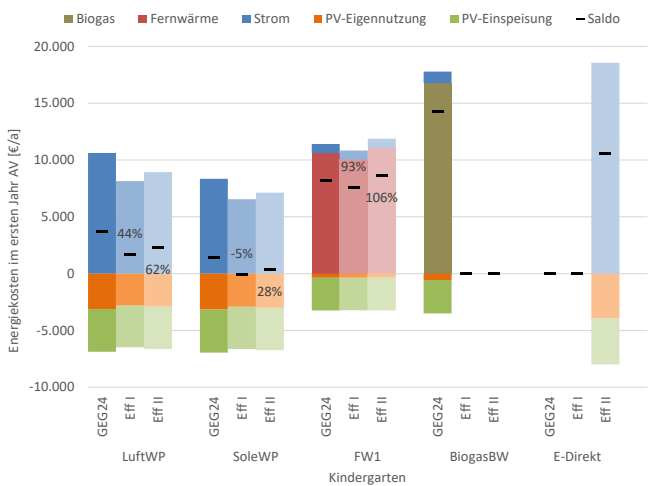
Kindergarten ohne Keller, 2 Geschosse, $A_{NGF} = 503 \text{ m}^2$



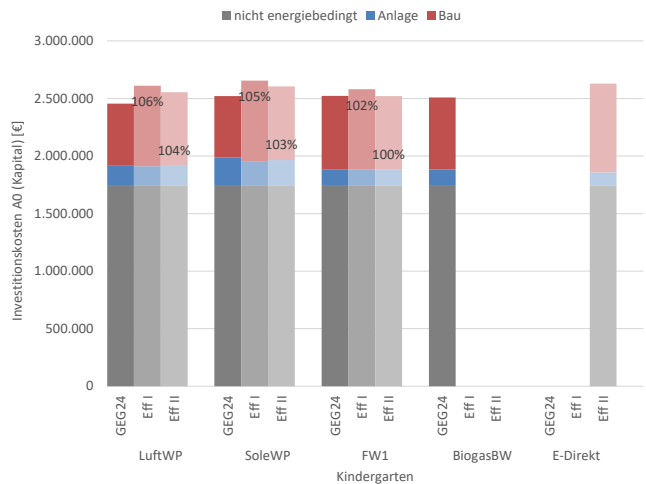
Endenergiebedarf q_f [kWh/a]



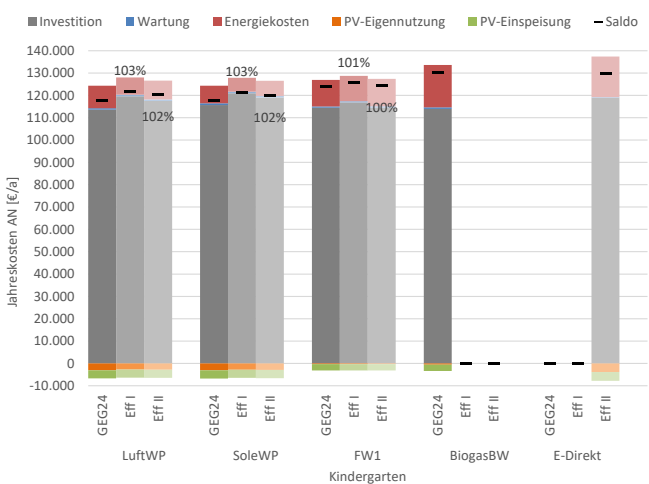
Energiekosten 1. Jahr A_v nach Energieträger [€/a]



Investitionskosten A_0 (Kapital) [€]



Jahreskosten (Annuität) A_N [€/a]



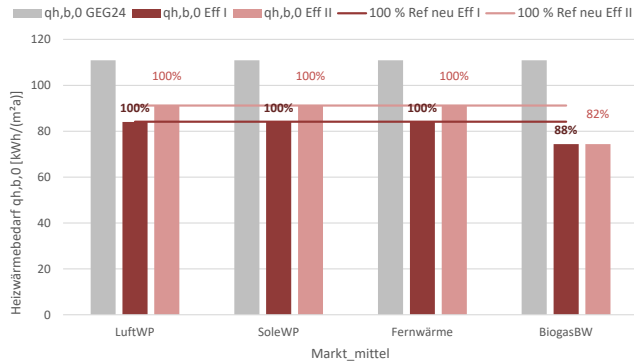
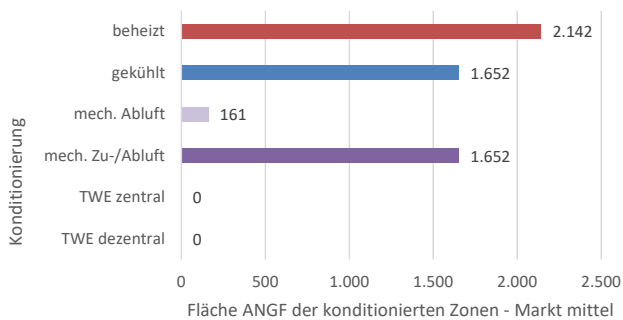
Investitionskosten für Bau, Anlage und nicht energiebedingte Kosten

Jahreskosten mit 2 % Realzins für die Kostengruppen Investition, Wartung, Energiekosten, Nutzerstrom, PV-Eigennutzung, PV-Einspeisung

Tabelle 6-5: Zusammenfassung Randbedingungen und Ergebnisse Energie/Ökonomie als Dashboard – Markt

Auswertung Energie für

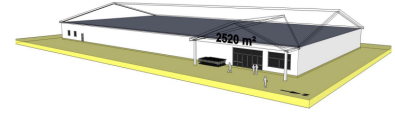
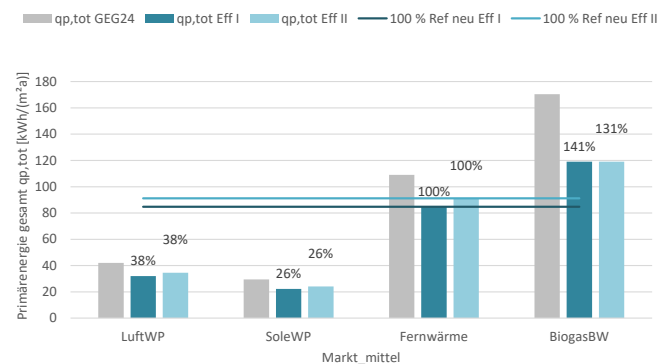
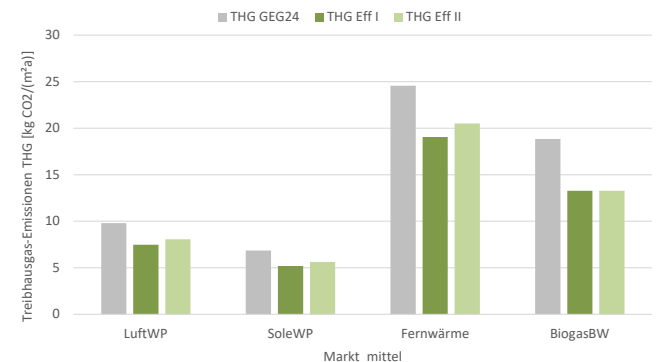
- GEG 2024, Effizienzniveau Eff I und Eff II
- Linien 100 % Anforderung, d.h. Referenzausführung Eff I und Eff II
- Angabe Prozentwerte Eff ggü. Linie 100 %

Heizwärmebedarf vor Iteration $q_{h,b,0}$ [kWh/(m²a)]Konditionierung der Zonenflächen (A_{NGF}) [m²]

Anforderungsgrößen (Erfüllungsgrad und Relevanz)

Variante	GEG24		Eff I		Eff II	
	q _{p,ne}	U _{quer}	q _{p,tot}	q _{h,b,0}	q _{p,tot}	q _{h,b,0}
LuftWP	27%	100%	38%	100%	38%	100%
SoleWP	19%	100%	26%	100%	27%	100%
Fernwärme	52%	100%	100%	100%	100%	100%
BiogasBW	51%	100%	141%	88%	131%	82%

q_{p,ne} - Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, U_{quer} (\bar{U}) - Mittelwert Wärmedurchgangskoeffizienten Hülle, q_{p,tot} - Primärenergiebedarf gesamt, q_{h,b,0} - Heizwärmebedarf vor Iteration, **rot kursiv** - Nicht-Erfüllung Anforderung mit U-Werten untere Schwelle; **grün fett** - relevante Anforderungsgröße (Eff I und II Werte < 100% aufgrund Deckelung U-Werte obere Schwelle)

Verbrauchermarkt ohne Keller, $A_{NGF} = 2.142 \text{ m}^2$ Primärenergiebedarf gesamt $q_{p,tot}$ [kWh/(m²a)]Treibhausgasemissionen THG-Äquivalent [kg CO₂/(m²a)]

Randbedingungen (Faktoren Primärenergie und THG)

Energieträger	f _{p,ne} (GEG24) [-]	f _{p,tot} [-]	THG [g CO ₂ /kWh]
Biomasse (Pellet)	0,2	1,2	20
Biogas	0,7	1,3	140
Fernwärme	0,7	0,8	180
Strom	1,8	1,5	350

U-Werte Eff I und Eff II - Nichtwohngebäude [W/(m²K)]

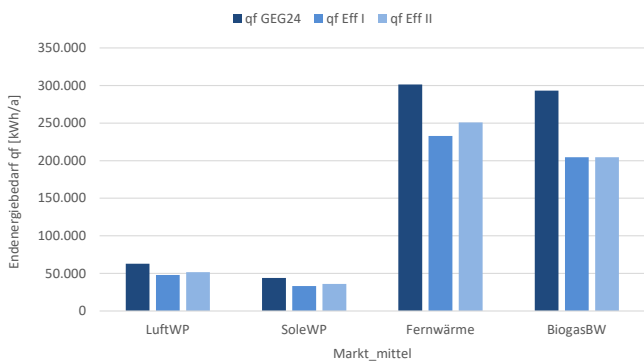
Niveau	AW	AT	DA steil	DA flach	OGD	UA	FE Fass.	FE Dach	WB
Eff I	0,18	1,0	0,14	0,11	0,14	0,24	0,9	1,0	0,05
Eff II	0,20	1,8	0,20	0,20	0,20	0,30	1,0	1,2	0,05
GEG24	0,28	1,8	0,20	0,20	0,20	0,35	1,3	1,4	0,05

AW - Außenwand, AT - Außentür, DA - Dach, OGD - oberste Geschossdecke, UA - unterer Abschluss, FE - Fenster, Fass. - Fassade, WB - Wärmebrückenkorrekturwert

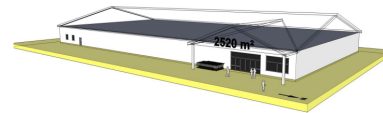
Auswertung Ökonomie für

- GEG 2024, Effizienzniveau Eff I und Eff II
- Jahres-Endenergiebedarf für Energiekosten
- nicht für Varianten ohne Erfüllung Anforderungen
- Energiekosten (1. Jahr), Investitionskosten und Jahreskosten (Annuität)
- Saldo (Querschnitt)
- Angabe Prozentwerte Eff ggü. GEG 2024

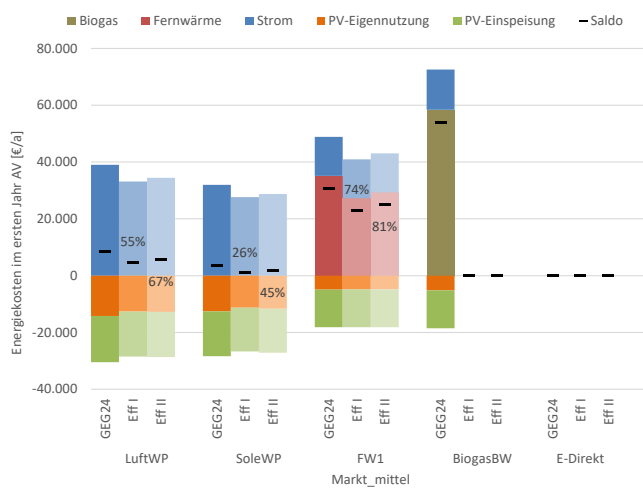
Endenergiebedarf q_f [kWh/a]



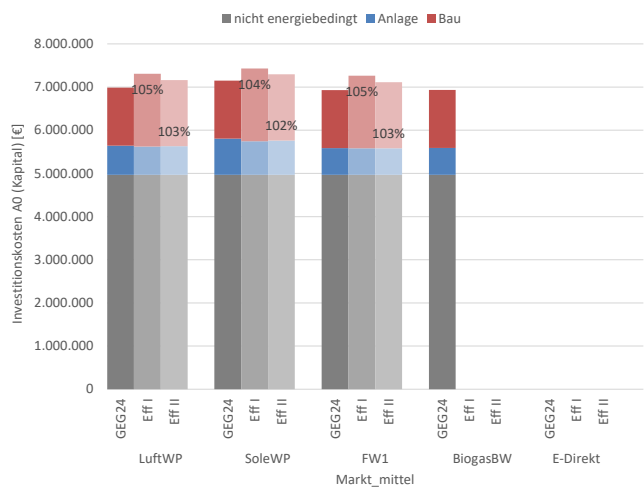
Verbrauchermarkt ohne Keller, $A_{NGF} = 2.142 \text{ m}^2$



Energiekosten 1. Jahr A_v nach Energieträger [€/a]

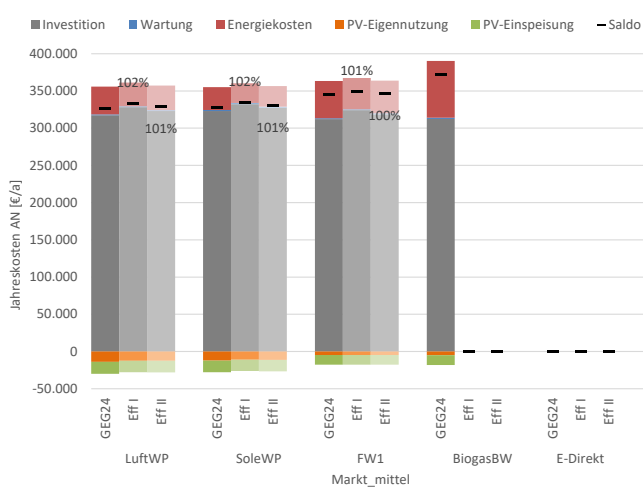


Investitionskosten A_0 (Kapital) [€]



Energiekosten inkl. Nutzerstrom, PV-Eigennutzung, PV-Einspeisung

Jahreskosten (Annuität) A_N [€/a]



Investitionskosten für Bau, Anlage und nicht energiebedingte Kosten

Jahreskosten mit 2 % Realzins für die Kostengruppen Investition, Wartung, Energiekosten, Nutzerstrom, PV-Eigennutzung, PV-Einspeisung

6.3 Sensitivitäten

6.3.1 Sensitivität 1: Investitionskosten für energiebedingte Komponenten steigen stärker bzw. weniger stark

Fragestellung: Wie verändert sich die Wirtschaftlichkeit, wenn die energiebedingten Investitionskosten um 10 % mehr/weniger steigen? Anwendung auf alle untersuchten Modellgebäude.

Bei den Randbedingungen der Wirtschaftlichkeitsbewertung werden die Investitionskosten für energiebedingte bauliche und anlagentechnische Maßnahmen um 10 % gesenkt und erhöht. Hierdurch sinken bzw. steigen die Gesamt-Investitionskosten im Mittel um 2,4 %.

Antwort: Durch diese Variation ergibt sich für die Jahreskosten (Annuitäten) mit Bezug auf die Ausgangskosten (Gesamt-Investitionskosten ohne Änderung der energiebedingten Investitionskosten) eine Änderung von i. M. **-2,2 %** (Senkung) bzw. **+2,2 %** (Steigerung), mit einer Bandbreite von -3,3 % bis **+3,3 %** (Eff I, Kindergarten, SoleWP).

Für die Jahreskosten gegenüber einem GEG-2024-Gebäude ergeben sich im Mittel (über die bewertbaren Gebäude) ohne Änderung an den Investitionskosten 101,79 % (Eff I) bzw. 101,05 % (Eff II). Der Mittelwert wird durch die Variation der Investitionskosten

- bei 10 % Senkung reduziert um 2,35 Prozentpunkte auf 99,44 % (Eff I) bzw. um 2,235 Prozentpunkte auf 98,81 % (Eff II),
- bei 10 % Steigerung ergibt sich eine Erhöhung um 2,35 Prozentpunkte auf 104,14 % (Eff I) bzw. um 2,235 Prozentpunkte auf 103,28 % (Eff II).

6.3.2 Sensitivität 2: Energiekosten steigen stärker bzw. weniger stark

Fragestellung: Wie verändert sich die Wirtschaftlichkeit, wenn die Energiekosten um 10 % mehr/weniger steigen? Anwendung auf alle untersuchten Modellgebäude.

Bei den Randbedingungen der Wirtschaftlichkeitsbewertung werden die Energiekosten um 10 % gesenkt und erhöht.

Antwort: Durch diese Variation ergibt sich für die Jahreskosten (Annuitäten) eine Änderung mit Bezug auf die Energiekosten im Ausgangsfall von im Mittel **-0,4 %** (Senkung) bzw. **+0,4 %** (Steigerung), mit einer Bandbreite von -0,8 % bis +0,8 % (Eff II, Kindergarten, E-Direkt).

Für die Jahreskosten gegenüber einem GEG-2024-Gebäude ergeben sich im Mittel (über die bewertbaren Gebäude) ohne Änderung an den Energiekosten 101,79 % (Eff I) bzw. 101,05 % (Eff II). Der Mittelwert wird durch die Variation der Energiekosten

- bei 10 % Senkung reduziert um 0,358 Prozentpunkte auf 101,44 % (Eff I) bzw. um 0,4 Prozentpunkte auf 100,65 % (Eff II),
- bei 10 % Steigerung ergibt sich eine Erhöhung um 0,358 Prozentpunkte auf 102,15 % (Eff I) bzw. 0,4 Prozentpunkte auf 101,45 % (Eff II).

6.4 Einhaltung der Bedingung -10 % NZEB

Die Methode, mit der die Erreichung des Niveaus ZEB durch eine gesamtprimärenergetische Einsparung von mindestens 10 % im Vergleich zum NZEB-Niveau nachgewiesen wird, wird im Abschnitt 5.4 zu den Wohngebäuden ausführlich erläutert. An dieser Stelle sei darauf verwiesen.

Für alle anlagentechnischen Varianten wird die gesamtprimärenergetische Einsparung bei den Niveaus Eff I und Eff II im Vergleich zum GEG 2024-Niveau betrachtet. Die entsprechenden Auswertungen dazu sind in Tabelle 6-6 enthalten und werden im Folgenden zusammengefasst:

- Für die **LuftWP** (Luft/Wasser Wärmepumpe) und **SoleWP** (Sole/Wasser Wärmepumpe) ergeben sich für das Niveau Eff I Einsparungen im Vergleich zum Niveau GEG 2024 zwischen 10 und 33 % (Spalte Primärenergie, jeweils die kleinste und größte Einsparung über alle betrachteten Gebäude). Für Eff II liegen die Einsparungen bei 8 bis 23 % (nur im Fall des großen Hotels mit PV werden die „geforderten“ 10 % nicht erreicht). Mit Ausnahme des großen Hotels mit PV bei Eff II wird die geforderte Einsparung von mindestens 10 % bezogen auf das NZEB-Niveau in allen Fällen erreicht.
- Für **Fernwärme** ergeben sich (mit Ausnahme von Hotel mit solarer Trinkwarmwassererwärmung (STWE) und Kindergarten) Einsparungen, die mit den Wärmepumpen vergleichbar sind: Sie liegen für das Niveau Eff I zwischen 22 und 26 % und für das Niveau Eff II zwischen 16 und 19 %.

Für das große **Hotel mit Fernwärme und STWE** geht aus den Auswertungen hervor, dass sich für die Niveaus Eff I und Eff II Bedarfserhöhungen von 6 und 10 % ergeben. Dies ist darauf zurückzuführen, dass zur Erfüllung der GEG 2024-Anforderungen ein sehr ambitionierter baulicher Wärmeschutz erforderlich ist, der bereits geringfügig besser ist als für das Niveau Eff I beschrieben. Da sich die anlagentechnische Konfiguration für diese anlagentechnische Variante zwischen GEG 2024 und Eff I aber nicht unterscheidet, ergibt sich in der Folge für Eff I und Eff II eine entsprechende gesamtprimärenergetische Bedarfserhöhung.

Für den **Kindergarten** ergibt sich bei Fernwärme im Fall von Eff I eine gesamtprimärenergetische Einsparung von nur 6 % und für Eff II eine Bedarfserhöhung um 5 % im Vergleich zur Erfüllungsoption für das GEG 2024. Für diese von den Wärmepumpen abweichende Bewertung gibt es im Wesentlichen zwei Gründe: einerseits weist die Erfüllungsoption für das GEG 2024 bereits einen vergleichsweise hohen baulichen Wärmeschutz auf, der fast auf Niveau Eff I liegt. Andererseits ergeben sich für den Kindergarten nutzungsbedingt sehr hohe Lüftungswärmesenken in Relation zu den Transmissionswärmesenken, sodass die geringfügige Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes bei Eff I gegenüber GEG 2024 nur zu einer Einsparung von 6 % führt und sich bei Eff II sogar eine Bedarfserhöhung ergibt.

- Für BiogasBW und für E-Direkt können für Eff I und Eff II keine Erfüllungsoptionen gebildet werden, da ohne weitere Maßnahmen die gesamtprimärenergetischen Anforderungswerte nicht erreicht werden.

Zusammenfassend ergeben die Auswertungen, dass die von der EPBD geforderte gesamtprimärenergetische Einsparung von mindestens 10 % gegenüber dem Niveau NZEB für Wärmepumpen erreicht werden können. Auch bei Fernwärme werden die 10 % in der Regel erreicht. Dass für einige der betrachteten Fälle die geforderte 10%ige Einsparung rechnerisch nicht abgebildet werden konnte, ist im Wesentlichen darauf zurückzuführen, dass über eine Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes hinaus aufgrund fehlender Kostenfunktionen keine weitergehenden anlagentechnischen Verbesserungen energetisch abgebildet werden. Bei der auf der vorliegenden Untersuchung aufbauenden Fortführung der Anforderungsentwicklung müssen entsprechende Betrachtungen ergänzt werden.

6.5 Zusammenfassung

Die nachfolgenden Tabellen enthalten die prozentualen Änderungen gegenüber der Erfüllung des GEG 2024 und die Erfüllungsgrade der jeweiligen Anforderungsgrößen (Tabelle 6-6) sowie die Bilanzgrößen der energetischen und wirtschaftlichen Bewertung (Tabelle 6-7, Bezug A_{NGF}) für die betrachteten Gebäude mit den unterschiedlichen Anlagensystemen.

- Für die betrachteten Wärmepumpen-Systeme (Luft-Wasser, Sole-Wasser) ergeben sich Einsparungen beim **Primärenergiebedarf** und bei den Treibhausgas-Emissionen, welche für Eff I im Mittel bei 21 % liegen und sich im Bereich von 10 % (Hotel) bis 33 % (Markt) bewegen. Beim Niveau Eff II liegt der Mittelwert bei 14,5 %.
- Beim System **Fernwärme** stellt sich für Eff I ein Mittelwert von 20 % für die Primärenergie-Einsparung ein, der Wertebereich (min, max) liegt bei 6 % (Kindergarten) bis 26 % (Büro klein). Der Mittelwert für Eff II ist etwas niedriger, d.h. 18 %.
- Ein Sonderfall stellt die **Fernwärme im Hotel** dar, da dort hohe Werte beim Nutzenergiebedarf Trinkwarmwasser anfallen. Für diesen Fall treten keine Einsparungen gegenüber GEG 2024 auf, da der Bezugsfall (Einhaltung GEG 2024) auch mit dem besten U-Wert-Satz nicht in die Erfüllung der Anforderung gebracht werden kann (statt 55 % $Q_{p,ne}$ können nur 59 % erreicht werden, s. Tabelle 6-3). Das Referenzgebäude GEG 2024 verfügt über Solarthermie, welche durch bauliche Maßnahmen und PV nicht kompensiert werden kann. Für das Hotel werden daher zusätzlich alle anlagentechnischen Varianten mit **solarer Trinkwassererwärmung (STWE)** betrachtet, wobei dann jeweils die PV-Anlage aus Gründen der konkurrierenden Flächenbedarfe entfällt. Im Vergleich zur Erfüllung des GEG ergibt sich für Eff I und Eff II, dass die U-Werte angehoben werden können. Dies bedeutet eine Erhöhung des Gesamt-Primärenergiebedarfs um 6 % bei Eff I und 10 % bei Eff II. Dass die U-Werte im Vergleich zur Erfüllung des GEG 2024 verschlechtert werden können, ist darauf zurückzuführen, dass die Solarthermie Bestandteil der Referenzausführung zum GEG 2024 ist und zur Erfüllung der Anforderung 55 % $Q_{p,ne,Ref}$ ein sehr ambitionierter baulicher Wärmeschutz umzusetzen ist. Aus der schlechteren Anrechenbarkeit von PV gegenüber Solarthermie ergibt sich für Eff I und Eff II ein erhöhter Gesamt-Primärenergiebedarf als Anforderungswert.
- Die Variante **BiogasBW** führt bei keinem der Gebäude zur Erfüllung des Effizienzniveaus Eff I und Eff II. Dies ist auf den für Biogas berücksichtigten gesamt-primärenergetischen Bewertungsfaktor $f_{p,tot}$ von 1,3 zurückzuführen. Sofern Systeme mit gasförmiger (und auch fester) Biomasse in einer künftigen Anforderungssystematik als Erfüllungsoptionen im Neubau zulässig sein sollen, müssten - wie bereits zu den Wohngebäuden ausgeführt - entsprechende Gewichtungsfaktoren eingeführt werden.
- Für Varianten mit elektrischen Systemen (**Elektro-Direktheizung** und Durchlauferhitzer) können für die Niveaus Eff I und Eff II keine Erfüllungsoptionen gebildet werden (mit einer Ausnahme: Kindergarten für Eff II). Im Vergleich zu den Wohngebäuden, bei denen Systeme mit E-Direktheizung in Verbindung mit einer Lüftungsanlage mit WRG in die Erfüllung der Anforderungen führen, ergibt sich im Fall der Nichtwohnnutzung durch Berücksichtigung der Lüftungsanlage mit WRG in den meisten Fällen keine Verbesserung gegenüber der Referenzausführung, da eine Zu-/Abluftanlage mit WRG für viele Anwendungsfälle bereits Teil der Referenzausführung ist (vgl. Abschnitt 4.3.2 bzw. Tabelle 4-15).
- Bei der Bewertung der Wirtschaftlichkeit ergibt sich im Vergleich zu den Erfüllungsoptionen für das GEG 2024 im Mittel eine Erhöhung der Investitionskosten um 3 % (Eff I) bis 2 % (Eff II), welche einher geht mit der Erhöhung der Jahreskosten (Annuitäten) um 2 % (Eff I) bzw. 1 % (Eff II). Die benannten prozentualen Veränderungen beziehen sich auf die prozentualen Änderungen gegenüber der GEG 2024-Erfüllung.

- Durch die Variation der Randbedingungen bei der Wirtschaftlichkeitsbewertung steigen die Jahreskosten (Annuitäten) um 2,2 % (bei 10 % höheren energiebedingten Investitionskosten) bzw. sinken um 2,2 % (bei 10 % niedrigeren energiebedingten Investitionskosten) gegenüber den unveränderten Randbedingungen. Die Erhöhung oder Absenkung der Energiekosten um +/-10 % verändert die Jahreskosten nur im Bereich +/-0,4 %.

Tabelle 6-6: Zusammenfassung der Rechenergebnisse für Nichtwohngebäude, Angabe Prozentwerte in Relation zu unterschiedlichen Bezugsfällen (siehe Legende)

Gebäude, System		Endenergie q_f		Primär-energie $q_{p,tot}$		Treibhaus-gas THG		Heizwärme-bedarf $q_{h,b,0}$		Investitions-kosten A_0		Jahres-kosten A_N		Erfüllung Anforderung, % ggü. Sollwert					
		Eff I Eff II		Eff I Eff II		Eff I Eff II		Eff I Eff II		Eff I Eff II		Eff I Eff II		GEG24		Eff I		Eff II	
		a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	U _{quer}	b	b	b	b
% -Bezug		a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	b	b	b	b	b
Buero_klein	LuftWP	78%	84%	78%	84%	78%	84%	68%	77%	104%	103%	102%	102%	29%	100%	54%	100%	53%	100%
	SoleWP	79%	84%	79%	84%	79%	84%	68%	77%	103%	102%	102%	101%	29%	100%	53%	100%	52%	100%
	FW	71%	79%	74%	81%	74%	81%	68%	77%	104%	103%	102%	102%	45%	100%	100%	100%	100%	100%
	BiogasBW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44%	100%	121%	81%	110%	71%
	E-Direkt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55%	36%	125%	81%	113%	71%
Buero_gross	LuftWP	78%	90%	78%	90%	78%	90%	63%	73%	104%	102%	101%	101%	48%	100%	74%	100%	79%	100%
	SoleWP	81%	90%	81%	90%	81%	90%	63%	73%	103%	102%	101%	101%	41%	100%	65%	100%	67%	100%
	FW	72%	80%	75%	81%	76%	82%	65%	76%	104%	102%	101%	100%	55%	86%	100%	96%	100%	97%
	BiogasBW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55%	79%	120%	81%	111%	70%
	E-Direkt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65%	32%	132%	81%	122%	70%
Hotel_gross PV	LuftWP	86%	88%	86%	88%	86%	88%	82%	87%	102%	101%	100%	100%	55%	100%	58%	100%	58%	100%
	SoleWP	90%	92%	90%	92%	90%	92%	84%	89%	101%	101%	100%	100%	55%	93%	61%	100%	61%	100%
	FW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59%	32%	100%	99%	100%	98%
	BiogasBW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57%	32%	137%	92%	132%	87%
	E-Direkt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90%	32%	144%	92%	139%	87%
Hotel_gross STWE	LuftWP	85%	88%	85%	88%	85%	88%	82%	88%	102%	101%	101%	100%	52%	100%	56%	100%	56%	100%
	SoleWP	85%	88%	85%	88%	85%	88%	82%	87%	101%	101%	100%	100%	53%	100%	56%	100%	56%	100%
	FW	104%	109%	106%	110%	106%	111%	102%	108%	100%	99%	100%	100%	55%	36%	89%	100%	89%	100%
	BiogasBW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55%	36%	113%	92%	109%	87%
Kindergarten	LuftWP	69%	79%	69%	79%	69%	79%	70%	79%	106%	104%	103%	102%	40%	100%	39%	100%	40%	100%
	SoleWP	67%	77%	67%	77%	67%	77%	70%	79%	105%	103%	103%	102%	27%	100%	25%	100%	26%	100%
	FW	94%	105%	94%	105%	94%	105%	93%	106%	102%	100%	101%	100%	55%	57%	100%	100%	100%	100%
	BiogasBW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55%	68%	135%	84%	121%	74%
	E-Direkt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	69%	32%	108%	84%	100%	76%
Markt_mittel	LuftWP	76%	82%	76%	82%	76%	82%	76%	82%	105%	103%	102%	101%	27%	100%	38%	100%	38%	100%
	SoleWP	76%	82%	76%	82%	76%	82%	76%	82%	104%	102%	102%	101%	19%	100%	26%	100%	27%	100%
	FW	77%	83%	78%	84%	78%	84%	76%	82%	105%	103%	101%	100%	52%	100%	100%	100%	100%	100%
	BiogasBW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51%	100%	141%	88%	131%	82%

Fußnoten/Legende

a) %-Bezug: Erfüllung GEG 2024, $Q_{p55Uquer100}$

b) % ggü. Sollwert der jeweiligen Anforderungsgröße (Erfüllung)

-) Fälle ohne Erfüllung der jeweiligen Anforderungen, entweder bei GEG24 und/oder Eff I bzw. Eff II (rot kursiv)

Tabelle 6-7: Zusammenfassung der Rechenergebnisse für Nichtwohngebäude, spezifische Werte (Bezug A_{NGF})

Gebäude, System		Endenergie q _f [kWh/(m²a)]			Primärenergie q _{p,tot} [kWh/(m²a)]			Heizwärmebedarf q _{h,b,0} [kWh/(m²a)]			Treibhausgas THG [kg CO2/m²]			Investitionskosten [€/m²]			Jahreskosten [€/m²a)]		
		GEG24	Eff I	Eff II	GEG24	Eff I	Eff II	GEG24	Eff I	Eff II	GEG24	Eff I	Eff II	GEG24	Eff I	Eff II	GEG24	Eff I	Eff II
Buero_klein	LuftWP	24,8	19,3	20,8	37,1	29,0	31,2	66,2	44,7	50,7	8,7	6,8	7,3	4.262	4.425	4.377	203	208	207
	SoleWP	24,2	19,0	20,4	36,2	28,5	30,6	66,2	44,7	50,7	8,5	6,6	7,1	4.347	4.489	4.447	206	211	209
	FW	83,9	59,9	66,6	72,8	53,6	59,0	66,2	44,7	50,7	16,5	12,2	13,4	4.220	4.391	4.342	205	209	208
	BiogasBW	81,1	48,5	48,5	107,1	64,7	64,7	66,2	36,1	36,1	13,1	8,5	8,5	4.225	-	-	211	-	-
	E-Direkt	47,4	44,5	44,5	71,1	66,8	66,8	38,8	36,1	36,1	16,6	15,6	15,6	4.420	-	-	215	-	-
Buero_gross	LuftWP	43,0	33,7	38,6	64,5	50,6	57,8	70,2	44,4	51,3	15,1	11,8	13,5	3.951	4.096	4.045	197	200	200
	SoleWP	36,3	29,5	32,8	54,5	44,2	49,2	70,2	44,4	51,3	12,7	10,3	11,5	4.114	4.227	4.198	202	204	204
	FW	95,1	68,1	75,7	90,3	68,0	73,6	65,3	42,4	49,7	20,6	15,6	16,8	3.973	4.124	4.064	201	203	201
	BiogasBW	95,4	59,8	59,8	128,1	81,8	81,8	68,8	35,9	35,9	17,6	12,7	12,7	3.960	-	-	207	-	-
	E-Direkt	59,8	59,8	59,8	89,7	89,7	89,7	35,9	35,9	35,9	20,9	20,9	20,9	-	-	-	-	-	-
Hotel_gross PV	LuftWP	53,0	45,4	46,8	79,5	68,2	70,3	90,0	74,0	78,6	18,6	15,9	16,4	5.175	5.267	5.235	256	257	256
	SoleWP	53,3	47,9	49,3	80,0	71,9	73,9	88,6	74,0	78,6	18,7	16,8	17,3	5.276	5.347	5.317	260	261	260
	FW	128,2	134,4	139,5	111,5	116,9	121,6	68,3	73,3	77,4	25,2	26,5	27,5	-	5.272	5.239	-	263	263
	BiogasBW	106,4	121,5	121,5	142,6	160,6	160,6	41,8	68,2	68,2	19,5	19,8	19,8	-	-	-	-	-	-
	E-Direkt	112,6	112,6	112,6	168,8	168,8	168,8	68,2	68,2	68,2	39,4	39,4	39,4	-	-	-	-	-	-
Hotel_gross STWE	LuftWP	50,9	43,4	45,0	76,3	65,2	67,5	89,8	74,0	78,6	17,8	15,2	15,7	5.310	5.402	5.370	267	268	267
	SoleWP	51,5	43,6	45,1	77,3	65,4	67,7	90,0	74,0	78,6	18,0	15,3	15,8	5.408	5.482	5.451	270	271	270
	FW	105,4	109,8	115,0	98,3	104,2	108,6	72,9	74,0	78,4	22,4	23,7	24,7	5.414	5.399	5.368	271	272	272
	BiogasBW	100,1	98,7	98,7	134,8	132,9	132,9	68,8	68,2	68,2	18,9	18,6	18,6	5.447	-	-	280	-	-
Kindergarten	LuftWP	46,0	31,8	36,3	69,0	47,7	54,5	163,3	113,8	129,4	16,1	11,1	12,7	4.879	5.188	5.075	234	242	239
	SoleWP	30,9	20,7	23,9	46,3	31,0	35,8	163,3	113,8	129,4	10,8	7,2	8,4	5.010	5.277	5.176	234	241	238
	FW	164,4	154,5	172,2	131,5	123,6	137,8	122,6	113,8	129,4	29,6	27,8	31,0	5.014	5.129	5.011	246	249	247
	BiogasBW	164,0	127,9	127,9	213,3	166,2	166,2	128,5	95,8	95,8	23,0	17,9	17,9	4.985	-	-	259	-	-
	E-Direkt	89,0	89,0	91,7	133,5	133,5	137,6	95,8	95,8	98,7	31,1	31,1	32,1	-	-	5.227	-	-	257
Markt_mittel	LuftWP	28,0	21,3	23,1	42,0	32,0	34,6	111,0	84,0	91,0	9,8	7,5	8,1	3.115	3.259	3.194	145	149	147
	SoleWP	19,6	14,8	16,1	29,4	22,3	24,2	111,0	84,0	91,0	6,9	5,2	5,6	3.187	3.313	3.253	146	149	147
	FW	134,3	103,8	111,9	109,0	84,6	91,0	111,0	84,0	91,0	24,6	19,1	20,5	3.089	3.240	3.173	154	156	154
	BiogasBW	130,7	91,2	91,2	170,5	119,1	119,1	111,0	74,4	74,4	18,8	13,3	13,3	3.091	-	-	166	-	-

Legende

rot kursiv) Fälle ohne Erfüllung der jeweiligen Anforderungen, werden bei Wirtschaftlichkeit nicht ausgewertet "-"

7 Lebenszyklus-Bilanzierung im GEG

Bau und Errichtung sowie Modernisierung von Gebäuden tragen maßgeblich zu den Treibhausgas-Emissionen in Deutschland bei. Gemäß einer Studie des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) wurden im Jahr 2014 durch die Herstellung, Errichtung und die Modernisierung von Gebäuden (ohne Nutzung und Betrieb) rund 101 Mio. t CO₂Äq emittiert. Davon beziehen sich 65 Mio. t CO₂Äq auf Prozesse im In- und 35 Mio. t CO₂Äq auf Prozesse von Zulieferern im Ausland. (BBSR 2020)

Der Anteil der grauen Emissionen an den Gesamtemissionen eines neu errichteten Gebäudes schwankt zwischen 50 und 90 % (Röck et al. 2020). Er variiert stark nach Gebäudekonzept und verwendeten Materialien. Die absoluten Zahlen hängen dabei stark von den angewendeten Randbedingungen ab. Tendenziell steigt der Anteil der grauen Emissionen an: Perspektivisch wird der Anteil der grauen Emissionen gegen 100 % tendieren, da THG-Neutralität in der Betriebsphase von Gebäuden angestrebt wird und voraussichtlich schneller erreicht wird als die Dekarbonisierung der Bauwirtschaft. Aber auch diese THG-Emissionen müssen für das Ziel der sektorübergreifenden Klimaneutralität entlang der Dekarbonisierungspfade der einzelnen Branchen reduziert werden (Balouktsi und Lützkendorf 2016, S. 31-43). Der deutsche Bausektor weist zudem einen erheblichen Rohstoffbedarf auf. Mit 560 Mio. t werden rund 90 % aller in Deutschland verwendeten mineralischen Rohstoffe zur Herstellung von Baustoffen und -produkten eingesetzt. Am Abfallaufkommen ist der Bausektor mit über 54 % beteiligt. (BMUB 2016)

Die Ökobilanzierung (auch: Lebenszyklusanalyse, kurz: LCA) ist eine Methode zur Erfassung dieser Energie- und Stoffströme sowie der daraus resultierenden Wirkungen auf die globale Umwelt. Über die Methode der Ökobilanzierung können ausgewählte Umweltwirkungen von Bauprodukten, Konstruktionen oder ganzen Gebäuden erfasst, quantifiziert und ggf. verglichen werden. Somit können Entscheidungen auf einer wissenschaftlichen Grundlage zugunsten der Varianten mit den geringeren Umweltauswirkungen getroffen werden.

Wissenschaft und Umweltverbände sind sich einig, dass auch die Herstellungsemissionen bei der Gebäudeplanung berücksichtigt werden müssen und hierfür die Methode der Ökobilanzierung in die ordnungsrechtlich verpflichtenden Betrachtungen von Bauprojekten aufgenommen werden muss. In mehreren europäischen Ländern gibt es bereits konkrete Zeitpläne zur Einführung oder verpflichtende Regelungen zur Durchführung von Ökobilanzen. In Dänemark (seit 2023), in Frankreich (seit 2022), in den Niederlanden (seit 2018) und in Schweden (seit 2022) sind Verpflichtungen in Kraft getreten, in Finnland ist dieses für 2025 geplant (Agora Industrie et al. 2024). Die Optionen für eine Berücksichtigung von grauer Energie im Ordnungsrecht oder im Bereich der Förderung wurde u. a. in Mahler et al. (2019a) untersucht. BMWK und Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) konstatieren in einem gemeinsamen Bericht gemäß § 7 Absatz 5 GEG, dass zur Einführung der LCA im Bau- und Gebäudebereich die methodischen Grundlagen gegeben sind, die technischen Voraussetzungen vorliegen und bereits Erfahrungen in der Wertschöpfungskette vorliegen (BMWK und BMWSB 2023).

Das vorliegende Kapitel 7 befasst sich mit der Frage, warum die Betrachtung der sogenannten grauen Emissionen wichtig ist und wie diese Analyse in das GEG oder andere ordnungsrechtliche Instrumente aufgenommen werden kann. Außerdem untersucht das Kapitel 7.4 die Vorschläge aus Kapitel 5 und 6 hinsichtlich der Wirkung der verschiedenen Effizienzniveaus auf die Lebenszyklus-Emissionen.

7.1 Anforderungen aus der EPBD

Die EPBD sieht vor, dass die Treibhausgasemissionen von Neubauten über den gesamten Lebenszyklus berechnet werden müssen. Art. 7 Abs. 2 verlangt:

„Die Mitgliedstaaten stellen sicher, dass ab den folgenden Zeitpunkten das Lebenszyklus-Treibhauspotenzial gemäß Anhang III berechnet und im Ausweis über die Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes offengelegt wird:

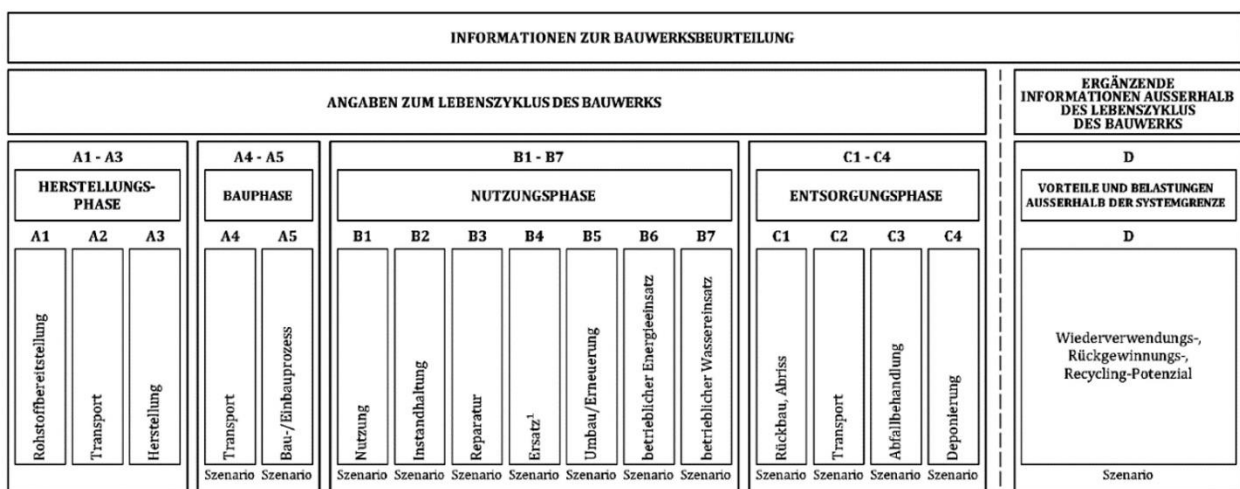
- a) ab dem 1. Januar 2028 für alle neuen Gebäude mit einer Nutzfläche von mehr als 1 000 m²,
- b) ab dem 1. Januar 2030 für alle neuen Gebäude.“

Angekündigt wird ein neuer Unionsrahmen für die nationale Berechnung. Absatz 5 fordert zudem, dass

„die Mitgliedstaaten ... bis zum 1. Januar 2027 einen Fahrplan [veröffentlichen], in dem die Einführung von Grenzwerten für das gesamte kumulative Lebenszyklus-Treibhausgaspotenzial aller neuen Gebäude im Einzelnen dargelegt wird und Zielvorgaben für neue Gebäude ab 2030 festgelegt werden, wobei ein schrittweiser Abwärtstrend sowie maximale Grenzwerte berücksichtigt werden, die nach unterschiedlichen Klimazonen und Gebäudetypologien aufgeführt sind, und sie übermitteln diesen Fahrplan der Kommission. Diese maximalen Grenzwerte müssen im Einklang mit den Zielen der Union, die Klimaneutralität zu erreichen, stehen.“

Anhang III der EPBD verlangt die Berechnung des „Gesamt-Lebenszyklus-Treibhausgaspotenzial als numerischer Indikator, ausgedrückt in kg CO_{2eq}/(m²) (Nutzfläche), für jede Lebenszyklusphase, berechnet über einen Bezugszeitraum von 50 Jahren [...]. Die Datenauswahl, die Festlegung des Szenarios und die Berechnungen erfolgen gemäß EN 15978 [...] (Abbildung 7-1).“ Grundsätzlich orientieren sich die Vorgaben am Level(s)-Rahmen. Nationale Berechnungsinstrumente können genutzt werden.

Abbildung 7-1: Lebenswegphasen (Module)



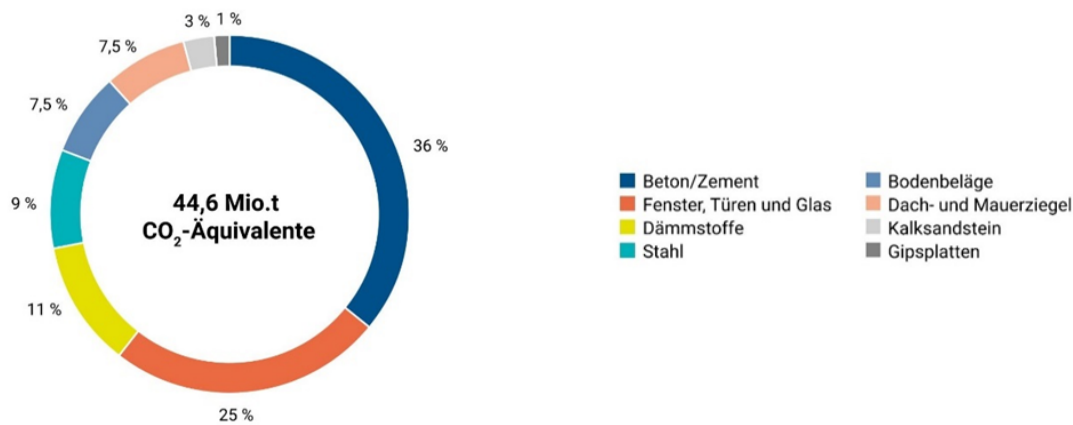
Quelle: DIN EN 15978:2012-10, S.21

7.2 Einfluss von Gebäudekonzept, Materialien und Bauweisen auf die grauen Emissionen

Warum ist es wichtig, die Umweltwirkungen, die mit der Herstellung und Entsorgung von Gebäuden verbunden sind, die „grauen“ oder „gebäudebezogenen Emissionen“, zusätzlich zum Betrieb in den Blick zu nehmen?

Ein maßgeblicher Anteil der grauen Emissionen entsteht derzeit bei der Herstellung der Baustoffe, während die Bauprozesse selbst vergleichsweise geringe Emissionsmengen verursachen. Abbildung 7-2 zeigt den prozentualen Anteil verschiedener Materialien am CO₂-Ausstoß des Hochbaus im Jahr 2020. Dabei wird deutlich, dass Beton und Glaselemente, die wesentlichen Emittenten des Hochbaus in Bezug auf die Materialien sind, gefolgt von Dämmstoffen und Stahl.

Abbildung 7-2: Anteile der Baustoffe an den THG-Emissionen im Hochbau



Quelle: dena, 2021

Beton ist der in Deutschland am meisten verwendete Baustoff (Breidenbach et al. 2022). Verwendet wird Beton in erster Linie für den Nichtwohnbau (34,4 %), für Wohnungsbauten (33,0 %) und für den Tiefbau (32,6 %), wobei für deren Herstellung jährlich rund 26 bis 30 Mio. t Zement produziert werden. (Verein Deutscher Zementwerke e.V. 2022)

Signifikante Unterschiede bei den grauen Emissionen von Neubau und Bestandsmaßnahmen. Bei typischen Neubauten in Deutschland liegen die grauen Emissionen typischerweise deutlich über denen von Bestandssanierungen (Mahler et al. 2019b, Bienert et al. 2020). Dies liegt insbesondere daran, dass die emissions- und ressourcenintensive Tragstruktur in letzterem Fall schon gebaut und meist nur wenig angepasst werden muss. Außerdem ist das Optimierungspotenzial in Neubauten ungleich größer.

Signifikante Unterschiede bei den grauen Emissionen unterschiedlicher Gebäudetypen. Unterschiedliche Anforderungen und Ausstattungsgrade (z.B. bzgl. Gebäudetechnik) führen zu unterschiedlicher Bedeutung grauer Emissionen vor allem zwischen Wohn- und Nichtwohngebäuden. (Röck et al. 2022)

Die Kubatur eines Gebäudes übt einen wesentlichen Einfluss auf die Emissionen des Gebäudes im Lebenszyklus aus. „Graue Energie ist in erster Linie von der Größe und Kompaktheit eines Gebäudes abhängig“ (Kasser 2004). Hierbei ist das Verhältnis der Gebäudemasse zur Nettogrundfläche (NGF)

von großer Bedeutung (Landgraf et al. 2015). Sehr hohe Gebäude in Massivbauweise weisen tendenziell ein hohes GWP auf, da sie einen vergleichsweise hohen Anteil an Decken haben, welche zumeist in Stahlbetonbauweise ausgeführt werden (Braune et al. 2021). Verdichtetes Bauen, eine hohe Kompaktheit und eine hohe konstruktive Effizienz wirken sich positiv auf die Gebäudenachhaltigkeit im Lebenszyklus aus, die Vorteile „können über 50 % einer vergleichbaren Planung ausmachen“. Somit können schon die städtebaulichen Überlegungen einen massiven Einfluss auf die Nachhaltigkeit der Gebäude ausüben. (Zeumer 2009, S. 54-60)

Von besonderer Bedeutung für die Gesamtbilanz ist das Tragwerk. Der Anteil des Tragwerkes wird auf „bis zu 70 % an den Gesamtemissionen eines Gebäudes“ beziffert (Weidner et al. 2021, S. 969–977). In Bezug auf die genauen Zahlenwerte kommen unterschiedliche Studien allerdings je nach untersuchten Gebäuden und zugrunde gelegten Rahmenbedingungen auf verschiedene Ergebnisse. Der „größte Hebel für die Reduzierung der Grauen Energie und des GWP“ wird bei den „Innenbauteile[n], wie z. B. die Betondecken“ und dem Keller gesehen (Holm et al. 2021). Auch könne die „Überdimensionierung von Tragwerkskonstruktionen [...] zu einem erhöhten Materialaufwand und schließlich zu mehr Emissionen führen. Um überflüssigen Materialverbrauch zu vermeiden, sollte bei der Planung genau darauf geachtet werden, wie viel Material nötig ist, um eine Tragwerkskonstruktion sicher zu gestalten“ (dena 2021).

Auch die Bauweise (überwiegend verwendetes Material) ist von großem Einfluss. In Studien wird grundsätzlich zwischen einer mineralischen Bauweise (Stahlbeton, Ziegelbauweise, Kalksandstein, ...) und einer Bauweise auf Grundlage nachwachsender und natürlicher Materialien unterschieden, letztere werden im Folgenden unter dem Begriff „**Holzbauweise**“ zusammengefasst. Zudem wird in einigen Studien die Mischform der **Holz-Beton-Hybridbauweise** betrachtet. Darüber hinaus wird zwischen Massiv- und Leichtbauweise unterschieden, beide Bauweisen können sowohl in mineralischer Bauweise (Massivbauweise: mineralische Massivbauweise, Leichtbauweise: z.B. mineralische Skelettbauweise) als auch in Holzbauweise (Massivbauweise: z.B. Holzmassivbauweise, Leichtbauweise: z.B. Holzständerbauweise, ausfachende Strohballebauweise, ...) ausgeführt werden. Die mineralische Massivbauweise wird (mit wenigen Ausnahmen) in allen Studien als ökobilanziell nachteilig bewertet (Agora Industrie et al. 2024, Mahler et al. 2019a, Pischetsrieder 2022, Graubner und Pohl 2013). Die Leichtbauweise wird tendenziell besser als die Massivbauweise bewertet (Mahler et al. 2019a, Weissenberger 2016, Wermke 2020, NaWoh 2020). Nahezu alle Studien bewerten die grauen Emissionen der Holzbauweise als wesentlich geringer als die der mineralischen Bauweise.

Besonderheit: Holz als Baustoff. Bei der Betrachtung von Holz als Baustoff ist gegenwärtig festzustellen, dass nahezu alle Studien die grauen Emissionen der Holzbauweise als wesentlich geringer bewerten als die der mineralischen Bauweise. Dies liegt vor allem an den geringen Energieaufwendungen für die Ernte, den Transport und die Produktion/Verarbeitung von Holz (wobei es natürlich je nach Holzprodukt und Vorkette signifikante Unterschiede gibt). Darüber hinaus sind Prozessemissionen (wie bspw. bei der Zementproduktion) quasi nicht relevant.

Allerdings ist Holz auch keine unerschöpfliche Ressource, da seine Nutzung einige Auswirkungen in Bezug auf die CO₂-Bilanz hat. Dabei spielen drei Effekte eine Rolle: Der Substitutionseffekt bei der Nutzung von Holz anstatt eines mineralischen Baustoffs, der Speichereffekt bei Speicherung von Kohlenstoff in Holzkonstruktionen und der Bilanzeneffekt des Waldes. Zur Maximierung des Gesamteffektes wird folgende Vorgehensweise bei der Nutzung von Holz grundsätzlich empfohlen:

- Zunächst einmal steht die Maximierung der THG-Bilanz im Wald im Vordergrund (in Bäumen und im Waldboden). Durchschnittliche Umtriebszeiten von ca. 40a sind optimal, da ältere Bäume zwar pro Baum mehr CO₂ aufnehmen als jüngere, die Hektarbilanz sagt je-

doch, dass ab ca. 40a eine stoffliche Nutzung des Holzes sinnvoll ist bei gleichzeitiger Neuanpflanzung (auch wenn die ersten Jahre eine negative CO₂-Speicherbilanz bei Anpflanzungen besteht).

- Vom geernteten Holz sollte so viel wie möglich in die langlebige, stoffliche Nutzung gehen. Nur nicht mehr nutzbare Reste sollten in die thermische Verwertung gehen (Biomasse-Heizungen).
- Das stofflich genutzte Holz (vor allem in Gebäuden, aber auch in Möbeln etc.) sollte sehr lange Zeit als Kohlenstoffspeicher erhalten bleiben (auch durch weitere stoffliche Nutzung von Holz aus dem Gebäuderückbau), damit i) der Gesamtspeicher an Kohlenstoff im Holz größtmöglich wird und ii) der Kohlenstoff möglichst lange der Atmosphäre entzogen bleibt.

Die Besonderheiten in der Emissionsbilanz des Baustoffs Holz sind auch methodisch in den Ökobilanzen entsprechend zu berücksichtigen. Die in DIN EN 15804+A2 empfohlene Methode weist in den Modulen A1-A3 ein negatives Treibhauspotenzial für Holz aus (Senke), während CO₂ im End-of-Life wieder freigesetzt wird („-1/+1“). Ein anderer Ansatz für die Betrachtung und Instrumentierung besteht darin, lediglich auf die fossilen THG-Emissionen (GWP_{fossil}) zu fokussieren (Agora Industrie et al. 2024).

Die Herstellungsphase (A1-A3) dominiert die Höhe der grauen Emissionen über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes. Rund 75 % der grauen Emissionen entstehen in der Herstellungsphase, also in den Modulen A1 bis A3 (Ramboll et al. 2023). Zudem entstehen diese Emissionen bereits heute und nicht erst zukünftig, sind damit einfacher zu reduzieren oder gewichtiger als zukünftige Emissionen. Auch sind die grauen Emissionen von Baustoffen in der Zukunft (bspw. für Modernisierungen) aufgrund der dynamischen Entwicklung schwerer abzusehen, sollten aber generell weniger werden aufgrund der fortschreitenden Dekarbonisierung der Baustoffproduktion.

Der Zeitpunkt der Errichtung und die Zeitspanne bis zur Entsorgung (Lebensdauer) haben einen großen Einfluss auf die Emissionen eines Gebäudes im Lebenszyklus. Deutschland muss entsprechend den Vorgaben des Klimaschutzgesetzes bis zum Jahr 2045 klimaneutral sein. Das bedeutet, dass nicht nur der Betrieb der Gebäude, sondern auch die mit jeglicher Verwendung von Materialien zur Erstellung, dem Betrieb und der Erhaltung von Gebäuden verbundenen Emissionen stetig sinken müssen. Die „grauen Emissionen“ eines Neubaus mit gleicher Bauweise werden in 5, 10 oder 20 Jahren gegenüber heute immer weiter abnehmen. Das gleiche gilt für notwendige Ersatzinvestitionen (z.B. neue Fenster) während der Lebensdauer oder für die Entsorgung. Beispielsweise entsteht ein Großteil der Emissionen von EPS als Dämmmaterial bei der Bilanzierung der Phase A1-3+C3/4 aus der (meist thermischen) Entsorgung. In einer klimaneutralen Gesellschaft werden aber auch thermische Abfallbehandlungsanlagen in 20 Jahren mit Carbon Capture-Vorrichtungen ausgestattet sein. Diese Dynamik sollte entsprechend in der Ökobilanzierung von Gebäuden berücksichtigt werden.¹ Sog. „prospektive“ oder „dynamische“ LCA, welche diese Aspekte adressieren, sind allerdings heute noch ein relativ junges Forschungsfeld. (Liebich et al. 2023) In Frankreich werden dynamische LCAs bereits ermöglicht bzw. empfohlen. Hierbei werden Gewichtungsfaktoren angewendet, die davon abhängen, wann die Auswirkungen eintreten. Heute entstehende Emissionen werden stärker gewichtet als in der Zukunft entstehende ASBP (2023).

In Bezug auf die **Suffizienz** wurden bislang die Nutzung von Bestandsgebäuden, die Senkung des Materialbedarfes, die Verringerung des Raumbedarfs und die Dauerhaftigkeit des geplanten Gebäudes als wichtige Stellschrauben ermittelt. Der Verzicht auf Neubau durch die Nutzung und Sanierung von Bestandsgebäuden senkt wesentlich den Bedarf an Primärmaterialien und trägt somit in hohem Maß

¹ Das bedeutet genau wie der Betriebsenergie bei Gebäuden jedoch nicht, dass die Bedeutung der Energieeffizienz in der Herstellung von in Gebäuden verwendeten Materialien oder Komponenten damit weniger wichtig würde. Genau wie für die Betriebsenergie der Gebäude gilt, dass ein vollständig erneuerbares Energiesystem umso leichter erreicht werden kann, desto weniger (letztlich erneuerbare) Energie benötigt wird.

zur Reduktion der grauen Emissionen bei. Der Senkung des Materialbedarfs wird ein mittelgroßer Einfluss zugeschrieben, dieser kann beispielsweise durch die Verringerung der geplanten Gebäudegröße und den Verzicht auf emissionsintensive Gebäudeteile wie Tiefgaragen realisiert werden. Auch die Verringerung des Raumbedarfs pro Person trägt zur Senkung der grauen Emissionen bei, hier wird ein mittelgroßer Einfluss angenommen. Sie kann beispielsweise durch die Bereitstellung von Gemeinschaftsflächen und die Schaffung von Nutzungssynergien erreicht werden. Die lange Nutzbarkeit von Gebäuden trägt dazu bei, dass der Gebäudebestand genutzt und Neubauten nicht erforderlich sind, daher kann auch mit der Schaffung nutzungsflexibler Räume und der Umsetzung einer hohen Baukultur ein Beitrag zu Senkung von grauen Emissionen geleistet werden. Da diese Effekte in der Zukunft liegen und nur schwer einzuschätzen sind, wird hier ein vergleichsweise geringer Einfluss angenommen. (Zimmermann et al. 2023)

In Bezug auf die **Planung** kommt der Gestaltung des Planungsverlaufes und der gelungenen Kommunikation mit Projektbeteiligten eine hohe Bedeutung zu. Die frühe Berücksichtigung der Gebäudenachhaltigkeit im Planungsverlauf und das Gelingen von Absprachen zur Umsetzung innovativer Ausführungsaspekte tragen in großem Maße dazu bei, die grauen Emissionen zu reduzieren. Die überzeugende Vermittlung von Nachhaltigkeitsaspekten an die Projektbeteiligten ist essenziell, um die Projektbeteiligten zu nachhaltigem Handeln zu motivieren.

Abbildung 7-3: Auswertung des Einflusses verschiedener Faktoren auf die Grauen Emissionen, „Einfluss“ basierend auf Interviews mit 20 Expert*innen im Rahmen dieses Projektes

Material & Bauweise	Suffizienz	Planung
Materialwahl Einfluss: <input checked="" type="radio"/> groß <input type="radio"/> mittel <input type="radio"/> gering Beispiele: <ul style="list-style-type: none"> Nachwachsenden Rohstoffen (z.B. Holz) Natürlichen Baustoffen (z.B. Lehm) Recycelte, wiederverwendete und wiederverwendbare Materialien LowCarb Materialien 	Bestandsnutzung Einfluss: <input checked="" type="radio"/> groß <input type="radio"/> mittel <input type="radio"/> gering Energetische Sanierung statt Neubau Senkung des Materialbedarfs Einfluss: <input type="radio"/> groß <input checked="" type="radio"/> mittel <input type="radio"/> gering Beispiele: <ul style="list-style-type: none"> Verringerung der Gebäudegröße Verzicht auf Tiefgaragen 	Planungsverlauf Einfluss: <input checked="" type="radio"/> groß <input type="radio"/> mittel <input type="radio"/> gering Beispiele: <ul style="list-style-type: none"> Nachhaltigkeit früh beachten Funktionierende Absprachen zwischen den Projektbeteiligten
Materialeinsatz Einfluss: <input checked="" type="radio"/> groß <input type="radio"/> mittel <input type="radio"/> gering Beispiele: <ul style="list-style-type: none"> Leichte Konstruktionen Technisierungsgrad (Stichwort „Einfach Bauen“) Effizienzniveau Materialeinsparung durch klare Tragwerksstrukturen und geringe Spannweiten 	Verringerung des Raumbedarfs Einfluss: <input type="radio"/> groß <input checked="" type="radio"/> mittel <input type="radio"/> gering Beispiele: <ul style="list-style-type: none"> Verringerung der Wohnfläche pro Person Gemeinschaftsflächen, Nutzungssynergien 	Kommunikation Einfluss: <input type="radio"/> groß <input checked="" type="radio"/> mittel <input type="radio"/> gering Beispiele: <ul style="list-style-type: none"> Verständnis bei den Beteiligten erzeugen Beteiligte zu nachhaltigem Handeln motivieren
Kubatur Einfluss: <input checked="" type="radio"/> groß <input type="radio"/> mittel <input type="radio"/> gering Beispiele: <ul style="list-style-type: none"> Große und kompakte Gebäude Verdichtetes Bauen 	Dauerhaftigkeit Einfluss: <input type="radio"/> groß <input checked="" type="radio"/> mittel <input type="radio"/> gering Beispiel: Spätere Bestandsnutzung fördern durch: <ul style="list-style-type: none"> Nutzungsflexibilität Baukultur 	

Quelle: ifeu

Exkursbox: Was empfehlen Praktiker*innen auf Basis von Ökobilanzen?

Im Rahmen dieses Projektes wurden 20 Expert*innen-Gespräche mit Praktiker*innen der Gebäude-Ökobilanzierung geführt. Dabei wurde auch die Frage gestellt: Welche baupraktischen Konsequenzen hatten in Ihren Projekten die durchgeführten Ökobilanzen?

Am häufigsten werden die Materialoptionen als Antwort angegeben: Die Interviewpartner*innen empfehlen nachwachsende Rohstoffe oder andere ressourceneffiziente Materialien für Bauteile und Dämmstoffe, hierin wird die Einflussmöglichkeit für Planer*innen gesehen. Sie empfehlen den Baustoff Holz beispielsweise für Deckensysteme, sie setzen Hybridsysteme, Lehm, carbonbewehrten Beton und Recyclingmaterialien ein. Darüber hinaus setzen sie sich für die Wiederverwendbarkeit der eingesetzten Materialien ein, indem sie Fertigteile empfehlen oder reversible Konstruktionsdetails ausführen.

Häufig wird auch der spezifische Materialbedarf als wichtiger Verbesserungsansatz genannt. Die Interviewpartner*innen empfehlen, kein „robustes Haus“ zu bauen, wenn es nicht notwendig ist, sondern auf leichte Konstruktionen mit wenig Stahlbeton zu setzen. In der Tragwerksplanung erreichen sie eine Reduzierung von Beton und Bewehrung, indem sie beispielsweise Hohlkörper verwenden. Sie sprechen sich für klare Tragwerksstrukturen aus, um damit eine Materialeinsparung zu erlangen. Zitat: „Für Tragwerksplaner ist es ganz logisch: Wir sollten alle Lasten möglichst linear und vertikal nach unten führen. Und es ist sehr wichtig, dass man das verstärkt in dem Dialog mit den Architekten kommuniziert. Jede Stütze, die sie wegradieren und sich denken: ‚Da gibt es dann eine Abfangkonstruktion in der Decke‘ bedeutet einen großen Materialeinsatz und viele Emissionen.“

Der Einsatz von Holztragwerken (z.B. Deckensysteme) ist nur bei vergleichsweise geringen Spannweiten möglich, deshalb plädieren Interviewpartner*innen für mehr Stützen. Dies bringt eine wesentliche Verringerung des Materialeinsatzes mit sich. Hierfür wird auch bei den Lastannahmen angesetzt, wie ein Interviewpartner beschreibt: „Wie viel Flexibilität möchte man haben, zum Stichwort Umnutzbarkeit? Setze ich dafür schon hohe Lastreserven an, die auch dazu führen, dass ich nachher ein sehr massives Tragwerk bekomme? Oder sage ich eher: [...] Ich möchte lieber die Nutzung klarer begrenzen und kann dafür mit einer leichteren Struktur arbeiten.“

Eine andere Interviewpartnerin hält dagegen, dass ein robustes und hoch dimensioniertes Tragwerk Vorteile für die Dauerhaftigkeit und Umnutzbarkeit des Gebäudes bringe. „Ich bin eher dafür, dass wir heute ein wenig mehr Emissionen investieren und dauerhafte Gebäude bauen. Und die Gebäude so gestalten, dass sie nutzungsflexibel sind und später umgenutzt werden können.“

Als weiterer wichtiger Ansatzpunkt wird die Suffizienz genannt. Hier wird beispielsweise hinterfragt, ob Tiefgaragen notwendig sind und ob die geplante Gebäudefläche wirklich angemessen ist. In diesem Zusammenhang werden auch Nutzungssynergien genannt: Ein großes Einsparpotenzial besteht darin, Flächen mit anderen zu teilen und verschieden zu nutzen.

7.3 Ausgangszustand: LCAs in Deutschland

Die Berechnung von Ökobilanzen erfolgt nach DIN EN 15978 und DIN EN 15804. Für die Gebäudezertifizierung stehen verschiedene verpflichtende oder freiwillige Siegel zur Verfügung, für Gebäude des Bundes, einiger Länder und Kommunen wird das BNB angewendet, für bestimmte öffentliche Gebäude in Baden-Württemberg das N!BBW und für die Förderung durch die NH-Klasse das Qualitätssiegels Nachhaltige Gebäude QNG. Freiwillige Zertifizierungen werden mit Deutsche Gesellschaft für

Nachhaltiges Bauen DGNB, Qualitätssiegel Nachhaltiger Wohnungsbau NaWoh, oder Bewertungssystem Nachhaltiger Kleinwohnungsbau BNK vorgenommen.¹ Die Zertifizierung mit den Siegeln von DGNB, NaWoh und BNK kann auch für die Erfüllung des QNG und somit zum Erhalt des Förderbonus der NH-Klasse angewendet werden. Die Zertifizierungssysteme machen Vorgaben zur Ökobilanzberechnung, sodass die Ergebnisse von Ökobilanzen für dasselbe Siegel untereinander vergleichbar sind.

Zwischen den Systemen gibt es nennenswerte Bilanzierungsunterschiede. So berücksichtigt beispielsweise nur das QNG den Nutzer*innen-Strom (mit einem Pauschalwert). Das Modul D wird bei der DGNB verrechnet, bei BNB nur informativ dargestellt. Auch bzgl. der Flächendefinition in der funktionalen Einheit gibt es Unterschiede. Das BNB und das BNK nutzen die NGF (Nettogrundfläche), das QNG, die DGNB, das NaWoh nutzen die NRF (Netto-Raumfläche) nach DIN 277 als Bezugsfläche.

Tabelle 7-1: Vergleich der gängigen deutschen Zertifizierungssysteme (Schoon 2022)

Bilanzierungsvorgaben / Methoden	BNB	N!BBW	QNG	DGNB	NaWoh	BNK
zugelassen für QNG				✓	✓	✓
Geltungsbereich						
Neubau	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sanierung	✓	✓		✓		
Wohngebäude	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Nichtwohngebäude	✓	✓		✓		
Bezugsgröße						
Bezugsfläche: NGF	✓		✓			✓
Bezugsfläche: NRF				✓	✓	
Lebensdauer: BNB-Tabelle	✓		✓	✓	✓	✓
Lebensdauer: Keine Erneuerungszyklen		✓				
Grundlagen der Bilanzierung						
Bewertungsgegenstand: Gebäude ohne Außenanlagen	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Datenbasis: Ökobaudat	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Planungsablauf: Förderung einer frühen Anwendung	✓			✓		
Zusätzliches vereinfachtes Verfahren	✓			✓	✓	
Module: A1-3, B4, B6 und C3-4	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Berücksichtigung Nutzer*innen-Strom			✓			
Modul D wird bewertet				✓		
Indikatoren						
GWP	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ODP, POCP, AP, EP	✓	✓		✓	✓	
Primärenergie, nicht-erneuerbar	✓	✓	✓	✓		
ADP, FW				✓		
Bilanzrahmen						
KG 300 und 400 vollständig	✓			✓	✓	
KG 300 vollständig			✓			
7 oder 8 Bauteilgruppen	✓	✓		✓	✓	✓

¹ Siehe hierzu auch <https://www.nbbw.de/>, <https://www.nachhaltigesbauen.de/>, <https://www.dgnb.de/de>, <https://www.nawoh.de/>, <https://bau-irn.com/>

Abschneidekriterium: 1 %, 2 % bzw. 5 %	✓		✓	✓	✓	
Kein Abschneidekriterium		✓				✓
Sockelwerte für KG 400			✓			
Grenzwerte						
Verpflichtung zur Variantenbildung		✓				
Einhaltung eines Benchmarks für das Erreichen von Punkten	✓			✓		
Einhaltung eines Benchmarks für den Erhalt des Zertifikats notwendig			✓		✓	✓
Anbieten eines Tools		✓				
Berechnung mit eLCA	✓		✓		✓	✓

Quelle: ifeu

7.4 Lebenszyklusbetrachtung der neuen baubaren Referenz

Nachdem die vorangehenden Kapitel zunächst allgemeine Grundlagen für die ökobilanzielle Bewertung von Gebäuden geschaffen haben, werden in diesem Kapitel die konkreten Vorschläge für ein neues baubares Referenzgebäude aus Kapitel 4 bis 6 hinsichtlich der ökobilanziellen Auswirkungen untersucht.

Für die Betrachtung des gesamten Lebenszyklus werden Ökobilanzen für die zwei Modellgebäude (EFH und MFH) aus Kapitel 5 und 6 berechnet. Die in den vorangegangenen Betrachtungen (energetisch und wirtschaftlich) dort beschriebenen Randbedingungen werden übernommen. Wo Abweichungen oder andere Randbedingungen gelten, wird dies beschrieben.

Dabei werden für die jeweiligen Gebäude in den entsprechenden Effizienzniveaus zusätzlich zur energetischen Modellierung der Nutzungsphase auch die „graue Energie und grauen Emissionen“ betrachtet. Es werden also die verkörperte Energie und die Energie in der Nutzungsphase, sowie die daraus jeweils resultierenden THG-Emissionen aufgezeigt. Für diese Betrachtung wird der Bilanzrahmen erweitert und der gesamte Lebenszyklus des jeweiligen Gebäudes beleuchtet. Grundlegende Normen für das Vorgehen der Ökobilanzierung sind die DIN EN ISO 14040 bzw. 14044, DIN EN 15978 (Ökobilanzierung von Gebäuden) und DIN EN 15804 (Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte). Im Folgenden werden die für diese Betrachtung notwendigen Randbedingungen erläutert und Ergebnisse dargestellt.

7.4.1 Bilanzierungsrahmen, Datengrundlage und Vorgehen

Als Grundlage für die LCA-Betrachtung wird der Bilanzrahmen entsprechend aktuell gültiger Vorgaben nach QNG gesetzt. Ausschlaggebend dafür sind die Bilanzierungsregeln des QNG für Wohngebäude in der Version 1.3 vom 01.03.2023 (Anhang 3.1.1 zur Anlage 3). Der Bilanzrahmen wird definiert durch folgende Festlegungen:

- Betrachtungsdauer: 50 Jahre
- Lebenszyklusphasen (vgl. Abbildung 7-1):
 - Herstellung (A1-A3)
 - Nutzungsphasen (B4: Austausch, B 6.1: Gebäudebetrieb Heizung, TWW und Hilfsenergie und B 6.3: Energiebedarf der Nutzer – Nutzerstrom)
 - Entsorgung (C3 und C4)

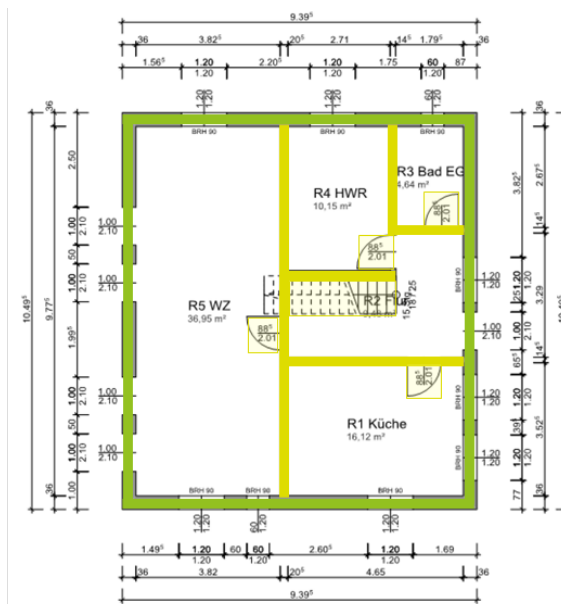
- Modul D wird außerhalb der Systemgrenzen ausgewiesen und für die vorliegende Betrachtung in den Ergebnissen nicht dargestellt.
- Betrachtet werden: THG-Emissionen (GWP-Global Warming Potential)
- Erfasste Bauwerkskomponenten: Bauwerksteile und Bauteile aus den Kostengruppen (KG) 300 und 400
- Pauschale Bewertung des Nutzerstroms mit 20 kWh/(m²a) (bezogen auf beheizte NRF)
- Datengrundlage: Ökobilanzierung Rechenwerte 2023 V1.2 (Teil A: Tabelle 1.1. Rechenwerte für Bauprodukte)

Im QNG-Qualitätssiegel werden weitere Anforderungen z.B. an die Schadstoffvermeidung in Baumaterialien und die Bewertung von Naturgefahren am Standort gestellt. Diese stehen im vorliegenden Bericht nicht im Fokus.

Für die Betrachtung der Gebäude über den gesamten Lebenszyklus hinweg werden neben Bauteilen der thermischen Gebäudehülle auch weitere, z.B. innenliegende Bauteile, berücksichtigt (Abbildung 7-4). Wie oben erwähnt, wird hier der Rahmen für die Bilanzierung nach QNG angesetzt. Dies resultiert darin, dass beispielsweise auch innenliegende Wände, Treppen und Türen betrachtet werden. Abbildung 7-4 zeigt den Bilanzrahmen des GEG im Vergleich zu dem des QNG anhand des Grundrisses des Erdgeschosses im betrachteten EFH.

Abbildung 7-4: Grundriss EFH Unterschied GEG und QNG

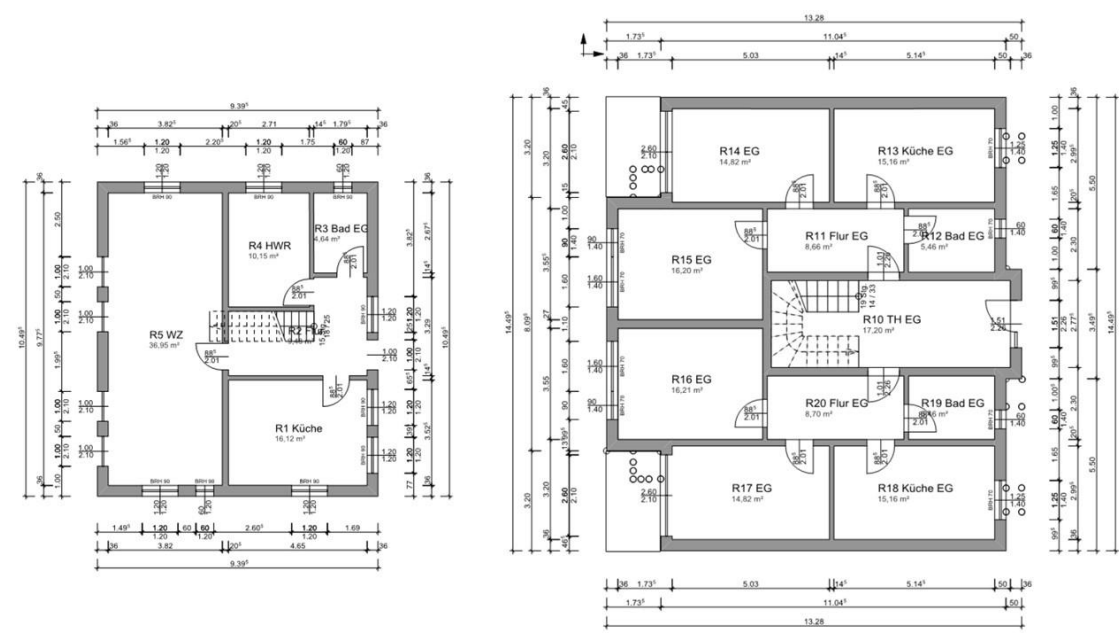
GEG Thermische Hüllfläche
Zusätzlich im QNG



Quelle: FIW München

Dazu ist Kenntnis über die Grundrisse und die geplanten/verbauten Materialien, Produkte und Abmessungen der Bauteile notwendig. In Abbildung 7-5 werden die verwendeten Grundrisse exemplarisch für das Erdgeschoss (EG) der beiden Gebäude dargestellt. Die Grundrisse bilden die Grundlage für die Bauteilabmessungen. Für den Aufbau der Bauteile werden die mit den ausgewählten Materialien typischen Konstruktionsweisen angesetzt. Bei der Dimensionierung der Dicke der entsprechenden Bauteilschichten wird darüber hinaus der für das Anforderungsniveau geforderte U-Wert zugrunde gelegt.

Abbildung 7-5: Grundrisse Erdgeschoss EFH und MFH



Quelle: FIW München

Bezugsgröße für die LCA ist die Nettoraumfläche (NRF) nach DIN 277:2021-08. Diese Fläche ergibt sich aus der Bruttogeschosfläche (BGF) abzüglich der Konstruktionsfläche (KF). Hierbei wird nicht zwischen thermisch konditionierten und nicht-konditionierten Flächen unterschieden. Die NRF entspricht nicht der Nutzfläche A_N , wie sie entsprechend den Vorgaben des GEG angesetzt wird. Die Nutzfläche A_N wird nach Vorgabe der DIN V 18599 aus dem beheizten Gebäudevolumen ermittelt. Für die Ermittlung des Energiebedarfs eines Wohngebäudes nach GEG i.V.m. DIN V 18599 wird diese Fläche als Energiebezugsfläche zugrunde gelegt. Der Unterschied ist bei der Durchführung der Lebenszyklusanalyse zu beachten und insbesondere bei der Ermittlung der Umweltwirkungen und Ressourceneinsätze für der Lebenszyklus-Phase B6 zu berücksichtigen. In Tabelle 7-2 sind die Flächen der beiden betrachteten Gebäude dargestellt. Die NRF des MFH weicht wesentlich von A_N nach GEG ab, da in der NRF die Fläche des unbeheizten Kellers enthalten ist.¹

Tabelle 7-2: Flächen der betrachteten Gebäude in m²

	A_N (nach GEG)	BGF	NRF
EFH	235	296	245
MFH	473	754	614

Um die Auswirkungen veränderter THG-Faktoren darstellen zu können, werden drei verschiedene Sets an THG-Faktoren für die Betriebsphase verwendet: der QNG-Faktor, wie ihn das derzeitige Rechenwerk des Qualitätssiegels Nachhaltige Gebäude ansetzt; ein vorausschauender Faktor aus dem vorliegenden Projekt („GEG EPBD“) (siehe Tabelle 3-2) und prognostische Faktoren jeweils für den nationalen Netzstrommix (siehe Tabelle 7-3). Als prognostischer Faktor wurde auf Basis der in der Hintergrundstudie Gebäudestrategie Klimaneutralität festgelegten Werte der über die Lebensdauer gemittelte THG-Emissionsfaktor ermittelt. D.h. dass bis zum Jahr 2045 der Emissionsfaktor auf null

¹ Zum Thema Vereinheitlichung von Bezugsflächen siehe Kapitel 14.5.

sinkt und ab dann bei null bleibt. So ergibt sich im Mittel über die nächsten 50 Jahre ab 2023 ein Wert von 0,111 kg CO₂-Äq./kWh als prognostischer Faktor für Strom. Die Faktoren „GEG EPBD“ und „prognostisch (GSK 2023)“ bilden also gegenüber dem QNG-Faktor für Strom eine bereits weiter fortgeschrittene Dekarbonisierung ab.

Tabelle 7-3: THG-Emissionsfaktoren für die Nutzung von 1 kWh Endenergie aus nationalem Netzstrommix

	THG
QNG	0,532
GEG EPBD	0,35
prognostisch (GSK 2023)	0,111

Vorgehen

Die Berechnungen werden mit dem vom BBSR zur Verfügung gestellten Ökobilanzierungstool eLCA vorgenommen. Da die Verrechnung der Nutzungsphase mit eigenen Faktoren, die von den Vorgaben des QNG abweichen (also GEG-EPBD und prognostische THG-Faktoren), in diesem Tool nicht entsprechend der notwendigen Betrachtungsweise möglich ist, wird dies separat in einer Excelauswertung vorgenommen. Die Endenergiekennwerte aus der Nutzungsphase werden aus den Berechnungen in Kapitel 5.2 übernommen. An den Gebäuden wird keine Optimierung der Ergebnisse hinsichtlich einer reduzierten Umweltwirkung in der Herstellungsphase durchgeführt. Eben diese Optimierung könnte z.B. durch Materialwahl oder Grundrissanpassung ein verbessertes Ergebnis ermöglichen, was auch ein Ziel der QNG-Bilanzierung und den vorgegebenen Grenzwerten ist.

Die Anwendung der Faktoren erfolgt auf die Betriebsphase. Für die Herstellungsphase werden die Faktoren nicht variiert bzw. können nicht einfach variiert werden. Die Umweltwirkungen für die Herstellungsphase ergeben sich aus den Datensätzen der ÖkobaDat je Bauprodukt. Ein Rückschluss auf die Energieträger und z.B. die zugrundeliegenden THG-Faktoren ist nicht direkt möglich, weshalb die Faktoren auch nicht variiert werden können. Die zukünftige Dekarbonisierung der Lebenszyklusphase C (Entsorgung) wird nicht berücksichtigt. Für diese Phase werden die zum jetzigen Zeitpunkt vorliegenden Werte aus den für die QNG-Bilanzierung verwendeten „Ökobilanzierung Rechenwerte 2023“ zu Grunde gelegt.

Bei der Bilanzierung wird das in den folgenden Punkten angegebene Vorgehen berücksichtigt:

- PV-Anlage:
 - verkörperte Energie wird mit dem Anteil der im Gebäude genutzten Strommenge angerechnet
 - eigengenutzter Strom wird in der Nutzungsphase (B6) angerechnet
- Anlagentechnik:
 - Sockelbetrag in Abhängigkeit des Anteils Q_p zu Q_{pref}

Haustechnik Großkomponenten werden zusätzlich anhand der Ökobilanzierung Rechenwerte 2023 V1.2 berücksichtigt (z.B. Wärmeerzeugungsanlagen (WP), Lüftungsanlagen und Eigenversorgungsanlagen)
- Materialwahl und Dimensionierung der Bauteile:
 - Es werden häufig verwendete Konstruktionen und Materialien ausgewählt
 - ohne Optimierung der Umweltauswirkungen

7.4.2 Betrachtete Varianten

Es wird ein EFH und ein MFH in drei sich im Wärmeschutzniveau unterscheidenden Varianten betrachtet. Diese Varianten bilden das Standardgebäude mit GEG 2024 Ausführung, das Effizienzniveau II (Eff II) und das Effizienzniveau I (Eff I) ab. Die Wärmeerzeugung wird in beiden Gebäuden über eine Luft-Wasser-Wärmepumpe (Luft WP) mit natürlichem Kältemittel gewährleistet. Beim EFH wird die Erzeugung von Strom durch eine PV-Anlage mitberücksichtigt.

Neben den Umweltwirkungen der unterschiedlichen Wärmeschutzniveaus werden zwei weitere Fragestellungen in Form von Exkursen untersucht. Die Grundlage für beide Exkurse ist das Einfamilienhaus in der GEG 2024 Standardausführung. Exkurs eins zeigt die Auswertung der THG-Emissionen der Herstellungsphase. Exkurs zwei zeigt die Betrachtung und den Einfluss von Klimagasen beim Einsatz nicht natürlicher Kältemittel bei Wärmepumpen.

Die Grundlage für die Materialwahl bilden vorhandene statistische Daten über den Neubau in den letzten Jahren (Destatis 2022). Als Baustoff für den Rohbau werden die meist aus Kostengründen häufig gewählten Materialien Kalksandstein für das EFH und Stahlbeton für das MFH angenommen. Als Dämmstoff wird in beiden Fällen das im Wohnungsbau der untersuchten Größenordnung oft eingesetzte expandierte Polystyrol (EPS) in der entsprechenden Dimension verwendet, um das Effizienzniveau der Variante zu erfüllen. Darüber wird folgendes festgelegt:

- Fenster: EFH: Holzfenster, MFH: PVC-Fenster (mit entsprechend dimensionierten Rahmen und Verglasungen)
- Innentüren und Haustür aus Holz
- Notwendige Folien werden aufgrund in der Datenbasis nicht vorhandener Alternativen mit dem Datensatz PE-Dampfbremse abgebildet
- Dachkonstruktion:
 - EFH: Dachstuhl aus Holz und Mineralwolle (für Schrägdachdämmung)
 - GEG 2024: Zwischensparrendämmung
 - Eff I und Eff II: Zwischensparrendämmung und Aufdachdämmung
 - MFH: Flachdach mit entsprechend dimensionierten Bauteilen und EPS-Dämmung

Tabelle 7-4 zeigt eine Übersicht der Varianten inklusive Anlagentechnik und Material. Die Exkurse am EFH fokussieren einerseits die Betrachtung der Herstellungsphase. Dabei werden nur die fossilen THG-Emissionen (GWP_{fossil}) der Herstellung (Lebenszyklusphasen A1-A3) unter Verwendung entsprechender Datensätze dargestellt. Andererseits wird im Exkurs Klimagase die Auswirkung des Einsatzes von nicht natürlichen Kältemitteln (F-Gas) in der Wärmepumpe dargestellt.

Tabelle 7-4: Übersicht über die Varianten

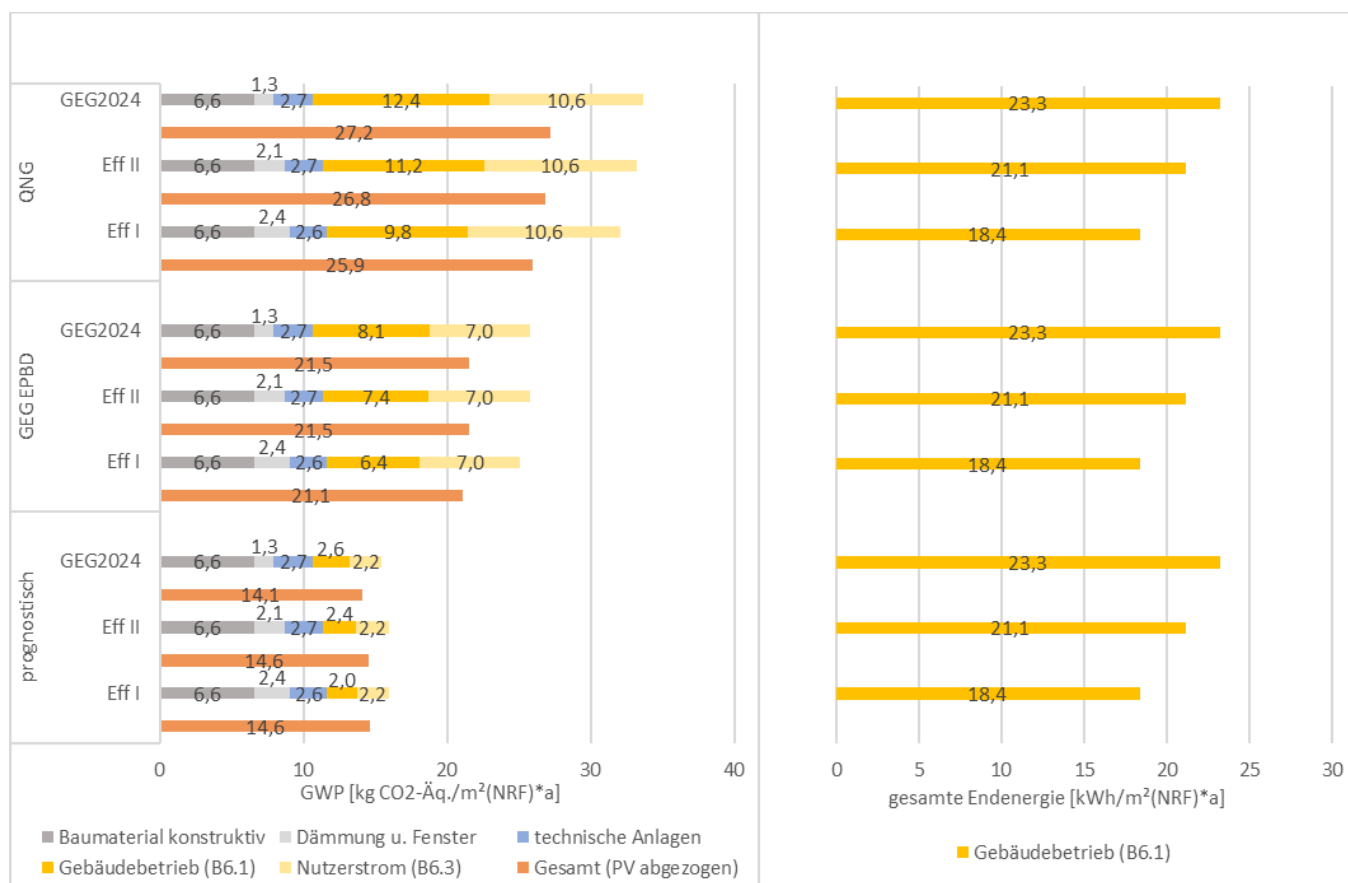
	GEG 2024	Eff II	Eff I	Anlagentechnik	Material
EFH	X	X	X	Luft WP + PV	KS und EPS
Exkurs Klimagase (Bsp. EFH)	X			Luft WP + PV	KS und EPS
MFH	X	X	X	Luft WP + PV	Beton und EPS

7.4.3 Ergebnisse

In den folgenden Abbildungen wird das Ergebnis der THG-Emissionen über den Lebenszyklus für die drei Effizienzniveaus und die drei unterschiedlichen Faktoren jeweils für das EFH und MFH gezeigt.

Das Gesamtergebnis aller Lebenszyklusphasen mit Abzug der Werte der PV-Anlage wird jeweils in dem unteren Balken dargestellt (oranger Balken). Die Unterteilung in Bauteile und Phasen ist entsprechend farblich gekennzeichnet. Dabei entspricht die Phase der Nutzung (B6.3) den Emissionen aus dem Nutzerstrom. Zusätzlich ist auf der rechten Seite die gesamte Endenergie der Nutzungsphase bezogen auf NRF aufgetragen.

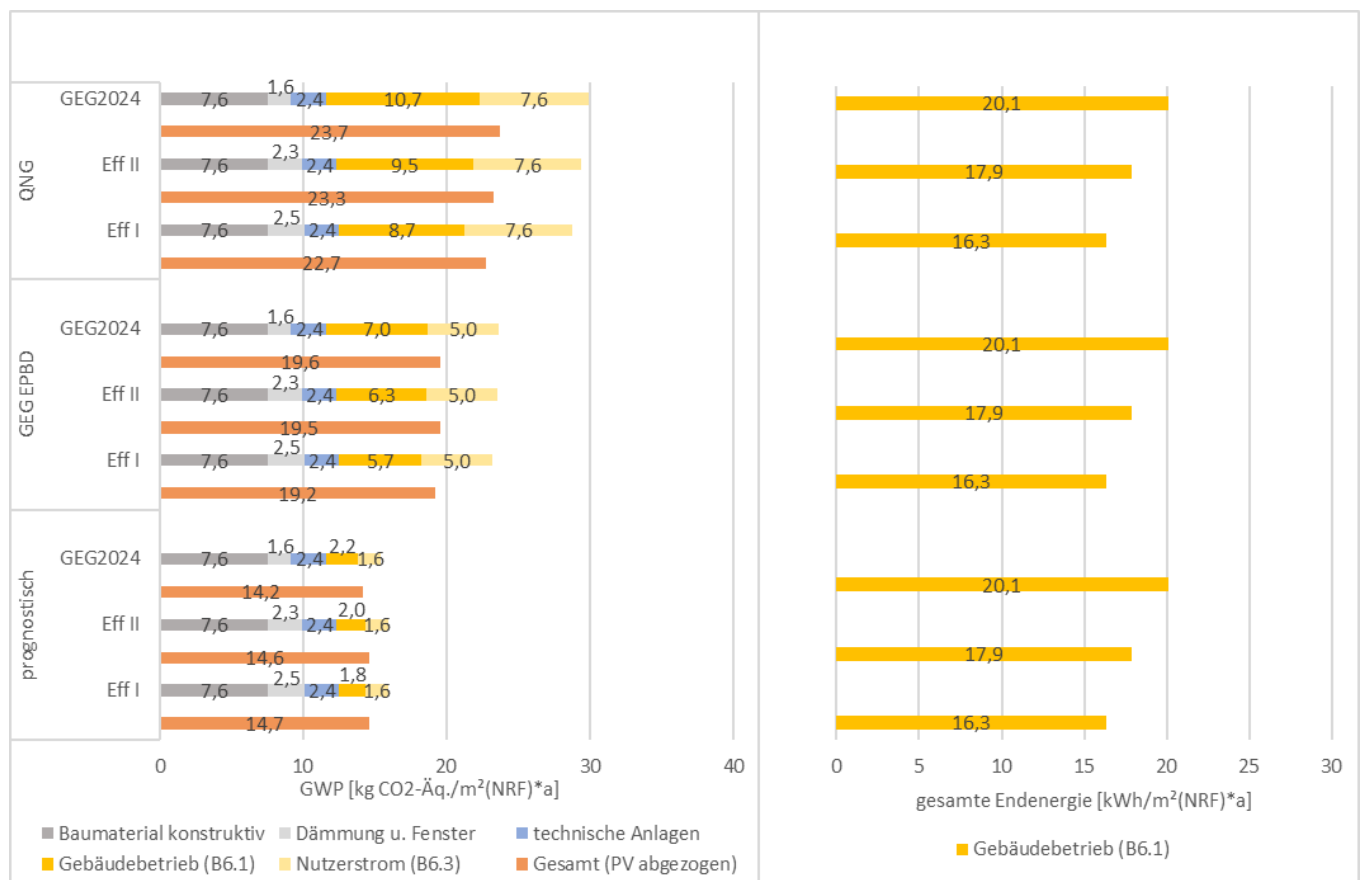
Abbildung 7-6: THG-Emissionen des EFH nach Faktoren und Effizienzniveaus inklusive der gesamten Endenergie



Quelle: FIW München

Es zeigt sich, dass der Endenergiebedarf bei steigendem Effizienzniveau sinkt. Auch die gesamten THG-Emissionen sind für die Faktoren nach QNG und GEG EPBD mit steigendem Effizienzniveau geringer. Die THG-Emissionen bei Betrachtung der entsprechenden Faktoren liegen nah zusammen. Die Diskrepanz zwischen GEG2024 und Eff I mit GEG EPBD Faktoren ist 0,4 kgCO₂-Äq./m²(NRF)*A. Nur bei Verwendung der prognostischen Faktoren, bei denen bereits ein weitgehend dekarbonisiertes Energiesystem zu Grunde gelegt wird (Stromfaktor rd. 110 g/kWh), ist das Gesamtergebnis bei GEG2024 etwas besser als in Eff I und Eff II. Die Diskrepanz zwischen Eff I und GEG 2024 ist 0,5 kgCO₂-Äq./m²(NRF)*A.

Abbildung 7-7: THG-Emissionen des MFH nach Faktoren und Effizienzniveaus inklusive der gesamten Endenergie



Quelle: FIW München

Das Ergebnis der Bilanzierung des Mehrfamilienhauses entspricht strukturell der Analyse des Einfamilienhauses.

Es ergibt sich folgendes **Gesamtmuster**: Mit der heutigen Betrachtungsweise des QNG, aber auch bei einem „forward looking“-Emissionsfaktor für Strom führt das höhere Effizienzniveau Eff I auch im Lebenszyklus zu THG-Einsparungen im Vergleich zum derzeitigen Niveau. Erst wenn man die Betrachtungsweise auf eine langfristige Bilanzierung umstellt („prognostisch“, Stromfaktor rd. 110 g CO₂-Äq./kWh), liegen die THG-Emissionen der drei Effizienzvarianten etwa gleichauf bzw. liegen die THG-Emissionen des aktuellen Effizienzniveaus geringfügig niedriger als die im Projekt bestimmten Effizienzanforderungen. Dies ist auch unmittelbar einleuchtend, da in der Betriebsphase aufgrund der immer weiter fortschreitenden Dekarbonisierung der Energieversorgung kaum noch THG-Emissionen eingespart werden können. Dennoch wird Energie (aus regenerativen Ressourcen) verbraucht. Auch mit erneuerbaren Ressourcen ist maßvoll umzugehen. Durch eine gesteigerte Energieeffizienz können die notwendigen Ausbaukapazitäten reduziert werden. Der Endenergiebedarf in den effizienten Varianten liegt um 19 bzw. 21 % unter der Ausgangsvariante. Siehe hierzu auch die Ausführungen in Kapitel 3.2 zur Einsparung von Systemressourcen und Back-up-Kraftwerken. In Zukunft werden durch die effizienten Varianten also erneuerbare Energieressourcen und Kraftwerks-/Stromnetzkapazitäten eingespart. In einer (fast) vollständig dekarbonisierten Welt wird eine THG-Bewertung nicht mehr aussagekräftig sein. Perspektivisch wird sie gegen eine Ressourcen- und Flächenbetrachtung eingetauscht werden müssen. Bis dahin ist die THG-Bewertung als Indikator für die Klimazielerreichung jedoch notwendig.

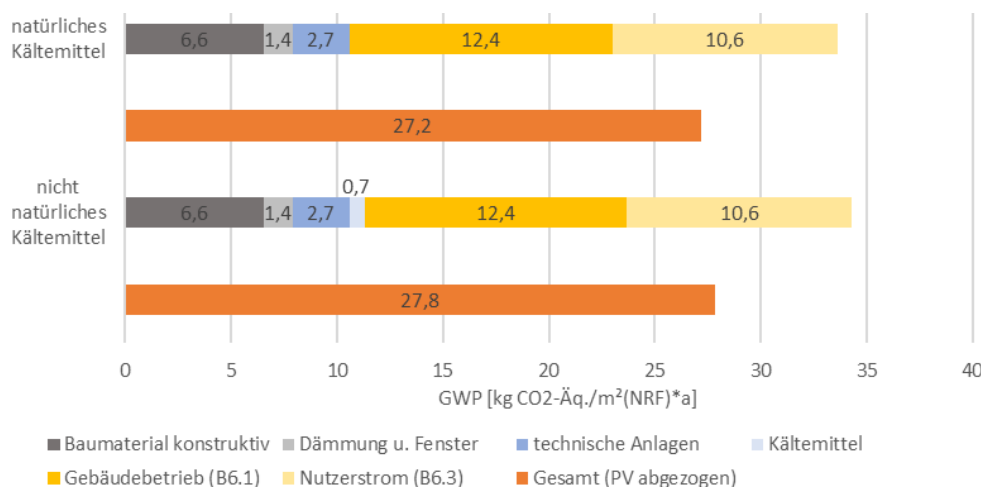
Bei den QNG-/GEG-Betrachtungen liegt der Anteil der Dämmung und Fenster an den Lebenszyklus-THG-Emissionen je nach Effizienzniveau und Gebäudetyp zwischen 4 und 11 % der Lebenszyklus-THG-Emissionen (vor PV-Gutschrift). Die konstruktiven Baumaterialien (Tragwerk usw.) führen zu etwa drei- (Eff I) bis fünfmal (GEG 2024) so hohen Lebenszyklus-Emissionen aufgrund ihrer hohen Masse und der verwendeten Materialien (Beton und Kalksandstein). Es zeigt sich, dass über die drei Varianten hinweg rund 55 % der grauen Emissionen über den gesamten Lebenszyklus bereits in den Phasen A1-A3 in der KG300 als GWP_{fossil} entstehen. Auch zeigt sich der enorm hohe Anteil der Gründung und der Geschossdecken an den grauen Emissionen. Unter Berücksichtigung der noch dazuzurechnenden KG400 Emissionen verdeutlicht sich, dass der Großteil der Emissionen heute und in der Herstellungsphase entsteht, während der kleinere Teil der grauen Emissionen erst durch Instandhaltung zu einem späteren Zeitpunkt und bereits in einer teilweise oder vollständig dekarbonisierten Welt entstehen.

Bei der Interpretation der Ergebnisse muss beachtet werden, dass die THG-Emissionen der Lebenszyklusphase C auch bei der prognostischen Betrachtung mit den derzeit vorliegenden Werten berechnet wird. Perspektivisch ist davon auszugehen, dass die bei der Entsorgung oder dem Rückbau entstehenden Emissionen in Zukunft deutlich geringer sind, etwa durch die Installation von Carbon Capture bei den thermischen Abfallbehandlungsanlagen. Damit sind die Emissionen aus der Phase C deutlich überschätzt.

7.4.4 Exkurs: Kältemittel

In dieser Betrachtung wird angenommen, dass für die Wärmeerzeugung eine Luft-Wärmepumpe eingesetzt wird mit einem nicht natürlichen Kältemittel (F-Gas). Die Auswirkung auf die THG-Emissionen über den Lebenszyklus für ein nicht natürliches Kältemittel werden anhand der QNG-Sonderberechnungsvorschrift für F-Gase ermittelt. In der Wärmepumpe kommen 3 kg Tetrafluorethan (R134a) als Kältemittel zum Einsatz. Gemäß der QNG-Sonderberechnungsvorschrift werden eine Leckagerate von 2,5 % und eine Entsorgungsrate von 35,2 % angenommen. Das Gas wird in 50 Jahren zweimal ausgetauscht. Daraus ergeben sich die in Abbildung 7-8 dargestellten Werte. Die Verwendung eines nicht natürlichen Kältemittels bei einer Wärmepumpe verursacht gegenüber einem natürlichen Kältemittel zusätzliche Emissionen von $0,7 \text{ kg CO}_2\text{-Äq.}/(\text{m}^2(\text{NRF})\cdot\text{a})$. Der Effekt der Verwendung eines nicht natürlichen Kältemittels hinsichtlich der THG-Emissionen ist damit in etwa gleich groß wie die Mehrmissionen im Bereich der Dämmung und Fenster, wenn anstelle des GEG2024 Anforderungsniveau das Eff II umgesetzt wird (vgl. Abbildung 7-6 und Abbildung 7-7).

Abbildung 7-8: Auswirkung des Kältemittels im EFH mit dem Referenzeffizienzniveau nach GEG 2024 und mit Faktoren nach QNG



Quelle: FIW München

7.4.5 Zusammenfassung

Die beiden definierten Eff II und Eff I führen trotz höherer Aufwendungen in der Herstellungsphase für eine höhere energetische Qualität bei EFH und MFH zu insgesamt geringeren THG-Emissionen. Dies gilt sowohl bei Verwendung der Faktoren nach QNG als auch bei Verwendung der in diesem Projekt festgelegten Faktoren. Bei den prognostischen Faktoren liegen die THG-Emissionen im gesamten Lebenszyklus beim Gebäude mit GEG2024-Anforderungsniveau geringfügig niedriger als in den höheren Effizienzniveaus, da die Nutzungsphase (B6) an Bedeutung verliert. Mit zukünftig dekarbonisierten Energieträgern (in diesem Fall Strom) ist die ausschließliche Betrachtung von GWP kein Anreiz mehr für Energieeinsparung. Langfristig ist somit GWP kein geeigneter Indikator, da sie die Einsparung an Endenergie nicht abbildet. In allen Fällen bieten Eff I und Eff II eine deutliche Endenergieeinsparung in der Nutzungsphase im Vergleich zum GEG 2024.

Das MFH hält den QNG-Grenzwert für QNG-PLUS mit $24 \text{ kg CO}_2 \text{ Äq.}/(\text{m}^2\text{a})$ in allen Niveaus ein. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass in den Berechnungen ein Standardgebäude mit massiver Bauweise zugrunde gelegt wurde, ohne dass besondere Nachhaltigkeitsbemühungen hinsichtlich der Materialauswahl der KG300 berücksichtigt wurden. Das EFH überschreitet diesen Grenzwert hingegen leicht. Der Grenzwert für QNG-PREMIUM von $20 \text{ kg CO}_2 \text{ Äq.}/(\text{m}^2\text{a})$ wird hingegen von keinem der beiden betrachteten Gebäude eingehalten. Durch Materialwahl, Bauteiloptimierung, Optimierung der Stromerzeugung und Steigerung des Anteils an selbst genutzten Stroms kann auch das Einhalten der strengerer Grenzwerte möglich sein.

Die Betrachtung des fossilen GWP der Phase A (Herstellung A1-A3 und optional Errichtung A4-A5) wäre eine mögliche vereinfachte und robustere Alternative zu LCA nach QNG. Vorteil dabei wäre der Fokus auf heute anfallende und beeinflussbare Emissionen. Damit wird ein Anreiz für klimafreundliche Gebäudekonzepte und Herstellung gesetzt. Der Nachteil dabei ist allerdings, dass effizientere Gebäude in der Herstellphase etwas schlechter wegkommen. Über den Lebenszyklus hinweg werden jedoch Endenergieeinsparungen erzielt.

Klimagase haben eine nicht zu vernachlässigende Auswirkung auf die gesamten Emissionen im Lebenszyklus. Aus diesem Grund sollten sie bei der Ermittlung der Emissionen mitbetrachtet werden.

7.5 Exkurs: Weitere Nachhaltigkeitsaspekte

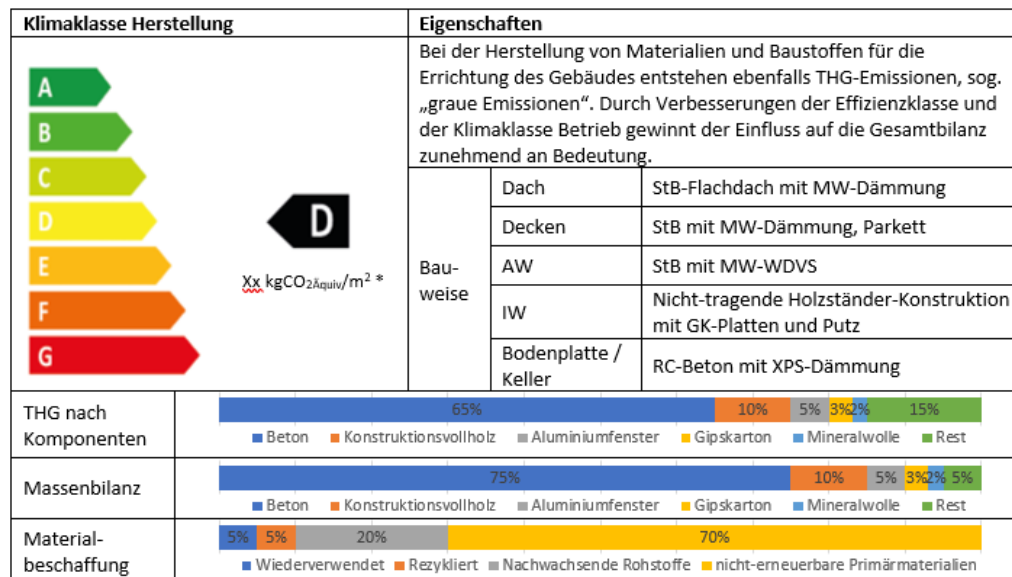
Die Durchführung einer Ökobilanz führt zwar zu einer Erkenntnissteigerung bezüglich der Nachhaltigkeit des Gebäudekonzeptes, sie vernachlässigt aber auch eine Reihe von Aspekten, die ökobilanziell nicht erhoben werden können. Im Rahmen dieses Projektes wird daher auch 2022 ein Vorschlag zur Integration von Aspekten des nachhaltigen Bauens entwickelt: der **Gebäude-Ressourcen-Energie- und Nachhaltigkeits-Pass (GREEN-Pass)**. Gebäudenachhaltigkeit umfasst mehr als nur Energie, Treibhausgasemissionen und Ressourcenverbrauch und ist nicht vollständig quantitativ über die LCA erfassbar, weshalb auch weitere (qualitative) Aspekte (Suffizienz, Zirkularität, Flächeninanspruchnahme) erfasst werden. Der GREEN-Pass setzt sich dabei zusammen aus dem bisher bekannten (aber weiterzuentwickelnden) Energieausweis und einer kompakten weiteren Seite, welche einen Ressourcenausweis sowie Angaben zum Gebäudekonzept enthält. Dabei sind Vorschläge aus Zimmermann (2018), Schoon (2022) und DGNB (2022) eingeflossen.

Das Dokument, das beispielsweise als Zusatzseite für neu errichtete Gebäude in den Energieausweis integriert werden könnte, weist zwei Werte aus: Erstens den oben beschriebenen Indikator THG-reduziertes Bauwerk ($\text{GWP}_{\text{fossil,A1-A3}}$) und zweitens die gesamten Treibhausgas-Emissionen. Letztere ergeben sich aus der Summe der Bauemissionen und der Betriebsemissionen, wobei die Betriebsemissionen aus der Energiebedarfsberechnung gemäß § 10 GEG stammen.

Außerdem erfolgt eine Prüfung des Gebäudekonzeptes hinsichtlich Anpassbarkeit, Zirkularität und Flächeninanspruchnahme. Die Ergebnisse dieser Ökobilanz und Nachhaltigkeitsprüfung werden im Energieausweis als „GREEN-Pass“ dargestellt.

Abbildung 7-9: Vorschlag GREEN-Pass

Ressourcenausweis und Gebäudekonzept



* Umfasst nach DIN EN 15978:2012-10 die Lebenszyklusphasen A1-A3: Rohstoffbeschaffung, Transport und Produktion

Anpassbarkeit und Zirkularität		
Ein Gebäude sollte eine möglichst lange Lebensdauer haben. Dazu muss es an sich zukünftig verändernde Bedürfnisse bzw. andere Nutzungen anpassbar sein. Sowohl Grundrisse als auch Tragstruktur und TGA müssen möglichst einfache Anpassungen ermöglichen. Dadurch wird das Abfallaufkommen bei Umbauten und der Neubaubedarf reduziert. Am Ende der Lebensdauer sollten möglichst viele Baustoffe in möglichst hochwertiger Form erneut genutzt werden.	Raumhöhe	2,75 m
	Nutzungsneutrale Räume oder Schaltzimmer	Vorhanden
	Anpassbare tragende und nichttragende Wände	Nicht gegeben
	Keine tragenden Innenwände	Gegeben
	Schachtanordnung der TGA inkl. Erweiterungskapazitäten	Gegeben
	Ausbaustandard	Niedrig
Rückbau-freundlichkeit	<p>15% 15% 15% 15% 15% 25%</p> <p>Wiederverwendung Weiterverwendung Wiederverwertung Weiterverwertung Thermische Verwertung Deponierung</p>	

Flächeninanspruchnahme	Eigenschaften		
Neben Energiebedarf und THG-Emissionen ist die Flächeninanspruchnahme eine zentrale ökologische Wirkungskategorie. Durch kompakte Baukörper, viel Gemeinschaftsflächen und sparsame Grundrisse lassen sich die Auswirkungen reduzieren.	Versiegelte Fläche	Gesamt	Xx m ²
		Pro Person**	Xx m ² /Person
	WF / EBF	Gesamt	Xx m ²
		Pro Person**	Xx m ² /Person
	THG-Emissionen pro Person	Xx kgCO ₂ äquiv/Person/Jahr	
	Gemeinschaftsflächen	Beschreibung	Waschküche, Hobbyraum, Dachterrasse, etc.
		% der WF	Xx %

** Bezogen auf Standardbelegung (Personenanzahl = Zimmeranzahl – 1)

Quelle: ifeu, 2022

Im Kern könnte der GREEN-Pass folgende Elemente enthalten:

- Jeweils kurze laienverständliche Beschreibung der erfassten Aspekte
- Themenfeld THG/Klima:
 - Klimaklasse für die Herstellung und Entsorgung (inkl. Austausch) des Gebäudes analog den Effizienzklassen im Energieausweis. Kennwert ist die CO₂-Äquiv. pro Fläche.
 - Kurze Benennung der Bauweisen verschiedener Bauteile im Gebäude.
 - Balkendiagramm, welches die fünf relevantesten verbauten Materialien und Komponenten aus Sicht der THG-Bilanz quantitativ identifiziert.
 - Balkendiagramm, welches die Beschaffung und Art der verwendeten Baustoffe massebezogen aufschlüsselt. Es werden nur bereits erfolgte Verwertungswege adressiert, zukünftige Szenarien werden an anderer Stelle adressiert. Aufteilung:
 - Wiederverwendet: Direkt wiederverwendete Bauteile (Re-Use, Second Hand), z. B. gebrauchte Fenster oder Fassadenplatten
 - Rezykliert: bereits einmal recycelte Materialien z. B. RC-Beton
 - Nachwachsende Rohstoffe: z. B. Holz, Stroh
 - Nicht-erneuerbare Primärmaterialien: z. B. Stahlbeton
- Themenfeld Ressourcen:
 - Die Anpassbarkeit und Zirkularität werden über die Angabe einzelner Parameter abgefragt¹. Diese bzw. deren konkrete Einhaltung müssen in einem Erläuterungsdokument spezifiziert werden.²
- Themenfeld Flächeninanspruchnahmen:
 - Es wird die Pro-Kopf-Wohn- bzw. Energiebezugsfläche erfasst. Damit wird ein zentraler Suffizienz-Indikator integriert und Rebound-Effekte adressiert.
 - Aus der o.g. Pro-Kopf-Fläche und der Klimaklasse für die Herstellung sowie der THG-Emissionen im Betrieb (Energieausweis) lassen sich die gesamten Pro-Kopf-Emissionen berechnen, die einen verständlichen Anhaltspunkt für die Bewohner*innen liefern sollen.
 - Als zentraler Einfluss auf die Pro-Kopf-Wohnfläche wird spezifisch die Art der vorhandenen Gemeinschaftsflächen (z. B. Waschküchen, Hobbyräume, Werkstätten) abgefragt und ins prozentuale Verhältnis zur Gesamtwohnfläche gesetzt.

7.6 Handlungsempfehlungen für Umsetzung der EPBD-Anforderungen an einen THG-Lebenszykluswert

7.6.1 Prozessuale Integration und Geltungsbereich

Ausgangspunkt für eine Verankerung der o.g. Anforderungen der EPBD (Kapitel 7.1) sollte eine Integration in bereits etablierten Planungsprozesse in Deutschland sein. Idealerweise sollte die Analyse bereits zu einem frühen Planungsstadium angewendet werden. Zur Genehmigungsplanung sollte das Vorliegen der Analyse und bei späterer Einführung von Grenzwerten auch deren Einhaltung überprüft und mit Gebäudefertigstellung verifiziert werden.

¹ Basierend auf Zimmermann (2018). Zum Hintergrund siehe auch den DGNB-Steckbrief 2.1 (DGNB 2018)

² Zum Unterschied Wiederverwendung, Weiterverwendung, Wiederverwertung und Weiterverwertung siehe <http://umweltlexikon.katalyse.de/?p=6563>.

Ökobilanzielle Berechnungen sind schon in der sehr frühen Anwendung der Planung wichtig (z. B. in Grundlagenermittlung in der Leistungsphase 1 (LPH1)). Die ökobilanzielle Optimierung sollte planungsbegleitend erfolgen. Die verpflichtenden Berechnungen sollen Planer*innen in der Kommunikation von Nachhaltigkeitsaspekten gegenüber den Bauherr*innen unterstützen, zudem soll bei den Planer*innen das Verständnis für die Zusammenhänge im Bereich der Gebäudenachhaltigkeit gestärkt werden. Ihnen sollen konkrete Handlungsempfehlungen an die Hand gegeben werden, die sie motivieren, die Gebäudenachhaltigkeit stärker in die Planungsprozesse einzubinden.

Die beschriebenen Zusammenhänge führen zu der Empfehlung, LCAs im Kontext der Umsetzung der EPBD für Herstellung/Errichtung von Gebäuden zunächst bei Neubauten zu bilanzieren und Sanierungen von dieser Pflicht zu befreien – dies schließt natürlich nicht aus, dass freiwillige Ökobilanzierungen von Sanierungen wertvolle Hinweise auf Optimierungen geben können. Geringere graue Emissionen bei Sanierungsmaßnahmen können parallel über andere Instrumente angereizt werden. Diese Regelung würde auch der Tatsache Rechnung tragen, dass zukünftig das (Um-)Bauen im Bestand Fokus haben sollten.

Die Vorschläge dieses Projektes führen zu einer stärker vereinheitlichten Vorgehensweise zwischen der QNG- und der GEG-Methodik. Beispielsweise wird vorgeschlagen (Kapitel 14), die Klimadaten auf zu erwartende Werte (Klimawandel) anzupassen, um so zu einer standortorientierten Vorgehensweise zu kommen und die Bezugsflächen zu vereinheitlichen. Dies sind Forderungen, die auch zum Beispiel in Dorn-Pfahler et al. 2023 oder Dorff et al. (2024) erhoben werden.

Zudem sollte die Datengrundlage verbessert und aktualisiert werden. Derzeit sind in der LCA nach QNG gesetzte Rechenwerte zu verwenden. In der ÖkobaDat Datenbank sind bereits heute produktspezifische Datensätze (EPDs) zu finden. Im QNG könnte die Verwendung von EPDs bereits heute integriert werden. Entsprechend muss die Vorgabe angepasst werden. Im Sinne einer Optimierung der Umweltwirkungen durch die Auswahl von verschiedenen Produkten und Bauweisen ist die Verwendung von produktspezifischen Datensätzen unverzichtbar. Nur so kann eine Lenkungswirkung hin zu Produkten und Bauweisen mit geringeren Umweltwirkungen erreicht werden. Bei der Einführung von Anforderungen an den Lebenszyklus bzw. die grauen Emissionen ist ein mehrstufiges Vorgehen denkbar, bei dem zwischen Praxistauglichkeit und Klimaneutralitätszielen abgewogen werden muss. In den ersten Phasen der Planung könnten generische Datensätze verwendet werden, die im Laufe der Planung und Ausführung durch spezifische Datensätze aktualisiert werden (Agora Industrie, ifeu, Ramboll 2024).

7.6.2 Methodische Empfehlungen

Ausgangspunkt für eine Verankerung der o.g. Anforderungen der EPBD sollten die bereits etablierten Berechnungsmethoden und Datenbanken in Deutschland sein. Bei einer verpflichtenden Anwendung muss die Methodik einfacher und einheitlicher sein als bei bisherigen Zertifizierungen. Es sollten sich klare Handlungsempfehlungen für die ökologische Optimierung von Gebäuden zeigen.

Die bauteilbezogenen Systemgrenzen der Bilanz können analog der LCA-Bilanzregeln des QNG festgelegt werden. „Systemgrenze der Erfassung des zu bewertenden Gebäudes sind definierte Bauwerksteile und Bauteile der Kostengruppe KG 300 der DIN 276 sowie definierte gebäudetechnische Anlagen der KG 400. Bauteile im Außenraum gemäß KG 500 sind dann zu berücksichtigen, wenn sie zur Aufrechterhaltung des Gebäudebetriebs zwingend erforderlich sind.“ (BMWSB 2021)

Die EPBD verlangt eine Bilanzierung der THG-Emissionen im Lebenszyklus. Die Reduktion auf THG vernachlässigt eine Reihe von Umweltwirkungen und kann zu gewissen Artefakten führen, ist aber dennoch aus unserer Sicht ein guter Stellvertreter für die Nachhaltigkeit des Gebäudekonzepts. Das

GWP wird in den meisten wissenschaftlichen Studien als (Leit-)Indikator berechnet. Zudem ist er der einzige Indikator, der in allen Systemen und Ländern verpflichtend ist. Außerdem muss der Aufwand für Erstellung und Kommunikation der Bilanz begrenzt werden. So bestehen hier einerseits die umfangreichsten Datengrundlagen. Andererseits kommt den THG-Emissionen im Zuge der Klimaschutz-Debatte, als besonders dringliche überschrittene planetare Grenze, großes öffentliches Interesse zu. Insofern ist auch die Zielgröße kg oder t CO₂ noch am einfachsten laienverständlich vermittelbar und durch den Fokus auf einen einzigen Indikator gibt es keine methodischen und kommunikativen Schwierigkeiten bei der Vergleichbarkeit und evtl. Trade-Offs. Zwar berücksichtigen andere Länder auch Ressourcen oder Gesamtumweltindikator, wobei hier eine größere methodische Unschärfe besteht und im Ergebnis auch wieder überwiegend fossile Ressourcen und THG-Emissionen bewertet werden (z. B. LENOZ 2.0 Luxemburg).

Die Lebenszyklusbetrachtung der neuen baubaren Gebäudevarianten zeigen, dass eine Betrachtung der Lebenszyklusphasen A bis C in einem addierten Kennwert zu einigen Artefakten und methodischen Problemen führt:

- Beispielsweise führen effizientere Gebäudekonzepte zu einer höheren Phase-A-Emission, sparen dann aber in Phase B6 Energieträger ein, die im Lauf der nächsten Jahrzehnte dekarbonisiert sein werden. Diese Einsparung erneuerbarer Ressourcen wird aber nicht in der Lebenszyklus-THG-Bilanz abgebildet. Ebenso wenig wird abgebildet, dass effizientere Gebäude insbesondere an kalten Wintertagen eine deutlich geringere elektrische Leistung zum Betrieb von Wärmepumpen benötigen und damit ein Beitrag zur Systemstabilisierung und Verringerung des erforderlichen Netzausbaus geleistet wird.
- Die Dauerhaftigkeit von Gebäudekonzepten spiegelt sich nicht in der Bilanz wider, da standardisierte Nutzungsdauern angesetzt werden. Flexible Nutzungskonzepte, wiederverwendbare Materialien und andere Konzepte spiegeln sich daher nicht in einem verbesserten Lebenszyklus-GWP wider.
- Auch die Wiederverwertung am Ende der Lebensdauer wird nicht abgebildet: Gutschriften durch Wiederverwertung in Phase D werden nicht abgebildet, da Phase D nicht in die Rechnung einbezogen wird. Zudem würden sie in einer fernen Zukunft auch keine THG-Emissionen mehr einsparen, da auch die substituierten Produkte in einer dekarbonisierten Gesellschaft klimaneutral hergestellt werden.

Auf Grund der oben beschriebenen fundamentalen Unsicherheiten, die durch eine Berücksichtigung der Phase C in die Bilanz integriert wird, schlagen die Gutachter*innen vor, als Indikator für die „grauen Emissionen“ den von der DGNB eingeführten Indikator „Treibhausgasreduziertes Bauwerk (Herstellungsphase)“ zu verwenden (DGNB 2023). Dieser Indikator bildet die Nutzung fossiler Energieträger und Ressourcen und die Emission weiterer THG-Emissionen (GWP_{fossil} gemäß DIN EN 15805+A2) ausschließlich in der Herstellphase (A1-A3 oder ggf. A1-A5) ab. Er hat den Vorteil, dass er – solange die Phasen C3 und C4 nicht mit erfasst werden – zu keinen Problemen bei der Bewertung von biogenen Baustoffen wie Holz führt und auf das drängendste Handlungsfeld – Reduktion von Emissionen aus fossilen Energien – fokussiert, welche zügig reduziert werden. Mit diesem Ansatz wird der Großteil der grauen THG-Emissionen abgedeckt. So beträgt der Anteil der A1-A3 Emissionen einer europäischen Studie zufolge rund 76 % an den grauen Emissionen. (Le Den et al. 2023) Gleichzeitig werden bestehende methodische bzw. Daten-Unsicherheiten bezüglich der zukünftigen, in der Ferne liegenden Emissionen einer Entsorgung minimiert. Auch andere Studien schlagen ähnliche Vorgehensweise, zumindest als (mögliche und zielführende) Nebenanforderungen vor (Dorff et al. 2024, BPIE 2024).

Denkbar wäre evtl. auch eine zusätzliche Quantifizierung der B4 (Ersatz) (ggf. vereinfachend), um Gebäudekonzepte mit langlebigen Komponenten abzubilden. Allerdings würden die Gutachter*innen

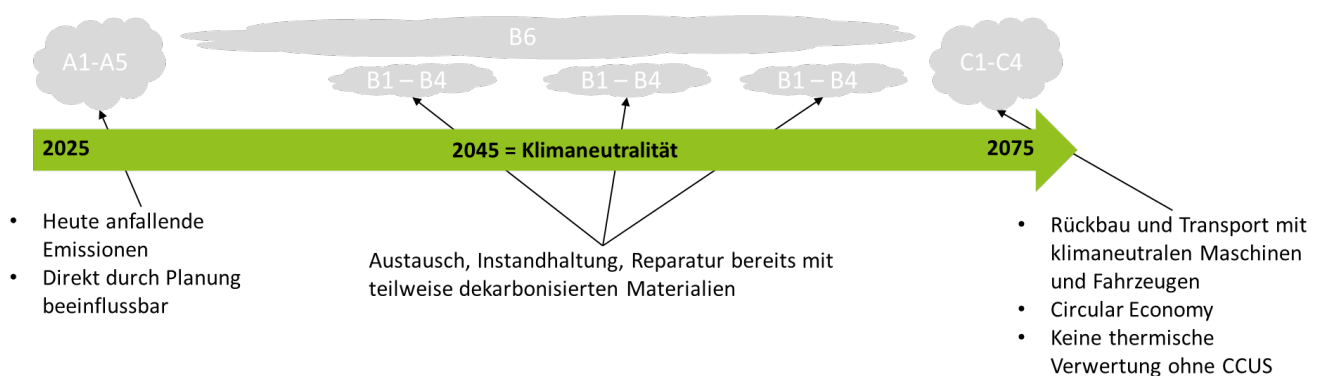
eine Orientierung an dem bereits eingeführten Indikator „Treibhausgasreduziertes Bauwerk“ präferieren; zumal bei späterem Ersatz von Komponenten in der Phase B4 – z. B. die Erneuerung von Dämmstoffen oder Fenstern in vielen Jahren – bereits auf ganz oder teilweise dekarbonisierten Baustoffen beruhen werden. Grundsätzlich sollte aber eine größtmögliche sinnvolle Konformität mit den Rechenregeln des QNG („Anhang 3.1.1. zur Anlage 3: Bilanzierungsregeln des QNG“) angestrebt werden.

Als Steuerungsgröße erscheint den Gutachter*innen der Kennwert „Treibhausgas-reduziertes Bauwerk“ besser als der Lebenszyklus-THG-Wert, der zur Erfüllung der Anforderung der EPBD zusätzlich mitberechnet werden müsste. Denn letzterer ist von einer großen und grundsätzlichen Unsicherheit geprägt: Wie werden sich die THG-Emissionen des Stromverbrauchs verändern? Welche Umweltwirkungen hat eine in dreißig Jahren produzierte Ersatzkomponente? Wie werden Bauteile in fünfzig Jahren entsorgt?

Der Kennwert „Treibhausgas-reduziertes Bauwerk“ vermeidet diese Unsicherheit, die sich bei einer Analyse der Umweltwirkungen über fünfzig Jahre ergeben, und fokussiert auf den heute möglichen Klimaschutz bei der Errichtung von Gebäuden.

Um die Anforderungen der EPBD einzuhalten, könnte der Kennwert THG im Lebenszyklus durch Addition dieses Kennwertes mit dem THG-Faktor aus der GEG-Berechnung der Betriebsphase addiert werden.

Abbildung 7-10: Steuerungswirkung und Dekarbonisierung bei der Betrachtung zukünftiger Phasen



Quelle: ifeu

Weitere Nachhaltigkeitsaspekte, die über das THG-reduzierte Bauwerk hinausgehen, sollten über separate Regelungen an anderer Stelle in den Gesetzeswerken, gegebenenfalls in einem separaten Gesetz für Nachhaltiges Bauen und Modernisieren, geregelt werden.

Teil 3: Anforderungen an den Gebäudebestand

8 Bedingte und unbedingte Anforderungen an den Gebäudebestand

In diesem Kapitel werden die derzeit bereits bestehenden Anforderungen an bereits errichtete Wohn- und Nicht-Wohngebäude untersucht und hinsichtlich ihres Aktualisierungsbedarfes beleuchtet. Ziel ist es, den Weg zu zielkonformen Bestandsgebäuden einzuschlagen und Lock-In Effekte für Maßnahmen an Wohn- und Nicht-Wohngebäuden zu vermeiden. Dieses Kapitel adressiert nicht die Sanierungsanforderungen von Art. 9 EPBD, die sogenannten MEPS (Minimum Energy Performance Standards), die Anforderungen an besonders schlechte Nichtwohngebäude formulieren. Diese werden im nächsten Kapitel behandelt.

Der Nachweis der Einhaltung von Anforderungen an die Änderung bestehender Bauteile kann bisher entweder über einen Bauteilnachweis (§ 48 GEG) oder über eine Bilanzierung des gesamten Gebäudes (140% -Regel in § 50 GEG) geführt werden. Zunächst wird die Wirtschaftlichkeit von verschiedenen Sanierungsmaßnahmen untersucht und daraus der Weiterentwicklungsbedarf der Nachrüstpflichten abgeleitet (Kapitel 8.1), dann der Anpassungsbedarf bezüglich § 50 GEG beleuchtet (Kapitel 8.2) und schließlich Handlungsempfehlungen formuliert.

8.1 Anforderungen an bestehende Gebäude bei Sanierungen nach dem Bauteilnachweisverfahren (§ 48 GEG)

8.1.1 Ausgangspunkt und Vorschläge für Anpassungen

Die Anforderungen an bestehende Gebäude bei Sanierungen werden in § 48 GEG festgeschrieben. Maßgeblich hierfür sind dann Werte in Anlage 7 des GEG. Die dort genannten Wärmedurchgangskoeffizienten dürfen nicht überschritten werden.

Dieses Kapitel untersucht den Aktualisierungsbedarf bezüglich der Bauteilanforderungen aus Anlage 7 des GEG. Als Maßstab werden die Wirtschaftlichkeit der Anforderungen sowie baupraktische Erwägungen herangezogen.

In Tabelle 8-1 sind die Anforderungen an die entsprechenden Bauteile aufgeführt. Diese Übersicht zeigt neben den Werten aus Anlage 7 auch die Anforderungen an das Referenzgebäude des aktuell gültigen GEG, das Effizienzniveaus 1 und 2 aus Kapitel 4.1, Anforderungen nach Innovationklausel in § 103 GEG und die BEG-Anforderungen an Einzelmaßnahmen (EM) und Werte, die zur Einhaltung des EH 70 Standard führen.

Tabelle 8-1: Übersicht der maximalen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert in $W/(m^2 \cdot K)$) der aufgeführten Bauteile (erster Wert: EFH, zweiter Wert: MFH)

Anforderung	Außenwand	Dachflächen	Wände gegen Erdreich oder unbeheizte Räume	Fenster/ Dachfenster
Referenzgebäude GEG 2024	0,28	0,20	0,35	1,3 / 1,4
Effizienzniveau I	0,16 / 0,18	0,12 / 0,14	0,20 / 0,24	0,9 / 1,0
Effizienzniveau II	0,20	0,17/0,20	0,30	1,0/1,1;1,2
Anlage 7	0,24	0,24 / 0,20	0,30	1,3 / 1,4
§ 103 Abs. 3	0,34	0,34 / 0,28	0,39	1,69 / 1,82
BEG EM	0,20	0,14	0,25	0,95 / 1
Referenzgebäude GEG 2024 Anlage 1* 0,85 (EH70)	0,24	0,17	0,30	1,1 / 1,2

Der zulässige Höchstwert des Wärmedurchgangskoeffizienten von Dächern beträgt bei Änderungen an Steildächern $0,24 W/(m^2 \cdot K)$ und an Flachdächern $0,20 W/(m^2 \cdot K)$. Darüber hinaus bestehen Ausnahmeregelungen nach Fußnoten 1 und 5 der Anlage 7 GEG. Für den Fall, dass die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt ist, gilt die Anforderung als erfüllt, wenn nach den anerkannten Regeln der Technik die höchstmögliche Dämmschichtdicke eingebaut wird. Dabei sind die Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeiten nach Fußnote 1 der Anlage 7 GEG einzuhalten. Dachflächen, die nach dem 31.12.1983 errichtet oder saniert wurden, müssen die Anforderungen nach Anlage 7 GEG nicht einhalten, wenn die energiesparrechtlichen Vorschriften eingehalten wurden.

In den Tabellen der nachfolgenden Abbildung sind die U-Werte für Flachdach und Steildach in Abhängigkeit von verschiedenen Dämmstoffdicken und Wärmeleitfähigkeiten dargestellt. Eine weiß hinterlegte Zahl bedeutet, dass der zulässige Höchstwert nach GEG-Anlage 7 für die dargestellte Kombination aus Wärmeleitfähigkeit und Dämmstoffdicke eingehalten werden kann. Grün bedeutet, dass der zulässige Höchstwert, um Fördergelder im Programm BEG EM zu erhalten, für die zuvor benannte Kombination eingehalten wird. Bei einer roten Hinterlegung werden die zulässigen Höchstwerte nach GEG Anlage 7 für Dächer überschritten.

Für das Steildach zeigt sich, dass der gemäß GEG Anlage 7 geforderte U-Wert von $0,24 W/(m^2 \cdot K)$ beispielsweise bei einer Sparrenhöhe von 160 mm und einer Zwischensparrendämmung mit einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_b \leq 0,035 W/(m \cdot K)$ erreicht werden kann. Bei einer Sparrenhöhe von 180 mm reicht bereits ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_b \leq 0,039 W/(m \cdot K)$ der Zwischensparrendämmung zum Einhalten des zulässigen Höchstwertes aus. Die entsprechenden Materialien mit diesen Leitfähigkeiten sind verfügbar (siehe Kapitel 4). Ein zusätzliches Aufbringen einer Aufsparrendämmung ist zum Erreichen dieses höchstzulässigen U-Werts nicht zwangsläufig notwendig (vgl. weiße Bereiche der oberen rechten Tabelle in Abbildung 8-1).

Bei der Sanierung von Flachdächern können die Anforderungen aus GEG Anlage 7 bereits mit Dämmstärken im Mittel¹ von 120 mm mit Wärmeleitfähigkeiten $\lambda_b \leq 0,023 W/(m \cdot K)$ eingehalten werden.

¹ Damit Niederschlagswasser abfließen kann, ist das Flachdach im Gefälle auszuführen. Oftmals wird dies über eine Gefälledämmung erreicht. Die angegebenen Dämmstoffdicken entsprechen der im Mittel notwendigen energetisch wirksamen Dämmstoffdicke. Die dafür notwendige mittlere geometrische Dämmstoffdicke kann aufgrund der Gefälleausführung abweichen (bzw. höher sein).

Für den Fall, dass der Dämmstoff einen höheren Bemessungswert aufweist, sind höhere Dämmstoffdicken notwendig, z.B. 190 mm, wenn der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit 0,039 W/(m·K) beträgt.

Um den EH 70 Standard (H_r' entspricht 85 % des Referenzgebäudes) zu erreichen, müsste bei der Dachsanierung ein U-Wert von 0,17 W/(m²·K) erzielt werden. Bei Flachdächern ist hierbei eine im Schnitt ca. 6 cm dickere Dämmstoffstärke aufzubringen (vgl. rechte Tabelle der Abbildung 8-1). Steildächern kann der U-Wert erreicht werden, indem neben der Zwischensparrendämmung zusätzlich eine Auf- und/oder eine Untersparrendämmung angebracht wird. Auch wenn eine Einzelmaßnahmenförderung für die Sanierung eines Steildachs angestrebt wird, reicht eine alleinige Zwischensparrendämmung nicht aus, sondern muss um eine zusätzliche Unter- oder Aufsparrendämmung ergänzt werden (vgl. grüne Bereiche in rechter Tabelle der Abbildung 8-1). Die Dicken bei den entsprechenden Wärmeleitfähigkeiten, die zur Einhaltung des U-Werts führen, können der rechten Tabelle der nachfolgenden Abbildung entnommen werden.

Der maximale Wärmedurchgangskoeffizient bei Fenstern von 1,3 W/(m²·K) und 1,4 W/(m²·K) für Fenster und Dachfenster wurden technologisch bereits überholt. Am Markt erhältliche Fenster mit Dreischeiben-Isolierverglasung unterschreiten diese immer. Aus technischer Sicht ist in jedem Fall denkbar, dass die Anforderung mindestens auf 1,1 W/(m²·K) und 1,2 W/(m²·K) gesetzt wird.

Abbildung 8-1: U-Werte in Abhängigkeit von Dämmstoffdicke und Wärmeleitfähigkeiten für Flachdach und Steildach

- Flachdach $U_{\text{soll}} = 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Flachdach				
R-Wert in (m²K)/W				
Stahlbeton				
WLG in W/mK				
mm	2,1			
140	0,07			
Dicke				
Dämmschicht				
WLG in W/mK				
mm	0,039	0,035	0,032	0,023
80	0,44	0,40	0,37	0,27
100	0,36	0,33	0,30	0,22
120	0,30	0,28	0,25	0,18
140	0,26	0,24	0,22	0,16
160	0,23	0,21	0,19	0,14
180	0,21	0,19	0,17	0,12
200	0,19	0,17	0,15	0,11
220	0,17	0,15	0,14	0,10
240	0,16	0,14	0,13	0,09
260	0,15	0,13	0,12	0,09
280	0,14	0,12	0,11	0,08
300	0,13	0,11	0,10	0,08

- Steildach $U_{\text{soll}} = 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Zwischensparrendämmung				
U-Wert in W/(m ² K)				
WLG in W/mK				
Sparrenhöhe mm	0,039	0,035	0,032	0,023
140	0,30	0,27	0,25	0,18
160	0,26	0,24	0,22	0,16
180	0,23	0,21	0,19	0,14
zusätzliche Unter-/Aufsparrendämmung				
U-Wert in W/(m ² K)				
WLG in W/mK				
Sparrenhöhe mm	HFD	MW	EPS	PUR
mm	0,039	0,035	0,032	0,023
160	0,26	0,24	0,22	0,16
Dicke Unter-/Aufsparren				
mm				
60	0,17	0,17	0,16	0,15
80	0,16	0,15	0,15	0,13
100	0,15	0,14	0,14	0,12
120	0,14	0,13	0,12	0,11
140	0,13	0,12	0,12	0,10
160	0,12	0,11	0,11	0,09

Weißer Markierung: U-Wert-Anforderungen nach GEG Anlage 7 $\leq 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ bei Flachdächern und $\leq 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ bei Steildächern werden eingehalten, grüne Markierung: U-Wert Anforderung gemäß BEG EM $\leq 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ bei Dächern wird eingehalten, rote Markierung: keine Einhaltung der U-Wert Anforderungen gemäß GEG Anlage 7.

Quelle: FIW München

Für die zuvor beschriebenen Maßnahmen lassen sich mittels des BKI 2023 für Altbauten die in Tabelle 8-2 aufgeführten Kosten für die Dämmmaßnahmen des oberen Gebäudeabschlusses ermitteln. Die Kosten unterscheiden sich anhand der Art der Durchführung der Dämmmaßnahme. So zeigt sich, dass die höchsten Kosten dann eintreten, wenn eine Aufsparrendämmung angebracht wird, weil hierbei auch die Neueindeckung des Dachs mitberücksichtigt wird. Im Vergleich dazu stellen sich Dämmmaßnahmen der Zwischensparren, unter den Sparren oder der obersten Geschossdecke als kostengünstiger dar. Zu beachten ist, dass eine Untersparrendämmung nur in Verbindung mit der Zwischensparrendämmung sinnvoll ist. Des Weiteren ist anzumerken, dass im Zuge von Sowieso-Maßnahmen an

der Dachdeckung das Anbringen einer Aufsparrendämmung sinnvoll ist (Kopplungsprinzip). Die von-/bis-Kosten der einzelnen Maßnahmen ergeben sich z.B. aufgrund unterschiedlicher Dämmstoffdicken oder unterschiedlicher Materialien.

Tabelle 8-2: Kostenübersicht für die Dämmung des oberen Gebäudeabschluss

Dachdämmung	Durchführung	Bemerkung	Kosten mit Einbau
Aufsparrendämmung	Inklusive Neueindeckung	Wenn Dach neu gedeckt werden muss	25– - 310 € pro m ²
Zwischensparrendämmung	Als Einblasdämmung oder mit Matten zwischen den Dachsparren	Guter Mittelweg ohne Verlust von Wohnraum	5– - 75 € pro m ²
Untersparrendämmung	Montage unter den Sparren	Nur als Ergänzung zur Zwischensparrendämmung	3– - 75 € pro m ²
Oberste Geschoßdecke	Begehbar oder unbegehbar (ca. 50 % günstiger)	Gute Alternative zur Dachdämmung	5– - 75 € pro m ²

Mit Bezug auf Baupraxis und Kostenoptimalität wird unter Berücksichtigung der aufgezeigten Kostenstruktur empfohlen, den zulässigen Höchstwert der Wärmedurchgangskoeffizienten bei der Dachsanierung auf 0,17 W/(m²·K) zu verschärfen, wenn es sich um ein Flachdach handelt oder die Dachdeckung beim Steildach erneuert wird (Kopplung der Maßnahmen). Für Steildächer, die nicht neu eingedeckt werden, wird empfohlen, den U-Wert von 0,24 W/(m²·K) beizubehalten. Dieser U-Wert ist durch eine vergleichsweise kostengünstige Zwischensparrendämmung in vielen Fällen erreichbar. So bleibt der Anreiz zur Durchführung der Maßnahme erhalten.

Tabelle 8-3 zeigt die vorgeschlagenen Wärmedurchgangskoeffizienten für die Bauteile Außenwand, Dachflächen, Wände gegen Erdreich und Fenster/Dachfenster mit Hinweisen zusammengefasst dargestellt. In den genannten Hinweisen findet sich die notwendige Ausführung oder eine kurze Begründung. Die Außenwand ist ein Bauteil mit hohem Flächenanteil, weshalb ein hoher Einspareffekt auftritt. Der Wert von 0,20 W/m²·K bei EZFH liegt im technisch leicht zu realisierenden Bereich und wird bereits heute in der BEG-Förderung gefordert. Anders als bei den zu Beginn des Kapitels erläuterten Bauteilen kommt es hier zu wenig Restriktionen. Der Wert kann bereits durch 15 cm EPS Dämmung erreicht werden.

Tabelle 8-3: Vorschlag für Anforderungswerte je Bauteil

Bauteil	Vorschlag: Anlage 7 neu in W/(m ² ·K)	Hinweis
Außenwand	0,20 (EZFH)/ 0,24 (MFH)	0,2 insb. bei EZFH baulich gut vertretbar: <ul style="list-style-type: none"> • 16 cm Dämmung WL 035 (Steinwolle) • 14 cm Dämmung WL 032 (EPS) • 18 cm Dämmung WL 039 (HFD)
	0,24 / 0,17	<ul style="list-style-type: none"> • 0,24: bei Zwischensparrendämmung von Innen (bisher in Anmerkung „geregelt“) (siehe § 47 Abs. 2 Satz 3) • 0,17: wenn Dach neu gedeckt werden muss oder Flachdach sowie oberste Geschossdecke
Dachflächen		
Wände und Decken gegen Erdreich oder unbeheizte Räume	0,3	wegen $F_x < 1$ sowieso höhere Wirksamkeit
Fenster / Dachfenster	1,1 / 1,2	

Für die im Bericht häufig verwendeten Modellgebäude (Klauß und Kirchhoff 2010) des ZUB sind die berechneten spezifischen Transmissionswärmeverluste H_T' in nachfolgender Tabelle 8-4 dargestellt. Betrachtet wird, ausgehend vom unsanierten Zustand, eine vollständige Sanierung der Gebäudehülle entsprechend den derzeit geltenden Anforderungen der Anlage 7 und entsprechend dem Vorschlag. Die linken Werte stellen die Ergebnisse im Ausgangszustand dar, die mittleren die Werte bei Ansatz der U-Werte nach Anlage 7 GEG und die rechten die Werte bei Ansatz der vorgeschlagenen U-Werte für Anlage 7 GEG. Die veränderten Anforderungen der Bauteile mit U-Werten nach Anlage 7 - neu führen im Falle einer Gesamtsanierung zu einer ca. 10 bis 20 % Reduzierung des Heizwärmebedarfs gegenüber dem jetzigen Niveau.

Tabelle 8-4: Ermittelte spezifische Transmissionswärmeverluste verschiedener Modellgebäude des ZUB für den Ausgangszustand, bei Verwendung der U-Werte aus Anlage 7 und bei empfohlenen U-Werten für Anlage 7

Fall	Ausgang		Anlage 7		Anlage 7 - neu	
	H_T'	% von $H_{T' \text{ Ref}}$	H_T'	% von $H_{T' \text{ Ref}}$	H_T'	% von $H_{T' \text{ Ref}}$
EFH-Klein	1,20	335	0,35	98	0,29	81
EFH-Mittel	1,33	339	0,38	97	0,31	79
DHH	1,20	326	0,36	98	0,30	81
RMH-Klein	1,18	307	0,38	99	0,31	82
RMH-groß	1,19	321	0,37	99	0,30	82
MFH-6WE	1,32	302	0,44	100	0,36	83
MFH-8WE	1,39	333	0,40	96	0,35	84
MFH-22WE	1,42	330	0,41	96	0,38	88
DHH-nord	1,20	326	0,36	98	0,30	81
DHH-nord-mit Keller	1,15	329	0,34	97	0,29	82
RMH-ohne Keller	1,18	307	0,38	99	0,31	82
EFH-Klein - mit Keller	1,42	344	0,40	96	0,34	82
Bungalow	1,26	351	0,36	101	0,30	83
Singleapartments	1,70	316	0,53	98	0,46	86
EFH-Groß	1,32	339	0,37	96	0,31	79

8.1.2 Überprüfung der Wirtschaftlichkeit dieser Anpassungen

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen der in Tabelle 8-3 vorgeschlagenen Veränderungen erfolgen auf Basis des Heizperiodenbilanzverfahrens gemäß EnEV 2007. Dieses Verfahren ermöglicht – unter der Voraussetzung angemessener Randbedingungen – eine bauteilspezifische Betrachtung, die mögliche Überbewertungen von Einspareffekten gegenüber der Anwendung des Monatsbilanzverfahrens auf der Basis konkreter Modellgebäude ausschließt.

Als Kriterium für die Wirtschaftlichkeit im Rahmen der Festlegung eines Bauteil-Anforderungswertes wird für die betrachteten Bauteile die Kosten für Energieeinsparungen (in €/kWh) den zu erwartenden mittleren Kosten für den Energiebezug gegenübergestellt. Aus dieser Gegenüberstellung ergibt sich die Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme, wenn die Kosten der eingesparten Energie kleiner sind als die mittleren Kosten im Betrachtungszeitraum für die bezogene Energie. Die Kosten der eingesparten Energie P_{ein} (in €/kWh) einer baulichen Maßnahme zur energetischen Verbesserung von Gebäuden ergeben sich aus dem Verhältnis der annuitätischen Kapitalkosten, also dem Produkt aus dem Annuitätsfaktor a und den Investitionskosten I zur jährlich eingesparten Endenergie E_{ein} :

$$P_{\text{ein}} = a \cdot I / E_{\text{ein}}$$

Der Annuitätsfaktor a ist abhängig vom Kapitalzinssatz p und der Nutzungsdauer n der Investition und ergibt sich mit folgender Formel:

$$a = p / ((1 - (1 + p)^{-n}))$$

Als Betrachtungszeitraum werden 30 a angenommen, der Kapitalzinssatz mit 2 % (vergl. Kapitel 5.1.3)

Datengrundlagen

a) Kostendaten

Die Kostendaten für die folgenden Berechnungen werden der vom Institut für Wohnen und Umwelt (IWU) durchgeführten Untersuchung (Koch et al. 2021) entnommen und mit den Preisindizes des Statistischen Bundesamts auf das Niveau für 2024 fortgeschrieben (vergl. Kapitel 5.1.3). Die verwendeten Kostendaten sind in Tabelle 8-5 zusammengefasst.

Tabelle 8-5: Kostendaten energetischer Modernisierungsmaßnahmen – energiebedingte Kosten

	Grundkosten in € / m ²	Kosten pro m ² Bauteil und cm Dämmstoff ($\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$) in €
Außenwand	32,73	4,65
Steildach	18,72	3,92
Kellerdecke	50,91	2,07
oberste Geschossdecke, begehrbar	46,40	2,95
oberste Geschossdecke, nicht begehrbar	3,92	1,75

Da sich die folgenden Betrachtungen auf Fälle der Änderung von Bauteilen im Sinne des § 48 GEG beschränken, also an ohnehin anstehende Maßnahmen zur Änderung von Bauteilen gekoppelt sind, kann hier ausschließlich auf energiebedingte Kosten abgehoben werden.

b) Annahmen zur Heizperiode und zur Anlagentechnik

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen wird angenommen, dass sich der Gebäudebestand durchschnittlich bereits in einem teilsanierten Zustand befindet. Um zusätzlich mögliche Reduktionen der rechnerisch ermittelten Energieeinspareffekte zu berücksichtigen, die sich durch eine Anhebung der mittleren Innentemperatur durch energetische Verbesserungen von Außenbauteilen gegenüber dem Ausgangszustand ergeben können, werden die Berechnungen auf Basis eines Gradtagzahlfaktors von $G_t = 66 \text{ KKh}$ durchgeführt. Dadurch werden nicht nur die bauteilspezifischen Verluste angemessen beschrieben, die sich im Idealfall einer baulichen Komplettsanierung auf Neubauniveau einstellen. Darüber hinaus wird dadurch der empirischen Erfahrung Rechnung getragen, dass die durchschnittlichen Innentemperaturen in mäßig bis schlecht gedämmten Gebäuden unter Berücksichtigung räumlicher und zeitlicher Teilbeheizung in der Regel niedriger liegen als in energetisch hochwertigen Gebäuden, was zu einer Überbewertung möglicher Einsparpotentiale führen kann.

Das Verfahren berücksichtigt auch eine mögliche Verkürzung der Heizperiode durch bauliche Modernisierungsmaßnahmen mit Blick auf eine Überbewertung der Wirtschaftlichkeit „auf der sicheren Seite“, da $\Delta U \cdot 66 \text{ KKh} < U_{\text{alt}} \cdot (66+x) \text{ KKh} - U_{\text{neu}} \cdot 66 \text{ KKh}$ beträgt.

Hinsichtlich einer repräsentativen Qualität der Anlagentechnik zur Wärmeversorgung wird eine Ausstattung mit Niedertemperatur- oder Brennwertkesseln angenommen (BDEW 2023). Vor diesem Hintergrund wird in den Berechnungen von einer endenergetischen Erzeugeraufwandszahl von 1,1 aus-

gegangen. Der anlagentechnische Aufwand für die Trinkwassererwärmung ist dabei nicht berücksichtigt. Der Ansatz einer Erzeugeraufwandszahl von 1,1 stellt ebenfalls sicher, dass keine Überbewertung von Einspareffekten durch bauliche Modernisierungsmaßnahmen in Fällen erfolgt, in denen Bestandsanlagen schlechterer Qualität vorzufinden sind.

c) Weitere Annahmen/ Randbedingungen

Im oben genannten Heizperiodenbilanzverfahren gemäß EnEV 2007 werden Transmissionswärmeströme über Bauteile zwischen dem beheizten Bereich und der Außenluft oder nicht beheizten Bereichen berücksichtigt. Die Höhe des Transmissionswärmestroms ist proportional zur Bauteilfläche (hier 1 m²), zum Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) und zur Temperaturdifferenz über das Bauteil.

Während bei Außenbauteilen, z. B. einem Fenster, die Temperaturdifferenz zwischen dem beheizten Bereich und der Außenluft wirksam wird, ist bei Innenbauteilen, z. B. einer Kellerdecke, eine geringere Temperaturdifferenz zu berücksichtigen (im Keller ist es wärmer als außen). Diese geringere Temperaturdifferenz resultiert aus der Temperaturdifferenz zwischen dem beheizten Bereich und der Außenluft multipliziert mit einem Temperaturkorrekturfaktor F_x . Für das Bauteil Kellerdecke wird hier mit Verweis auf die genannte Quelle ein F_x -Wert von 0,6 angesetzt.

In der Analyse der obersten Geschossdecke wird keine Abminderung durch einen F_x -Wert verwendet, da von einer Berücksichtigung des Wärmedurchlasswiderstands unbeheizter Räume (R_u) gemäß DIN EN ISO 6946 in den U-Werten ausgegangen wird. Die Abminderung des Transmissionswärmestroms erfolgt dabei - im Gegensatz zur Kellerdecke - durch die wärmedämmende Wirkung des Daches oberhalb der obersten Geschossdecke.

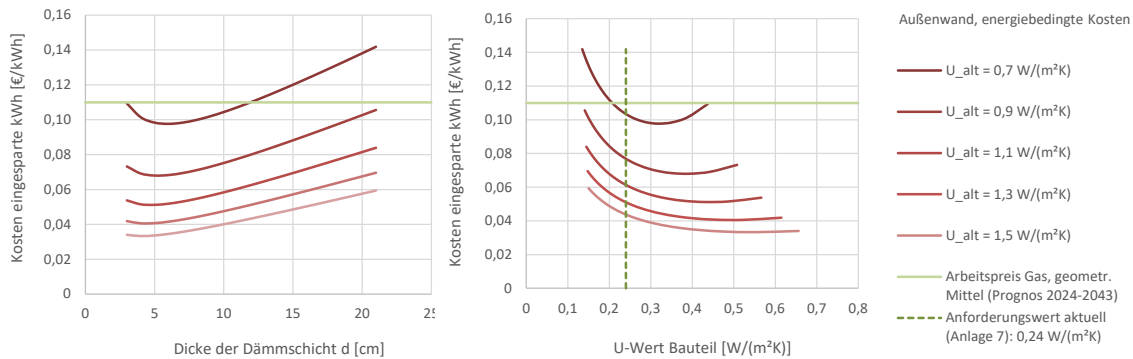
Es wird bei den Berechnungen davon ausgegangen, dass durch die energetische Modernisierung von Außenbauteilen keine erhöhten Instandhaltungsaufwendungen gegenüber dem Ausgangsfall anfallen.

Ergebnisdarstellung

In Abbildung 8-2 bis Abbildung 8-6 sind die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen in grafischer Form dargestellt. Aufgetragen sind jeweils die Kosten der eingesparten Kilowattstunde in Abhängigkeit von der Dicke der Dämmschicht (linkes Bild) bzw. in Abhängigkeit vom Bauteil-U-Wert (rechtes Bild). Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen basieren auf gestaffelten Ausgangs-U-Werten im Bestand von 1,5 W/(m²K), 1,3 W/(m²K), 1,1 W/(m²K), 0,9 W/(m²K) und 0,7 W/(m²K).

Die horizontale Linie in den Diagrammen zeigt den Arbeitspreis für Erdgas als Mittelwert im Zeitraum 2024 bis 2043. Der für die jeweiligen Bauteile geltende Anforderungswert nach GEG 2024 ist mit der gestrichelten senkrechten Linie in den rechten Diagrammen eingetragen. Alle Bauteilanforderungen, die unter der horizontalen Linie liegen, sind aus Sicht des selbstnutzenden Gebäudeeigentümers als wirtschaftlich einzustufen. Die Bereiche der Kurven, die unterhalb der horizontalen und links von der gestrichelten senkrechten Linie liegen, zeigen das Potenzial einer möglichen Anforderungsverschärfung bei dem hier betrachteten Wirtschaftlichkeitskriterium.

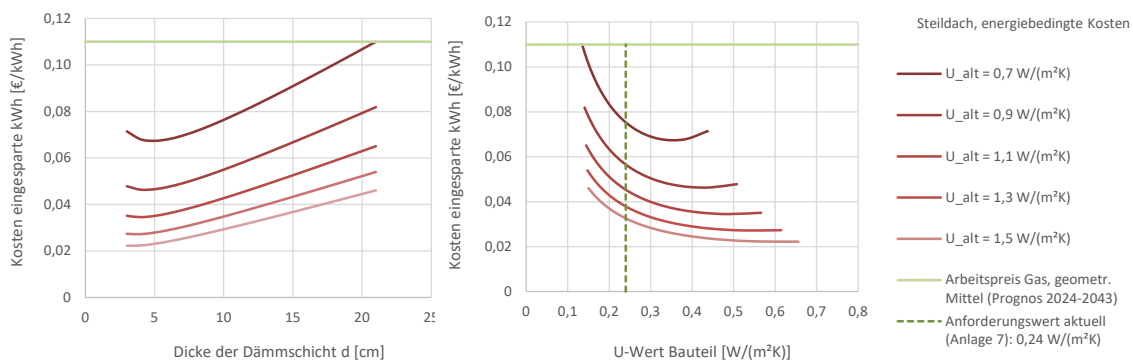
Abbildung 8-2: Kosten eingesparte Kilowattstunde – Außenwand (energiebedingte Kosten)



Quelle: IBH

Bei der Außenwand (Abbildung 8-2) gilt, dass sich für alle Ausgangs- U-Werte die bestehende Anforderung $U_{max} = 0,24$ W/(m²K) als wirtschaftlich darstellt. Die vorgeschlagene Verschärfung beim EFH auf $U_{max} = 0,2$ W/(m²K) liegt ebenfalls für alle Ausgangs-U-Werte im wirtschaftlichen Bereich, nur beim (bereits recht guten) Ausgangs-U-Wert von 0,7 W/(m²K) liegt die Kurve knapp um 0,1 Cent/kWh oberhalb des mittleren Arbeitspreises (horizontale Linie im Diagramm).

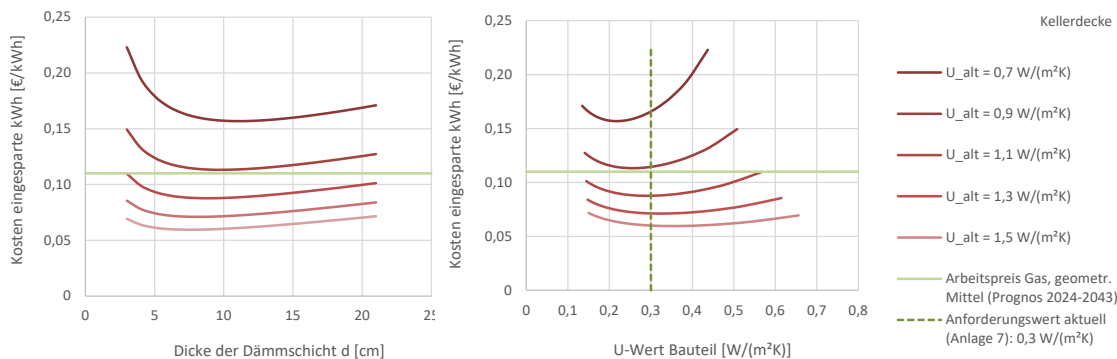
Abbildung 8-3: Kosten eingesparte Kilowattstunde – Steildach (energiebedingte Kosten)



Quelle: IBH

Beim Steildach (Abbildung 8-3) ist die in Tabelle 8-3 vorgeschlagene Verschärfung auf $U_{max} = 0,17$ W/(m²K) für alle Ausgangs-U-Werte aus wirtschaftlicher Sicht vertretbar.

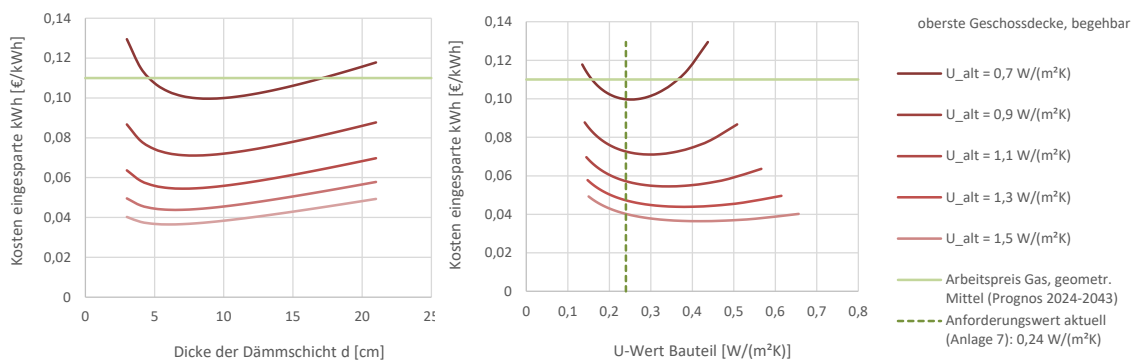
Abbildung 8-4: Kosten eingesparte Kilowattstunde – Kellerdecke



Quelle: IBH

Die Berechnungen für die Kellerdecke (Abbildung 8-4) zeigen, dass das Anforderungsniveau des GEG 2024 für Ausgangs- U-Werte von $\geq 0,9 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ das Wirtschaftlichkeitskriterium erfüllt. Verschärfungen sollten nicht vorgesehen werden.

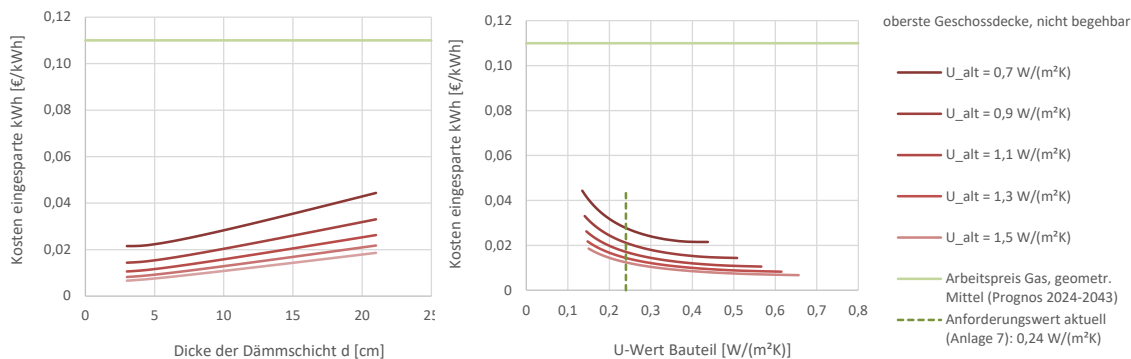
Abbildung 8-5: Kosten eingesparte Kilowattstunde – oberste Geschossdecke, begehrbar



Quelle: IBH

Es gilt für die oberste, begehrbare Geschossdecke (Abbildung 8-5), dass bei allen betrachteten Ausgangs- U-Werten für die bestehende Anforderung $U_{max} = 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ eine Wirtschaftlichkeit gegeben ist. Hier böte sich das Potenzial, die Anforderung auf $U_{max} = 0,17 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ zu verschärfen und bzw. oder ggf. auf Ausgangsniveaus mit besserem Wärmeschutz auszuweiten.

Abbildung 8-6: Kosten eingesparte Kilowattstunde – oberste Geschossdecke, nicht begehrbar



Quelle: IBH

Die Wirtschaftlichkeit ist im Fall der obersten, nicht begehrbaren Geschossdecke (Abbildung 8-6) durchweg gegeben. Ebenso wie im Fall der begehrbaren obersten Geschossdecke böte sich das Potenzial, die Anforderung zu verschärfen und/oder ggf. auf Ausgangsniveaus mit besserem Wärmeschutz auszuweiten. Damit werden die Vorschläge in Tabelle 8-3 bestätigt.

8.2 Anforderungen an bestehende Gebäude bei Sanierungen nach dem Gesamtbilanzierungsverfahren (§ 50 GEG)

§ 50 GEG umfasst die Anforderung an die energetische Bewertung eines bestehenden Gebäudes bei Nachrüstung und Änderung. Hierbei gelten nach § 50 Abs. 1 GEG die Anforderungen des § 48 GEG für geänderte Wohn- und Nichtwohngebäude unter bestimmten Voraussetzungen als erfüllt. § 50 Abs. 2 benennt die in Höchstwerte, auf die die Regelung des § 50 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 lit. b) GEG als Referenz zurückgreift.

Es stellt sich nun die Frage, wie diese Formulierung in Zukunft anzupassen ist. Zum einen müssen die Anforderungsgrößen überschrieben werden ($H_T' \rightarrow Q_{h,b,0}$; $Q_{p,nren} \rightarrow Q_{p,tot}$).

Die Frage stellt sich aber grundsätzlicher, ob nicht auch andere Formen der zielkompatiblen Sanierung anerkannt werden sollen.

8.2.1 Anpassung des § 50 GEG

In Kapitel 3.2 wurde der Vorschlag erarbeitet, zur Beschreibung der Effizienz des Gebäudes die Kenngröße „spezifischer Transmissionswärmeverlust“ durch den Heizwärmebedarf auszutauschen.

Außerdem wird empfohlen, den Abs. 2 zu streichen und vielmehr dafür § 50 Abs. 1 Satz 1 Nr. 1 lit. b) dahingehend zu ergänzen, dass für den Referenzwert auf § 16 GEG Bezug genommen wird. Dadurch wird die Tabelle von H_T' -Werten, die aus der EnEV übernommen wurde, nicht weiter gebraucht, stattdessen würden sich die Wärmeschutz-Anforderungen am Referenzgebäude orientieren. Dies vereinfacht den Nachweis, da dieser auf die gleiche Art wie bei einem Neubau zu führen wäre.¹

¹ Änderung in § 50 Abs. 1 Satz 1 Nr. 1 b): „den Höchstwert des spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlusts nach § 16 um nicht mehr als 40 Prozent überschreitet“

Durch diese Änderung erfolgt eine Verschärfung des Anforderungsniveaus an Sanierungen, indem sich die 140 %-Überschreitung nicht mehr auf $H_T'100$ bezieht (und somit der H_T' -Wert eines fiktiven „Effizienzhauses 125“ ausreicht), sondern auf das in Kapitel 4 eingeführte baubare Referenzgebäude.

Bei Sanierung von bestehenden **Nichtwohngebäuden** gelten Anforderungen nach § 48 i.V.m. § 50 GEG. Nach § 50 Abs. 1 Nr. 2 GEG gelten die Anforderungen nach § 48 GEG als erfüllt, wenn das geänderte Nichtwohngebäude insgesamt

- a) den Jahres-Primärenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung, Kühlung und eingebaute Beleuchtung den auf die Nettogrundfläche¹ bezogenen Wert des Jahres-Primärenergiebedarfs eines Referenzgebäudes, das die gleiche Geometrie, Nettogrundfläche, Ausrichtung und Nutzung, einschließlich der Anordnung der Nutzungseinheiten, wie das geänderte Gebäude aufweist und der technischen Referenzausführung der Anlage 2 (GEG) entspricht, um nicht mehr als 40 Prozent überschreitet und
- b) das **auf eine Nachkommastelle gerundete 1,25fache** der Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche gemäß der Anlage 3 um nicht mehr als **40 Prozent** überschreitet.

Im Vergleich dazu galt nach § 9 Ab. 1 Satz 1 und Satz 2 Nr. 2 EnEV 2016 folgende Regelung:

„Soweit bei beheizten oder gekühlten Räumen von Gebäuden Änderungen im Sinne der Anlage 3 Nummer 1 bis 6 ausgeführt werden, sind die Änderungen so auszuführen, dass die Wärmedurchgangskoeffizienten der betroffenen Flächen, die für solche Außenbauteile in Anlage 3 festgelegten Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten nicht überschreiten. Die Anforderungen des Satzes 1 gelten als erfüllt, wenn [... 2.] geänderte Nichtwohngebäude insgesamt den Jahres-Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes nach § 4 Absatz 1 und die Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche nach **Anlage 2 Tabelle 2 Zeile 1a, 2a, 3a und 4a** um **nicht mehr als 40 vom Hundert** überschreiten; [...]“

In nachfolgender Tabelle sind die nach den zuvor beschriebenen Regeln (nach GEG und EnEV) ermittelten Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten für zu sanierende Nichtwohngebäude gegenübergestellt.

¹ Der Begriff Nettogrundfläche müsste bei einer Änderung des Flächenbezugs gemäß Kapitel 14.514.5 entsprechend nachgeführt werden.

Tabelle 8-6: Vergleich der Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten für zu sanierende Nichtwohngebäude nach GEG und EnEV 2016

Bauteil	Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten in $W/(m^2 \cdot K)$			
	EnEV 2016		GEG	
	Zonen mit Raum-Solltemperaturen im Heizfall $\geq 19^\circ C$	Zonen mit Raum-Solltemperaturen im Heizfall von $12^\circ C$ bis $< 19^\circ C$	Zonen mit Raum-Solltemperaturen im Heizfall $\geq 19^\circ C$	Zonen mit Raum-Solltemperaturen im Heizfall von $12^\circ C$ bis $< 19^\circ C$
Opake Außenbauteile	0,49	0,70	0,56	0,84
Transparente Außenbauteile	2,66	3,92	2,66	4,90
Vorhangfassaden	2,66	4,20	2,66	5,32
Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln	4,34	4,34	4,34	5,46

Anhand der Werte zeigt sich, dass die Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten nach GEG deutlich weniger streng sind im Vergleich zu den Werten nach EnEV 2016. Die Gutachter*innen empfehlen, die Höchstwerte für die mittleren U-Werte in § 50 Abs. 1 Nr. 2 Buchstabe b GEG (Nichtwohngebäude) anzupassen auf Werte mit dem Grundansatz $1,4 \cdot \text{Neubau}$.

Eine weitere Möglichkeit wäre die Einführung eines ZEB-Sanierungsstandards. Dieser könnte als zweite Möglichkeit für eine Erfüllung von § 50 GEG eingeführt werden – oder auch als Alternative. Ein ZEB-Sanierungsstandard würde auf Seiten der Versorgung die Bedingung nach Kapitel 2.1.1 einführen, dass ein Gebäude nach der Sanierung keine direkten CO_2 -Emissionen aus fossilen Brennstoffen mehr verursacht. Für diesen Fall könnten dann ggf. die Anforderungen an $Q_{p,tot}$ und/oder $Q_{h,b,0}$ relaxiert werden.

Dabei ist zu beachten, dass dieser Standard nicht als Sanierungsvorgabe fungiert, sondern nur als eine von zwei Möglichkeiten (neben dem Bauteilverfahren nach §48), im Falle ohnehin stattfindender Sanierungen ein Zielniveau zu definieren.

8.2.2 Anwendung des vereinfachten Verfahrens für die Datenaufnahme

Wenn bei einem Bestandsgebäude der Energiebedarf berechnet werden muss (z. B. zur Ausstellung eines Bedarfsausweises), sind dabei im Grundsatz dieselben Berechnungsmethoden und Randbedingungen anzuwenden wie bei einem gleichartigen Neubau. § 50 GEG eröffnet, aber verschiedene Vereinfachungen, die in den Bekanntmachungen zu Bestandsberechnungen beschrieben sind.

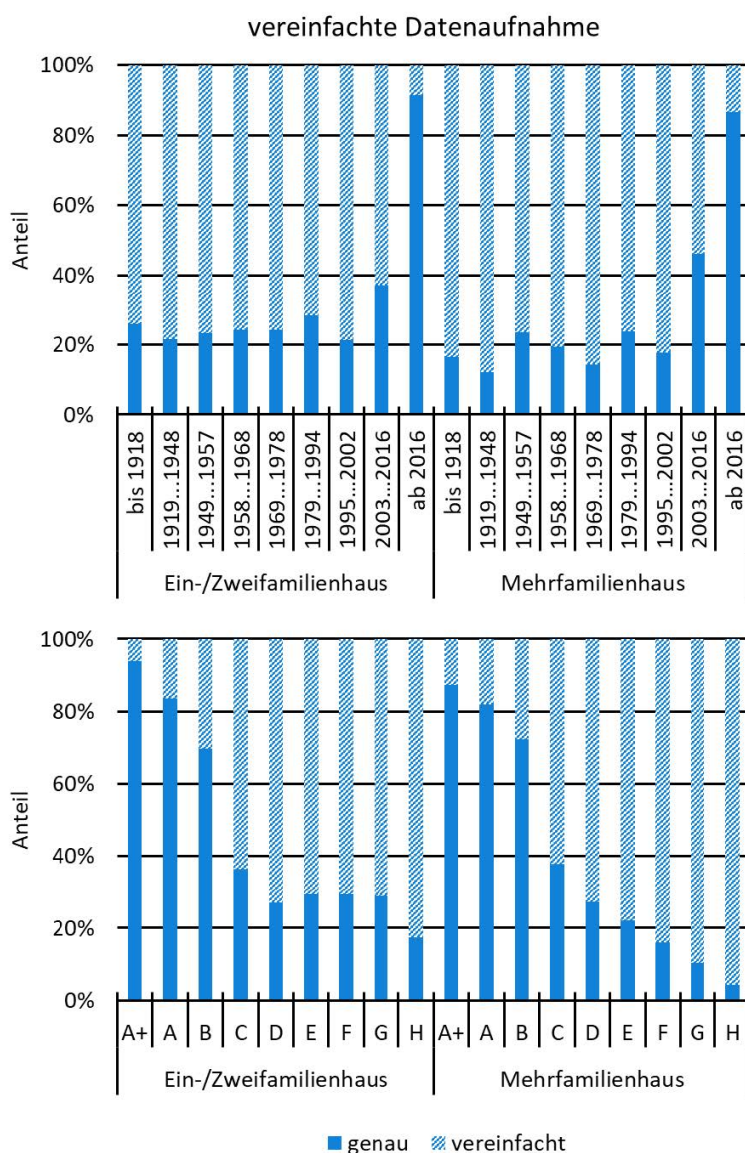
Bei der Erstellung von Energieausweisen und somit einer detaillierten Untersuchung von Bestandsgebäuden sind viele Daten und Kennwerte (vereinfachtes Aufmaß, Bauteil- und Anlageneigenschaften) über die Gebäude zu ermitteln. Dabei können mit realistischem Aufwand nur einige der notwendigen Informationen ermittelt werden. Um den Aufwand zu begrenzen und wenn Angaben fehlen oder nicht ermittelt werden können, gibt es vereinfachte Regeln für die Datenaufnahmen. Die Option der Verwendung ist in § 50 Abs. 4 festgehalten. Anerkannte Regeln der Technik hierfür sind in der „Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand“ und in der „Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand“ festgehalten (BMWK und BMI 2020). Diese Bekanntmachungen können ebenfalls für die Anwendung der §§ 48 und 51 GEG genutzt werden (§ 50 Abs. 5 GEG).

Im Rahmenvertragsabruf Leistungsabruf 27 „Wissenschaftliche Unterstützung der Erarbeitung einer Gebäudestrategie Klimaneutralität“ wurden die Energieausweis-Stichprobendaten des DIBt ausgewertet. Dabei wurde auch die Verwendung der vereinfachten Datenaufnahmen untersucht. In der Untersuchung wurde festgestellt, dass sehr häufig Pauschalwerte (§ 50 Abs. 4) für Bauteile angesetzt werden. Da sich diese nicht immer mit der Realität im jeweils betrachteten Gebäude decken, ergibt sich eventuell ein verzerrtes Bild der tatsächlichen Qualität der Hülle.

Trotzdem liefert der Energieausweis wichtige Erkenntnisse über das individuelle Gebäude. Die vor allem bei älteren Gebäuden bisweilen sehr hohen Endenergiebedarfe sind teilweise durch die mit Sicherheitsbeiwerten hinterlegten Eingabedaten zu erklären. Dies war bisher auch nicht weiter kritisch, da der Fokus auf einer Motivation für eine energetische Sanierung lag. Wenn aber zukünftig sich aus den Bedarfswerten und der Einteilung in Effizienzklassen Verpflichtungen für Sanierungen ergeben könnten, ist eine Überprüfung und ggf. Anpassung der vereinfachten Datenaufnahme zu empfehlen.

Das Säulendiagramm auf Abbildung 8-7 zeigt auf der x-Achse die Prozentzahl, mit welcher Häufigkeit in den einzelnen Energieeffizienzklassen die vereinfachte Datenaufnahme verwendet wird. Deutlich zu sehen ist, dass über alle Baualtersklassen (y-Achse) bis 2016 zu 60 bis 80 % die vereinfachte Datenaufnahme angewendet wird. Dies spiegelt sich dann auch in den Effizienzklassen wider. Durch die Wahl der vereinfachten Datenaufnahme werden Pauschalwerte mit entsprechenden Sicherheiten verwendet, was meist zu einer schlechteren Einstufung des Gebäudes führt. Dieser vereinfachte Ansatz kommt bei Gebäuden mit der Effizienzkategorie D und schlechter zu über 70 % zum Einsatz. In der Bekanntmachung wird für U-Werte von Bauteilen häufig die „sichere Seite“ gewählt. Das bedeutet, dass U-Werte tendenziell höher angenommen werden, als diese in der Realität sind. Daraus folgt, dass die berechnete energetische Qualität des Gebäudes nicht mit dem Realgebäude zusammenpasst und den tatsächlichen Energieverbrauch zum Teil deutlich überschätzt.

Abbildung 8-7: Vereinfachte Datenaufnahme



Quelle: FIW München

Eine möglichst realitätsnahe Berechnung des Energiebedarfs – sowohl im Ausgangszustand als auch nach den Sanierungen – ist von zentraler Bedeutung, da diese die Grundvoraussetzung für die Quantifizierung der Einsparungen von Sanierungsmaßnahmen und damit grundlegend für die Planung der Energiewende im Gebäudebestand ist.

Der Einfluss der auf der sicheren Seite liegenden U-Werte der Bauteile im Verfahren der vereinfachten Datenaufnahme zeigt Abbildung 8-8 sehr deutlich auf. Wenn die vereinfachte Datenaufnahme eingesetzt wird, landen 46 % der untersuchten Ein- und Zweifamilienhäuser in der höchsten Endenergieeffizienzklasse H. Eine aufwändigere und damit vermutlich auch genauere Ermittlung der U-Werte führt nur bei 15 % aller Ein- und Zweifamilienhäuser zu ebendieser schlechtesten Effizienzklasse. Unter der Annahme, dass die energetische Qualität der Gebäude ähnlich verteilt ist, zeigt sich damit deutlich der Einfluss der eingesetzten thermischen Kennwerte für die Außenbauteile, die in viel mehr

Fällen zu einer schlechteren Bewertung führen. Die Ausrichtung der U-Werte der vereinfachten Datenaufnahme soll auf der sicheren Seite liegen, auch um den Ansatz der genauen Datenaufnahme attraktiver zu machen. Das Ergebnis sollte aber nicht so weit von der Realität entfernt sein, dass eine oder mehrere Effizienzklassen zwischen den beiden Verfahren liegen.

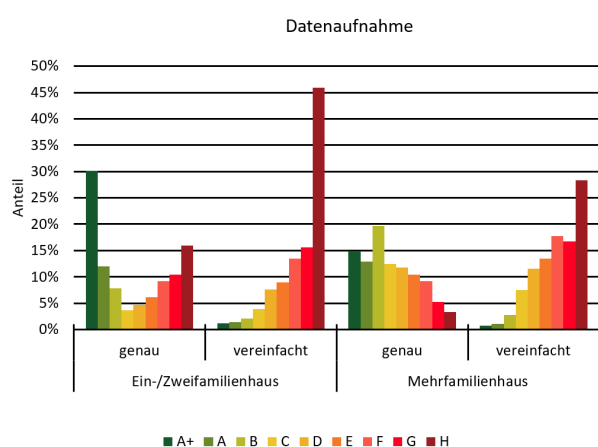
Noch deutlicher wird das Ergebnis bei Betrachtung der Mehrfamilienhäuser auf der rechten Seite in Abbildung 8-8. Hier zeigen sich nicht nur höhere Anteile bei den schlechteren Effizienzklassen, sondern sogar eine ganz andere Form der Verteilung über die Effizienzklassen. Bei Verwendung des vereinfachten Verfahrens zur Datenaufnahme steigen die Anteile der untersuchten Gebäude in den Effizienzklassen C bis H mit zunehmend schlechter werdender Effizienzkategorie an. Hier fallen jeweils mehr als 15 % in die Klassen F und G und sogar mehr als ein Viertel der Gebäude in die schlechteste Effizienzkategorie H. Im Gegensatz dazu nehmen die Anteile der Gebäude in den Effizienzklassen C bis H bei Verwendung der genauen Datenaufnahme mit schlechter werdender Effizienzkategorie ab. In Klasse F landen so noch etwas weniger als 10 % der Gebäude, in Klasse G gerade noch 5 % und in der schlechtesten Klasse H weniger als 3 %.

Zu schlecht angenommene Bauteile führen zu einer zu schlechten Bewertung des Bestandes und bilden damit eine zu optimistische Basis für die Berechnung von Einsparungen. Zudem kann dies auch für einen kleinen Teil der Diskrepanz zwischen Verbrauch und Bedarf verantwortlich sein, wobei große Unterschiede zwischen Bedarf und Verbrauch auch auftreten können, wenn eine genaue Datenaufnahme gemacht wurde.

Es wird daher empfohlen, die entsprechenden Pauschalwerte bzw. pauschalen Ansätze der Bekanntmachungen mit Blick auf weniger „Sicherheitspuffer“ abzugleichen.

Um konkrete Lösungsvorschläge unterbreiten zu können, sind weiterführende Analysen notwendig, die über das hier dargestellte hinausgehen. Dies könnte beispielsweise durch ein weiterführendes Projekt erfolgen.

Abbildung 8-8: Verteilung der Endenergieeffizienzklassen von Ein- und Zweifamilienhäusern und Mehrfamilienhäusern mit Unterscheidung nach dem angewendeten Verfahren für die Datenaufnahme



- Die vereinfachte Datenaufnahme führt zu deutlich anderen Verteilungen der Effizienzklassen.
- Dies wird besonders bei den Mehrfamilienhäusern sichtbar.
- statistische Gesamtheit sehr „überschaubar“

Ein-/Zweifamilienhaus	Anzahl
genau	32.718
vereinfacht	54.042
Mehrfamilienhaus	
genau	4.624
vereinfacht	12.617

Quelle: FIW München

8.3 Handlungsempfehlungen

Insgesamt ergeben sich aus der Analyse dieses Kapitels folgende Empfehlungen: Derzeit weichen die Referenzwerte für Neubauten nach Anlage 1 und 2 GEG von den Anforderungen nach Anlage 7 GEG für zu sanierende Bauteile ab. Es wird empfohlen, künftig die Anforderungswerte für die Wärmedurchgangskoeffizienten in Anlage 7 GEG bezüglich der Anforderungen an den oberen Gebäudeabschluss und Fenster sowie Außenwand (letzteres nur für EZFH) anzupassen.

Bei der Überführung der EnEV in das GEG sind vor allem bei den höchstzulässigen mittleren U-Werten für Nichtwohngebäude z.T. erhebliche Unterschiede in den Anforderungswerten zustande gekommen. Diese sollten wieder „korrigiert“ werden.

Die vereinfachte Datenaufnahme stellt ein hilfreiches Tool für Planende dar, wenn keine konkreten Angaben zum Gebäude oder zu Bauteilen ermittelt werden können. Die nach der vereinfachten Datenaufnahme verwendbaren U-Werte für verschiedene Bauteiltypen unterschiedlicher Baualtersklassen liegen jedoch deutlich auf der sicheren Seite, was nachweislich zu einer Überschätzung des tatsächlichen Energiebedarfs führt. Die vereinfachte Datenaufnahme führt zu Abweichungen zwischen den tatsächlichen Verbräuchen und den ermittelten Bedarfen (neben den in Kapitel 14.3). Hinzu kommt, dass zu schlecht angenommene Bauteile zu einer zu schlechten Bewertung des Bestandes führen und damit zu hohe Einsparpotenziale für die Sanierung ermittelt werden. Um hier Abhilfe zu schaffen, ist es erforderlich, die U-Werte für die vereinfachte Datenaufnahme anzupassen.

Außerdem wird empfohlen, weniger (dauerhafte) Ausnahmetatbestände zuzulassen. Die Ausnahmetatbestände sollten zumindest so gestaltet werden, dass diese wie in § 72 Abs. 4 GEG befristet sind und nicht wie in § 47 GEG über Jahrzehnte bestehen können. Die Ausnahmen in § 47 Abs. 3 und 4 GEG sollten gestrichen werden – gegebenenfalls mit einer Übergangsfrist.

In Bezug auf § 50 GEG wird vorgeschlagen, diesen Standard in Zukunft auf das dann angepasste baubare Referenzgebäude zu beziehen. Es könnte ein „Zero Emission Building“-Standard eingeführt werden, der in den Mittelpunkt die Anforderung an „keine direkten CO₂-Emissionen aus fossilen Brennstoffen am Standort des Gebäudes“ stellt und ergänzt um einen Grenzwert für den Jahres-Primärenergiebedarf und die Vorlauftemperatur des Gebäudes.

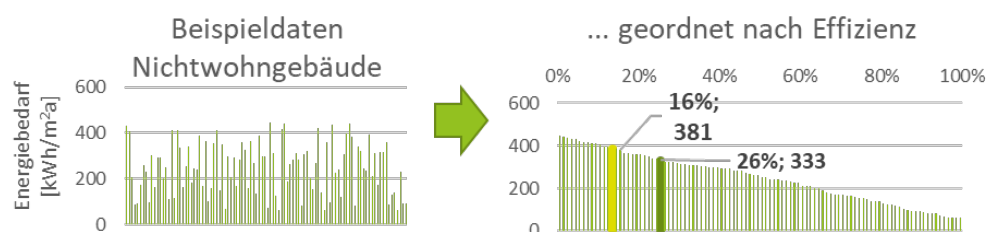
9 Mindestvorgaben für die Gesamtenergieeffizienz von NWG

Während in Kapitel 8 die bedingten und unbedingten Anforderungen an Bestandsgebäude behandelt wurden, erfordert die EPBD Sanierungsanforderungen an Nichtwohngebäude, die sog. MEPS (Minimum Energy Performance Standards). Das folgende Kapitel stellt hierzu erste Grundlagen-Überlegungen an und erarbeitet Verfahrensvorschläge. Es greift auf Grundlagenanalysen im Rahmen des Projektes GSK (2023) zurück.

9.1 Hintergrund: Mindestvorgaben für die Gesamtenergieeffizienz für NWG

Vor dem Hintergrund der in Art. 9 Abs. 2 EPBD festgelegten einzelgebäudebezogenen Mindestvorgaben für die Gesamtenergieeffizienz für bestehende Nichtwohngebäude ist eine Effizienzbewertung und ggf. Kategorisierung für Nichtwohngebäude relevant. Die Anforderung wird definiert über einen Schwellenwert, der einem Anteil der ineffizientesten Nichtwohngebäude eines Mitgliedstaats am 1.1.2020 entspricht. Bis 2030 sollen die schlechtesten 16 % („worst 16 %“) über diese Schwelle gehoben werden und bis 2033 die schlechtesten 26 % („worst 26 %“). Abbildung 9-1 veranschaulicht die Ableitung von absoluten Schwellenwerten auf Basis relativer Zielwerte und der Energiebedarfs- bzw. Energieverbrauchswerte der zu Grunde liegenden Gebäude.

Abbildung 9-1: Veranschaulichung der Ableitung von MEPS-Schwellenwerten¹



Quelle: FIW München

9.2 Klassifizierung der Nichtwohngebäude

Im Bereich der Nichtwohngebäude bestehen im Vergleich zu den Wohngebäuden zusätzliche Herausforderungen bei der Klassifizierung des Energieverbrauchs der Gebäude: Aufgrund der unterschiedlichen Nutzungsformen von Nichtwohngebäude bestehen große Unterschiede des spezifischen Ener-

¹ Anm.: Die gezeigten Daten sind zufällig generiert.

giebedarfs bei eigentlich energetisch gleichwertigen Gebäuden. Dies betrifft nicht nur die Hauptnutzung (z.B. Bürogebäude, Hallen, Verbrauchermärkte, Hotels), sondern auch die Zonierung (z.B. ob eine Kantine in einem Bürogebäude vorhanden ist und wie groß diese ist aber auch individuelle Parameter wie z.B. Öffnungs- und Betriebszeiten bzw. die tatsächlichen Inneren Lasten). GEG und EPBD verstehen unter einem gebäudetechnischen System (§ 3 GEG Abs. 10a bzw. Art. 2 EPBD) neben Anlagen zur Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser zusätzlich Raumkühlung, Lüftung, eingebaute Beleuchtung, Gebäudeautomatisierung. Der Einfluss dieser Anlagentechnik ist bei Nichtwohngebäuden größer als bei Wohngebäuden. Daher rücken Betriebsoptimierungspotentiale in den Vordergrund gegenüber energetischer Verbesserungspotenziale in Bezug auf die Gebäudehülle. Das führt dazu, dass die Bestimmung der Effizienz(-klasse) aufwändiger und komplizierter ist als bei Wohngebäuden.

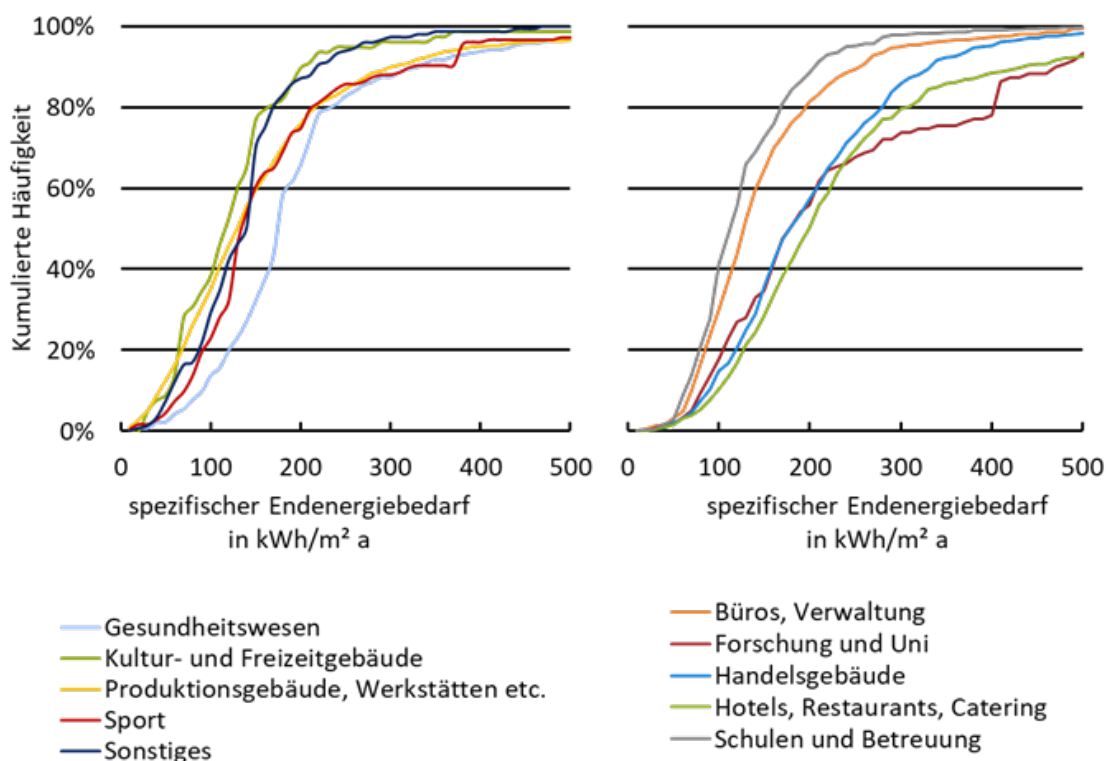
Zudem liegen in Deutschland nur begrenzt empirische, repräsentative Daten vor, die eine Klassifizierung des Energieverbrauchs sowie eine Identifizierung der energetisch schlechtesten Gebäude („worst performing buildings“) zulassen. Die weitreichendste Datengrundlage bildet die „Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude“¹, in der anhand einer repräsentativen Stichprobe Daten zu Anzahl, Fläche und energetischen Kennwerten des Nichtwohngebäudebestandes generiert wurden. Weitere relevante Datenquellen sind die Energieausweis-Datenbank des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) und eine Datensammlung von Verbräuchen öffentlicher Gebäude durch den Deutschen Städtetag.

Die folgende Auswertung basiert auf den Energieausweisen der DIBt-Stichprobe von Energieausweisen. Diese Daten werden verwendet, um den energetischen Zustand des Gebäudebestands abzuschätzen und dienen als Referenz für die Ergebnisse aus den in diesem Projekt genutzten Gebäudemodellen. Es werden insgesamt etwa 325.000 Kontrolldatensätze aus der EA-Datenbank des DIBt ausgewertet. Diese Daten stammen aus dem Zeitraum von 2016 bis 2022. Die vorliegenden Daten wurden im Rahmen der Stichprobenkontrolle der Energieausweise gemäß § 99 Abs. 4 Ziffer 1 des GEG erhoben, um die Gültigkeit der eingegebenen Gebäudedaten zu überprüfen. Diese Stichprobenkontrolle wird vom DIBt für alle Bundesländer durchgeführt. Der Umfang der Stichprobe beläuft sich laut DIBt auf etwa 5-10 % der registrierten Ausweise. Diese Datenlage für die Nichtwohngebäude wird verwendet, um die Verteilung des energetischen Zustandes einzuordnen.

Abbildung 9-2 zeigt die kumulierte Häufigkeit des spezifischen Energiebedarfs für die GEG-relevanten Nichtwohngebäude in Deutschland. Um alle Einzelkategorien übersichtlich darzustellen, werden die Werte auf zwei Felder aufgeteilt. Die Skalen der Achsen sind identisch. Aus dem Diagramm gut ersichtlich ist die ähnliche Verteilung der Gebäudegruppen. Effizientere Gebäudegruppen finden sich eher in dem linken Diagramm. Im zweiten Diagramm rechts ist auffallend, dass die Gruppe der Hotels, Restaurants und Catering Gebäude einen großen Anteil an Gebäuden mit hohem spezifischen Endenergiebedarf hat. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die DIBt-Datenbank nicht repräsentativ für den Gebäudebestand ist und somit nicht ohne weiteres für die Ableitung von Schwellenwerten herangezogen werden kann, da die Energieausweise immer anlassbezogen etwa bei Verkauf, Neuvermietung und umfassender Sanierung ausgestellt werden.

¹ Siehe IWU 2019

Abbildung 9-2: Verteilung der kumulierten Häufigkeit für die Nichtwohngebäude des errechneten spezifischen Endenergiebedarfs



(keine Verbrauchsausweise) Auswertung FIW München der DIBt-Energieausweisdatenbank
 Quelle: FIW München

Um für Nichtwohngebäude gemäß Art. 9 der novellierten EPBD den „Worst First“-Ansatz umzusetzen, müssen die ineffizientesten Gebäude identifiziert werden. Die Richtlinie definiert mit 16% und 26% zwei Anforderungszeitpunkte im Jahr 2030 und 2033.

Für ein faires MEPS-System müssen bei der Festlegung eines Schwellenwerts für die „schlechtesten Gebäude“ die unterschiedlichen Nutzungsformen berücksichtigt werden. Dies bedeutet, dass es nicht ausreicht, einen einheitlichen Schwellenwert über alle Nutzungskategorien hinweg festzulegen. Dies würde dazu führen, dass die Mindestanforderungen v.a. Gebäude betreffen, die aufgrund ihrer Nutzung einen hohen Verbrauch haben (z.B. Schwimmbäder). Außerdem kann dieser Ansatz zu technisch nicht durchführbaren Sanierungsverpflichtungen führen: Wenn z.B. alle Schwimmbäder den Energieverbrauch von typischen Büros erreichen müssten. Ein absoluter Schwellenwert über den Gesamtbestand würde somit von der Nutzungsart überlagert werden und nicht die energetische Qualität der Gebäude adressieren – und damit das tatsächliche Einsparpotential, sondern Gebäude mit bestimmten Nutzungsarten diskriminieren und andere ausschließen.

9.2.1 Diskussion des Indikators

Energieform

Die EPBD erlaubt als Indikator für die Schwellenwerte eines MEPS-Systems für die Mindestvorgaben für die Gesamtenergieeffizienz von NWG Primär- oder Endenergie (Art. 9 Abs. 1 EPBD). Ergänzend kann optional ein zweiter, zusätzlicher Indikator eingeführt werden in Form von nicht-erneuerbarer oder erneuerbarer Primärenergie sowie THG-Emissionen (Art. 9 Abs. 3 EPBD). Der gewählte Indikator

bestimmt, welche technischen Maßnahmen zur Erreichung zulässig sind und damit die Wirkrichtung des MEPS-Systems.

Um den Endenergieverbrauch zu reduzieren, kann die Effizienz von Gebäudehülle (Dämmung, Fens-
tertausch), Heizsystem (v.a. Wärmepumpe) und Anlagentechnik und -steuerung verbessert werden.
Werden nicht-erneuerbare Primärenergie oder THG-Emissionen als Indikator gewählt, ist ein Ener-
gieträgerwechsel zu Biomasse¹ oder Fernwärme (je nach Primärenergie- bzw. Emissionsfaktor) eine
weitere Erfüllungsoption.

Je nach Wahl des Indikators werden außerdem unterschiedliche Gebäude adressiert. Wird nur End-
energie gewählt, fällt ein Teil der Gebäude mit effizientem Gas- oder Öl-Brennwertkessel ggf. raus.
Bei nicht-erneuerbarer Primärenergie und THG-Emissionen wird der ineffiziente Einsatz erneuerbarer
Energien (Biomasse, Fernwärme, Wärmepumpenstrom) nicht adressiert.

Werden zwei Indikatoren gewählt, überschneiden sich die worst 16 % der verpflichteten Gebäude je
Indikator nicht zwangsläufig. Das bedeutet, dass insgesamt mehr als 16 % des Gesamtbestands durch
ein MEPS-System adressiert werden oder die Indikatorgrenzen entsprechend verschoben werden.

Es empfiehlt sich für das MEPS-System eine im GEG einheitliche Anforderungsgröße zu wählen: ent-
sprechend unserem Vorschlag in Abschnitt 3.1.3 um die (ggf. mit Gewichtungsfaktoren angepasste)
Gesamtprimärenergie.

Bedarf vs. Verbrauch

Bei der Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden unterscheidet man zwischen gemessenem Ver-
brauch und berechnetem Bedarf. Die EPBD erlaubt grundsätzlich beide Größen für das MEPS-System.
Nutzerverhalten soll bei der Wahl eines verbrauchsbasierten Indikators aber angemessen berücksich-
tigt werden (Anhang I, Nr. 1 EPBD). In Tabelle 9-1 werden die Vor- und Nachteile von Bedarf und
Verbrauch als Indikator eines MEPS-Systems gegenübergestellt.

Tabelle 9-1: Abwägung Bedarf vs. Verbrauch als Indikator für MEPS

Vorteil Bedarf	Nachteil Bedarf	Vorteil Verbrauch	Nachteil Verbrauch
Genaue Abbildung des Gebäudes (U-Werte, Geometrie)	Gebäudewerte oft unklar: Annahmen basiert	Spiegelt reale Energiekos- ten und Emissionen wider	Beeinflusst durch Nutzer- verhalten
Synergie mit Ausstellung eines Sanierungsfahrplan	I.d.R. höhere Kosten für Bedarfsausweis	Justiziable, objektive Kennzahl	Zuordnung Zähler nicht im- mer möglich (Prozess- wärme, Gebäudekomplex, Stromverbrauch)
		Verknüpfung mit Daten von Energieversorgern möglich	

Vor allem für einfache Gebäudenutzungen (z.B. Büro) ist der Energieverbrauch einfacher ermittelbar, weshalb sich ein verbrauchsbasiertes MEPS-System anbieten würde. Allerdings sollte ein Nachweis

¹ Diese Option scheidet aus bei der Wahl von Gesamt-Primärenergiebedarf als Indikator.

per Bedarfsausweis ebenfalls zulässig sein, insbesondere für kompliziertere Gebäude mit z.B. Prozesswärme über denselben Zähler.

Die EPBD schreibt in Anhang I Nr. 1 vor, dass gemessener Verbrauch um Nutzungsspezifika bereinigt werden soll. Zum einen betrifft dies Leerstands- und Witterungsbereinigung. Eine tiefergehende Berücksichtigung von Unterschieden auch innerhalb einer Nutzungsklasse könnte über Parameter je Nutzungsklasse erfolgen (z.B. Gerichte je Tag im Restaurant, Arbeitsstunden je Tag im Büro). Im Ergebnis erhielte man einen Verbrauchswert mit Elementen einer Bedarfsberechnung.

9.2.2 Mögliche Methodiken

Schwellenwerte je Nutzungskategorie

Eine Möglichkeit für die Berücksichtigung der Nutzungsformen von Nichtwohngebäuden bei der Einordnung nach Effizienz besteht darin, die Gebäude in Nutzungskategorien einzuteilen und spezifische Schwellenwerte für die einzelne Kategorien festzulegen. Ein solcher Ansatz wird z.B. in den USA verfolgt, wo bereits eine Vielzahl von MEPS-Systemen für Nichtwohngebäude umgesetzt sind (eine Übersicht der MEPS-Ansätze in den USA findet sich in Öko-Institut (2023)). Dort werden die Gebäude in 18 Gebäudekategorien unterteilt, die insgesamt mehr als 80 Gebäudetypen beinhalten. Für die jeweiligen Gebäudetypen liegen auf Basis von kontinuierlich durchgeführten Erhebungen Daten zu durchschnittlichen Energieverbräuchen vor, die im Rahmen der Energy Star Portfolio-Managers Nutzer*innen zu Benchmarking-Zwecken zur Verfügung gestellt werden. Auch in Frankreich wird eine Verbrauchsdatenbank von Nichtwohngebäuden geführt. In der Online-Benchmarking-Plattform OPERAT sind Schwellenwerte für die verschiedenen Nutzerkategorien definiert (Syane 2022).

Um für Deutschland einen vergleichbaren Ansatz zu verfolgen, können anhand der Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude Gebäudekategorien definiert, und die Schwellenwerte für die schlechtesten 16 % bzw. 26 % der Gebäude identifiziert werden. Die abgeleiteten Schwellenwerten sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt. Die Werte wurden im Rahmen von Öko-Institut und IWU (2023) abgeleitet – daher wurde die Klassifizierung für die noch im EPBD-Richtlinien-Entwurf verankerten 15/25 % durchgeführt. Bei diesem Ansatz handelt es sich um eine Berechnung des Energiebedarfs inklusive Nutzungsklassen-spezifischer Faktoren, die die Lücke zwischen rechnerischem Bedarf und gemessenem Verbrauch schließen. Dieser sogenannte kalibrierte Energiebedarf ist als Näherung für reale Verbrauchswerte zu verstehen.

Tabelle 9-2: Schwellenwerte für die schlechtesten 15% bzw. 25% pro Gebäudekategorie.¹

	Schlechteste		Schlechteste	
	25 %	15 %	25 %	15 %
	(Anzahl)		(Fläche)	
Kalibrierter spezifischer Primärenergiebedarf für Raumwärme und Warmwasser (ohne Anlagentechnik) [kWh/m²]				
Gesamt	208	292	118	152
Büro-, Verwaltungs- oder Amtsgebäude	187	225	102	133
Gebäude für Forschung und Hochschullehre	225	411	198	210
Gebäude für Gesundheit und Pflege	142	170	143	214

¹ Die Quantifizierung wurde zu einem Zeitpunkt vorgenommen, zu dem die Grenzwerte des EPBD-Entwurfes noch auf 15/25 % lagen. In einem Folgeprojekt müssten diese auf 16/26 % angepasst werden.

Schule, Kindertagesstätte und sonstiges Be- treuungsgebäude	111	82	94
Gebäude für Kultur und Freizeit	120	141	93
Sportgebäude	321	921	280
Beherbergung/Unterbringung/ Gastronomie/Verpflegung	230	285	156
Produktions-, Werkstatt-, Lager- oder Betriebs- gebäude	321	405	112
Handelsgebäude	149	241	96
Technikgebäude (Ver- und Entsorgung)	206	505	121
Verkehrsgebäude	181	289	181
			364

Vergleich mit Referenzgebäude

Je nach Anzahl der definierten Nutzungskategorien werden u.U. Gebäude gleicher Nutzungskategorie miteinander verglichen, deren Nutzungsprofil und damit Energieverbrauch sich trotzdem stark unterscheiden kann (z.B. Hotel mit/ohne Sauna). Als Alternative zu absoluten Schwellenwerten kann ein Vergleich zu einem Referenzgebäude erstellt werden, das die genauen Nutzungsspezifika berücksichtigt. Diese Methodik ist für Bedarfsberechnungen in Deutschland etabliert (z.B. Effizienzhaus-Förderung oder bei Neubauten). Es kann aber auch ein Vergleichswert generiert werden, mit dem gemessene Energieverbräuche in Bezug gesetzt werden können.

In Schweden, Portugal, Griechenland, Italien und Ungarn werden die Effizienzklassen im Energieausweis als Verhältnis (ratio) zu einem Vergleichswert angegeben (Amorocho et al. 2024). Der Verbrauchsausweis für Nichtwohngebäude in Deutschland enthält bereits jetzt einen Vergleichswert, der aus verschiedenen Teilenergiekennwerten (Raumwärme, Warmwasser, Kühlung etc.) je Nutzungsklasse (Büro, Schule etc.) gebildet wird. Auf dieser Methodik könnten Effizienzklassen für Nichtwohngebäude abgeleitet werden und ein MEPS-System aufbauen.

EPC-Klassengrenzwerte bzw. das oberste und unterste Ende des Bandtachs für das individuelle Gebäude können mit dem gewichteten Mittelwert der Klassengrenzwerte bzw. Bandtachs pro Nutzungszone berechnet werden. Hierzu sind pro Nutzung die Klassengrenzwerte bzw. Bandtachs festzulegen. Dies kann über die relative Abweichung zum Referenzgebäude mit seiner Standardausführung geschehen. In Summe wären dann gebäudeindividuelle Klassengrenzwerte bzw. Bandtachs in Form von Primärenergiebedarf als gewichtetes Mittel der jeweiligen Nutzungsarten bestimmbar. Darüber hinaus könnten Schwellenwerte aus dem Verhältnis von tatsächlichem Primärenergiebedarf des individuellen Gebäudes in Bezug auf den Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes berechnet werden. Liegt dieser Wert bspw. über den zu bestimmenden Schwellenwerten für die Worst-Performing Buildings einer Nutzungsklasse (z.B. 1,6 oder 1,8), so ist ein Gebäude als WPB einzustufen.

Diskussion

Wie bei jedem Politikinstrument ist auch das Design eines MEPS-Systems dem Zielkonflikt Einzelfallgerechtigkeit vs. einfache Regelung unterworfen. Die Ableitung von Schwellenwerten für eine begrenzte Anzahl von Nutzungskategorien ist leichter zu administrieren und verstehen, benachteiligt aber ggf. bestimmte Nutzungen. Der Vergleich des gemessenen Verbrauchs mit einem Vergleichswert, der die Nutzungsparameter möglichst genau abbildet (z.B. Kühlung ja/nein, Anlagentechnik Krankenhaus, Parameter wie Arbeitsstunden je Tag im Büro), ist fairer. Der Aufwand für Eigentümer*innen, Energieberater*innen und Behörden kann jedoch schnell ansteigen.

Eine Kombination der beiden Ansätze kann sinnvoll sein: Es besteht die Möglichkeit, sein Gebäude mit einem absoluten Schwellenwert je Kategorie zu vergleichen. Berücksichtigt dieser die Nutzungsparameter nicht angemessen, kann optional der Referenzgebäudeansatz verwendet werden.

9.2.3 Pauschaler Nachweis über Gebäudeeigenschaften

Gemäß ihrer Definition ist der Großteil der Nichtwohngebäude nicht von den Anforderungen des Art. 9 EPBD betroffen. Um unnötigen administrativen Aufwand zu vermeiden, ist es angeraten, Teile des Gebäudebestands automatisch von MEPS-System zu befreien. Dies kann erfolgen anhand objektiver, phänomenologischer Kriterien für Gebäude, die offensichtlich keine worst performing buildings sind. Kriterien hierfür können sein:

- Gebäude mit Baujahr nach 1977/1884/1995 (1./2./3. Wärmeschutzverordnung) mit dem Datum des Bauantrags als Nachweis.
- Effizienzgebäude mit Energieausweis nach Kriterien der BEG/KfW inklusiver inzwischen veralteter Effizienzklassen.
- Gebäude, deren Bauteile mind. den U-Werten nach Anlage 7 GEG oder Wärmeschutzverordnung 1995 entsprechen.

Außerdem sollten Gebäude, die nicht in den Anwendungsbereich des GEG fallen, die keine Heizung haben oder nur temporär genutzt werden (§ 2 Abs. 2 Nr. 6 GEG), pauschal vom MEPS-System ausgenommen werden.

Folgende weitere pauschale Befreiungen sind zu diskutieren:

- Baudenkmäler und sonstige besonders erhaltenswerte Bausubstanz nach § 105 GEG
- Gebäude, die § 71 GEG entsprechen und mit mindestens 65 % erneuerbaren Energien versorgt werden
- kleine Gebäude (NGF nicht mehr als 50 m²) und Gebäude aus Raumzellen nach § 104 GEG.

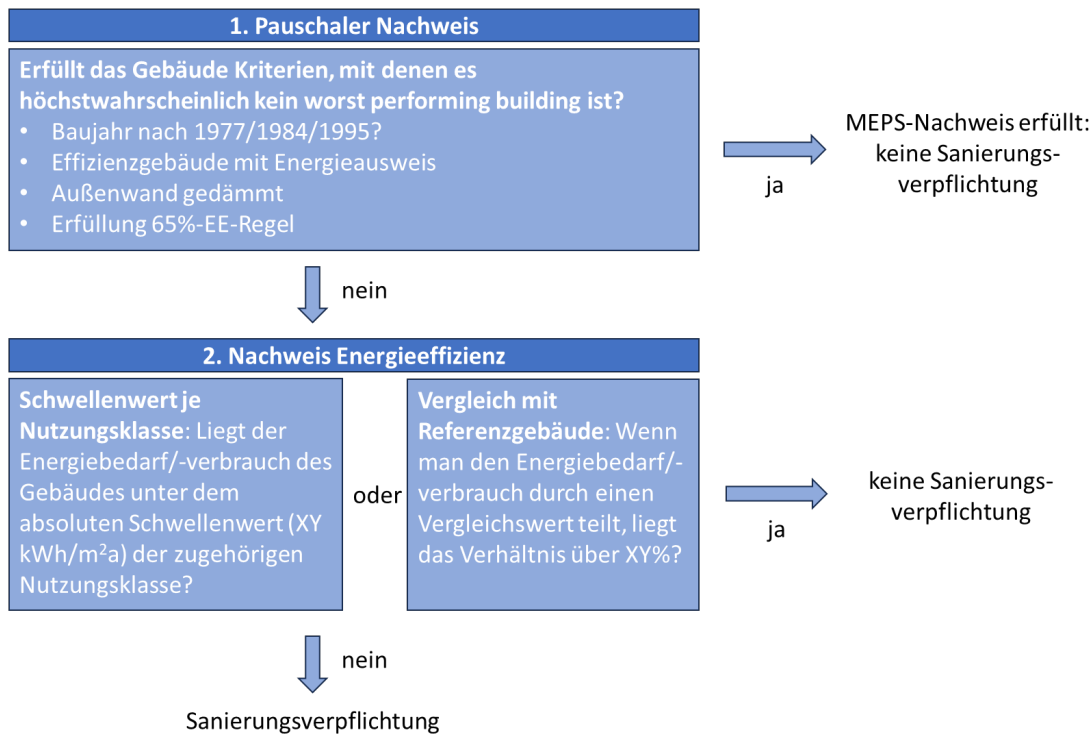
9.3 Handlungsempfehlungen

Aus den Überlegungen zu möglichen Ansätzen zur Erfüllung der in Art. 9 EPBD geforderten Mindestvorgaben für die Gesamtenergieeffizienz für bestehende Nichtwohngebäude lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten:

Insgesamt wird ein gestaffeltes Vorgehen bei einem MEPS-System vorgeschlagen. In Stufe 1 „Vorsortierung“ geht es darum, möglichst pragmatisch für viele Nichtwohngebäude, die mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit nicht zu den schlechtesten 16/26 % gehören, ein Raus-Optieren zu ermöglichen. Dies kann durch den pauschalen Nachweis einfacher Gebäudeparameter erfolgen.

In Stufe 2 müssen die übriggebliebenen Gebäude ihre Energieeffizienz nachweisen. Inwieweit dies am effizientesten und gerechtesten gelingen kann, ist weiterführend zu überlegen. Für einfache Nutzungsarten bietet sich aus praktischen Überlegungen heraus ein Nachweis über den gemessenen Verbrauch an.

Abbildung 9-3: Mögliche kaskadische Abfrage bezüglich MEPS von Nichtwohngebäuden



Quelle: ifeu

Außerdem sind folgende Aspekte bei dem Design eines MEPS-Systems zu beachten:

- **Datenverfügbarkeit:** Die Datenverfügbarkeit zu Nichtwohngebäuden ist in Deutschland deutlich ausbaufähig und kann perspektivisch über repräsentative Datenerhebungen mit Ansätzen wie die der Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude ausgebaut werden. Dies ist, wie das Beispiel der USA zeigt, nicht nur für die Einführung von Mindeststandards, sondern auch für ein freiwilliges Benchmarking sowie für das Monitoring der Wirkung von Politikinstrumenten und Maßnahmen hilfreich.
- Bei der Einführung eines MEPS-Systems für Nichtwohngebäude können zunächst bestimmte Gebäudesegmente priorisiert werden. In den USA gelten beispielsweise die Mindestanforderungen in nahezu allen MEPS-Ansätzen nur für NWG ab einer bestimmten Größe. Ein solcher Ansatz ist grundsätzlich auch für Deutschland denkbar, steht allerdings nicht unmittelbar im Einklang mit dem Wortlaut der Vorschläge zur Novellierung der EU-Gebäuderichtlinie. Ein Vorteil der Priorisierung besteht darin, dass der knappen Verfügbarkeit an Fachkräften am Markt für Energieausweisen begegnet wird, indem zunächst Gebäude priorisiert, werden bei denen der Energieverbrauch aufgrund der Größe in der Regel höher ist.
- **Verbrauch und Bedarf:** Die Frage, ob der Verbrauch oder der Bedarf einen geeigneteren Indikator für die Formulierung von Mindestanforderungen darstellt, ist besonders relevant für Nichtwohngebäude, da bei einigen Gebäudetypen der Verbrauch stark durch die Nutzung geprägt ist und weniger durch die energetische Beschaffenheit des Gebäudes (z.B. Produktionshallen). Verbrauchsbasierte Ansätze eignen sich daher vor allem für solche Gebäudesegmente, bei denen die Bereitstellung von Raumwärme bzw. Warmwasser den Verbrauch dominiert und dieser nicht wesentlich durch die Art der Nutzung beeinflusst wird.
- **Bezüglich Reporting und Kommunikation** ist ausreichend Zeit vorzusehen für Ausgestaltung des Vollzugs und zur Kommunikation mit den Eigentümer*innen. Eine Verknüpfung des Reporting mit der Datenbank für Energieausweise ist zu empfehlen.

- Begleitende Förderung und soziale Aspekte: Informationsangebote sowie unterstützende Förderprogramme sollten frühzeitig in die Planung einbezogen werden, dabei könnte auch eine Priorisierung in der Förderung für Gebäude mit hoher sozialer Relevanz (Schulen, Krankenhäuser etc.) erfolgen.

Teil 4: Weitere Aspekte

10 Energieausweise

10.1 Hintergrund: EPBD-Anforderungen

Die im Rahmen der EPBD-Novellierung 2024 entstandenen Regelungen definieren, wie ein Energieausweis aussehen muss, welchen Zweck dieser hat und wie dieser ausgestellt werden sollte. Ziele der Novellierung der Richtlinie sind die Verbesserung der Vergleichbarkeit innerhalb der EU sowie der Sichtbarkeit der Ausweise in Immobilienanzeigen und der Kontrollmechanismen. Des Weiteren sollen die zwischen Energieausweisen und Renovierungspässen (individuellen Sanierungsfahrplänen) bestehenden Synergien besser genutzt werden. Die Neuregelungen enthalten eine Vorlage für Energieausweise mit einer Mindestanzahl gemeinsamer Indikatoren für Energie und Treibhausgasemissionen, die durch eine Reihe freiwilliger Indikatoren, z. B. Ladepunkte, Luftqualität in Innenräumen und Treibhauspotenzial auf der Grundlage der Lebenszyklus-CO₂-Emissionen des Gebäudes, ergänzt werden.

Die wesentlichen Anforderungen an Energieausweise sind in den Artikeln 19 bis 22 sowie im Anhang V der EPBD festgelegt:

Artikel 19: Ausweise über die Gesamtenergieeffizienz

Ziel ist die Schaffung eines einheitlichen Rahmens zur Ausstellung von Energieausweisen, der eine klare Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden ermöglicht. Der Energieausweis muss umfassende Informationen zu den energetischen Eigenschaften enthalten, darunter den jährlichen Primärenergiebedarf, die Energieeffizienzklasse (A bis G) sowie die voraussichtlichen CO₂-Emissionen. Diese Transparenz soll potenziellen Käufern und Mietern den Vergleich verschiedener Immobilien erleichtern. Energieausweise haben eine Mindestgültigkeitsdauer von 10 Jahren und sind bei Verkaufs- oder Miettransaktionen vorzulegen. Zudem sollen Empfehlungen zur Verbesserung der Energieeffizienz enthalten sein.

Artikel 20: Ausstellung von Ausweisen über die Gesamtenergieeffizienz

Dieser Artikel regelt die Ausstellung von Ausweisen, wobei insbesondere digitale Ausweise für Neubauten, größere Renovierungen sowie Verkäufe und Neuvermietungen vorgeschrieben sind. Eine Papierfassung muss auf Antrag bereitgestellt werden. Der Ausweis muss potenziellen Käufern oder Mietern bei relevanten Transaktionen übergeben werden. Informationen zur zukünftigen Energieeffizienz können ebenfalls gefordert werden. Außerdem sind die Energieeffizienzklasse und relevante Indikatoren in Verkaufs- und Vermietungsanzeigen anzugeben. Mitgliedstaaten müssen die Einhaltung dieser Vorschriften durch Stichprobenkontrollen sicherstellen.

Artikel 21: Aushang von Ausweisen

Öffentliche Einrichtungen sind verpflichtet, den Energieausweis an gut sichtbarer Stelle auszuhängen, um die Öffentlichkeit über die Energieeffizienz zu informieren. Auch Nichtwohngebäude müssen entsprechend gekennzeichnet werden. Empfehlungen zur Verbesserung der Energieeffizienz müssen nicht ausgelegt werden.

Artikel 22: Nationale Datenbanken

Mitgliedstaaten sind verpflichtet, nationale Datenbanken zur Gesamtenergieeffizienz einzurichten, die Informationen über Ausweise, Inspektionen und Energieverbrauch enthalten. Diese anonymisierten Daten müssen öffentlich zugänglich und maschinenlesbar sein. Zudem müssen lokale Behörden Zugang zu relevanten Daten haben, um kommunale Wärmepläne zu erstellen. Die Informationen

über den nationalen Gebäudebestand sind mindestens zweimal jährlich zu aktualisieren und der EU jährlich zu berichten.

Anhang V: Vorlage für Ausweise

Der Anhang definiert die erforderlichen Informationen auf dem Energieausweis, darunter die Gesamtenergieeffizienzklasse, den jährlichen Primär- und Endenergieverbrauch sowie den Anteil erneuerbarer Energien. Zusätzliche Angaben bezüglich der Netzdienlichkeit und Kontaktdaten für Anlaufstellen der Sanierungsberatung (One-Stop Shops) sind ebenfalls erforderlich. Der Ausweis kann weitere Indikatoren enthalten, die die Energieeffizienz und den Zusammenhang mit anderen nationalen Sanierungsinitiativen und -programmen (z.B. KfW/BAFA-Förderprogramme, www.energiewechsel.de), verdeutlichen. Die Zugänglichkeit der Informationen für Menschen mit Behinderungen muss sichergestellt werden.

10.2 Herausforderungen für die Umsetzung

Die Umsetzung eines neuen Systems für Energieausweise in Deutschland gemäß den Artikeln 19 bis 22 der EPBD 2024 bringt verschiedene Herausforderungen mit sich.

- Technische Infrastruktur für die Entwicklung digitaler Ausweise: Die Erarbeitung einer robusten digitalen Infrastruktur für die Ausstellung und Verwaltung von Energieausweisen ist notwendig. Dies erfordert Investitionen in Software, Datenbanken und Sicherheitssysteme. Die nationale Datenbank für die Gesamtenergieeffizienz muss mit zukünftigen und bestehenden Systemen interoperabel sein. Dies bringt technische Herausforderungen bei der Integration von Daten und Systemen mit sich.
- Datenmanagement und Datenschutz: Die Erfassung, Speicherung und Verarbeitung großer Datenmengen über den gesamten Gebäudebestand erfordern klare Richtlinien und Verfahren, um die Qualität und Genauigkeit der Daten sicherzustellen. Die Einhaltung der Datenschutzvorschriften der EU (z. B. DSGVO) stellt eine Herausforderung dar, insbesondere bei der öffentlichen Zugänglichmachung von Daten.
- Schulung und Sensibilisierung: Architekt*innen, Bauunternehmen und Energieberatende müssen in der neuen Methodik zur Berechnung und Ausstellung der Energieausweise geschult werden. Dies erfordert Ressourcen und Zeit.
- Qualitätssicherung von Energieausweisen: Reformen in den Bereichen Ausstellerqualifikation, technische Genauigkeit, Kontrollsysteme und ein effizienterer Vollzug sind erforderlich. Ein harmonisiertes und digitalisiertes System würde die Qualität und Glaubwürdigkeit der Energieausweise verbessern.
- Öffentlichkeitsarbeit: Eine umfassende Kommunikationsstrategie ist notwendig, um Eigentümer*innen und Mieter*innen über die neuen Anforderungen und deren Bedeutung für die Energieeffizienz zu informieren.
- Rechtsrahmen und Verwaltung: Die bestehenden Regelungen müssen möglicherweise angepasst werden, um die Anforderungen der EPBD 2024 zu integrieren. Dies kann zeitaufwändig und politisch herausfordernd sein. Die Durchsetzung der neuen Vorschriften erfordert effektive Kontrollmechanismen und Ressourcen, um deren Einhaltung sicherzustellen, insbesondere bei der Ausstellung und dem Aushang der Ausweise.
- Finanzielle Aspekte: Die Einführung eines neuen Systems bringt finanzielle Belastungen für die öffentliche Hand, Immobilienbesitzende und Bauunternehmen mit sich. Förderungen oder Anreize können notwendig sein, um diese Kosten abzufedern. Unsicherheiten bezüglich der langfristigen wirtschaftlichen Auswirkungen und des Nutzens der neuen Vorschriften können zu Widerständen führen.

- **Koordination zwischen verschiedenen Akteuren:** Die Umsetzung erfordert eine enge Zusammenarbeit verschiedener Ministerien, Behörden und Institutionen auf Bundes- und Landesebene. Diese Kooperation gestaltet sich aufgrund unterschiedlicher Interessen und Prioritäten als herausfordernd. Die Zusammenarbeit mit fachlichen Akteuren ist essenziell, um die neuen Vorschriften erfolgreich zu implementieren.

10.3 Inhaltliche Weiterentwicklung und Didaktik eines überarbeiteten Energieausweises

Es wird empfohlen, dass der überarbeitete Energieausweis eine Reihe neuer Inhalte integriert und die didaktische Aufbereitung so angepasst wird, dass die Verständlichkeit und Nutzerfreundlichkeit sowohl für Fachkräfte als auch für Laien signifikant verbessert werden. Die Didaktik sollte darauf abzielen, die Informationen klar und ansprechend zu präsentieren, während gleichzeitig die Anforderungen der europäischen Gebäuderichtlinie eingehalten werden. Im Folgenden werden die im Rahmen des Projekts erarbeiteten Empfehlungen zur gezielten Überarbeitung des Energieausweissystems in Deutschland gemäß den Artikeln 19 bis 22 der EPBD in den folgenden Bereichen ausgeführt. Sie müssten im Rahmen von Fokusgruppen und Marktforschung noch konsolidiert werden.

1. Rechtliche Verpflichtungen: Um die Anforderungen der EPBD in nationales Recht zu integrieren, ist die Entwicklung eines umfassenden Rechtsrahmens erforderlich, der die spezifischen Vorgaben der Richtlinie berücksichtigt. Dazu gehört die Ausarbeitung eines neuen Gesetzesentwurfs, der die relevanten Definitionen, Pflichten und Verfahren für die Ausstellung von Energieausweisen präzise regelt. Ein kontinuierlicher Dialog mit der Europäischen Union ist notwendig, um sicherzustellen, dass die nationalen Bestimmungen den europäischen Vorgaben entsprechen und mögliche Anpassungen zeitnah berücksichtigt werden.

2. Einführung eines digitalen Energieausweises: Die Etablierung eines digitalen Ausweises ist Grundvoraussetzung für die Entwicklung einer nationalen Datenbank, in der alle Energieausweise zentral erfasst werden. Diese Datenbank sollte anonymisierte Informationen zum gesamten Gebäudebestand enthalten. Darüber hinaus müssen Schnittstellen zu bestehenden Datenbanken geschaffen werden, um relevante Informationen wie Gebäudeverbrauchswerte und Energieeffizienzklassen nahtlos zu integrieren und gleichzeitig den Mehrwert einer solchen Datenbank erhöhen. Hierdurch kann sichergestellt werden, dass die geforderten Informationen standardisiert und in verständlicher Form zur Verfügung gestellt werden.

3. Sensibilisierung und Öffentlichkeitsarbeit: Es ist erforderlich, eine umfassende Sensibilisierungskampagne zu initiieren, um Eigentümer*innen, Mieter*innen und Ausweisausstellenden die Bedeutung der neuen Informationen zu erläutern und den Zugang zu den Daten zu erleichtern. Die erfolgreiche Umsetzung der neuen Anforderungen setzt eine enge Zusammenarbeit zwischen den relevanten Akteuren voraus. Diese Zusammenarbeit kann durch folgende Maßnahmen gefördert werden:

- **Workshops und Informationsveranstaltungen:** Regelmäßige Veranstaltungen sollten zwischen den zuständigen Behörden, der Bauwirtschaft und der Immobilienwirtschaft organisiert werden, um den Austausch von Informationen und Best Practices zu ermöglichen.
- **Bildung interdisziplinärer Arbeitsgruppen:** Arbeitsgruppen, die sich mit spezifischen Themen wie der digitalen Infrastruktur, rechtlichen Aspekten und Öffentlichkeitsarbeit befassen, sollten gebildet werden, um gezielte Lösungsansätze zu entwickeln.
- **Feedbackmechanismen:** Die Einrichtung von Feedbackprozessen, die es den beteiligten Akteuren ermöglichen, ihre Erfahrungen und Herausforderungen während des Implementierungsprozesses zu teilen, ist von zentraler Bedeutung. Dies fördert kontinuierliche Anpassungen und Verbesserungen.

Die nachfolgende Tabelle 10-1 gibt einen Überblick über die relevanten Kenngrößen und Anforderungen, die sowohl im aktuellen Gebäudeenergiegesetz als auch in der Novelle der EPBD enthalten sind, und dient als Grundlage für die Überarbeitung der Inhalte des Energieausweises.

Tabelle 10-1: Angaben und Kenngrößen GEG & EPBD

Im GEG bereits enthalten	In GEG und EPBD enthalten	Neu in EPBD-Novelle
Ablaufdatum Baujahr Gebäude Adresse ...	Energieeffizienzklasse (nur für Wohngebäude)	Erzeugung und Anteile EE (In GEG: Anteil am Wärme-/Kältebedarf bei Neubauten)
Gebäudetyp Hauptnutzung bei NWG Anzahl Wohnungen Nutzfläche	Primärenergiebedarf / -verbrauch THG-Emissionen Endenergiebedarf / -verbrauch	(Nutz-)Energiebedarf* Global Warming Potential Referenzwerte für: Mindestanforderungen an die Energieeffizienz (MEPR) und Mindeststandards (MEPS) Niedrigstenergiegebäude (NZEB) Nullenergiegebäude (ZEB)
Art der Lüftung / Kühlung	Hauptenergieträger Anlagentechnik	Spitzenlast, Größe der Anlagen (Heizung, Lüftung, Kühlung, Warmwasser, Beleuchtung)
Sommerlicher Wärmeschutz im Neubau		Angaben zu zentralen Anlaufstellen für Sanierungsberatungen (One Stop Shops)
		PM2.5 Emissionen
		Vorliegen iSFP, SRI,
		Mittlere U-Werte
		Ladepunkte
		Sensoren
		Energiespeicher

***Hinweis:** Laut EPBD (Art. 2 Nr. 8 und Anhang I (1)) ist es weiterhin möglich, als Berechnungsmethodik der Gesamteffizienz sowohl Energieverbrauchs- als auch -bedarfswerte zu verwenden. Im Gegensatz dazu wird als Pflichtangabe im Energieausweis der berechnete (Nutz)Energiebedarf neu eingeführt (Anhang V (1)). Dies würde zukünftig bedeuten, dass bei Erstellung eines neuen Energieverbrauchsausweises auch der berechnete (Nutz)Energiebedarf des Gebäudes angegeben werden muss. Die Berechnung des (Nutz)Energiebedarfes ist Teil einer energetischen Bilanzierung und erfordert Berechnungen zur Beschaffenheit der Gebäudehülle und der vorhandenen Anlagentechnik für Heizung, Lüftung etc. Der dadurch entstehende zusätzliche Aufwand für die Erstellung eines neuen Verbrauchsausweises würde dem Aufwand für einen Bedarfsausweis kaum nachstehen und demzufolge das „Aus“ für Verbrauchsausweise bedeuten. Die Gutachter*innen vermuten, dass diese neu eingeführte Pflichtangabe des (Nutz)Energiebedarfs fehlerhaft ist und nicht dem Sinne der Richtlinie folgt.

Um den Pflichtangaben aus dem Anhang V der EPBD-Novelle gerecht zu werden, wurde ein Vorschlag für die Titelseite eines überarbeiteten Energieausweises entwickelt, siehe Abbildung 10-1. Dieser enthält Informationen, die für den Endnutzer (Gebäudeeigentümer*innen, Käufer- oder Mieter*innen oder Immobilienmakler*innen) von Bedeutung sind. Darüber hinaus werden Maßnahmen zur Veränderung des Energieausweises vorgeschlagen, um die Aussagekraft des Ausweises zu verbessern. Zur besseren Übersicht sind auf den beiden folgenden Tabellen (Tabelle 10-2, Tabelle 10-3) die im Vorschlag für den neuen Energieausweis enthaltenen Informationen und Kenngrößen dargestellt. Die Angaben auf den Tabellen werden unterteilt nach „muss“ und „kann“. Alle Angaben mit einem „muss“ sind nach Anlage V der EPBD verpflichtend auf einem Energieausweis darzustellen. Die Angaben mit einem „kann“ sind Empfehlungen der EPBD, sie müssen aber nicht auf dem Energieausweis abgebildet werden. Angaben ohne eine Kennzeichnung von „muss“ und „kann“, sind Vorschläge, die unabhängig von der EPBD auf dem Energieausweis abgebildet werden sollten.

Ein solcher Vorschlag muss selbstverständlich in einem Folgeprozess zunächst im Rahmen eines Stakeholderdialogs und anderen Rückmeldungsprozessen, z. B. im Rahmen einer Marktforschung oder Fokusgruppe, einer ausführlichen Kommentierung unterzogen werden.

Tabelle 10-2 Angaben im Energieausweis auf Seite 1 – Vergleich zu Anhang V EPBD

Angabe	Muss	Kann
Darstellung der Effizienzklassen für die im GEG festgelegten Anforderungsgrößen: Endenergie, Primärenergie (Gesamtprimärenergie oder Klimateffizienz) und Wärmeschutz (Heizwärmebedarf)	Ja	
Angabe des jährlichen Primär- und Endenergiebedarfes oder -verbrauches in kWh/(m ² a)	Ja	
Treibhausgasemissionen in kg CO ₂ eq/(m ² a)	Ja	
Angabe eines entsprechenden Indikators für die Effizienz eines Wärmerzeugers (z.B. Effizienzklasse Heizungslabel)		
Erzeugung von erneuerbaren Energien in kWh o. MWh; Hauptenergieträger und Art der EE	Ja	
Anteile am Wärmebedarf der erneuerbaren Energien in %	Ja	
Erzeugung von Energie aus erneuerbaren in kWh oder MWh; Hauptenergieträger und Art der erneuerbaren Energiequelle;		
Angabe der Energieverbräuche für die zurückliegenden drei Jahre (auch in Bedarfsausweisen)		Ja
Angabe NT-ready für Wärmeerzeuger (z.B. als Anpassung von Annex V (1.3, 2.n))		Ja
Angabe der Top 3 Modernisierungsempfehlungen in je einer Zeile		
Kontaktaten, Links zu Sanierungsplattformen (Anlaufstelle für Renovierungsberatung)	Ja	

Tabelle 10-3 Angaben im Energieausweis auf den Folgeseiten - Vergleich zu Anhang V EPBD

Angabe	Muss	Kann
Angabe des jährlichen Primär- und Endenergiebedarfs oder -verbrauches in kWh oder MWh	Ja	
Darstellung einer THG-Klasse für gebäudebezogene (graue) Emissionen		Ja
Textbox (ja/nein) Erfüllung der 65%-Erneuerbare-Wärme-Vorgabe, sonst Hinweis in Modernisierungsempfehlung		
Textbox (ja/nein) Angabe iSP vorhanden		Ja
Angabe MEPS für NWG (wenn Sanierungspflicht besteht) einschließlich eines Hinweises auf das Ziel der Bundesregierung eines klimaneutralen Gebäudebestands bis 2045		
Komfortbedingungen (Raumtemperatur, Luftwechsel)		
Klimastandort des Gebäudes		
Effizienz der Gebäudeautomatisierung (s. EN 15232-1)		
Textbox (Ja/Nein) ob das Gebäude in der Lage ist, auf externe Signale zu reagieren und den Energieverbrauch anzupassen (SRI ready)		ja
Textbox (ja/nein) ob für das Gebäude ein digitales Gebäudeloggbuch vorhanden ist		Ja

Abbildung 10-1 zeigt einen neuen schematischen Vorschlag, welche Informationen die Titelseite des Energieausweises zeigen könnte. Neben den allgemeinen Angaben zum Gebäude und einem Gebäudefoto ist der zentrale Kern der ersten Seite die Darstellung der Gesamtprimärenergie, Endenergie und des Heizwärmebedarfs in Form von Labeln. Diese zeigen auf einen Blick, wie die Effizienz des Gebäudes einzuteilen ist. Die Angaben zum Wärmeerzeuger und Anteil der erneuerbaren Energien


sind kompakt dargestellt, ebenso wie die Top Drei der Modernisierungsempfehlungen. Weitere Informationen zum Energieverbrauch und Links zu verschiedenen öffentlichen Angeboten (z. B. zur Förderung) sind auch auf der ersten Seite zu finden.

Abbildung 10-1: Vorschlag für zukünftige erste Seite des Energieausweises

ENERGIEAUSWEIS

Gebäude: Gebäudetyp/-kategorie: _____, Adresse: _____, Baujahr: _____, Nutzfläche: _____

Registriernummer: _____, Anlass: _____, Gesetz: _____, Norm: _____

Foto: 

Effizienzklassen

Gesamtprimärenergie (kWh/m²a):

A+
A
B
C
D
E
F
G

Wärmeeizuger / Erneuerbare Energien

Baujahr: _____, Energieträger: _____, Effizienzklasse / Indikator: _____

Nutzung EE: (kWh/m²a) _____, Anteil: [%] _____

65%-EE erfüllt: ja / nein _____, NT-ready: ja / nein _____

Top Modernisierungsempfehlungen

1: _____

2: _____

3: _____

Informationen

Energieverbrauch (kWh/m²a):

Jahr: _____, Jahr: _____, Jahr: _____

Energiekosten:

Link: URL _____, Link: URL _____

Förderung:

Link: URL _____, Link: URL _____

Weiterführende Informationen:

Sanierungsplattformen: Link URL _____, Link URL _____

EEE-Liste: Link URL _____, Informationen zu SFP: Link URL _____

Aussteller: _____, **Datum / Unterschrift:** _____

Angaben zum Gebäude

- Gebäudetyp / Kategorie
- Gemischte Nutzung
- Adresse
- Baujahr
- Nutzfläche...

Label für Gesamtprimärenergie

- Spez. Wert [kWh/(m²a)]

Label für Endenergie (Energieeffizienzklasse)

- spez. Wert [kWh/(m²a)]

Label für Wärmeschutz / Heizwärmebedarf

- Spez. Wert [kWh/(m²a)]

Gebäudefoto

Angaben zum Wärmeeizuger / EE

- Baujahr, Energieträger
- Effizienzklasse / Indikator
- Nutzung EE, Anteile EE
- NT-ready, 65% EE erfüllt ja/nein

Top Modernisierungsempfehlungen

Weitere Informationen

- Energieverbrauch
- Link zu Energiekosten
- Link zu Förderinfos
- Link zu Sanierungsplattformen

Die entsprechenden Angaben müssten an die jeweils gewählte Anforderungssystematik angepasst werden (z. B. Gesamtprimärenergie).

Quelle: ifeu, dena

10.4 Digitales Format, Schnittstelle zu einem Gebäude-Logbuch

Das Themengebiet Digitalisierung und Datenbank spielt in der vorliegenden Gebäuderichtlinie eine wesentliche Rolle. Nach Art. 22 EPBD müssen die Mitgliedstaaten nationale Datenbanken für Energieausweise einrichten. Diese Datenbanken soll auch Daten zu Sanierungsfahrplänen und Daten zu Intelligenzfähigkeitsindikatoren (SRI) aufnehmen. Zudem müssen Ausweise in digitaler Form ausgestellt werden.

10.4.1 Aktueller Stand und Herausforderung

Außer Deutschland führen alle EU-Mitgliedstaaten bereits zentrale Datenbanken von Energieausweisen (Fragoso und Monteiro 2022). In Deutschland ist das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) seit der EnEV 2014 die zuständige Registrierungs- und auch Kontrollstelle. Als technische Behörde mit Sitz in Berlin übernimmt das DIBt im Auftrag der 16 Bundesländer und des Bundes zahlreiche öffentliche Aufgaben im Bereich der Bautechnik.

Bei der GEG-Registrierstelle am DIBt werden Energieausweise und Klimaanlagen-Inspektionsberichte deutschlandweit zentral registriert und vollelektronisch einer Stichprobenkontrolle unterzogen. Die

genaue Aufgabendefinierung erfolgt mittels Übergangsregelungen in den einzelnen Länderverordnungen. Die Länderaufgaben als Register- und Kontrollstelle sind aktuell bis 2025 begrenzt.

Die Erfassung der Ausweisdaten (gemäß § 98 GEG) erfolgt über ein dreistufiges Verfahren:

- I. Validitätsprüfung der Eingabe-Gebäudedaten
- II. Prüfung der Eingabe-Gebäudedaten und Überprüfung der im Energieausweis angegebenen Ergebnisse einschließlich der abgegebenen Modernisierungsempfehlungen
- III. vollständige Prüfung der Eingabe-Gebäudedaten, die zur Ausstellung des Energieausweises verwendet wurden.

Gemäß § 100 GEG kann eine Auswertung nicht personenbezogener Daten durch die Länder bzw. den Bund erfolgen. Das DIBt ist dabei der Datenhoster und stellt auf Freigabe der Länder diese Daten z. B. für Forschungszwecke zur Verbesserung der Erfüllung von Aufgaben der Energieeinsparung zur Verfügung. Der Umfang der als Stichproben gezogenen Datensätze umfasst ca. 5-6 % aller jährlich ausgestellten Ausweise. Die Daten werden anonymisiert (nicht personenbezogen) und entsprechend gespeichert und für zwei Jahre archiviert. Dadurch ist eine Gewährleistung der Nachverfolgbarkeit für zwei Jahre gegeben, länger allerdings nicht. Dann nur auf Postleitzahl-Bereiche beschränkt, wobei nur die ersten drei Ziffern erkenntlich bleiben (123XX). Die Datengrundlage für die Ermittlung des Bestands an Nichtwohngebäuden vom 1. Januar 2020 gemäß Art. 9 Abs. 1 UAbs. 2 EPBD ist dementsprechend hier nicht sichergestellt. Ein Vorgehen zur Ermittlung dieser Datengrundlage wäre dann in einem Folgevorhaben zu klären.

Die Qualität der Energieausweise kann analysiert und Maßnahmen zur Verbesserung der erkannten Schwachpunkte entwickelt und diskutiert werden. Dadurch können Verbesserung der Qualität in Form von Vereinfachungen in den Bewertungsverfahren, besserer Qualifikation der Aussteller oder Sanktionen bei falschen Ausweisen umgesetzt werden. Neben der Einführung der Datenbank ist die Gewährleistung des Datenschutzes zu beachten und die Verantwortlichkeit zwischen Bund und Ländern zu klären.

Zu letzterem Punkt ist anzumerken, dass Art. 22 Abs. 1 EPBD die Einrichtung „eine[r] nationale[n] Datenbank“ verlangt. Daher liegt es nahe, diese Datenbank beim Bund anzusiedeln. Zwar gibt Art. 83 GG vor, dass die Länder die Bundesgesetze grundsätzlich als eigene Angelegenheiten ausführen, jedoch ermöglicht Art. 87 Abs. 3 S. 1 GG im Rahmen einer sog. Fakultativen Bundesverwaltungskompetenz –ohne Zustimmung des Bundesrates– die Errichtung selbstständiger Bundesoberbehörden für Angelegenheiten, für die dem Bund die Gesetzgebungskompetenz zusteht, was beim GEG der Fall ist. Diese Regelung ermöglicht neben der Neuerrichtung auch die Übertragung von neuen Aufgaben auf schon bestehende Bundesoberbehörden. Daher empfiehlt es sich, die Datenbank bei einer Bundesoberbehörde anzusiedeln, deren Geschäftsbereich einschlägig und sachnah ist. Bei einem Ausbau der bestehenden DIBt-Datenbank, die die Länder nach § 114 GEG vorübergehend unterhalten, stünde es den Ländern immer noch offen, davon abzuweichen (Art. 84 Abs. 1 S. 2 und 3 GG), weshalb dies mit Blick auf die o.g. Formulierung „eine nationale Datenbank“ nicht zu empfehlen ist.

Hinsichtlich des Datenschutzes ist fraglich, ob die DS-GVO überhaupt greift, da sich diese nur auf personenbezogene Daten bezieht. Energieausweise enthalten jedenfalls keine ausdrücklich vermerkten personenbezogenen Daten wie Namen oder Geburtsdaten, sondern bilden zunächst nur gebäudebezogene Daten ab. Dennoch ist nicht auszuschließen, dass anhand dieser gebäudebezogenen Daten Rückschlüsse auch auf personenbezogene Daten gezogen werden können (vgl. Art. 4 Nr. 1 DS-GVO). Daher empfiehlt es sich vorsorglich, die Vorgaben der DS-GVO einzuhalten. Das heißt insbesondere, dass nach Art. 6 DS-GVO eine Verarbeitung solcher Daten nur aufgrund einer Einwilligung oder eines sonstigen gesetzlichen Erlaubnistatbestandes – so auch aufgrund einer gesetzlichen Grundlage ge-

mäß Art. 6 Abs. 1 lit c) DS-GVO – zulässig ist. Hier dürfte sich eine Einbeziehung über einen gesetzlichen Erlaubnistatbestand empfehlen, die im GEG verankert werden und sich darauf stützen müsste, dass die Verarbeitung für die Wahrnehmung einer Aufgabe erforderlich ist, die im öffentlichen Interesse liegt oder in Ausübung öffentlicher Gewalt erfolgt, die dem Verantwortlichen übertragen wurde. Im Weiteren wäre durch die Datenbank das Pflichtenprogramm der DS-GVO einzuhalten, also insbesondere ihre Anforderungen an einen zentralen Ansprechpartner bzw. Verantwortlichen, Zweckbindung und Datenminimierung, Beweislastumkehr, Recht auf Löschung und Recht auf Datenübertragbarkeit.

Im Rahmenvertragsabruf „Vorbereitende Arbeiten zur normativen Weiterentwicklung des Gebäudeenergiebilanzverfahrens der DIN V 18599 und zur Etablierung einer nationalen Datenbank für die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ wurde bereits ausführlich auf mögliche Digitalisierungsaspekte und rechtliche Hintergründe eingegangen.

Gemäß Art. 22 EPBD sollen alle relevanten Daten zur Energieeffizienz eines Gebäudes in der Gebäudedatenbank erfasst werden. Dies beinhaltet Informationen über das Gesamtgebäude, die Gebäudekomponenten, die Energieeffizienz von Gebäudedienstleistungen und Anlagentechnik, Gebäudeautomations- und -steuerungssysteme sowie Zähler und Ladestationen für E-Mobilität. Neben der Einrichtung einer solchen Datenbank ist es auch sinnvoll, Verpflichtungen, die nicht in der Energieausweis-Datenbank erfasst werden, zukünftig digital und idealerweise automatisiert zu erfassen. Diese könnten dann mit der Energieausweisdatenbank oder dem Gebäuderegister verknüpft und erweitert werden. Insbesondere der Inspektionsbericht für Klimaanlage und private Nachweise sind von hoher Relevanz und lassen sich gut in digitalen Prozessen abbilden. Es ist wichtig, in zukünftigen Arbeiten genau festzulegen, welche Daten und Informationen in welcher Form erfasst werden sollen.

10.4.2 Anknüpfung an digitales Gebäude-Logbuch

Die Renovation Wave der EU-Kommission sieht digitale Gebäude-Logbücher als einen wichtigen Bestandteil bei der Erreichung der energieeffizienzbezogenen Ziele der EU. Sie sollen dazu beitragen, die Energieeffizienz in Gebäuden zu verbessern, den CO₂-Ausstoß zu reduzieren und den Übergang zu einer klimaneutralen Wirtschaft zu beschleunigen. Definiert wird das digitale Gebäudeloggbuch in Art. 2 Nr. 41 EPBD.

Der Energieausweis kann als Bestandteil eines solchen digitalen Gebäude-Logbuchs dienen. Indem der Energieausweis in digitaler Form vorliegt und in das Logbuch integriert wird, siehe auch Art. 2 Nr. 41 EPBD in der Definition „digitales Gebäudeloggbuch“. Der Ausweis ist leichter aktualisierbar und kann einfacher verwaltet werden. Die Informationen im Energieausweis werden automatisch in andere Bereiche des Logbuchs wie bspw. Renovierungspässe (Sanierungsfahrpläne) übertragen und genutzt.

Darüber hinaus ermöglicht ein digitaler Energieausweis mit einem entsprechenden digitalen Konzept sowie technischen Infrastruktur auch eine bessere Transparenz und Zugänglichkeit der Informationen. Alle relevanten Daten sind zentral gespeichert und können von allen berechtigten Personen und Institutionen (Gebäudeeigentümern, Mietern, Energieberatern oder Behörden) eingesehen werden. Dadurch entsteht eine bessere Datengrundlage für energetische Optimierungen und Entscheidungsprozessen in Gebäuden.

Datenstandardisierung und Interoperabilität: Die Europäische Gebäuderichtlinie betont die Bedeutung der Interoperabilität und Standardisierung von Daten. Wenn die Daten des Energieausweises in einer strukturierten und standardisierten Form wie z.B. ****XML oder JSON**** vorliegen, können die Informationen einfach in das Gebäudeloggbuch übertragen werden. Wichtig ist, dass alle Daten aus

dem Energieausweis, einschließlich Energieeffizienzklassen, Verbrauchsdaten und Empfehlungen, in einheitlicher Struktur vorliegen. Die Vorteile liegen in der automatischen Verarbeitung und in der nahtlosen Integration weiterer Daten. Die Nutzung von standardisierten Schnittstellen (APIs), ermöglicht Daten zwischen Energieausweis und Gebäudeloglebuch zu synchronisieren.

Automatisierte Aktualisierung: Der digitale Energieausweis könnte über das Gebäudeloglebuch fortlaufend aktualisiert werden, indem Verbrauchsdaten von Smart-Metering-Systemen oder anderen Gebäudeüberwachungsgeräten (z.B. IoT-Systeme) integriert werden. So könnten Veränderungen im Energieverbrauch oder durch durchgeführte Maßnahmen automatisch im Energieausweis und im Gebäudeloglebuch reflektiert werden. Dies führt zu aktuellen Energiedaten und einer verbesserten Transparenz bei den Nutzern. Für die technische Umsetzung ist die Vernetzung mit intelligenten Zählern und Gebäudemanagementsystemen notwendig.

Fazit: Durch die digitale Transformation und die Verknüpfung von Energieausweisen mit digitalen Gebäudeloglebüchern gemäß der EPBD könnten sowohl Eigentümer als auch Behörden einen besseren Überblick über den energetischen Zustand von Gebäuden erhalten. Eine solche Integration würde nicht nur die Verwaltung der Gebäudedaten erleichtern, sondern auch zu einer besseren Planung und Umsetzung energieeffizienter Maßnahmen beitragen, sowie die Prüfung ihrer Wirksamkeit vereinfachen. Standardisierte Datenformate, zentrale Plattformen und moderne Technologien wie IoT sind zentrale Bausteine für eine erfolgreiche Umsetzung.

10.5 Rechtssicherheit und Verbesserung der Qualitätssicherung

10.5.1 Rechtssicherheit – Energieausweis als Anknüpfungspunkt für neue Rechtsfolgen

Bisher soll der Energieausweis lediglich Transparenz am Immobilienmarkt durch eine grobe Einordnung energetischen Eigenschaften des Gebäudes herstellen (vgl. § 79 Abs.1 S. 1 GEG). Dies ist auch auf den Energieausweisen selbst festgehalten: „Energieausweise dienen ausschließlich der Information über die energetischen Eigenschaften eines Gebäudes und sollen einen überschlägigen Vergleich von Gebäuden ermöglichen.“

Die Anknüpfung von weiteren Funktionalitäten bzw. Rechtsfolgen ist bisher nicht vorgesehen und Energieausweise als rein marktbezogenes Instrument sind darauf auch nicht eingestellt. Da der Energieausweis, gleichwohl ein einzelgebäudebezogenes Dokument ist, das eine Einordnung in Effizienzklassen abbildet, stellt sich die Frage, ob und (ggf.) inwiefern er nicht auch als Anknüpfungspunkt für die nach der EPBD für Nichtwohngebäude vorgesehenen Mindesteffizienzstandards (MEPS) genutzt werden kann.

Die Verwendung von Energieausweisen im Zusammenhang mit MEPS ist in zwei Funktionen denkbar:

- zum einen, indem die im Ausweis ausgewiesenen Erkenntnisse zur energetischen Gebäudequalität verwendet werden, um die Pflicht zur Verbesserung des Energieeffizienzstandards auszulösen (Auslösefunktion),
- zum anderen, indem mit dem Ausweis (ggf. nach erfolgten Verbesserungsmaßnahmen) nachgewiesen wird, dass ein bestimmter Standard eingehalten wird (Nachweisfunktion für die Pflichterfüllung).

Variante 1: Energieausweise als Auslöser für Pflichten zu MEPS

Im Folgenden wird zunächst der Frage nachgegangen, ob und inwieweit die Möglichkeit besteht, dass der deutsche Gesetzgeber eine ordnungsrechtliche Pflicht an die Aussage des Energieausweises knüpfen könnte, wie sie in der EPBD ausschließlich für Nichtwohngebäude geplant sind. Einbezogen werden die rechtliche Möglichkeit sowie Praktikabilitätsabwägungen. Zunächst ist hierbei zu beachten, dass es sich dann um den Auslöser eines grundrechts- und kostenintensiven hoheitlich veranlassten Gebotes handelt. Sanierungspflichten als solche sind als Grundrechtseingriffe gut begründbar und grundsätzlich rechtfertigungsfähig (Braungardt et al. 2022b, S. 42 ff.). Die Frage, welche Anforderungen an die Auslösung der Handlungspflicht zu stellen sind, stellt sich aber dennoch als nicht weniger wichtige Randbedingung: Zum einen gibt der Gleichbehandlungsgrundsatz des Art. 3 Abs. 1 GG auf, dass die Einbeziehung in die Pflicht nicht entscheidend vom Verhalten des Betroffenen selbst abhängen darf, weil sonst die Gleichheit in der Rechtsanwendung nicht sichergestellt wäre (vgl. BVerfGE 84, 239, 271 ff., E 96, 1, 6 f., E 110, 94, 111 ff.). Zum anderen verlangt das im Rechtsstaatsprinzip des Art. 20 Abs. 3 GG verankerte Bestimmtheitsgebot (vgl. nur BVerfGE 120, 274, 315 f.), dass für die betroffenen Adressaten der Pflicht im Vorhinein hinreichend deutlich werden muss, was sie in welchem Umfang aufgrund des für ihre Situation festgestellten Sachverhalts erwartet. Schließlich gibt es den sog. Hoheitlichen Funktionsvorbehalt des Art. 33 Abs. 4 GG, nach dem die Ausübung hoheitlicher Befugnisse als ständige Aufgabe in der Regel Beamtinnen und Beamten zu übertragen ist. Mit anderen Worten: Ausgeschlossen sein müssen gewillkürte (Zufalls-) Ergebnisse, starke Abweichungen vom Ist-Zustand und eine Unzuverlässigkeit der Ausstellenden. Vor diesem Hintergrund ergeben sich mehrere Herausforderungen, wenn Sanierungspflichten an Aussagen aus Energieausweisen verbunden werden.

Problem: Genügende Aussagekraft von Verbrauchs- und Bedarfsausweisen?

Es gibt Verbrauchsausweise und Bedarfsausweise – letztere können zudem mit unterschiedlichen Normen berechnet worden sein –, die vom Gesetz bisher als gleichwertig eingeordnet werden (§ 79 Abs. 1 S. 2 GEG), sich in ihrer Aussagekraft über den tatsächlichen Sachverhalt aber unterscheiden. Die Gleichwertigkeit der beiden Ausweistypen ist angesichts ihrer unterschiedlichen Bewertungsansätze und Informationsgehalte problematisch. Diese Ungleichheit kann zu Fehlinterpretationen und ineffizienten Entscheidungen bei Immobilienkäufern, -verkäufern und Mietern führen. So fällt die Einstufung in die Effizienzklasse bei Bedarfsausweisen strukturell schlechter aus als bei Verbrauchsausweisen – zumindest solange gleiche Grenzwerte für die Klassengrenzen für beide Ausweistypen definiert wurden, da bei Bedarfsausweisen augenscheinlich angenommen wird, dass die Gebäudenutzfläche (von vergleichsweise schlecht gedämmten Gebäuden) in stärkerem Umfang beheizt wird, als dies tatsächlich geschieht (Braungardt et al. 2022b, S. 23 mit Verweis auf IWU 2019). Daher kann eine Sanierungspflicht nicht gleichermaßen an beide Ausweistypen geknüpft werden. Würde man die Sanierungspflicht nur an die Verbrauchsausweise knüpfen, ist jedoch zu beachten, dass diese einen Korrekturbedarf nach sich ziehen in Bezug auf längere Leerstände und auch eine Witterungsbereinigung erfordern. Für diese beiden Bereinigungen gibt es zwar methodische Vorgaben zumindest für Wohngebäude (siehe die Bekanntmachung nach § 82 Abs. 5 GEG), allerdings ist offen, ob diese angesichts der Intensität des Grundrechtseingriffs sicherstellen, dass die Aussage des Ausweises den tatsächlichen Sachverhalt hinreichend realitätsnah wiedergibt und die Aussteller die Korrekturmethode auch wirklich beachten. Obendrein arbeiten die Vorgaben für die Verbrauchsdaten in § 82 Abs. 4 GEG mit unscharfen begrifflichen Optionen, die eine einheitliche Bewertungsgrundlage nicht gewährleisten können („andere geeignete Verbrauchsdaten“ oder „sachgerecht durchgeführte Verbrauchsmessungen“ oder „eine Kombination von Verbrauchsdaten“). Verbrauchsausweise mögen daher weiterhin für die bisherige Funktionalität am Immobilienmarkt in Betracht kommen, empfehlen sich aber nicht als Anknüpfungspunkt für Sanierungspflichten.

Eine Alternative ist die Anknüpfung am Bedarfsausweis. Allerdings gibt es auch hier Unscharfen in der methodischen Begrifflichkeit, die es fraglich erscheinen lassen, ob immer eine hinreichend realitätsnahe Abbildung des tatsächlichen Sachverhalts erfolgt. Zum einen betrifft dies die oben schon genannte Komfortunterstellung, dass die gesamte Nutzfläche beheizt wird. Zum anderen gibt es auch hier Erleichterungen durch die Anwendbarkeit subsidiärer Werte (vgl. § 81 Abs. 2 i.V.m. § 50 Abs. 4 GEG zum vereinfachten Vorgehen beim Fehlen von geometrischen Abmessungen und energetischen Kennwerten), deren inhaltliche Aussagekraft für den jeweiligen Sachverhalt und eine einheitliche Anwendung durch die Aussteller zu offen erscheinen muss, um grundrechtsintensive Folgen daran zu knüpfen. Dabei ist klar, dass angesichts der Vielzahl und Vielgestaltigkeit der individuellen Sachverhalte natürlich immer mit gewissen Vereinfachungen und Pauschalierungen gearbeitet werden muss und es sich bei den inhaltlichen Aussagen von Energieausweisen per se immer nur um Annäherungen an die Realität handeln kann. Gerade deshalb ist es aber fraglich, ob durch Präzisierungen und Eingenungen der Spielräume in der Methodik überhaupt eine Aussagekraft erreicht werden kann, die Energieausweise als Anknüpfungspunkt für grundrechts- und kostenintensive Handlungspflichten geeignet erscheinen lassen.

Problem: Grundrechtsbelastungen in der Verantwortung privater Energieausweisaussteller?

Unabhängig von der feststellungsmethodischen Frage ist zu beachten, dass Energieausweise im Auftrag von Privaten (Eigentümern) durch Private (Aussteller) ausgestellt werden. In Einzelfällen bei einer drohenden hohen Kostenlast aufgrund einer Sanierungspflicht, wie sie die EPBD für Nichtwohngebäude vorsieht, birgt dies ein mögliches Risiko der Auswahl „wohlgesonnener“ Aussteller, der beschönigenden Darstellung des Ist-Zustandes oder der Mehrfachausstellung bei „Nichtgefallen“ des Ergebnisses. Allerdings sind die Kosten für die Ausstellung eines Energieausweises gerade bei NWG hoch, so dass zumindest das letztgenannte Risiko eher überschaubar sein dürfte.

Aus der Sicht des Rechtsstaatsprinzips (Art. 20 Abs. 3 GG) ist zu beachten, dass die Veranlassung und Durchführung von energetischen Verbesserungsmaßnahmen einen belastenden Eingriff in Grundrechte darstellt. Für vom Staat ausgehende Grundrechtsbelastungen trägt jedoch der Staat selbst die Verantwortung, er darf grundrechtsbelastende Entscheidungen daher nicht ohne Kontrolle beliebigen Dritten überlassen, zumal nicht nach Auswahl der Rechtsbetroffenen. Eine Betrauung Dritter mit Hoheitsaufgaben („Beleihung“) ist zwar möglich, setzt aber voraus, dass die betreffende Rechtsperson die jeweilige Hoheitsaufgabe durch Rechtsvorschrift oder Einzelrechtsakt (Verwaltungsakt) übertragen bekommt. Mit Blick auf diesen „hoheitlichen Funktionsvorbehalt“ ist die Auslösung von grundrechtsbelastenden Rechtsfolgen durch Private daher rechtlich problematisch (vgl. Braungardt et al. 2022b, S. 55ff.).

Dies ließe sich zum einen durch eine Regelung umgehen, nach der der Energieausweis nur als bei der Entscheidung über die Sanierungspflicht zu berücksichtigende Sachinformation dient, die eigentliche Pflicht auf dieser Basis aber erst durch behördlichen Bescheid angeordnet wird (was aus Gründen des effektiven Rechtsschutzes ohnehin geboten sein kann). Zum anderen könnte die öffentliche Hand die Aussteller von Energieausweisen ggf. zumindest zu „Beliehenen“ machen. Damit würden an diese hoheitliche Aufgaben übertragen (hier: die Entscheidung über die MEPS-Pflicht). Das setzt aber voraus, dass die Aussteller einem staatlichen Zulassungs- oder Anerkennungsverfahren unterzogen werden. Allerdings erscheinen diese beiden Optionen angesichts des zu erwartenden Massengeschäftsaufkommens als ausgesprochen unrealistisch. Weder werden die Behörden die Aussagegüte der Energieausweise im Einzelnen nochmals „auf Herz und Nieren“ nachprüfen können und dabei einen besseren methodischen Ansatz oder verlässlicheres Datenmaterial haben als die Aussteller, noch wird es gelingen, die Vielzahl an benötigten Ausstellern alle zu Beliehenen zu machen und deren dann umso wichtigere fachliche und persönliche Zuverlässigkeit dauerhaft zu überprüfen.

Variante 2: Energieausweise als Nachweisinstrument für die Pflichterfüllung

Vor dem Hintergrund der geschilderten Probleme empfiehlt es sich nicht, Sanierungspflichten direkt (oder indirekt) an die inhaltliche Aussage eines Energieausweises zu knüpfen; vorstellbar ist aber, Energieausweise als Nachweisinstrument für die Erfüllung einer Sanierungspflicht heranzuziehen (so im Ergebnis auch Braungardt et al. 2022b, S. 57).

Das ist aus verfassungsrechtlicher Sicht möglich, weil die Interessen hier anders liegen: Sofern der Energieausweis nur als Nachweisinstrument für die erfolgte Sanierung fungiert, geht von ihm keine grundrechtsbelastende Wirkung aus. Während der Eigentümer regelmäßig kein Interesse daran haben dürfte, einer Sanierungspflicht zu unterliegen und sein Einfluss auf den Auslösetatbestand daher möglichst gering sein sollte, hat er sehr wohl ein Interesse daran, die rechtstreue Erfüllung seiner (anderweitig begründeten) Sanierungspflicht nachzuweisen, um dadurch wieder pflichtenfrei zu werden. Die Interessen zwischen öffentlicher Hand und Adressat laufen nicht (mehr) gegeneinander, es geht nicht um die Begründung, sondern nur noch um die Erledigung der Sanierungspflicht. Einen Hoheitsvorbehalt gibt es für die Erbringung des Nachweises nach erfolgter Sanierung nicht, weil es im Falle eines Energieausweises mit ungünstigen Ergebnissen nicht zu einer Grundrechtsbelastung kommt, sondern nur der Nachweis der Erfüllung misslingt.

Dennoch muss der Energieausweis selbstverständlich auch auf der Nachweisebene eine hinreichend zuverlässige Aussage abbilden. Das heißt zum einen, dass der Eigentümer (schon im eigenen Interesse) nach erfolgter Sanierung die Ausstellung eines neuen Energieausweises beauftragen wird, so dass sich das Problem der Aussagekraft veralteter, aber noch gültiger (etwa neunjähriger) Energieausweise von vornherein nicht stellt. Zum anderen muss der Gesetzgeber klären, ob er angesichts der starken Abweichungen von Verbrauchs- und Bedarfsausweisen nur eine Ausweisart als Nachweis anerkennt, bzw. ob er zwei parallele Schwellwertsysteme für Verbrauchs- oder Bedarfsausweise entwickelt.

Schließlich sollte der Gesetzgeber für die Nachweisfunktion, im Übrigen aber auch als no-regret-Maßnahme, die Vollzugs- und Kontrollebene und damit die Zuverlässigkeit von Energieausweisen stärken. Dies betrifft Punkte wie die Erhöhung der Stichproben, die Ausweitung von Aufbewahrungspflichten, den Adressatenkreis von Bußgeldern und sonstigen Sanktionen, die Sachkunde und Zuverlässigkeit der Aussteller sowie die verpflichtende Vor-Ort-Besichtigung (siehe 4.2. Qualitätssicherung sogleich und die detaillierte Analyse samt konkreten Änderungsvorschlägen bei (Klinski et al. 2020, S. 70 ff.).

10.5.2 Qualitätssicherung

Nach Art. 19 Abs. 4 EPBD sind Energieausweise von unabhängigen Sachverständigen nach einer Besichtigung vor Ort auszustellen und nach Art. 20 Abs. 1 EPBD sind weitere Ausstellungsverpflichtungen hinzugekommen: bei größeren Renovierungen, bei Verlängerung des Mietvertrags, für Gebäude, die öffentlichen Einrichtungen gehören oder von diesen genutzt werden (unabhängig von Größe und Publikumsverkehr).

Für ein qualitativ hochwertiges Energieausweissystem sind folgende Voraussetzungen notwendig:

Zertifizierung und Qualifikation der Aussteller: Die Fachkompetenz der Personen, die Energieausweise ausstellen, ist entscheidend für die Qualität und Verlässlichkeit der Ausweise. Um dies sicherzustellen, sollten klare Ausbildungs- und Zertifizierungsstandards eingeführt werden. Ein einheitliches Zertifizierungssystem sollte klare Kriterien für die Ausbildung, Prüfung und Fortbildung von Energieausstellern festlegen. Dies gewährleistet, dass alle Aussteller dieselben Standards erfüllen und über

vergleichbare Qualifikationen verfügen. Ausbildungsinstitutionen sollten akkreditiert werden, um sicherzustellen, dass die vermittelten Inhalte den aktuellen wissenschaftlichen und technischen Standards entsprechen. Die Akkreditierung könnte durch eine zuständige Kontrollbehörde erfolgen, die die Qualität der Ausbildung überwacht.

Aussteller müssen über fundierte Kenntnisse in den Bereichen Anlagentechnik, Bauphysik, Energieeffizienz und relevante rechtliche Rahmenbedingungen verfügen. Regelmäßige Fortbildungen und Aktualisierungen der Kenntnisse sind ebenfalls notwendig, um sicherzustellen, dass sie mit den neuesten Entwicklungen und Techniken vertraut sind.

Kontrollsystem für Energieausweise: Um ein effektives Kontrollsystem für das Energieausweissystem in Deutschland zu etablieren, sollten die folgenden Maßnahmen berücksichtigt werden.

- Die Einrichtung einer zentralen Registrierungsstelle und einer zentralen Datenbank nach Artikel 22 EPBD, in der alle ausgestellten Energieausweise erfasst werden. Diese Stelle sollte sowohl für die Verwaltung als auch für die Überprüfung der Ausweise zuständig sein. Dadurch kann die Nachverfolgbarkeit der Ausweise gewährleistet und ein einheitlicher Standard eingeführt werden.
- Eine systematische Ausweitung der Stichprobenkontrollen der ausgestellten Ausweise sollte durchgeführt werden. Diese Prüfungen könnten neben der zentralen Registrierungsstelle auch durch unabhängige Auditoren oder Fachbehörden erfolgen, um sicherzustellen, dass die Ausweise korrekt erstellt wurden und die vorgegebenen Standards einhalten.
- Aussteller sollten verpflichtet werden, an regelmäßigen Schulungen teilzunehmen, die sowohl rechtliche Änderungen als auch neue technische Entwicklungen abdecken. Dies kann durch die zentrale Registrierungsstelle oder durch anerkannte Bildungsträger organisiert werden.
- Festlegung klarer Sanktionen für Aussteller, die gegen die Qualitätsstandards oder gesetzlichen Vorgaben verstoßen. Dies könnte von Verwarnungen bis hin zu Geldbußen oder dem Entzug der Berechtigung zur Ausstellung von Energieausweisen reichen.
- Durch diese Maßnahmen kann ein robustes Kontrollsystem etabliert werden, das die Qualität und Integrität der Energieausweise sicherstellt und zur Erreichung der energiepolitischen Ziele in Deutschland beiträgt.

Berechnungsverfahren: Die beiden Verfahren für Verbrauchs- und Bedarfsausweise bieten unterschiedliche Perspektiven auf die Energieeffizienz von Gebäuden. Während Verbrauchsausweise auf gemessenen Daten basieren und den tatsächlichen Verbrauch widerspiegeln, bieten Bedarfsausweise eine theoretische Einschätzung des energetischen Potenzials eines Gebäudes. Eine klare Definition und Standardisierung dieser Berechnungsverfahren sind entscheidend, um die Qualität und Vergleichbarkeit der Ausweise zu gewährleisten. Eine Harmonisierung der Berechnungsgrundlagen auf nationaler Ebene würde die Vergleichbarkeit und Zuverlässigkeit der Ausweise erhöhen.

In diesem Projekt wurden die aktuellen Herausforderungen sowohl in Bezug auf die Qualitäts- als auch die Quantitätssicherung von Energieausweisen identifiziert. Die nachfolgende Tabelle präsentiert neben diesen Herausforderungen auch erste Lösungsansätze.

Tabelle 10-4: Herausforderungen und Lösungsansätze hinsichtlich Qualitäts- und Quantitätssicherung

Aktuelle Herausforderung	Lösungsansatz/-vorschlag	Vorteile	Nachteile
Es existiert keine vollständige Liste berechtigter Ausstellerinnen und Ausstellern und es erfolgt keine Zertifizierung der Aussteller.	Einrichtung einer zentralen Ausstellerdatenbank mit zertifizierten Ausstellerinnen und Ausstellern Verpflichtende regelmäßige Weiterbildung der EA-Aussteller. Ggf. temporärer Entzug der Ausstellungsberechtigung bzw. Streichung aus der Liste als Sanktion bei Pflichtverstößen durch die zentrale Zertifizierungsstelle.	sichert Qualität und fördert Rechts-sicherheit.	Entwicklung, Einführung und Betrieb zeit- und kostenaufwändig
Qualität der Energieausweise sicherstellen			
	Ausweitung und Erhöhung der Anzahl der Stichprobenkontrollen durch die Landesbehörden	erhöhte Transparenz durch Veröffentlichung der Ergebnisse der Kontrollen.	Aufwand bzgl. Personal und Kosten
	Mögliche Delegation von Vollzugsaufgaben an externe Sachverständige.	weniger Aufwand bzgl. Personal und Kosten bei Landesbehörden	Regelungen bzgl. der Qualifikation der Sachverständigen notwendig
	Aufbewahrung und Aufbewahrungsfrist für Berechnungsunterlagen ausweiten, § 99 GEG: Beschränkungen aufheben, nur Datensätze der Stichprobenkontrollen aufzubewahren, und Aufbewahrungsdauer der Daten auf längeren Zeitraum ausweiten. (Sehr wichtig für spätere Überprüfbarkeit!)	verbesserte Qualitätssicherung	Aufwand bzgl. Personal und Kosten
	Bußgeldvorschriften § 108 GEG: Einführung weiterer Tatbestände: Verwendung eines (inhaltlich) fehlerhaften E-Ausweises durch Eigentümer und Hausverwalter (Anm.: § 108 Abs. 1 Nr. 12 bis 14 GEG erfasst zwar die nicht rechtzeitige, nicht vollständige oder überhaupt nicht stattfindende Vorlage bzw. Übergabe von E-Ausweisen durch den Eigentümer, aber nicht die Verwendung von inhaltlich fehlerhaften Energieausweisen durch den Eigentümer.)	verbesserte Qualitätssicherung	Keine
	Erstellung eines (inhaltlich) fehlerhaften Energieausweises durch berechtigte Person (Anm.: § 108 Abs. 1 Nr. 17 GEG erfasst zwar die Ausstellung durch eine nicht berechtigte Person, aber nicht die Erstellung von inhaltlich fehlerhaften Energieausweisen durch eine zur Ausstellung berechtigte Person.)	verbesserte Qualitätssicherung	Keine
Quantitätssicherung			
Kurzfristig werden viele EA auszustellen sein, aufgrund der Einführung der MEPS für Nichtwohngebäude	Anreize für zukünftige Aussteller schaffen durch Maßnahmen zur Qualifizierungsförderung z.B. in Form von Zuschüssen für Lehrgänge und Weiterbildungskursen	mehr Aussteller stehen zur Verfügung	Aufwand bzgl. (Förder-)Kosten
	Verkürzung der Gültigkeit von Energieverbrauchs- ausweisen	beschleunigt die Datenerfassung des Gebäudebestandes, da mehr Ausweise ausgestellt werden müssen	keine

10.6 Verbrauchs- und Bedarfswerte bei Energieausweisen

Generell besteht im aktuellen GEG für Bestandsgebäude die Möglichkeit, Verbrauchsausweise auszustellen. Einzige Ausnahme besteht bei Wohngebäuden mit bis zu vier Wohneinheiten, deren Bauantrag vor dem 1. November 1977 gestellt wurde und die noch nicht so errichtet oder saniert wurden, dass sie dem energetischen Stand der Wärmeschutzverordnung 1977 entsprechen (§ 80 Abs. 3). Für Neubauten sind nur Energiebedarfsausweise auszustellen. Es ist zulässig, sowohl den Energiebedarf als auch den Energieverbrauch anzugeben.

Auch die EPBD lässt weiterhin Verbrauchs- und Bedarfsausweise zu (Art. 4 + Anhang I). Siehe dazu Hinweis in diesem Kapitel. Nach Anlage I EPBD ist der Einfluss des typischen Nutzerverhaltens auf den Energieverbrauch in den Energieausweisen zu berücksichtigen, da sich das Verhalten der Bewohner stark auf den tatsächlichen Energieverbrauch auswirken kann. Diese Forderung ist im aktuellen GEG und vorliegenden Bekanntmachungen noch nicht umgesetzt und bedarf weiterer umfangreicher Untersuchungen z. B. auf Basis verfügbarer nationaler Statistiken, Bauvorschriften und erfassten Daten, wie in der Richtlinie angegeben. Es wäre daher erforderlich, sich im Folgeprojekt auch auf die Analyse verhaltensbezogener Daten zu fokussieren, um Energieausweise differenzierter und realistischer zu gestalten.

Beim Verbrauchsausweis hängen die energetischen Kennwerte stark vom individuellen Nutzungsverhalten der Bewohner ab. Das ist besonders für EFH/ZFH problematisch, da die Qualität der Gebäudehülle und der Anlagentechnik nicht unabhängig vom Nutzerverhalten bewertet wird. Im Zuge der bestehenden Herausforderung, den Gebäudebestand klimaneutral zu gestalten, ist somit der Verbrauchsausweis wenig nützlich, da er über die energetische Gebäudequalität wenig aussagt. Die Abweichungen können im Laufe der Gültigkeitsdauer von 10 Jahren des Ausweises auch noch erheblich zunehmen, wenn Gebäudeeigentümer ihr Gebäude schrittweise sanieren und im Energieausweis die „alten“ Kennwerte erhalten bleiben. Dieses Manko gilt gleichermaßen auch für Energiebedarfsausweise.

In der folgenden Tabelle sind die Unterschiede sowie Vor- und Nachteile beider Ausweisarten dargestellt.

Im oberen Abschnitt zur Rechtsicherheit in diesem Kapitel wurde bereits kurz der Unterschied zwischen Verbrauchsausweisen und Bedarfsausweisen erwähnt. Zudem wurde auf potenzielle Sanierungspflichten und deren Rechtsfolgen hingewiesen, die im Zusammenhang mit diesen Ausweisen bestehen könnten.

Diskrepanzen zwischen den Ergebnissen von Energieverbrauchs- und Energiebedarfsausweisen sind auf verschiedene Faktoren zurückzuführen und weisen auf potenzielle Probleme bei der Genauigkeit der Datenerfassung, Berechnungsmethodik und den spezifischen Randbedingungen hin. Ursachen dieser Diskrepanzen sind:

Tabelle 10-5: Vergleich Verbrauchs- und Bedarfsausweis

	Energiebedarfsausweis	Energieverbrauchsausweis
Was steht im Mittelpunkt?	Energetische Qualität des Gebäudes	Energieverbrauch der Nutzer des Gebäudes
Was wird analysiert?	Der energetische Zustand der Gebäudehülle (Wände, Fenster, Dach etc.) und der Anlagentechnik (Heizung, Warmwassererzeugung, Lüftungs- und Klimatechnik, Beleuchtung bei Nichtwohngebäuden)	Energieverbräuche basierend auf dem Nutzerverhalten in einem bestimmten Gebäude
Erforderliche Daten	Geometrische und bauphysikalische Merkmale des Gebäudes sowie Parameter der Anlagentechnik	Verbrauchsdaten mindestens der letzten drei Abrechnungsperioden für Heizung, Warmwasser und Strom (nur Nichtwohngebäude); Ende des jüngsten Zeitraums darf nicht mehr als 18 Monate zurückliegen
Ergebnisse	Endenergiebedarf, Primärenergiebedarf, Transmissionswärmeverluste, Treibhausgasemissionen	Endenergieverbrauch, Primärenergieverbrauch, Treibhausgasemissionen
Vorteile	<p>Energetische Qualität des Gebäudes unabhängig vom Nutzer</p> <p>Berechneter Energiebedarf beinhaltet auch Hilfsenergien für Steuerung, Pumpen und Lüftungsanlagen</p> <p>konkrete Modernisierungsempfehlungen auf Gebäudekomponenten abstimmbare, Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen genauer ermittelbar</p> <p>als Einstieg in die Sanierung / iSFP nutzbar, sofern geometrische Vereinfachungen nicht angewandt werden,</p>	<p>Kostengünstig und geringer Aufwand, da Datenerhebung einfacher und weniger Eingabedaten notwendig</p> <p>Herleitung zu Energiekosten über Verbräuche ist einfacher</p> <p>Abbildung der „realen“ Quellen der Treibhausgasemissionen</p>
Nachteile	<p>Höhere Kosten</p> <p>Größerer Aufwand</p> <p>Bewertung auf Grundlage von Typologie-Werten wenig belastbar</p> <p>Ermittelter Energiebedarf von Bestandsgebäuden typisch zu hoch, teilweise gravierend bei unsanierten Gebäuden</p>	<p>Abhängigkeiten von den Bewohnern, besonders bei EFH/ZFH</p> <p>Leerstände im Gebäude oder die Anzahl der im Gebäude wohnenden Personen werden nicht erfasst</p> <p>Qualität der Modernisierungsempfehlungen fraglich, Vor-Ort-Besichtigung nicht unbedingt notwendig und Kenntnisse zu Bauteilen und Anlagentechnik nicht vorliegen müssen</p>

Ungenauigkeiten bei der Datenerfassung: Fehler bei der Sammlung von Verbrauchsdaten oder bei der Berechnung des theoretischen Energiebedarfs können zu erheblichen Abweichungen führen. Dies kann durch menschliche Fehler, unvollständige Datensätze oder technische Probleme verursacht werden.

Änderungen in der Nutzung des Gebäudes und Nutzerverhalten: Verändertes Nutzerverhalten, Betriebsstunden oder Anforderungen an das Gebäude können zu Abweichungen zwischen den tatsächlichen und den in den Energieverbrauchs- und Bedarfsausweisen angegebenen Werten führen, insbesondere wenn solche Änderungen nicht in den Ausweisen berücksichtigt wurden. Beispielsweise können im Zusammenhang mit einer Sanierung oder Modernisierung Veränderungen im Nutzungsverhalten auftreten, die in den standardisierten Ausweisen nicht erfasst sind. Ein solches verändertes Nutzungsverhalten – etwa durch eine intensivere Nutzung des Gebäudes oder den Einsatz zusätzlicher Geräte – kann den tatsächlichen Energieverbrauch erhöhen, während der Bedarfsausweis den theoretischen Energiebedarf auf Basis von Standardannahmen widerspiegelt. In solchen Fällen können Abweichungen zwischen dem prognostizierten und tatsächlichen Verbrauch entstehen, da die

Ausweise keine dynamischen Veränderungen im Verhalten der Nutzer oder in den Betriebsbedingungen des Gebäudes abbilden.

Unterschiedliche Annahmen und Standards: Energieverbrauchsausweise basieren auf tatsächlichen Verbrauchsdaten – oftmals inklusive nicht gebäudebezogener Energieverbraucher –, während Energiebedarfsausweise theoretische Berechnungen unter Standardrandbedingungen verwenden. Bei Bedarfsausweisen wird in der Regel auf die Standardwerte zurückgegriffen. Randbedingungen entsprechen nicht der erwartbaren Realität, z. B. Abweichungen beim Nutzungsverhalten: abweichende Raumtemperaturen, Anteil unbeheizter Flächen, Luftwechsel bei Fensterlüftung; Referenzklima. Soweit es keine anderen Erkenntnisse gibt, dürfen für die Berechnungen nach DIN V 18599 erforderliche Angaben entsprechend der jeweiligen Gebäudenutzung und der Altersklasse den Tabellen der beiden Bekanntmachungen der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohn- und Nichtwohngebäudebestand (vom 8. Oktober 2020). Bedarfsausweise legen Standardnutzer, die Verbrauchsausweise legen das Nutzerverhalten zugrunde. Diese unterschiedlichen Annahmen und Standards bei der Erstellung der Ausweise können zu erheblichen Unterschieden führen und lassen sich letztendlich nicht komplett auflösen.

Fehlerhafte Berechnungen der Energieeffizienz in Bezug auf Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage können zu erheblichen Diskrepanzen zwischen dem tatsächlichen Energieverbrauch und dem in Energieausweisen berechneten Energiebedarf führen. Dies passiert aus mehreren Gründen:

- **Unrealistische Annahmen über Betriebsbedingungen:** Bei der Berechnung des Energiebedarfs gehen Modelle oft von idealen Betriebsbedingungen aus, wie etwa einer konstanten Außentemperatur oder einer immer optimal eingestellten Heizung, Lüftung und Klimaanlage. In der Praxis laufen diese Systeme jedoch häufig nicht unter optimalen Bedingungen. Ein Beispiel: Heizungs- oder Klimaanlage sind manchmal auf eine höhere Leistung eingestellt, als tatsächlich benötigt wird, was zu einem höheren Energieverbrauch führt als in den Berechnungen angenommen.
- **Nicht optimale Anlageneinstellungen:** In vielen Gebäuden wird die Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage nicht auf die spezifischen Bedürfnisse des Gebäudes abgestimmt. Die Anlagen laufen dann oft mit ineffizienten Einstellungen, wie etwa zu hoher Temperatur oder zu hoher Luftumwälzung, was den Energieverbrauch unnötig in die Höhe treibt. Auch wenn solche Fehler nicht in den Berechnungsmodellen berücksichtigt werden, führen sie zu einem realistisch höheren Verbrauch als erwartet.
- **Nicht berücksichtigte Systemverluste:** In der Praxis entstehen durch das gesamte Anlagensystem für Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik zusätzliche Energieverluste, z. B. durch Wärmeverluste in den Leitungen oder ineffiziente Lüftungsmechanismen. Solche Verluste werden oft nicht vollständig in den Berechnungen der Energieeffizienz berücksichtigt, was dazu führt, dass die Systeme im Energieausweis effizienter erscheinen, als sie tatsächlich sind.

Fehlerhafte Annahmen über die Betriebsweise der installierten Gebäudetechnik, wie nicht optimierte Einstellungen der gebäudetechnischen Anlagen oder unberücksichtigte Systemverluste, können dazu führen, dass der Energiebedarf und der Energieverbrauch im Energieausweis nicht der Realität entsprechen. Dies kann insbesondere zu Fehleinschätzungen hinsichtlich der tatsächlichen Effizienz eines Gebäudes führen und die Grundlage für ungenaue oder nicht zielführende Empfehlungen zur Energieeinsparung bilden.

Mangelnde Berücksichtigung von Betriebs- und Instandhaltungspraktiken: Faktoren wie defekte oder nicht gewartete Systemkomponenten (z. B. verstopfte Luftfilter oder ineffizient gewartete Wärmetauscher) können die Energieeffizienz mindern und zu einem erhöhten Energieverbrauch führen.

Solche Abweichungen von den standardisierten Bedingungen werden in der Berechnung des Energiebedarfs jedoch nicht berücksichtigt, weshalb der ausgewiesene Energiebedarf nicht die tatsächliche energetische Situation des Anlagensystems widerspiegelt.

Vorschläge zur Behebung der Problematik

Die Diskussion über die Problematik der Diskrepanzen zwischen Energieverbrauchs- und Energiebedarfsausweisen in Bezug auf Bestandsgebäude und ihre Auswirkungen auf die Qualität der Datenerfassung und die Praktikabilität der Berechnungsverfahren ist von großer Bedeutung für die Weiterentwicklung von Energieausweisen in der Praxis. Dabei ist es essenziell, sowohl die Fehlerquellen als auch die praktischen Hürden zu verstehen, um Lösungen zu entwickeln, die die Genauigkeit und den Nutzen der Ausweise langfristig steigern. Die folgenden Vorschläge basieren auf den oben genannten Sachverhalten und bieten eine Perspektive zur Optimierung des Verfahrens.

Gleichzeitig bedarf es einer Klärung, ob weiterhin Verbrauchsausweise in Deutschland zugelassen werden dürfen, Verweis auf EPBD (Art. 2, Nr. 8 und Anhang I (1)), siehe Hinweis im oberen Teil dieses Kapitels.

Verbot von Verbrauchsausweisen

Ein generelles Verbot von Verbrauchsausweisen könnte sinnvoll sein, jedoch nur als langfristige Maßnahme, nachdem ein Verfahren zur Verbesserung des energetischen Berechnungsverfahrens (DIN V 18599) hinsichtlich Genauigkeit und realeren Randbedingung etabliert wurde. Die ersten Schritte sollten darin bestehen, die bestehenden normativen Berechnungsverfahren zu überarbeiten, insbesondere die Annahmen über die Anlageneffizienz, Nutzungsprofile und die Standards für bauliche Maßnahmen (z. B. Baualtersklassen, Fensterqualität, Wandstärken). Hierfür könnte ein iterativer Prozess aus wissenschaftlicher Forschung und praxisorientierter Validierung notwendig sein, um die aktuellen Fehlermargen zu identifizieren und die Berechnungsverfahren so zu modifizieren, dass sie realistischere Ergebnisse liefern. Eine engere Zusammenarbeit mit den nationalen Normierungsstellen und eine regelmäßige Überprüfung der Verfahren wäre erforderlich, um eine konsistente und belastbare Berechnungsgrundlage zu schaffen.

Vereinfachung der Berechnungsmethoden für den Energiebedarfsausweis

Das derzeitige Berechnungsverfahren für den Energiebedarfsausweis für Bestandsgebäude ist aufgrund der Vielzahl von variablen Eingabedaten und komplexen Berechnungen aufwendig und schwer zu handhaben. Dies führt zu langen Bearbeitungszeiten, hohem Aufwand und auch zu Diskrepanzen zwischen den theoretischen Bedarfsermittlungen und den realen Bedingungen.

Ein Ansatz zur Vereinfachung der Berechnungsmethoden für den Energiebedarfsausweis könnte in der Reduzierung der variablen Eingabedaten liegen. Hierzu könnte ein modulares Berechnungsverfahren entwickelt werden, das eine Standardisierung der häufigsten Gebäudetypen und -ausstattungen erlaubt und nur spezifische, differenzierte Eingaben für Abweichungen (z. B. für individuelle Sanierungen oder ungewöhnliche Gebäudetechnologien) benötigt. Ein vereinfachtes Verfahren für Bedarfsausweise, das auf einer stärkeren Orientierung an realen Betriebsergebnissen statt auf hypothetischen Durchschnittswerten basiert, könnte insbesondere im Fall von Bestandsgebäuden eine praktikable Lösung darstellen. Die Integration von dynamischen Simulationen (z. B. mittels Tools, die Gebäudetechnik und Nutzerverhalten während der Betriebsjahre einbeziehen) könnte dabei helfen, die Berechnungen an die tatsächlichen Gegebenheiten anzupassen, ohne auf zu viele Eingabedaten angewiesen zu sein.

Pflicht zur Vorlage von Energieausweisen nach energetischen Sanierungsmaßnahmen

Bei einer Sanierung besteht eine Ausstellungsverpflichtung lediglich dann, wenn in diesem Fall der Energieausweis als Nachweis zur Erfüllung der energetischen Anforderungen nach GEG § 48 herangezogen wird. Es genügt bei Sanierungen immer, dass die betroffenen Flächen des geänderten Außenbauteils die Wärmedurchgangskoeffizienten der Anlage 7 nicht überschreiten. Auch müssen aktuell nach GEG bei Erweiterungen von Gebäuden keine neuen Energieausweise ausgestellt werden. Der Energieausweis stellt deshalb bei geänderten und sanierten Gebäuden nicht zwingend den adäquaten Zustand dar.

Es wird empfohlen, Energieausweise nach energetischen Sanierungsmaßnahmen für mindestens zwei relevante Bauteile (z. B. Außenwände und Fenster, Dach und Heizung) verbindlich vorzulegen. Diese Maßnahme würde nicht nur die transparente Nachweispflicht für durchgeführte Sanierungen gewährleisten, sondern auch Fördermittelprogramme und Anreizprogramme für Gebäude-Eigentümer und -Verwalter transparenter und zielgerichteter gestalten. In den Fällen, in denen eine Fördermittelbeantragung im Rahmen nationaler Anreizprogramme zur Sanierungsfinanzierung erfolgt, sollte die Vorlage eines Energieausweises verpflichtend sein, um sicherzustellen, dass die durchgeführten Maßnahmen tatsächlich den gewünschten Effekt auf die Energieeffizienz des Gebäudes haben. Dieser Schritt würde die Energieberatung und den Sanierungsmarkt weiter professionalisieren und die Verantwortung der Gebäudeverwalter hinsichtlich nachhaltiger Energienutzung erhöhen.

10.7 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen

Die Novellierung der EU-Gebäuderichtlinie zielt auf eine bessere Vergleichbarkeit und Sichtbarkeit von Energieausweisen sowie die Nutzung von Synergien mit Sanierungsfahrplänen (Renovierungspässen). Ein neuer Standard für Energieausweise definiert verpflichtende Indikatoren wie Energieeffizienzklassen, Primärenergiebedarf und Treibhausgasemissionen. Optional können weitere Kriterien wie Ladeinfrastruktur, Innenraumluftqualität oder Lebenszyklus-CO₂-Emissionen integriert werden.

Wesentliche Anforderungen an Energieausweise sind:

- Artikel 19 – Ausweise über die Gesamtenergieeffizienz: Die Transparenz bei Energieausweisen wird gestärkt, indem Energieeffizienzklassen (A–G), CO₂-Emissionen und der Primärenergiebedarf verpflichtend anzugeben sind. Potenzielle Käufer oder Mieter sollen einfacher Immobilien vergleichen können.
- Artikel 20 – Ausstellung: Die Ausstellung von Energieausweisen erfolgt bei Neubauten, Renovierungen, Verkauf und Neuvermietung. Digitale Energieausweise sind Pflicht; auf Wunsch ist eine Papierfassung verfügbar. Verkaufs- und Vermietungsanzeigen müssen Energieeffizienzklassen enthalten.
- Artikel 21 – Aushang: Öffentliche Einrichtungen sowie Nichtwohngebäude mit hohem Publikumsverkehr müssen Energieausweise gut sichtbar ausstellen.
- Artikel 22 – Nationale Datenbanken: Mitgliedstaaten müssen nationale Datenbanken schaffen, die Energieausweise und andere relevante Daten speichern. Diese Daten müssen öffentlich zugänglich, anonymisiert und maschinenlesbar sein.

Herausforderungen für die Umsetzung

Die Einführung digitaler Energieausweise erfordert robuste IT-Systeme und Datenbanken, die mit bestehenden Systemen interoperabel sind. Große Mengen sensibler Gebäudedaten müssen sicher erfasst, verarbeitet und öffentlich zugänglich gemacht werden – eine Herausforderung im Hinblick auf die DSGVO. Energieberatende, Architekt*innen und Bauunternehmen benötigen Schulungen zur

neuen Methodik der Energieausweis-Erstellung. Strengere Kontrollen, klar definierte Standards und ein effizienter Vollzug sind notwendig, um die Qualität der Energieausweise sicherzustellen. Eine verbesserte Gestaltung von Energieausweisen soll deren Verständlichkeit und Nutzen für Laien und Fachleute erhöhen. Diese Gestaltung umfasst:

- Klare Darstellung von Energieeffizienzklassen und Modernisierungsempfehlungen,
- Integration von Sanierungsplattformen und Kontaktdaten für Renovierungsberatung und
- Optimierung der Berechnungsmethodik, um den tatsächlichen Energiebedarf realistischer abzubilden.

Energieausweise sollen digital ausgestellt und in Gebäudelogbücher integriert werden. Die Vorteile sind:

- Zentrale Speicherung aller Gebäudedaten,
- Bessere Datennutzung für Renovierungsfahrpläne und Förderprogramme und
- Automatisierte Aktualisierung durch smarte Technologien (z. B. Smart Metering).

Hinsichtlich der Qualitätssicherung und des Rechtsrahmens sind folgende Punkte relevant:

- Zertifizierung der Aussteller: Einführung einheitlicher Ausbildungs- und Prüfstandards.
- Kontrollen: Erweiterung von Stichprobenprüfungen und klarere Sanktionsmaßnahmen bei Verstößen.
- Rechtsgrundlage: Klärung der Zuständigkeiten zwischen Bund und Ländern für die Verwaltung der Datenbanken.

Handlungsempfehlungen

1. Einführung eines digitalen Energieausweises und Aufbau einer nationalen Datenbank:

- Entwicklung einer zentralen, interoperablen Datenbank, die Energieausweise, Inspektionsberichte und Renovierungsfahrpläne speichert.
- Einführung standardisierter Datenformate wie XML oder JSON, um die Integration in bestehende Systeme zu erleichtern.
- Verknüpfung von Energieausweisen mit digitalen Gebäudelogbüchern, um Renovierungsmaßnahmen automatisch zu dokumentieren und langfristig nachzuverfolgen.

Die Ziele einer Einführung eines digitalen Energieausweises und Aufbau einer nationalen Datenbank sind die Vereinfachung der Datenverwaltung und Sicherstellung der Aktualität von Energieausweisen sowie die transparente Datengrundlage für staatliche Stellen, Gebäudeeigentümer und Energieberater.

2. Qualitätssicherung und Verlässlichkeit der Energieausweise:

- Einführung eines Zertifizierungs- und Fortbildungssystems für Energieausweisaussteller
- Verbindliche Vor-Ort-Besichtigung durch Ausstellende bei der Erstellung von Energieausweisen
- Erweiterung der Stichprobenkontrollen
- Einführung klarer Sanktionen bei Verstößen, z. B. Entzug der Ausstellungslizenz oder Bußgelder für fehlerhafte Energieausweise.

Dadurch kann die Qualität und Glaubwürdigkeit von Energieausweisen sichergestellt werden und es werden Fehlinformationen vermieden, die zu ineffizienten Sanierungsmaßnahmen führen können.

3. Rechtsrahmen und politische Umsetzung:

- Anpassung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG), um die Anforderungen der EPBD zu integrieren
- Übertragung der Verantwortung für die Datenbankführung an eine zentrale Bundesbehörde
- Klärung der Zuständigkeiten zwischen Bund und Ländern hinsichtlich der Datenkontrolle und Durchsetzung der Richtlinie.

Ziele: Harmonisierung der nationalen Gesetzgebung mit den EU-Vorgaben. Effiziente Verwaltung und Durchsetzung der Energieausweisregelungen sowie Stärkung des Vollzuges.

4. Harmonisierung der Berechnungsverfahren:

- Überarbeitung der Berechnungsmethodik (DIN V 18599), um realistischere Annahmen zu Nutzerverhalten und Anlageneffizienz zu treffen.
- Langfristige Abschaffung von Verbrauchsausweisen zugunsten standardisierter Bedarfsausweise, um die energetische Qualität von Gebäuden präziser darzustellen.
- Verpflichtende Aktualisierung von Energieausweisen nach größeren Sanierungen, um den aktuellen Gebäudezustand abzubilden.

Die Ziele der Harmonisierung der Berechnungsverfahren ist die Verbesserung der Aussagekraft und Vergleichbarkeit von Energieausweisen. Es können präzise Grundlage für Sanierungsentscheidungen und Fördermaßnahmen geschaffen werden.

5. Sensibilisierung und Schulung:

- Entwicklung zielgerichteter Schulungsprogramme für Architekt*innen, Energieberatende und Handwerker zur Berechnung und Ausstellung von Energieausweisen.
- Durchführung nationaler Informationskampagnen, um Gebäudeeigentümer und Mieter über die Bedeutung und Nutzung von Energieausweisen aufzuklären.
- Einrichtung von One-Stop-Shops für Sanierungsberatung und Förderinformationen.

Dadurch kann die Akzeptanz von Energieausweisen erhöht und die korrekte Nutzung der neuen Energieausweise gefördert werden. Die Förderung der Zusammenarbeit zwischen Fachkräften und Gebäudeeigentümern wird gestärkt.

6. Integration in Sanierungsstrategien:

- Verknüpfung von Energieausweisen mit Förderprogrammen wie KfW- oder BAFA-Initiativen, um energieeffiziente Sanierungen finanziell zu unterstützen
- Einführung einer Pflicht zur Vorlage von Energieausweisen nach relevanten Sanierungsmaßnahmen, um deren Erfolg zu dokumentieren
- Erstellung von Renovierungspässen, die Sanierungsmaßnahmen schrittweise und effizient planen lassen.

Ziele: Förderung von energetischen Sanierungen und Reduktion des CO₂-Ausstoßes im Gebäudebereich. Langfristige Erreichung der Klimaziele durch optimierte Gebäudeeffizienz.

7. Finanzielle Anreize und Förderung:

- Einführung von Zuschüssen für die Digitalisierung von Energieausweisen und den Aufbau der technischen Infrastruktur

- Bereitstellung von finanziellen Anreizen für Gebäudeeigentümer zur Sanierung und Optimierung ihrer Gebäude
- Subventionierung von Schulungsprogrammen für Fachkräfte zur neuen Methodik der Energieausweise.

Mit finanziellen Anreizen und einer gezielten Förderung kann die finanzielle Belastung für Gebäudeeigentümer und Fachkräfte minimiert werden. Es kann zu einer Erhöhung der Sanierungsrate und Verbesserung der Gebäudequalität führen.

8. Langfristige Nutzung der Energieausweise:

- Energieausweise als Grundlage für die Einhaltung gesetzlich vorgegebener Mindestenergieeffizienzstandards (MEPS) nutzen
- Integration von Energieausweisen in kommunale Wärmepläne, um energetische Strategien lokal zu optimieren
- Automatisierte Datenaktualisierung durch smarte Technologien wie Smart-Metering-Systeme.

Das Ziel ist die langfristige Steigerung der Energieeffizienz und Optimierung der Gebäudenutzung. Unterstützung bei der Erreichung der EU-weiten Klimaneutralitätsziele bis 2050. Mit diesen spezifischen Handlungsempfehlungen kann die Einführung der EPBD-Vorgaben in Deutschland effizient umgesetzt werden, wodurch sowohl die Energieeffizienz des Gebäudebestands gesteigert als auch die nationalen und EU-weiten Klimaziele erreicht werden können.

11 Quartiersansatz und Innovationsklausel

11.1 Einleitung

Quartiere stellen in der Entwicklung von Städten und Kommunen einen gängigen Planungsrahmen dar und spielen vor allem in städtebaulichen und sozialen Konzepten eine wichtige Rolle. Daneben rückt im Zuge der Energiewende zunehmend die Energieversorgung des Quartiers in den Fokus. Im Quartier erfolgt eine gesamtheitliche Betrachtung der Energieversorgung mehrerer Gebäude im räumlichen Zusammenhang. Die Abgrenzung des Quartiers erfolgt dabei oft anhand von mehreren Kriterien und muss daher meist maßnahmenbezogen festgelegt werden. Aufgrund der Verzahnung des GEG mit dem Gesetz zur Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze ist damit zu rechnen, dass die Bedeutung von Quartierskonzepten als Baustein der Wärmeplanung oder im Sinne von Versorgungsgebieten weiter zunimmt.

Quartiersansätze mit Bezug zur Energieversorgung finden sich unter anderem im GEG, GEIG und EEG, dennoch fehlt eine einheitliche juristische Definition in den genannten Gesetzen. Auch das Maß der Umsetzung der durch die Regelung ermöglichten Konzepte ist unklar. Im Rahmen des Projektes wurde im Mai 2023 ein Eckpunktepapier vorgestellt und diskutiert.

Es beschreibt die wesentlichen Regelungen und Zusammenhänge und spricht auf dieser Grundlage Empfehlungen zur Weiterentwicklung von Quartiersansätzen im Rahmen des GEG aus. Dabei liegt der Fokus auf §§ 103 und 107 GEG, die die wesentlichen Paragraphen zur Beschreibung von Quartierskonzepten in der derzeit gültigen Fassung des GEG darstellen.

Um die tatsächliche Nutzung der durch §§ 103 und 107 GEG ermöglichten Ansätze für Gebäude im räumlichen Zusammenhang zu eruieren, wurden die obersten Baubehörden der Länder sowie die unteren Baubehörden zu der tatsächlichen Anwendung befragt. Die Ergebnisse werden in Kapitel 11.4 dargestellt.

Kapitel 11.5 stellt beispielhafte Berechnungen dar, um die Vorteile und Risiken der gemeinschaftlichen Bilanzierung zu veranschaulichen, zusätzlich werden neben Quartiers- auch Flottenansätze diskutiert. Mögliche Auswirkungen der 65%-Erneuerbare-Wärme-Vorgabe auf Quartierskonzepte werden in Kapitel 11.6 erörtert.

11.2 Das Quartier und gemeinschaftliche Versorgungsansätze im aktuellen GEG

11.2.1 Wärmenetz-Regelung

Eine gemeinsame Nutzung erneuerbarer Energien mittels eines Wärmenetzes wird in der derzeit gültigen Fassung des GEG durch die jeweils für ein Netz ermittelten Primärenergiefaktoren abgebildet. Wärme, die mittels eines Wärmeträgers durch ein Wärmenetz verteilt wird, wird im GEG als Nah-

bzw. Fernwärme bezeichnet. Nach § 22 Abs. 2 GEG sind Primärenergiefaktoren für die Versorgung mit Fernwärme durch das jeweilige Fernwärmeversorgungsunternehmen zu ermitteln und zu veröffentlichen. Zur Ermittlung des Primärenergiefaktors sind die zur Erzeugung und Verteilung der Wärme in einem Wärmenetz eingesetzten Brennstoffe und Strom, einschließlich Hilfsenergien, zu ermitteln und mit den Primärenergiefaktoren der Anlage 4 gewichtet in der Berechnung zu berücksichtigen. Wird in einem Wärmenetz Wärme genutzt, die durch eine Großwärmepumpe mit einer thermischen Leistung von mindestens 500 Kilowatt erzeugt wird, ist abweichend von Anlage 4 für netzbezogenen Strom zum Betrieb der Großwärmepumpe der Primärenergiefaktor für den nicht erneuerbaren Anteil von 1,2 zu verwenden. Bei einem ermittelten Wert kleiner als 0,3 ist nach § 22 Abs. 3 GEG der Wert 0,3 zu verwenden. Dabei darf der Wert um 0,001 für jeden Prozentpunkt des erneuerbaren Anteils reduziert werden, sofern die Nutzung erneuerbarer Energien oder von Abwärme in der Veröffentlichung angegeben wird.

In Abgrenzung von einem Wärmenetz, wird ein Gebäudenetz nach § 3 Abs. 1 Nr. 9a GEG als „ein Netz zur ausschließlichen Versorgung mit Wärme und Kälte von mindestens zwei und bis zu 16 Gebäuden und bis zu 100 Wohneinheiten“ definiert. Die Abgrenzung zwischen Gebäudenetz einerseits und Wärmenetz andererseits wird im Rahmen des GEG nur für die 65%-Erneuerbare-Wärme-Vorgaberelevant. Die Regelungen für Primärenergiefaktoren in § 22 GEG gelten auch für kleine Wärmenetze – und damit auch Gebäudenetze – da es insoweit keine Begrenzung gibt.

11.2.2 Innovationsklausel (§ 103 GEG)

Gemäß der Innovationsklausel des § 103 Abs. 3 Satz 1 GEG können Bauherren oder Eigentümer bei der Änderung von Bestandsgebäuden, die in räumlichem Zusammenhang stehen, eine Vereinbarung über die gemeinsame Erfüllung ihrer gesetzlichen Verpflichtung zur Beachtung von Wärmedämmstandards bei Erneuerung, Ersatz oder erstmaligem Einbau von Außenbauteilen (§ 50 Abs. 1 i.V.m. § 48 Satz 1 und Anlage 7 GEG) treffen. Voraussetzung ist, dass die von der Vereinbarung erfassten geänderten Gebäude in ihrer Gesamtheit die Standards zur energetischen Bewertung bestehender Gebäude (nach § 50 Abs. 1 GEG) erfüllen. Die Innovationsklausel ermöglicht damit im Rahmen von Modernisierungsprojekten, die gesetzlichen Anforderungen an die Energieeffizienz im Quartier über mehrere Gebäude im Schnitt gemeinsam zu erfüllen, indem effizientere die ineffizienteren Gebäude in der Gesamtbilanz ausgleichen. Allerdings muss dabei jedes geänderte Gebäude, das von der Vereinbarung erfasst wird, eine Mindestqualität der Anforderungen an die wärmeübertragende Umfassungsfläche einhalten (§ 103 Abs. 3 Satz 2 GEG). Diese Mindestqualität gilt als erfüllt, wenn die Wärmedurchgangskoeffizienten der geänderten Außenbauteile jedes einzelnen Bestandsgebäudes die Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten nach § 48 GEG i.V.m. Anlage 7 um maximal 40 Prozent überschreiten (§ 103 Abs. 3 Satz 3 GEG).

11.2.3 Wärmeversorgung im Quartier (§ 107 GEG)

§ 107 GEG regelt die gemeinsame Wärmeversorgung im Quartier. Bauherren oder Eigentümer von Neu- und Bestandsbauten, deren Gebäude in räumlichem Zusammenhang stehen, können Vereinbarungen über eine gemeinsame Versorgung ihrer Gebäude mit Wärme oder Kälte treffen, um die jeweiligen Anforderungen an die Errichtung von Niedrigstenergiegebäuden (§ 10 Abs. 2 GEG: maximaler Gesamtenergiebedarf, Wärmeschutz, Nutzung erneuerbarer Energien) bzw. die Anforderungen an bestehende Gebäude bei Änderung (§ 50 Abs. 1 i.V.m. § 48 GEG: Außenbauteile) zu erfüllen (§ 107 Abs. 1). Gemäß § 107 Abs. 2 GEG sind Mindestanforderungen zu beachten: durch eine solche Quartiersvereinbarung kann nicht abbedungen werden, dass jedes einzelne Gebäude für sich die Anforderungen an den maximalen Gesamtenergiebedarf oder den baulichen Wärmeschutz (nach § 10 Abs. 2

Nr. 1 und 2 GEG) bzw. die Anforderungen an Außenbauteile (nach § 50 Abs. 1 i.V.m. § 48 GEG) einzuhalten hat (§ 107 Abs. 2 GEG). Demgegenüber können einzelne Gebäude von den Vorgaben des Gesetzes, erneuerbare Energien zum Heizen zu nutzen, (anteilig) befreit werden, solange die gesetzlichen Anforderungen im Quartier insgesamt erfüllt werden. Treffen Bauherren oder Eigentümer nämlich eine Vereinbarung zur gemeinsamen Erfüllung der Anforderungen die Nutzung erneuerbarer Energien (§ 71 Abs. 1 GEG), muss der Wärme- und Kälteenergiebedarf ihrer Gebäude insgesamt in einem Umfang gedeckt werden, der mindestens der Summe der einzelnen prozentualen Deckungsanteile zur Nutzung erneuerbarer Energien entspricht. § 107 GEG ermöglicht damit auf Rechtsfolgenrechtsseite eine gemeinschaftliche Pflichterfüllung. Mehrere Gebäudeeigentümer, deren Gebäude in räumlichem Zusammenhang stehen, können erneuerbare Energien gemeinschaftlich zur Deckung ihres Wärmeenergiebedarfs nutzen.

11.3 Rechtliche Einordnung des Quartiersbegriffs

Gebäudebezogene Quartiersansätze finden sich im GEG, Gebäude-Elektromobilitätsinfrastruktur-Gesetz (GEIG) und Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Den gemeinsamen Nenner dieser Quartiersregelungen bildet der räumliche Zusammenhang von Gebäuden. Der Begriff des Quartiers wird allerdings weder im GEG bzw. GEIG noch im EEG definiert. Laut Gesetzesbegründung zu §§ 103, 107 GEG liegt bei Flächen in der Nachbarschaft, die in gewisser Weise zusammenhängen, ein räumlicher Zusammenhang von Gebäuden vor (BT-Drs. 19/16716, 159). Der Nachbarschaftscharakter der an einer Quartiersvereinbarung beteiligten Grundstücke soll auch dann fortbestehen, wenn der enge Zusammenhang durch eine Straße oder ein einzelnes Grundstück unterbrochen wird, dessen Eigentümer sich nicht an der Vereinbarung beteiligt (BT-Drs. 19/16716, 159). Gebäude im „Streubesitz“ in zwei verschiedenen Gemeinden oder zwei verschiedenen Stadtteilen einer Gemeinde sollen dagegen kein Quartier bilden können (BT-Drs. 19/16716, 159). Nach der Gesetzesbegründung zum EEG ist unter dem Begriff des Quartiers ein zusammenhängender Gebäudekomplex zu verstehen, der den Eindruck eines einheitlichen Ensembles erweckt. Die Gebäude des Quartiers können auf unterschiedlichen Grundstücken liegen oder durch Straßen getrennt sein, solange der Eindruck des einheitlichen Ensembles gegeben ist (BT-Drs. 19/25326, 13).

Während das GEG (flankiert durch das GEIG) darauf abzielt, Bauherren oder Gebäudeeigentümern auf Quartiersebene gewisse Flexibilitäten bzw. Erleichterungen bei der Erfüllung gesetzlicher Anforderungen an Einzelgebäude zu eröffnen (BR-Drs. 9/08) und Quartierslösungen zu fördern (BT-Drs. 19/16716, 158), gewährt das EEG bei Erzeugung und Verbrauch von Solarstrom im Quartier eine finanzielle Förderung in Form des Mieterstromzuschlags.

Bei Anwendung der Quartiersbegriffe des GEG und des EEG bzw. Stromsteuergesetz (StromStG) kann es insofern zu Konflikten kommen, als dass das Wärmequartier nach GEG „größer“ sein kann als das „Stromquartier“ nach EEG bzw. der räumliche Anwendungsbereich der Steuerbefreiung nach § 9 Abs. 1 Nr. 3 StromStG. Das Wärmequartier nach GEG wird allein durch den räumlichen Gesichtspunkt der Nachbarschaft von Flächen begrenzt. Das Mieterstromquartier des EEG wird demgegenüber einerseits durch den optischen Eindruck eines einheitlichen Gebäudekomplexes bestimmt, andererseits endet das Mieterstromquartier jedenfalls am Netzverknüpfungspunkt (keine Durchleitung durch ein Netz der allgemeinen Versorgung, § 21 Abs. 3 Satz 1 Nr. 2 EEG). Das StromStG gewährt eine Steuerbefreiung nur, wenn der Strom in einem Radius von maximal 4,5 km um die Stromerzeugungseinheit entnommen wird, vgl. § 9 Abs. 1 Nr. 3 StromStG, § 12b Abs. 5 Stromsteuer-Durchführungsverordnung (StromStV). Zielkonflikte zwischen GEG und EEG sind im Übrigen nicht zu erwarten.

Das besondere Städtebaurecht nach §§ 136 ff. Baugesetzbuch (BauGB) enthält Vorschriften, die dem jeweils zuständigen kommunalen Planungsträger die Steuerung der städtebaulichen Entwicklung auf

Quartiersebene ermöglichen. Die Vorschriften bieten ein koordinierendes Verfahren an, um städtebauliche Maßnahmen (Sanierung, Entwicklung, Stadtumbau, soziale Stadt) unter Federführung der Gemeinde umzusetzen. Die Vorschriften über städtebauliche Sanierungs- und Entwicklungsmaßnahmen, Stadtumbau und soziale Stadt können auf Quartiere anwendbar sein. Die Abgrenzung des Quartiers erfolgt durch Satzungsbeschluss, der auch die jeweiligen durchzuführenden (Sanierungs-) Maßnahmen vorgibt. Die Gebietsabgrenzung richtet sich inhaltlich nach dem jeweiligem Entwicklungsziel und der Zweckmäßigkeit (Ermessensspielraum der Gemeinde). „Wohnquartiere“ werden nur in § 171f BauGB wörtlich genannt, aber nicht definiert. Gemäß der Vorschrift können Gebiete festgelegt werden, in denen in privater Verantwortung standortbezogene Maßnahmen durchgeführt werden, die auf der Grundlage eines mit den städtebaulichen Zielen der Gemeinde abgestimmten Konzepts der Stärkung oder Entwicklung von Bereichen der Innenstädte, Stadtteilzentren, Wohnquartiere und Gewerbezentren sowie von sonstigen für die städtebauliche Entwicklung bedeutsamen Bereichen dienen. Dahinter steht der Gedanke, dass sich Einzeleigentümer in einem Gebiet zusammenschließen, um ihr „Quartier“ gemeinsam aufzuwerten, z.B. durch Fassadenrenovierung.

11.4 Umfrage zur Umsetzung von Quartierslösungen nach §§ 103 und 107 GEG

Um die Erfahrungen aus der Praxis mit §§ 103 Abs. 3 und 107 GEG einordnen und bewerten zu können, wurden zwei Online-Umfragen seitens der dena aufgesetzt. Adressaten waren zum einen die mit dem GEG-Vollzug betrauten Obersten Bauaufsichtsbehörden der Bundesländer, zum anderen die Unteren Bauaufsichten / Bauordnungen / Bauämter auf kommunaler Ebene. Hier wurde eine Stichprobe, die acht Bundesländer umfasste, befragt.

Inhalt der Umfrage war jeweils für §§ 103 Abs. 3 und 107 GEG die Frage, ob die resultierenden Möglichkeiten genutzt werden, bzw. ob es Anwendungsfälle im jeweiligen Zuständigkeitsbereich bekannt sind. Im Falle von existierenden einschlägigen Anwendungsfällen wurde weitergehend abgefragt, ob diese in Bezug auf Wirtschaftlichkeit und Sozialverträglichkeit profitieren, ob sie mit innovativen Lösungen verbunden waren und ob sie auch ohne §§ 103 Abs. 3 und 107 GEG hätten umgesetzt werden können.

Darüber hinaus waren Inhalte der Umfrage:

1. Verbesserungsmöglichkeiten von §§ 103 Abs. 3 und 107 GEG (auch im Vollzug)
2. Überschneidungen mit anderen Regelungen der Bundesländer, die für eine gemeinschaftliche Zieldefinition für Gebäude im räumlichen Zusammenhang stehen könnten, zu erfassen und
3. Eine Bewertung seitens der Umfrageteilnehmenden zu der Frage, ob § 103 GEG über das Jahr 2025 hinaus gelten soll.

Von insgesamt 51 mit der Umfrage adressierten Mitarbeitenden der 16 obersten Bauaufsicht der Bundesländer haben nach einer sechswöchigen Laufzeit der Online-Umfrage 29 Personen die Umfrage beantwortet, was einem Rücklauf von 57 % entspricht.

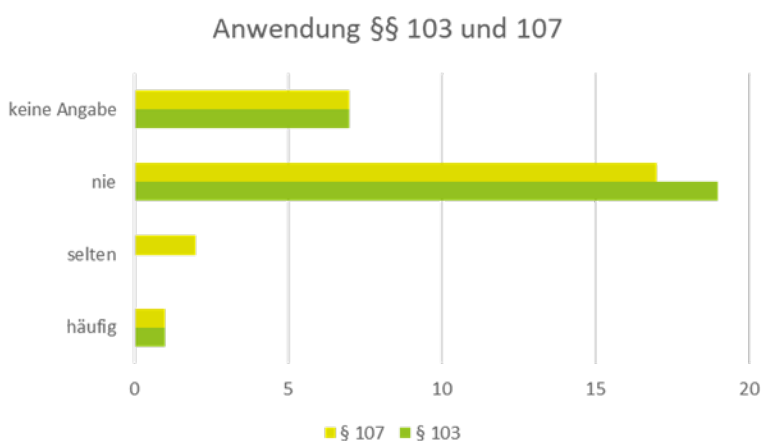
Insgesamt 386 kommunale für die Bauaufsicht zuständige Behörden (von Landkreisen, kreisfreien Städten und kreisangehörigen Städten) der acht Bundesländer Baden-Württemberg (Regierungsbezirk Stuttgart), Berlin, Brandenburg, Bremen, Mecklenburg-Vorpommern, Nordrhein-Westfalen, Saarland, Sachsen wurden per E-Mail kontaktiert. Von den insgesamt 106 kreisfreien Städten in Deutschland wurden 37 kreisfreie Städte (35 %) bei der Umfrage adressiert. Von den insgesamt 294 Landkreisen in Deutschland wurden von den sechs einbezogenen Flächenländern insgesamt 78 Landkreise (27 %) adressiert, zusätzlich die einzelnen Bezirke von den Stadtstaaten Berlin und Bremen. Bei einem Großteil der adressierten Behörden lag der Zuständigkeitsbereich in kreisangehörigen Städten

(v.a. NRW und Ba-Wü). Von insgesamt 386 mit der Umfrage adressierten Personen bzw. Behörden haben nach einer fünfwöchigen Laufzeit der Online-Umfrage 39 Personen bzw. 10 % der Befragten die Umfrage beantwortet.

Der Rücklauf der Länder wird als gut bewertet, da zum Teil auch mehrere Ansprechpersonen befragt wurden und davon auszugehen ist, dass die Beantwortung zumindest zum Teil abgestimmt wurde. Der Rücklauf der unteren Bauaufsichtsbehörden ist erwartungsgemäß geringer, was ein Indiz dafür sein kann, dass es wenig Kenntnis, Erfahrungswerte in den Behörden dazu gibt. Dies wurde in einigen Fällen per Mail zurückgemeldet.

Den befragten Vertretern der obersten Bauaufsichtsbehörden liegen zu der Umsetzung beider Paragraphen keine Informationen vor. Daher war die zusätzliche Befragung einer Stichprobe der unteren Bauaufsichtsbehörden notwendig, um eine Fehleinschätzung aufgrund der fehlenden Zuständigkeit zu vermeiden. Nach den Ergebnissen und einzelnen Rückmeldungen der obersten wie auch der unteren Bauaufsichtsbehörden, werden Genehmigungen nach § 103 Abs. 3 GEG und Vereinbarungen nach § 107 GEG nicht systematisch erfasst, somit liegen Informationen nur auf der Ebene der einzelnen unteren Bauaufsichtsbehörden vor. In den Ländern werden gemäß der eingegangenen Rückmeldungen keine Informationen über die Inanspruchnahme der §§ 103 und 107 GEG gesammelt.

Abbildung 11-1: Anwendungsfälle §§ 103 und 107 GEG, Befragung der unteren Bauaufsichtsbehörden aus acht Bundesländern



(148 Besucher, 38 Rückläufe - beendete Teilnahme)

Quelle: dena

Die Auswertung beider Umfragen zeigt, dass §§ 103 und 107 GEG nur in wenigen Fällen Anwendung finden. Allerdings werden von einzelnen Teilnehmenden auch eine häufige Inanspruchnahme gemeldet. Als innovative Lösungen werden „Eisspeicher“ und die Nutzung „industrieller Abwärme mit Saisonspeicher“ genannt. Als Vorteil wird nach den meisten Rückmeldungen „Finanzielle Ersparnisse“ vermutet. Die genannten technischen Lösungen scheinen allerdings nicht auf die Nutzung der gemeinschaftlichen Versorgungskonzepte angewiesen zu sein.

Zur Frage ob § 103 GEG über das Jahr 2025 hinaus gelten solle, gab es gemischte Reaktionen: 35 % äußern keine Meinung zu dieser Frage, 30 % bejahen die Frage, 24 % verneinen, 12 % stimmen nur unter bestimmten Bedingungen zu, wie z.B. einer Evaluierung des Erfolgs von § 103 GEG.

In den Rückmeldungen wird die Vermutung geäußert, dass die Anforderungen der kommunalen Wärmeplanung zu einer künftig verstärkten Nachfrage der Paragraphen führen könne.

11.5 Vor- und Nachteile der Bilanzierung im Quartier

Prinzipiell ergeben sich für eine zentrale Wärmeversorgung mehrerer Gebäude, die baulich nicht unmittelbar verbunden sind, aufgrund von Leitungsverlusten des Gebäude- oder Wärmenetzes bei gleicher baulicher Qualität ein höherer Endenergiebedarf für das gesamte System. Dem steht die Möglichkeit gegenüber, Abwärmequellen mittels Großwärmepumpen oder über kalte Nahwärmenetze nutzbar zu machen. Im Vergleich zu individuellen Wärmepumpen in Gebäuden nennt Ramboll¹ (2022) unter anderem folgenden Vorteile für in Wärmenetze einspeisende Großwärmepumpen:

- „Es können unterschiedliche Wärmequellen und solche mit höheren Temperaturen genutzt werden, z.B. Abwasser, überschüssige Wärme aus der Industrie, Abwärme aus der Kälteerzeugung, geothermische Energie (Aquifer oder Tiefbohrungen) usw.
- Sie haben eine höhere Leistung und robustere Komponenten als kleinere Einheiten
- Niedrigere Investitionskosten pro Kapazitätseinheit und niedrigere Betriebs- und Wartungskosten aufgrund von Größenvorteilen [...]
- Es können größere Wärmespeicher genutzt werden, um die Nutzung erneuerbarer Energien zu optimieren und der Betrieb in Zeiten mit niedrigen Strompreisen gelegt werden, um die Betriebskosten zu senken
- Sie haben eine wesentlich längere technische Lebensdauer
- Sie haben größere Verbräuche und damit Zugang zu niedrigeren Stromkosten
- Vermeidung des Ausbaus des Stromverteilnetzes, der bei einer umfassenden Elektrifizierung des Wärmebedarfs ggf. erforderlich wird. [...]“

In der primärenergetischen Bewertung profitieren Großwärmepumpen mit einer thermischen Leistung von über 500 kW, die in ein Wärmenetz einspeisen nach § 22 Abs. 2 GEG von einem reduzierten Primärenergiefaktor von 1,2.

11.5.1 Bilanzierung von Quartieren

Im Folgenden soll kurz auf mögliche Auswirkungen des in § 103 Abs. 3 und 4 GEG beschriebenen „Quartiersansatz“ eingegangen werden. Es gelten nach § 103 Abs. 3 GEG folgende Anforderung:

Bis zum 31. Dezember 2025 können Bauherren oder Eigentümer bei Änderung ihrer Gebäude, die in räumlichem Zusammenhang stehen, eine Vereinbarung über die gemeinsame Erfüllung der Anforderungen nach § 50 Absatz 1 in Verbindung mit § 48 treffen, wenn sichergestellt ist, dass die von der Vereinbarung erfassten geänderten Gebäude in ihrer Gesamtheit die Anforderungen nach § 50 Absatz 1 erfüllen. Jedes geänderte Gebäude, das von der Vereinbarung erfasst wird, muss eine Mindestqualität der Anforderungen an die wärmeübertragende Umfassungsfläche einhalten. Die Mindestqualität nach Satz 2 gilt als erfüllt, wenn die Wärmedurchgangskoeffizienten der geänderten Außenbauteile jedes einzelnen Gebäudes die Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten nach § 48 in Verbindung mit Anlage 7 um nicht mehr als 40 Prozent überschreiten.

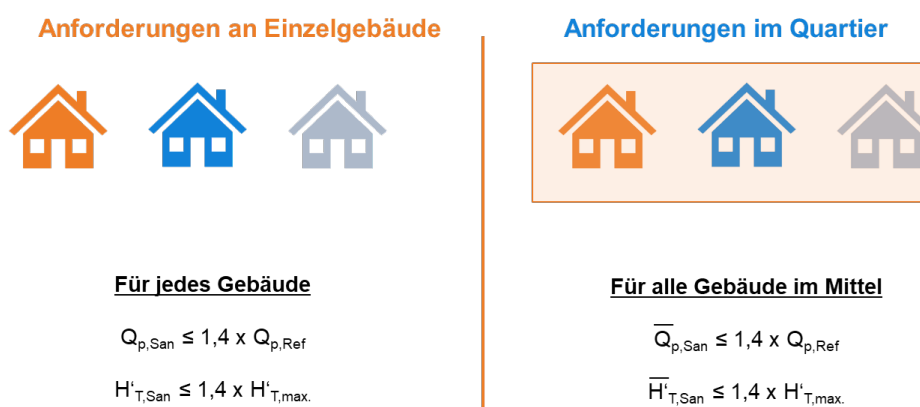
Das bedeutet, dass die betrachteten, im räumlichen Zusammenhang stehenden Gebäude in ihrer Gesamtheit entsprechend den Anforderungen des § 50 GEG folgenden Bedingungen erfüllen (Abbildung 11-2). Nach derzeitiger Lesart bedeutet das, dass nur Bestandsgebäude zusammen bilanziert werden können. Dabei darf

¹ Ramboll, 2022. Methodik der Wärmezonierung - Unterstützung der Wärmezonierung in Baden-Württemberg, Ramboll Deutschland GmbH. 2022

- der auf die Gebäudenutzfläche bezogene Jahres-Primärenergiebedarf den eines Referenzgebäudes um nicht mehr als 40 Prozent überschreiten
- und der von Gebäudenutzfläche und Gebäudetyp abhängige Höchstwert des spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche Transmissionswärmeverlust darf den Höchstwert um nicht mehr als 40 Prozent überschreiten.

Daraus lässt sich u.a. ableiten, dass nur Wohngebäude bzw. nur Nichtwohngebäude in eine gemeinsame Betrachtung mit einbezogen werden dürfen.

Abbildung 11-2: Schematische Darstellung der Anwendung des § 103 GEG



Quelle: FIW München

Die Mindestqualität an den baulichen Wärmeschutz für jedes geänderte Gebäude, das von der Vereinbarung erfasst wird, ist im Vergleich zu der bisher gültigen Anforderung in Tabelle 11-1 dargestellt. Dass bedeutet zum Beispiel für ein Wärmedämmverbundsystem anstatt 12-14 cm nur noch 8 bis 10 cm Dämmung oder bei Fenstern nur Zweifach- statt Dreifachverglasung.

Tabelle 11-1: Beispielhafte Veränderung des Höchstwertes der Wärmedurchgangskoeffizienten U_{max} in $W/(m^2 \cdot K)$ von Außenbauteilen bei Änderung an bestehenden Gebäuden

Bauteilgruppe	Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten U_{max} in $W/(m^2 \cdot K)$	
	Anforderung gemäß Anlage 7	Anforderung nach § 103 Abs. 3
Außenwände	0,24	0,34
Gegen Außenluft abgrenzende Fenster und Fenstertüren	1,30	1,82
Gegen Außenluft abgrenzende Dachflächen	0,24	0,34

Um die Auswirkungen dieser Reduzierten Anforderung durch den Ansatz einer gemeinsamen Bilanzierung aller in einem räumlichen Zusammenhang stehenden Gebäude zu analysieren, werden für drei Typengebäude

- freistehenden Ein- oder Zweifamilienhäuser
- freistehenden kleineren Mehrfamilienhäusern (8 Wohneinheiten) oder

- freistehenden größeren Mehrfamilienhäusern (16 Wohneinheiten)

entsprechend Anlage 7 und § 103 GEG bewertet und die energetische Einzelbeurteilung durchgeführt. Bei der Sanierung wird angenommen, dass allen Gebäuden an ein Wärmenetz angeschlossen werden und Veränderungen an der Gebäudehülle vorgenommen werden. Entsprechend § 48 GEG des aktuellen GEG müssen die Einzelbauteile die Anforderungen nach Anlage 7 GEG erfüllen. Alternativ ist für das jeweilige Typengebäude auch eine Sanierung nach § 103 Absatz 3 Satz 3 GEG berechnet (Tabelle 11-2). Ausgewertet werden für das jeweilige Quartier der gesamte Endenergiebedarf, die jährliche CO₂-Emission sowie die dafür notwendigen Investitionskosten für die Gebäudehülle

Tabelle 11-2: Zusammenstellung der berechneten energetischen Kennwerte für die drei Typengebäude bei unterschiedlicher Sanierungstiefe sowie dafür notwendige Investitionskosten in der Gebäudehülle

Sanierung der Bauteile gemäß:	Gebäude EFH/ZFH		MFH – klein		MFH – groß	
	Anlage 7	§ 103	Anlage 7	§ 103	Anlage 7	§ 103
H _T ' nach Sanierung in W/(m ² ·K)	0,39	0,55	0,50	0,63	0,46	0,58
Q _{primär, Sanierung} zu Q _{primär, Ref.} in %	97	136	101	127	92	115
CO ₂ -Minderung in t	7,9	6,7	12,6	10,7	50,0	78,6
Investitionskosten (Hülle) in 1.000€	72	62	146	125	851	726

Bei der Bilanzierung nach § 103 GEG wäre schon ein „Quartier“ aus zwei Gebäuden unter den getroffenen Annahmen eine Erfüllungsoption. Rechnerisch bedeutet das ca. 10 bis 40% mehr an THG-Emissionen bei gleichzeitiger Reduktion der Investitionskosten um 10 bis 15%. Eine denkbare Option wäre zum Beispiel, dass die Sanierung nach EH55-Förderung saniert wird und das zweite Gebäude nur eine Teilsanierung mit den Anforderungen nach § 103 GEG erhält. Allerdings darf bei der reinen Kostenbetrachtung nicht vergessen werden, dass die ohnehin anfallenden Sowieso-Kosten, wie z.B. Gerüst, einen nicht unerheblichen Beitrag ausmachen und sich der zusätzliche Mehraufwand durch z.B. eine dickere Dämmung innerhalb eines überschaubaren Zeitraumes sowohl energetisch als auch ökonomisch amortisieren.

Der Ansatz einer gemeinsamen Bilanzierung aller in einem räumlichen Zusammenhang stehenden Gebäude bedeutet zwar, dass aufgrund niedriger technologischer Hürden evtl. mehr Gebäude saniert werden als ohne, aber auch, dass hier nicht alle Einspar- und Effizienzpotentiale gehoben werden müssten. Ferner muss man bei der Betrachtung auch berücksichtigen, dass jede nicht voll energetisch ausgenutzte Änderung an der Gebäudehülle für einen langen Zeitraum wirksam wird, denn der übliche Sanierungszyklus für diese Bauteile liegt bei 30 Jahren und mehr. Die Festlegung auf eine nicht optimal ertüchtigte Gebäudehülle führt zu einem lock-in Effekt und kann bei steigenden Preisen zu hohen Heizkosten führen, die zu Lasten der Mieter gehen.

11.5.2 Flotten- und Quartiersansätze

Es gibt seitens der Wohnungswirtschaft den Bedarf, speziell mit Blick auf Klimaneutralität gute Beispiele zu entwickeln, die unter den in einem lokalen Markt und einem speziellen Quartier vorgegebenen Rahmenbedingungen wirtschaftlich umsetzbar sind und eine nachhaltige Bewirtschaftung erlauben. Standardisierungsansätze ließen sich etwa durch ein stärker energetisch oder an der Klimaneutralität orientiertes Portfoliomanagement schaffen.

Unter dem Begriff ‚Flotte‘ ist die Summe der einzelnen Quartiere und ggf. weiterer Liegenschaften zu verstehen. Der erwünschte Effekt eines Flottenansatzes ist, auf der Grundlage einer quartiersübergreifenden Energie-Bilanzierung die maximale Effizienz dezentraler sektoreng gekoppelter Energieerzeugung und -nutzung in den Bereichen Wärme/Strom/E-Mobilität“ zu erreichen. Die Hamburger SAGA bezog den Flottenansatz auf die CO₂-Bilanzierung.

Quartiersansätze können sich auf einheitlich bewirtschaftete Objekte (z.B. Wohnsiedlung) beziehen und können im Vergleich zu einem räumlich verteilten Portfolio gemeinschaftliche leitungsgebundene Versorgungseinheiten beinhalten. Quartiersansätze können sich aber auch ausschließlich auf den räumlichen Zusammenhang beziehen und keine gemeinschaftliche Bewirtschaftung erlauben (z.B. gestreute Eigentümerschaft).

Im Hamburgischen Klimaschutzgesetz ist nach § 17 die Nutzung erneuerbarer Energien bereits jetzt beim Austausch oder dem nachträglichen Einbau einer Heizungsanlage festgeschrieben. Danach sind Eigentümerinnen und Eigentümer der betroffenen Gebäude, die vor dem 1. Januar 2009 errichtet wurden, verpflichtet, mindestens 15 v.H. des jährlichen Wärmeenergiebedarfs durch erneuerbare Energien zu decken. In § 18 werden neben dem Anschluss an ein Wärmenetz u.a. auch Quartierslösungen als Ersatzmaßnahme genannt.

Quartierslösungen müssen nach § 9 der Umsetzungsverordnung

„aus einer Kombination aus energetischen Sanierungsmaßnahmen und einer gemeinsamen Wärmeversorgung in Form eines auf das Quartier begrenzten Wärmenetzes, welches die Gebäude des Quartiers vollständig mit Raumwärme und überwiegend (mindestens 80 v. H.) mit Trinkwarmwasser versorgt, bestehen. [...]

(3) Der Anteil erneuerbarer Energien im Wärmenetz muss mindestens 5 v. H. betragen. Mindestens zwei Drittel des über das Wärmenetz gelieferten Anteils erneuerbarer Energien müssen aus erneuerbaren Energien oder Abwärmequellen stammen, die im räumlichen Zusammenhang mit dem seitens des Konzepts erfassten Quartiers erzeugt werden. [...]

(5) Für die Umsetzung der Quartierslösung gilt eine Frist von fünf Jahren. Die Frist beginnt mit dem Zeitpunkt, zu dem bei dem ersten des durch die Quartierslösung erfassten Gebäudes die Heizungsanlage ausgetauscht oder nachträglich eingebaut wird. Auf begründeten Antrag kann die zuständige Behörde die Frist nach Satz 1 verlängern.“

11.5.3 Risiken

Auf Basis der geltenden Regelungen in § 103 Abs. 3, 4 bzw. § 107 GEG besteht die Möglichkeit, dass worst performing buildings nur im gesetzlich unabdingbaren Mindestumfang saniert werden. Sowohl § 103 Abs. 3 als auch § 107 Abs. 2 GEG enthalten Mindeststandards, die jedes von einer Quartiersvereinbarung umfasste Gebäude erfüllen muss. Diese energetischen Standards dürfen auch im Quartier nicht unterschritten werden.

Die frühere Regelung des § 107 Abs. 1 und Abs. 3 GEG bezog sich auf §§ 35 bis 45 GEG, in dem vorliegenden Gesetz verweist sie wegen des Wegfalls der Paragraphen auf § 71 Abs. 1 GEG. Da sich insbesondere § 45 GEG nicht auf eine gemeinsame Erzeugungsanlage bezog, scheint der Verweis offen für eine gemeinsame Erfüllung ohne das Vorhandensein einer gemeinsamen Erzeugungsanlage zu sein.

(3) Treffen Bauherren oder Eigentümer eine Vereinbarung zur gemeinsamen Erfüllung der Anforderung nach § 71 Absatz 1, muss der Wärme- und Kälteenergiebedarf ihrer Gebäude insgesamt in einem Umfang durch Maßnahmen nach § 71 Absatz 1 gedeckt werden, der mindestens der Summe entspricht, die sich aus den einzelnen Deckungsanteilen nach § 71 Absatz 1 ergibt.

Eine rein rechnerische gemeinsame Erfüllung ist nicht im Sinne der Regelung, da hierdurch Gebäude ausgenommen werden könnten. Im Sinne eines Quartierskonzeptes könnte eine gemeinsame Vereinbarung mit befristeter Dauer eine Flexibilisierung der Umsetzung ermöglichen. Es sollten zusätzliche Anforderungen benannt werden, wie zum Beispiel die Vorlage eines Quartierskonzeptes zur Erreichung der Klimaneutralität (analog zu einem Transformationsplan).

11.6 Das Quartier und die 65%-Erneuerbare-Wärme-Vorgabe

Gemäß der Anforderungen nach § 71 GEG müssen neu eingebaute oder neu aufgestellte Heizungsanlagen mindestens 65 Prozent der mit der Anlage bereitgestellten Wärme mit erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme erzeugen. Quartierslösungen spielen vor allem im Fall von Gebäude- oder Wärmenetzen eine Rolle. Einzelne Gebäude im Quartier unterliegen ohne eine Anwendung von § 103 GEG jeweils einzeln der Anforderung.

Nach § 71 Abs 1 Satz 2 GEG gilt die Verpflichtung auch für Heizungsanlagen, die in Gebäudenetze¹ einspeisen. Entsprechend kommen als Erzeuger für Gebäudenetze nach § 71 Abs. 2 Satz 1 GEG elektrisch angetriebene Wärmepumpen (§ 71c GEG) oder Stromdirektheizungen (§ 71d GEG) in Frage, wobei letztere in der Praxis für Gebäudenetze nur in Ausnahmefällen eine Rolle spielen dürften. Zusätzlich kann die Anforderung nach § 71 Abs. 1 GEG durch die vollständige Deckung des Wärmebedarfs durch solarthermische Anlagen (§ 71e GEG), Heizungsanlagen zur Nutzung von grünem oder blauem Wasserstoff einschließlich daraus hergestellter Derivate nach Maßgabe der §§ 71f und 71g GEG oder Wärmepumpen-Hybridheizungen oder Solarthermie-Hybridheizungen nach Maßgabe des § 71h GEG erfolgen. Für die Versorgung bestehende Gebäude² mit Gebäudenetzen kommen als Erzeuger auch Heizungsanlagen zur Nutzung von Biomasse in Betracht.

Wärmenetze gelten nach § 71b GEG als Erfüllungsoption der 65%-Erneuerbare-Wärme-Vorgabe, sofern sie die gesetzlichen Anforderungen erfüllen. Laut Wärmeplanungsgesetz (WPG) müssen neue Wärmenetze vom 1. März 2025 an mindestens 65 Prozent der jährlichen kumulierten Erzeugernutzwärmeabgabe aus erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme beziehen (§ 30 WPG). Beim Anschluss an bestehende Netze gelten die im Wärmeplanungsgesetz genannten Mindestanteile erneuerbarer Energien in den Jahren 2030 und 2040 (§ 29 WPG).

Übergangsfristen werden eingeräumt, sofern durch den Gebäudeeigentümer ein Vertrag für die zukünftige Belieferung mit mindestens 65% erneuerbaren Energien oder Abwärme durch den Anschluss an ein Wärmenetz vorlegt, für das der Wärmenetzbetreiber einen Wärmenetzausbau- und -dekarbonisierungsfahrplan, der in Einklang mit den jeweils geltenden gesetzlichen Anforderungen steht, mit zwei- bis dreijährlichen Meilensteinen für die Erschließung des Gebiets mit einem Wärmenetz vorgelegt hat und das Gebäude spätestens innerhalb von zehn Jahren nach Vertragsschluss beliefert wird (§ 71j GEG).

¹ Ein „Gebäudenetz“ ist ein Netz zur ausschließlichen Versorgung mit Wärme und Kälte von mindestens zwei und bis zu 16 Gebäuden und bis zu 100 Wohneinheiten, § 3 Abs. 1 Nr. 9a GEG

² Satz 1 Nr. 5 gilt nicht für Heizungsanlagen zur Nutzung von Biomasse einschließlich daraus hergestellter Derivate, die [...] zur Versorgung von zu errichtenden Gebäuden über ein Gebäudenetz neu eingebaut oder aufgestellt werden.

Quartiersansätze, wie sie bislang beispielsweise durch das KfW Programm 432 Energetische Stadtsanierung gefördert wurden, ergänzen die reine Versorgungslösung von Gebäude- oder Wärmenetze um Strategien für Sanierungen. Ganzheitliche Sanierungsstrategien berücksichtigen zusätzlich Effizienzmaßnahmen der Gebäudehülle. Die Regelungen der §§ 71ff. GEG, beziehen sich primär auf versorgungsseitige Lösungen.

11.7 Diskussion und Empfehlungen

11.7.1 Innovationsklausel (§ 103 Abs. 3 GEG)

§ 103 Abs. 3 Satz 1 GEG ermöglicht es im Rahmen von Modernisierungsprojekten, die gesetzlichen Anforderungen an die Energieeffizienz im Quartier über mehrere Gebäude im Schnitt gemeinsam zu erfüllen, dabei gleichen effizientere die ineffizienteren Gebäude in der Gesamtbilanz aus. Die Höchstwerte nach Anlage 7 GEG dürfen dabei um maximal 40 Prozent überschritten werden. § 103 Abs. 3 ist in der derzeit gültigen Fassung des GEG zum 31.12.2025 befristet. Der Fortbestand von Quartiersansätzen wird auch von der Bauministerkonferenz gefordert, die sich für eine Berücksichtigung der Quartiersansätze im Bestand und Neubau aussprach (Beschl. vom 18./19.11.2021, Nr. 2, 4 und 5).

Die Umfrage der unteren Bauaufsichtsbehörden bringt gemischte Reaktionen auf die Frage, ob § 103 GEG über das Jahr 2025 hinaus verlängert werden soll: 35 % äußerten keine Meinung zu dieser Frage, 30 % bejahten die Frage, 24 % verneinten, 12 % stimmten nur unter bestimmten Bedingungen zu, wie z.B. einer Evaluierung des Erfolgs von § 103 GEG. Eine weitere Rückmeldung der Befragung der unteren Baubehörden war, dass keine fundierte Datengrundlage zur Anwendung von §§ 103 und 107 GEG vorläge. Dies liegt laut Aussagen der Umfrage-Teilnehmenden an fehlenden Anträgen und Vorlagen von Erfüllungserklärungen zur Überprüfung und einem fehlenden Monitoring, einzeln wurde auch auf fehlendes Personal, um die Anwendung zu kontrollieren, verwiesen. Für eine bessere Erfassung sind entsprechende Meldepflichten erforderlich.

Das Konsortium sieht eine Verlängerung der Regelung § 103 Abs. 3 Satz 1 GEG dann als sinnvoll an, wenn die derzeitige Regelung im Sinne des GEG in der praktischen Umsetzung gestärkt wird. Mögliche Ansatzpunkte hierfür sind im Folgenden diskutiert, diese sollten zu mehr Flexibilität, aber nicht zu einer Aushöhlung der Anforderungen führen.

Die Berechnungen zeigen, dass in Einzelfällen eine höhere Flexibilität bei der Wahl der Sanierungsstrategie gewonnen wird und ggf. auch die Nutzung von Fördermitteln optimiert werden kann. Die Unterschreitung der Anforderungen sollte aber nicht zu Lock-in-Effekten aufgrund zu geringer Dämmstärken führen.

Allerdings sieht das Konsortium ohnehin eine Weiterentwicklung der Förderung als notwendig an – dahingehend, dass Quartierslösungen und Einzelmaßnahmen auch jenseits eines „Effizienzhaus“-Niveaus gestärkt werden. Mit einer Einführung eines „Nullemissionsgebäude-Standards im Bestand“ könnte die Gebäudeförderung neu austariert werden.

Nullemissionsquartiere. Eine Möglichkeit, dies auf den Maßstab von Quartieren zu übertragen, wäre die Einführung von Nullemissionsquartieren. Aufgrund der eingangs beschriebenen unterschiedlichen Regelungen des Strom- und Wärmesektors ist bislang die gemeinschaftliche Nutzung von PV-Strom im Quartier nur über die Einrichtung einer Kundenanlage möglich. Ohne diese können beispielsweise zentrale Wärmepumpen nicht von im Quartier installierten Photovoltaikanlagen im Sinne einer Eigenstromnutzung profitieren, sofern die Verbindung nur über das Netz der allgemeinen Versorgung besteht. Eine gemeinsame Erzeugung und Nutzung von PV-Strom im Quartier bietet Vorteile

durch die Kopplung von Wärme- und Stromsektor (und Elektromobilität). Der Mehrwert der Sektorkopplung, der unter anderem im netzdienlichen Betrieb oder in der vermiedenen Einspeisung von lokal erzeugtem Strom aus erneuerbaren Energien liegt, könnte durch die Weiterentwicklung der stromseitig definierten Kundenanlagen hin zu einer integrierten Vor-Ort-Versorgung besser genutzt werden. Es sollte geprüft werden, inwiefern Nullemissionsquartiere das Potenzial der Sektorkopplung besser nutzbar machen könnten. Nullemissionsquartiere wären Quartiere, die keine CO₂-Emissionen aus fossilen Brennstoffen am Standort *des Quartiers* verursachen, aber analog zu §§ 103 Abs. 3 GEG eine Begrenzung bezüglich $q_{p,tot}$ und $q_{h,b,0}$ einziehen. Dies würde auch der Prüfung dienen, inwiefern die Ansätze der EPBD auf Quartiers- oder Nachbarschaftsansätze übertragen werden können (Art. 28 EPBD).

Portfoliostrategien. Eine Betrachtung von Portfoliostrategien zur Erreichung eines klimaneutralen Bestandes durch private oder öffentliche Wohnungsbaugesellschaften ist eine sinnvolle Strategie und kann im Sinne des GEG im räumlichen Zusammenhang bereits jetzt umgesetzt werden. Ein weitergehender Mehrwert könnte darin bestehen, die zeitlich aufgestellten Portfoliostrategien mit den unmittelbaren Anforderungen der 65%-Erneuerbare-Wärme-Vorgabe in Einklang zu bringen. Hierdurch könnte eine breite Umsetzung motiviert und gleichzeitig die Investitionen aus Sicht der Wohnungswirtschaft optimiert werden. Insbesondere bei Mietwohngebäuden sollte darauf geachtet werden, eine Ungleichverteilung der Heizkosten im Quartier aufgrund der so gewonnenen Flexibilität zu vermeiden. Eine zeitliche Flexibilität ist bereits durch die Möglichkeiten von Hybridsystemen sowie der anteiligen Nutzung klimaneutraler Gase angelegt. Die Praxisnähe sollte mit Akteuren der Wohnungswirtschaft erörtert bzw. erprobt werden. Praxisnahe Umsetzungsstrategien könnten eine verstärkte Nutzung der bestehenden Möglichkeiten nach §§ 103 und 107 GEG mit sich bringen.

Ein grundsätzliches Problem wird in dem Fokus auf Einzelgebäude bei der Beratungssoftware und vor allem in der Förderung gesehen. Eine Überschreitung einzelner Kennwerte nach § 103 GEG hätte demnach einen Verlust der Förderfähigkeit einzelner Gebäude zur Folge. Einer verstärkten Nutzung einer Vereinbarung über die gemeinsame Erfüllung der Anforderungen nach § 50 Abs. 1 GEG in Verbindung mit § 48 GEG gemäß § 103 GEG scheint vor allem die gebäudebezogene Bewertung der Förderfähigkeit entgegenzustehen. Eine Anerkennung der gemeinsamen Erfüllung im Rahmen der BEG z.B. in Form von Nullemissions-Quartieren könnte die Regelung attraktiver machen. Zusätzlich müsste die gemeinsame Bilanzierung mehrerer Gebäude durch die Softwareunternehmen in ihren Programmen umgesetzt werden. Die Berechnungen haben im derzeitigen Förderrahmen aber auch die Kombinationsmöglichkeit von Effizienzhaus- und Einzelmaßnahmenförderung gezeigt. Die Regelung ist nach Einschätzung der Diskussionsteilnehmer im Grunde nur interessant für mehrere Gebäude im Besitz eines einzelnen Eigentümers.

Dichtebonus. Eine weitere Möglichkeit, die allerdings nicht im Rahmen des GEG geregelt werden kann, wäre die Gewährung einer erhöhten baulichen Nutzung im Quartier, sofern die Anforderungen übertroffen werden, was einem Dichtebonus¹ entspräche. Ein solcher Bonus ist ein anreizbasiertes Instrument, das sich am besten für Städte eignet, in denen die Marktnachfrage groß und die Verfügbarkeit von Grundstücken begrenzt ist, oder für Projekte oder Standorte, bei denen die finanziellen Anreize für den Bauherrn die alternativen Entwicklungsoptionen überwiegen. Das Instrument, das vor allem in Nordamerika genutzt wird, erlaubt es Bauherren, das Maß der baulichen Nutzung eines Grundstücks zu überschreiten, sofern die Gebäude weitere Bedingungen erfüllen. Dies können z.B. energetische Anforderungen oder Anforderungen des nachhaltigen Bauens sein.

¹ „A density bonus is an incentive-based tool that permits a developer to increase the maximum allowable development on a site in exchange for either funds or in-kind support for specified public policy goals.“ in Amirtahmasebi et al. (2016), S. 55.

11.7.2 Gemeinsame Wärmeversorgung im Quartier (§ 107 GEG)

Das Konsortium empfiehlt, § 107 beizubehalten, diesen aber durch weitere Konkretisierung praktisch anwendbarer zu gestalten, um die Ziele des GEG und unter anderem auch die Umsetzung der 65%-Erneuerbare-Wärme-Vorgabe durch Quartiersansätze zu fördern. Zusätzlich könnten Regelungen nach § 107 GEG zukünftig eine Möglichkeit darstellen, das GEG mit den Zielen der kommunalen Wärmeplanung zu verzahnen. Vereinbarungen zur gemeinsamen Versorgung mehrerer Gebäude für Wärmeversorgungsgebiete nach § 18 WPG könnten Teil der Maßnahmen der Umsetzungsstrategie nach § 20 WPG sein. § 107 sollte durch Maßnahmen zur Unterstützung von privaten Initiativen oder Quartierskonzepten ergänzt werden wie zum Beispiel eine Duldungspflicht durch benachbarte Grundstückseigentümer.

Grundstücke Dritter. Eine Möglichkeit, die Entwicklung von Gebäude- oder Wärmenetzen durch Erneuerbare-Energiegemeinschaften oder Bürgerenergiegesellschaften zu stärken, könnte in der Stärkung der Rechte zur Benutzung von Grundstücken Dritter liegen. Dies war ursprünglich in § 6 EEWärmeG vorgesehen, wurde aber nur als Möglichkeit einer Vereinbarung in das GEG übernommen. Gemäß § 107 GEG können Bauherren oder Eigentümer, deren Gebäude in räumlichem Zusammenhang stehen, Vereinbarungen über eine gemeinsame Versorgung ihrer Gebäude mit Wärme oder Kälte treffen, Gegenstand von Vereinbarungen kann dabei ausdrücklich die „Benutzung von Grundstücken, deren Betreten und die Führung von Leitungen über Grundstücke“ sein (§ 107 Abs. 1 Satz 2 Nr. 3 GEG). Im EEWärmeG beinhaltete die entsprechende Regelung nicht nur die Möglichkeit, eine Vereinbarung zu treffen, sondern vielmehr die Duldungspflicht von Nachbarn der zum Betrieb der Anlagen in dem notwendigen und zumutbaren Umfang die Benutzung ihrer Grundstücke. Dies beinhaltete auch gegen angemessene Entschädigung die Führung von Leitungen.

„Die Pflicht nach § 3 Abs. 1 kann auch dadurch erfüllt werden, dass Verpflichtete, deren Gebäude in räumlichem Zusammenhang stehen, ihren Wärme- und Kälteenergiebedarf insgesamt in einem Umfang decken, der der Summe der einzelnen Verpflichtungen nach § 5 entspricht. Betreiben Verpflichtete zu diesem Zweck eine oder mehrere Anlagen zur Erzeugung von Wärme oder Kälte aus Erneuerbaren Energien, so können sie von den Nachbarn verlangen, dass diese zum Betrieb der Anlagen in dem notwendigen und zumutbaren Umfang die Benutzung ihrer Grundstücke, insbesondere das Betreten, und gegen angemessene Entschädigung die Führung von Leitungen über ihre Grundstücke dulden.“ (§ 6 EEWärmeG)

Es sollte geprüft werden, ob die derzeitige Formulierung des § 107 Abs. 3 GEG offen ist für eine gemeinsame Erfüllung der Anforderung nach § 71 Absatz 1 GEG, ohne ausdrücklich das Vorhandensein einer gemeinsamen Erzeugungsanlage bzw. eine leitungsgebundene Versorgung der Gebäude zu benennen. Gegebenenfalls sollten geeignete Nebenbedingungen formuliert werden. Eine gemeinsame Erfüllung in Summe kann in Fällen missbräuchlich sein, in denen einzelne Eigentümer den vollständigen Bedarf durch erneuerbare Energien decken und dadurch weitere an eine Vereinbarung Beteiligte von der Pflicht zur Nutzung erneuerbarer Energien vollständig enthoben werden können, ohne dass ein Quartierskonzept vorliegt, in dem ein solcher Ausgleich im Sinne des GEG begründet wäre.

Übergangsfristen. Um Quartierslösungen zu stärken, sollte für die Planung und Errichtung neuer Gebäudenetze Übergangsfristen zur Abstimmung der Eigentümer analog zu Wohneigentümergeinschaft (WEG) oder Wärmenetzen gelten, sofern Gebäude unterschiedlicher Eigentümer an die Netze angeschlossen werden sollen. Eine Vereinbarung privater Bauherren oder Eigentümer nach § 107 GEG zur gemeinschaftlichen Versorgung könnte ein Ausgangspunkt für Gebäude- oder Wärmenetze im Bestand und somit für eine gemeinschaftliche Wärmeversorgung auf der Basis von erneuerbaren Energien sein. Für Gebäudenetze im Gebäudebestand können Hybridsysteme eine sinnvolle Lösung darstellen, um heutige hohe Spitzenlasten abzudecken, die langfristig durch den verbesserten Wär-

meschutz von Gebäuden reduziert werden sollten. Für den Neubau scheinen Gebäudenetze, die ausschließlich mit Wärmepumpen als zentrale Erzeugungseinheit betrieben werden aufgrund der niedrigen Vorlauftemperaturen sinnvoll. Bivalente Systeme sind z.B. in Verbindung mit Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen schon jetzt verbreitet, wobei in Systemen, die der 65%-Erneuerbare-Wärme-Vorgabe entsprechen, elektrische Wärmepumpen die KWK als Grundlasterzeuger ersetzen würden. Denkbar sind solche Lösungen für Einfamilienhäuser (z.B. Berlin Eichkamp), Reihenhäuser, kleine Mehrfamilienhäuser oder auch Mehrfamilienhäuser innerhalb eines Sanierungs- oder Entwicklungsgebietes (z.B. Gebiete der Energetischen Stadtsanierung). Eine solche Lösung erfordert dauerhafte Vereinbarungen und eine Garantie der Versorgung/Wartung und somit eines zeitlichen Vorlaufs zur Planung und Umsetzung.

Für Gebäude, in dem mindestens eine Etagenheizung betrieben wird, beträgt die Frist zur Umsetzung der Maßnahmen nach § 71I Abs. 1 GEG fünf Jahre ab dem Zeitpunkt, zu dem die erste Etagenheizung ausgetauscht werden muss. Bei Umstellung auf eine zentrale Heizung verlängert sich die Frist gem. § 71I Abs. 2 GEG um weitere acht Jahre.

12 Soziale Auswirkungen und Zielgruppen

12.1 Einleitung

Bei der Einführung ordnungsrechtlicher Maßnahmen im Gebäudebereich sind verschiedene Haushaltstypen in unterschiedlicher Form betroffen. Die Abschätzung der Folgewirkungen von ordnungsrechtlichen Maßnahmen auf verschiedene Gruppen ist von großer Bedeutung, um diese gezielt unterstützen zu können und Akzeptanz für die Maßnahmen zu erreichen.

Soziale Aspekte bei der Umsetzung von Maßnahmen im Gebäudebereich gewinnen auch auf EU-Ebene zunehmend an Bedeutung, u.a. in der EED, EPBD sowie in der Verordnung (EU) 2023/955 für den Klima-Sozialfonds.¹ Auch vor dem Hintergrund der Energiepreiskrise ist eine Bewertung der Be- und Entlastungen zentral.

Für die Bewertung der Auswirkungen von Maßnahmen auf verschiedene Zielgruppen können verschiedene Charakteristika in Betracht gezogen werden, z.B.:

- Einkommensniveau der Haushalte.
- Wohnform (Miete/Selbstnutzende Eigentümer*innen).
- Energetische Qualität der Gebäude und Typ/Größe der Wohneinheiten.
- Bestimmte Bevölkerungsgruppen (z.B. Rentner*innen, Familien, etc.).

Die sozialen Auswirkungen ordnungsrechtlicher Regelungen sind eng mit dem weiteren politischen Umfeld verknüpft, insbesondere mit Fördermaßnahmen und mietrechtlichen Bestimmungen. So können beispielsweise Förderprogramme maßgeblich dazu beitragen, dass bestimmte Bevölkerungsgruppen nicht unangemessen belastet werden und notwendige Anpassungen finanzierbar bleiben. Gleichzeitig spielen mietrechtliche Regelungen eine zentrale Rolle. Sie regeln primär den Mieterschutz und die vertragliche Beziehung zwischen den Mietvertragsparteien. Dabei beeinflussen sie auch die Wohnkosten und damit die soziale Verträglichkeit von ordnungsrechtlichen Maßnahmen.

In den nachfolgenden Abschnitten werden zunächst die Anforderungen auf EU-Ebene dargestellt, aus denen sich ein Handlungsbedarf für den Gebäudesektor in Deutschland ableitet (Abschnitt 12.2). In Abschnitt 12.3 wird ein Überblick über die Wohnsituation verschiedener Haushaltstypen gegeben. Die nachfolgenden Abschnitte 12.4 bis 12.6 beschäftigen sich mit dem vermieteten Bereich und betrachten verschiedene Ansätze für Änderungen an der bestehenden Systematik der Umlage von Modernisierungskosten sowie Änderungsansätze für eine bessere Verknüpfung des GEG mit mietrechtlichen Regelungen.

¹ Verordnung (EU) 2023/955 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 10. Mai 2023 zur Einrichtung eines Klima-Sozialfonds und zur Änderung der Verordnung (EU) 2021/1060 (ABl. L 130 vom 16.5.2023, S. 1) zuletzt geändert durch:

Richtlinie (EU) 2023/1791 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. September 2023 zur Energieeffizienz und zur Änderung der Verordnung (EU) 2023/955 (ABl. L 231 vom 20.9.2023, S. 1).

12.2 Soziale Aspekte der Wärmewende im EU-Kontext

Die Bezahlbarkeit des Wohnens und soziale Aspekte stellen auf EU-Ebene einen wichtigen Bestandteil des Politikrahmens für die Transformation des Gebäudesektors dar. Die verschiedenen im Kontext des Fit-for-55-Paketes novellierten Rechtsakte enthalten zahlreiche Anforderungen und Anregungen an die Mitgliedstaaten zur Bekämpfung von Energiearmut sowie zur gezielten Unterstützung von vulnerablen Haushalten. Wichtige Bestimmungen in der Verordnung für den Klima-Sozialfonds, in der EED und in der EPBD adressieren gemeinsam die Herausforderung der Energiearmut, während sie gleichzeitig Energieeffizienz und Dekarbonisierung fördern.

Die EED enthält wichtige Regelungen zur Bekämpfung der Energiearmut in der EU. Art. 2 Nr. 52 EED führt die erste EU-weite Definition von Energiearmut ein. Demnach wird Energiearmut als den fehlenden Zugang eines Haushalts zu essenziellen Energiedienstleistungen beschrieben, wenn mit diesen Dienstleistungen ein grundlegendes und angemessenes Maß an Lebensstandard und Gesundheit sichergestellt wird. Dies umfasst eine angemessene Versorgung mit Wärme, Warmwasser, Kälte und Beleuchtung sowie Energie für den Betrieb von Haushaltsgeräten. Energiearmut wird durch eine Kombination von Faktoren verursacht, darunter zumindest Unerschwinglichkeit, unzureichendes verfügbares Einkommen, hohe Energieausgaben und schlechte Energieeffizienz von Wohnungen.

Art. 3 und Erwägungsgrund (23) EED betonen, dass Menschen, die von Energiearmut betroffen oder bedroht sind, vom Grundsatz „Energieeffizienz an erster Stelle“ profitieren sollten. Erwägungsgrund (23) besagt weiter, dass Energieeffizienzmaßnahmen vorrangig umgesetzt werden sollten, um die Situation dieser Personen und Haushalte zu verbessern und die Energiearmut zu verringern.

Art. 8 Abs. 3 EED spezifiziert, dass der Anteil der kumulierten Endenergieeinsparungen bei diesen Gruppen mindestens dem Anteil der von Energiearmut betroffenen Haushalte entsprechen soll, wie er in den Nationalen Energie- und Klimaplänen geschätzt wurde. Zudem stärkt und schützt Art. 24 EED schutzbedürftige Kunden und zielt darauf ab, die Energiearmut zu verringern.

Auch die EPBD enthält wichtige Bestimmungen zur Bekämpfung der Energiearmut und zur Unterstützung schutzbedürftiger Haushalte. In Art. 2 Nr. 27 EPBD wird auf die Definition von Energiearmut gemäß der EED verwiesen, wodurch eine identische Definition für beide Richtlinien festgelegt wird.

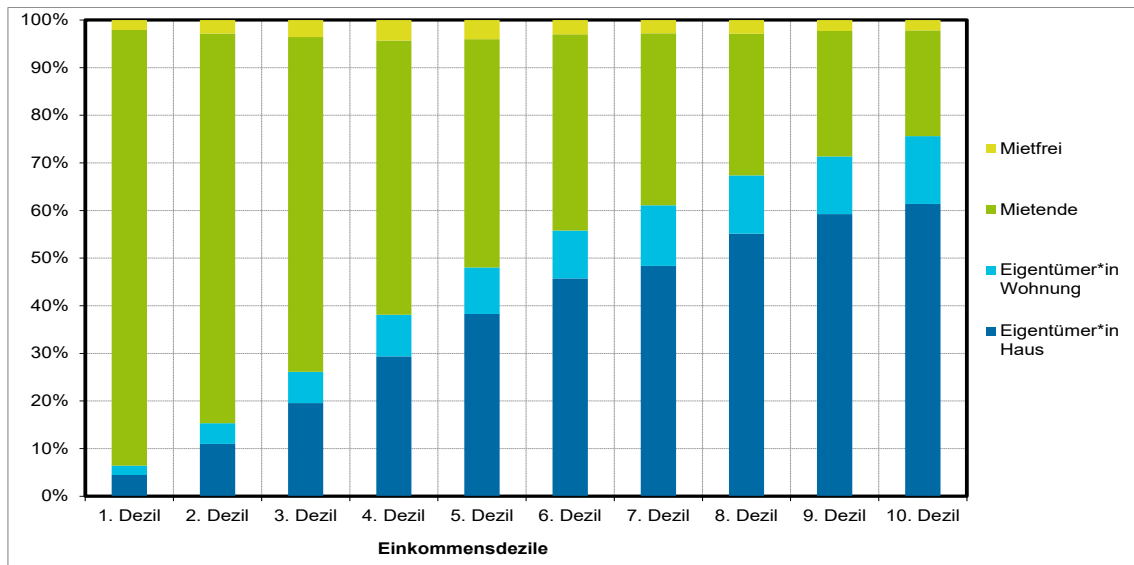
Art. 2 Nr. 28 EPBD definiert schutzbedürftige Haushalte als solche, die von Energiearmut betroffen sind oder Haushalte, einschließlich solcher mit niedrigem mittlerem Einkommen, die hohen Energiekosten besonders ausgesetzt sind und nicht über die Mittel verfügen, um das von ihnen bewohnte Gebäude zu renovieren.

Die EPBD sieht vor, dass Effizienzmaßnahmen und die Dekarbonisierung speziell bei vulnerablen Haushalten priorisiert werden. Zudem sollen im Rahmen der National Building Renovation Plans (NBRP) das Monitoring hinsichtlich Energiearmut, der Anteil der Bevölkerung mit unangemessenem Wohnraum sowie Strategien und Maßnahmen zur Bekämpfung der Energiearmut und zur Gewährleistung von erschwinglichem Wohnraum fest verankert werden.

12.3 Wohnsituation und Wohnkostenbelastung privater Haushalte

In Deutschland leben etwa die Hälfte der Haushalte zur Miete. In den unteren Einkommensdezilen sind deutlich mehr Mietende als selbstnutzende Eigentümer*innen. In den oberen Einkommensdezilen findet sich ein großer Anteil an selbstnutzende Eigentümer*innen (siehe Abbildung 12-1).

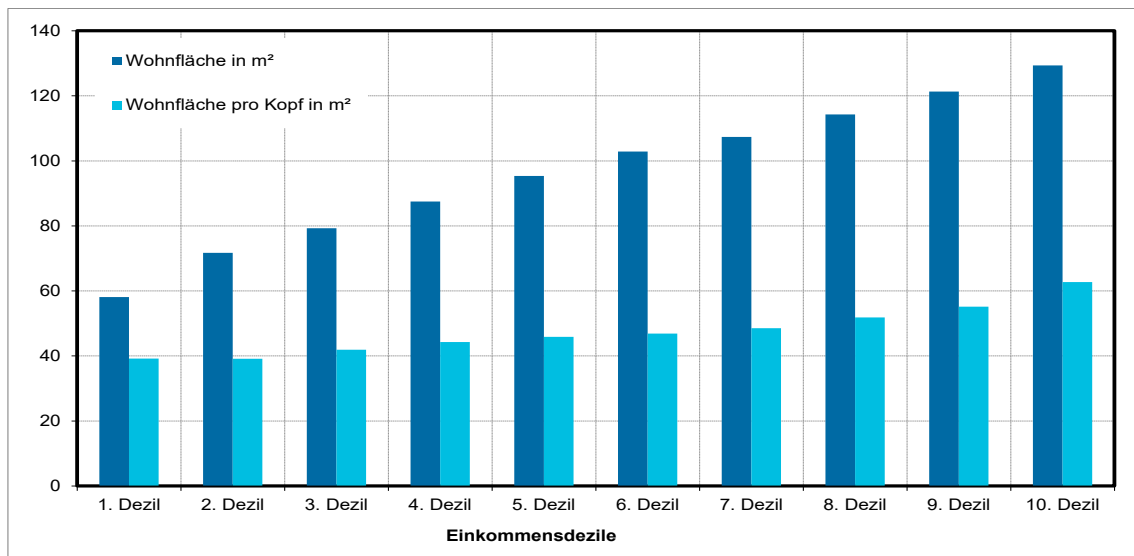
Abbildung 12-1: Wohnsituation nach Einkommen



Quelle: Öko-Institut (2022)

Die durchschnittliche Wohnfläche unterscheidet sich deutlich zwischen verschiedenen Einkommensgruppen (Abbildung 12-2): Die Wohnfläche steigt von knapp 60 qm im ersten Dezil auf 130 qm im zehnten Dezil, während die Pro-Kopf-Wohnflächen von knapp 40 qm auf gute 60 qm steigen. Die Anzahl der durchschnittlichen Haushaltsmitglieder steigt mit dem Einkommen.

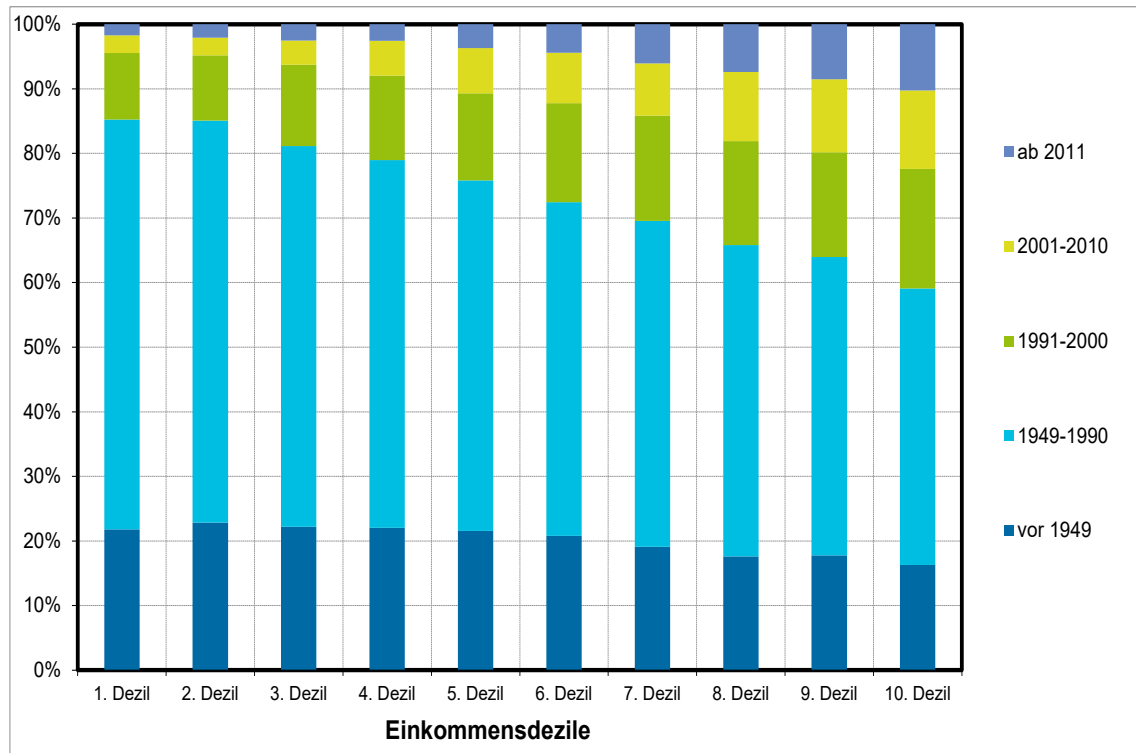
Abbildung 12-2: Durchschnittliche Wohnfläche und Wohnfläche pro Kopf nach Einkommensdezilen



Quelle: Öko-Institut (2022)

Die Verteilung der Haushalte nach Baualter des bewohnten Gebäudes ist in Abbildung 12-3 dargestellt. Haushalte mit niedrigen Einkommen wohnen tendenziell in älteren Gebäuden. Insbesondere der Anteil von Gebäuden, die nach 2001 gebaut wurden, ist in den höheren Einkommensgruppen deutlich größer.

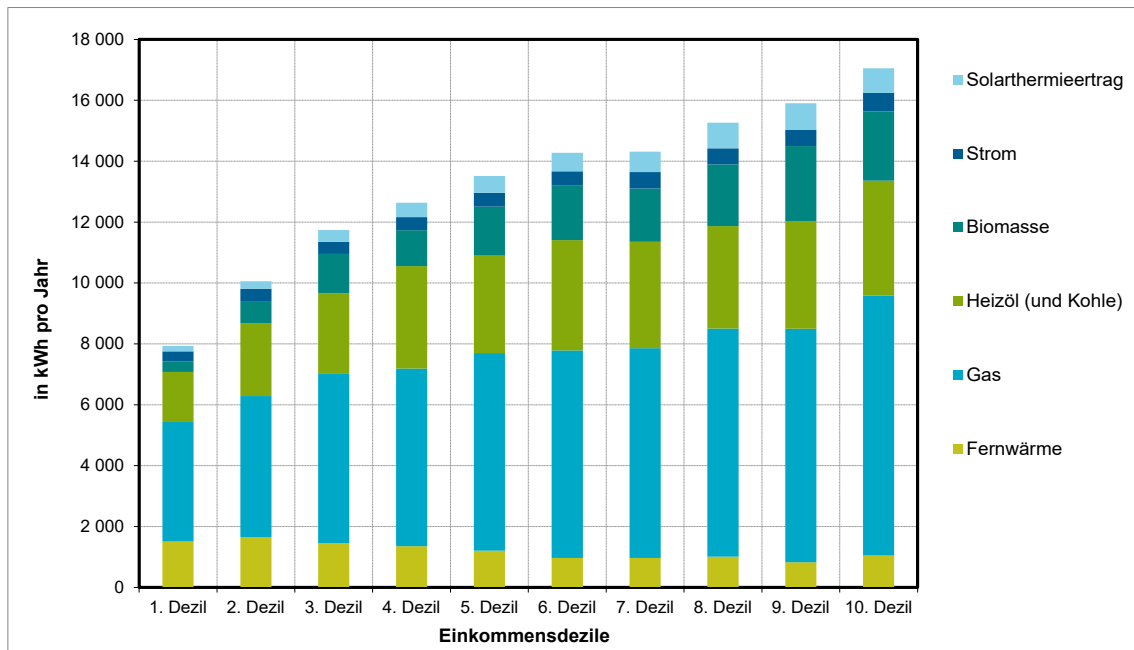
Abbildung 12-3: Baualtersklasse nach Einkommensdezilen



Quelle: Öko-Institut (2022)

Der Heizenergieverbrauch steigt deutlich mit dem Einkommen an, was insbesondere durch die deutlich größeren Wohnflächen begründet ist. Auch die Zusammensetzung ändert sich (Abbildung 12-4): Der Anteil an Haushalten, die mit Fernwärme heizen ist größer bei den niedrigen Einkommen. Heizöl, Biomasse, Wärmepumpen und Solarthermie haben größere Anteile bei hohen Einkommen.

Abbildung 12-4: Heizenergieverbrauch (und dessen Zusammensetzung) nach Einkommensdezilen

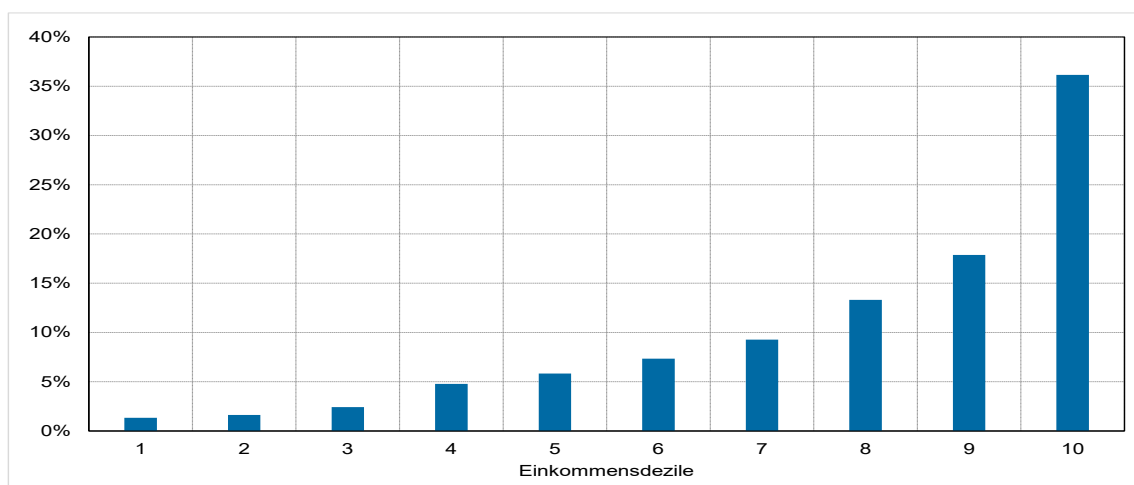


Quelle: Öko-Institut (2022)

Anmerkung: Auf Grund der niedrigen Beobachtungszahl von Haushalten, die mit Kohle heizen, werden sie mit den Heizöl-heizenden Haushalten zusammenaddiert. Im Durchschnitt über alle Dezile sind 5% Kohle in der Heizöl-Kategorie enthalten.

Der Anteil der Haushalte, die Wohnraum vermieten, steigt deutlich mit steigendem Einkommen (Abbildung 12-5): Im obersten Einkommensdezil vermieten gute 35 % der Haushalte Wohnraum, während der Anteil bis zum siebten Einkommensdezil jeweils unter 10 % liegt.

Abbildung 12-5: Anteil der Haushalte, die privat Wohnraum vermieten nach Einkommensdezil

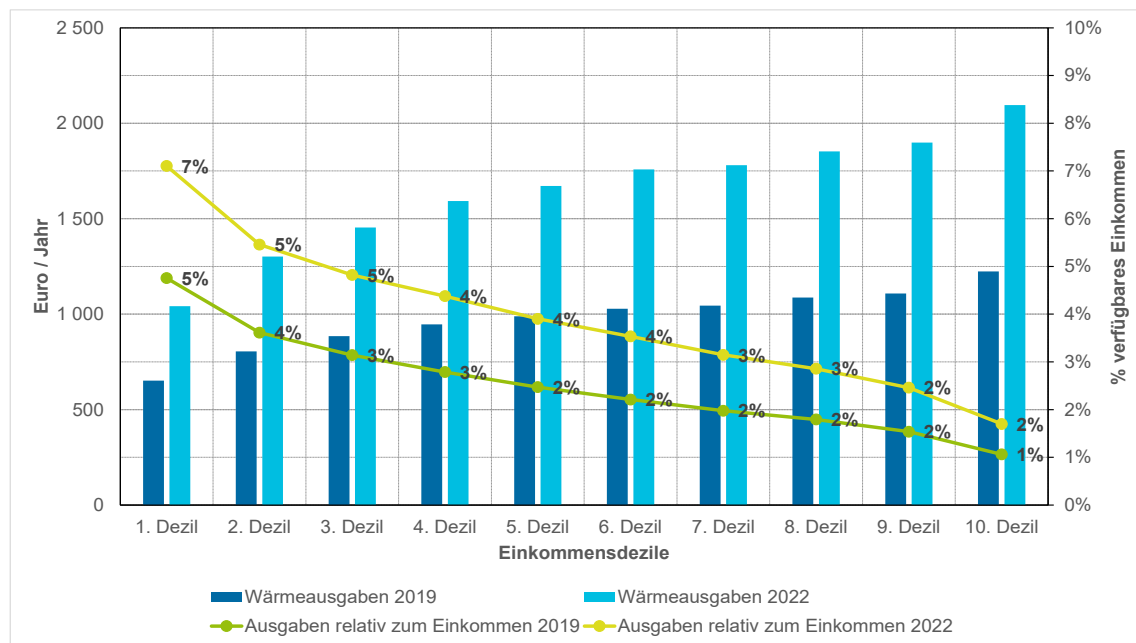


Quelle: Öko-Institut (2022)

Mietendenhaushalte

Abbildung 12-6 stellt die Ausgaben für Wärme in Mietendenhaushalten dar. Die absoluten Ausgaben steigen mit dem Einkommen und sind im zehnten Dezil etwa doppelt so hoch wie im ersten. Im Gegensatz dazu sinken die relativen Ausgaben (% verfügbaren Einkommens) mit dem Einkommen deutlich (Faktor 4-5 im 1. vs. 10. Dezil). Höhere Energiepreise stellen besonders für Haushalte mit geringen Einkommen eine Belastung dar.

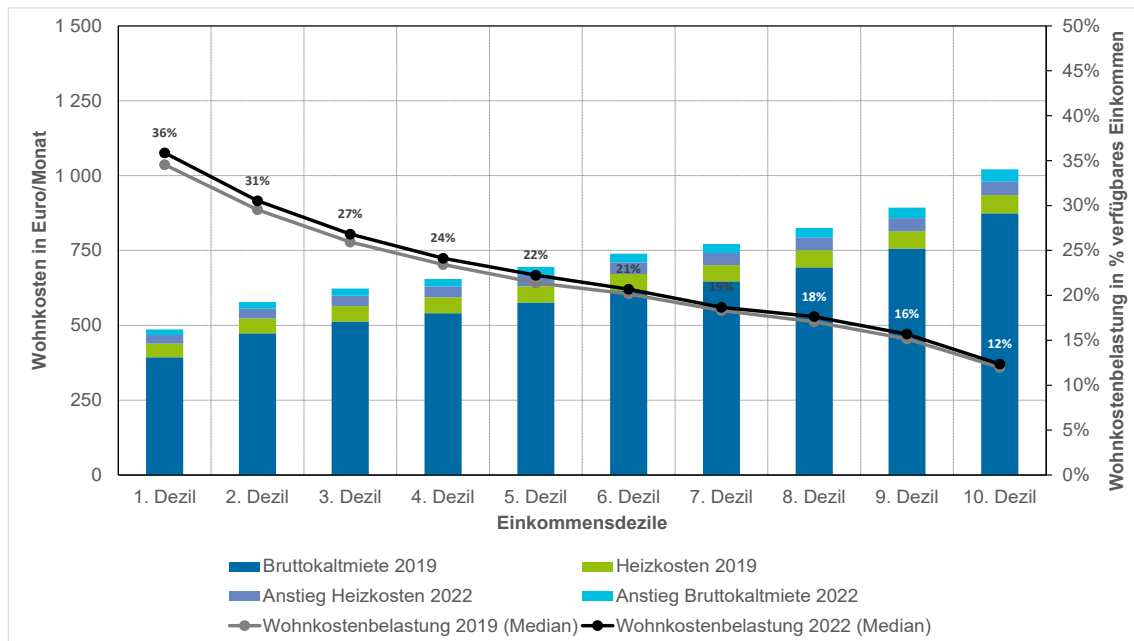
Abbildung 12-6: Wärmeausgaben (absolut/relativ) von mietenden Haushalten nach Einkommensdezilen



Quelle: Öko-Institut (2022)

Abbildung 12-7 zeigt die Wohnkosten in Mietendenhaushalten nach Einkommensdezilen. Die Mietbelastungsquote liegt im Median bei 24 % (vgl. Wohngeld- und Mietenbericht 28 %). Die absoluten Mietkosten steigen mit dem Einkommen, während die relativen Kosten stark abfallen (Faktor 3 1. vs. 10. Dezil). Die gestiegene Preise machen sich 2022 in der Kaltmiete noch nicht voll bemerkbar (außer Indexmietverträge).

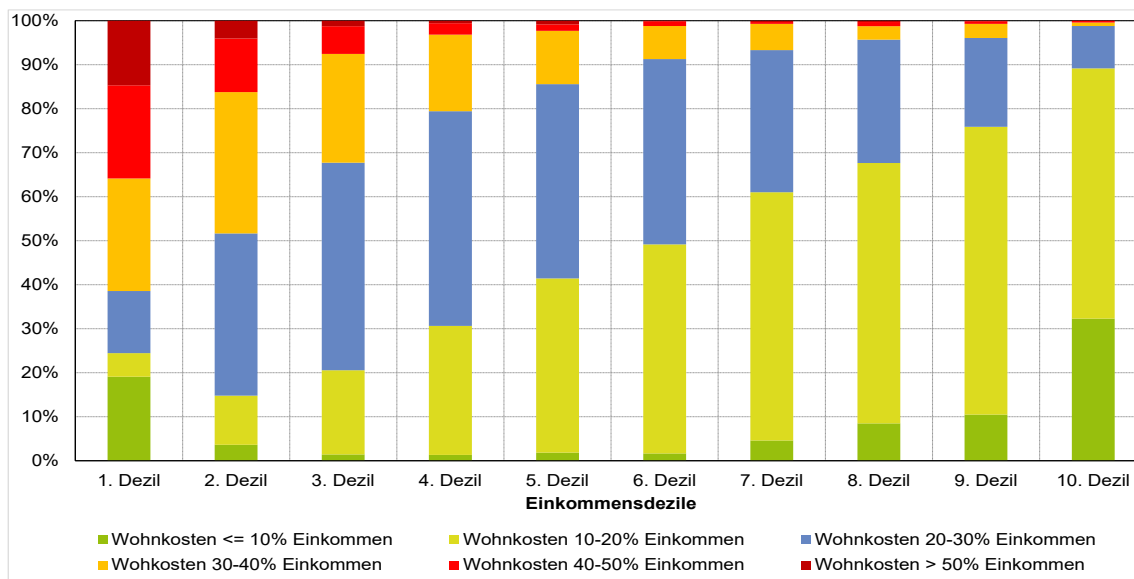
Abbildung 12-7: Mietkostenbelastung (Bruttowarmmieten) von Mietenden nach Einkommensdezilen



Quelle: Öko-Institut (2022)

Abbildung 12-8 zeigt Verteilung der Wohnkostenbelastung in Mietendenhaushalten nach Einkommensdezil. Es besteht eine hohe Relevanz von entsprechenden Sozialleistungen im 1. Dezil (KdH/KdU, sowie Wohngeld). Eine Überbelastung (Mietquote > 40 %) ist relevant bis zum 3. Dezil, hohe Belastung (Mietquote > 30 %) auch für mittlere Einkommen.

Abbildung 12-8: Mietbelastungsquoten in 10-Prozentpunktschritten nach Einkommen

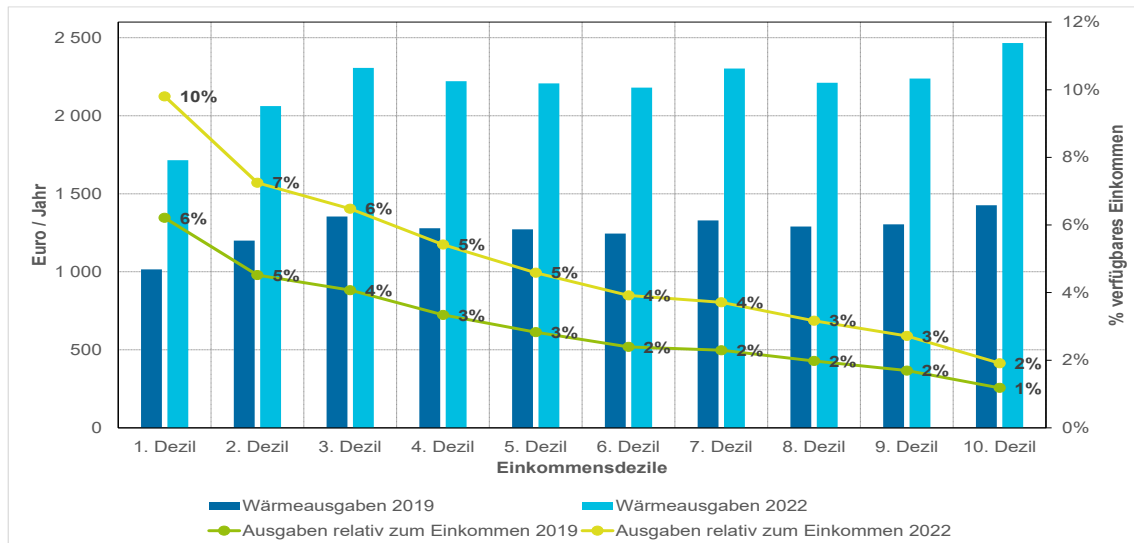


Quelle: Öko-Institut (2022)

Eigentümer*innenhaushalte

Selbstnutzende Eigentümer*innen haben höhere Energieverbräuche und -kosten als Mietende (Abbildung 12-9). Die relative Belastung ist in den ersten Dezilen hoch.

Abbildung 12-9: Heizkosten und Kostenbelastung für selbstnutzende Eigentümer*innen nach Einkommen



Quelle: Öko-Institut (2022)

12.4 Kostenverteilung zwischen Mietenden und Vermietenden

Im Bereich der vermieteten Gebäude spielt die Verteilung der Kosten für energetische Sanierungen sowie der Energie- und CO₂-Kosten eine zentrale Rolle für die Wärmewende. Ein wesentliches Instrument hierfür ist die Möglichkeit der Mieterhöhung nach Modernisierung nach § 559 BGB (üblicherweise „Modernisierungsumlage“ genannt), die es Vermietenden ermöglicht, die jährliche Miete nach Modernisierungsmaßnahmen um 8 % der angefallenen Kosten zu erhöhen, wobei festgelegte Kapazitätsgrenzen eingehalten werden müssen. Modernisierungsmaßnahmen im Sinne des § 555b BGB sind insbesondere solche, die den Gebrauchswert der Mietsache nachhaltig verbessern, die allgemeinen Wohnverhältnisse auf Dauer aufwerten oder Endenergie- bzw. Wasserersparnisse erzielen. Bei einem Heizungstausch können nach § 559e BGB 10 % der für die Wohnung aufgewendeten Kosten abzüglich erhaltener Drittmittel auf die Miete umgelegt werden, jedoch nur, wenn eine Heizung eingebaut wurde, welche die 65%-Erneuerbare-Wärme-Vorgabe einhält, und eine Förderung in Anspruch genommen wurde. Dabei darf die monatliche Miete im Hinblick auf den Heizungstausch – sowohl bei der klassischen Modernisierungsumlage mit 8% auch bei der „weiteren“ Modernisierungsumlage mit 10 % – nicht um mehr als 0,50 Euro pro Quadratmeter Wohnfläche innerhalb von sechs Jahren erhöht werden.

Im Rahmen der Modernisierungsumlage nach § 559 BGB müssen Vermietende die Kosten für Erhaltungsmaßnahmen von den umlagefähigen Modernisierungskosten abziehen. Beispielsweise kann der Austausch alter Fenster durch energieeffiziente Fenster sowohl als Modernisierung als auch als Instandsetzung angesehen werden. In einem solchen Fall müssen Vermietende die Kosten, die für die reguläre Erneuerung oder Reparatur dieser Fenster anfallen würden, von den Gesamtkosten der Modernisierung abziehen, bevor die Kosten auf die Miete umgelegt werden. Der Anteil der Erhaltungs-

kosten an den Modernisierungskosten ist jedoch oft umstritten. Die Höhe der abzuziehenden Instandhaltungskosten ist ein sensibler Faktor bei der Berechnung der Modernisierungsumlage, da Mietsteigerungen stark von den angesetzten Instandhaltungskosten abhängen.

Wenn Vermietende in die energetische Sanierung eines Gebäudes investieren und hierfür staatliche Fördermittel erhalten, müssen die erhaltenen Fördergelder nach § 559a BGB von den Gesamtkosten der Maßnahmen abgezogen werden. Die verbleibenden Kosten dienen dann als Grundlage für die Berechnung der Mieterhöhung gemäß § 559 BGB bzw. § 559e BGB.

Die Modernisierungsumlage steht häufig in der Kritik, da sie als unzureichender Anreiz für energetische Sanierungen betrachtet wird und zudem zu erheblichen Mietsteigerungen führen kann. Viele Mietenden sehen sich durch die erhöhten Kosten nach Sanierungen finanziell belastet, was die Akzeptanz für notwendige energetische Verbesserungen mindert. Aufgrund dieser Problematik wurden verschiedene Modelle vorgeschlagen, um die Modernisierungsumlage zu reformieren und sozialverträglicher zu gestalten.

Neben der Modernisierungsumlage gibt es Vorschläge für neue Modelle wie das Teilwarmmietenmodell und das Drittelmodell, die Änderungen der bestehenden Systematik anstreben. Diese Modelle zielen darauf ab, die Kosten fairer zu verteilen und Anreize für energetische Sanierungen zu schaffen.

Das Konzept der **Teilwarmmiete** sieht vor, dass Vermietende die Heizkosten teilweise oder vollständig übernehmen und im Gegenzug die Grundmiete durch einen entsprechenden pauschalen Betrag erhöht wird. Damit sollen Anreize geschaffen werden, energetische Sanierungen durchzuführen, da Vermietende durch sinkende Heizkosten profitieren. Gleichzeitig bleibt die Heizkostenabrechnung verbrauchsabhängig, sodass Mietende weiterhin zum sparsamen Heizen motiviert werden. Mögliche Ausgestaltungen für Teilwarmmietenmodelle sowie eine Diskussion der Vor- und Nachteile findet sich in Braungardt et al (2022b) sowie Klinski et al (2021).

Ein weiteres vorgeschlagenes Modell ist das **Drittelmodell** (siehe Abschnitt 12.5). Die Grundidee ist, dass die Modernisierungsumlage deutlich abgesenkt wird und im Gegenzug die Fördermittel bei energetischen Sanierungen nicht von den umlagefähigen Kosten abgezogen werden müssen. Damit soll erreicht werden, dass die Kosten für energetische Sanierungen zu ungefähr je einem Drittel getragen werden durch Mietende, Vermietende und dem Staat und dadurch warmmietenneutral saniert werden kann. Dieses Modell zielt darauf ab, die finanzielle Last gerechter zu verteilen und gleichzeitig ausreichende Anreize für energetische Sanierungen zu schaffen, um den Klimazielen gerecht zu werden. Das Drittelmodell wird im folgenden Abschnitt näher betrachtet, wobei insbesondere die Perspektive der Vermietenden in den Blick genommen wird.

Für die CO₂-Kosten besteht mit dem **Kohlendioxidkostenaufteilungsgesetz** (CO₂KostAufG)¹, das seit Januar 2023 in Kraft ist, ein Stufenmodell zur Verteilung der CO₂-Kosten. Dieses Modell teilt die CO₂-Kosten zwischen Vermietenden und Mietenden basierend auf dem Ausstoß von Kohlendioxid des Gebäudes auf. Je energieeffizienter das Gebäude, desto geringer ist der Anteil, den die Vermietenden tragen müssen.

¹ Gesetz zur Aufteilung der Kohlendioxidkosten vom 5. Dezember 2022 (BGBl. I S. 2154).

12.5 Untersuchungen zum Drittelmodell

12.5.1 Kurzbeschreibung des Drittelmodells

Das vorliegende Kapitel bezieht sich auf das so genannte Drittelmodell, das in der Studie *„Klimaschutz in Mietwohnungen: Modernisierungskosten fair verteilen Kurzstudie zur Weiterentwicklung und Aktualisierung des ‚Drittelmodells‘“* (Mellwig 2024) betrachtet wird. Dabei handelt es sich um ein Update der Berechnungen des bereits 2019 entwickelten Konzepts von Mellwig und Pehnt (2019). Die Grundidee ist, dass die Kosten für energetische Sanierungen zu ungefähr je einem Drittel zwischen Mietende, Vermietende und dem Staat aufgeteilt werden und dadurch warmmietenneutral saniert werden kann, d.h. die eingesparten Energiekosten gleichen die Mieterhöhung aus.

Erreicht werden soll dies, indem die Modernisierungsumlage von 8 % auf 3 % abgesenkt wird.¹ Im Gegenzug müssen Fördermittel bei der Erhöhung der Kaltmiete nicht in Abzug gebracht werden, sondern dürfen von den Vermietenden einbehalten werden. Außerdem sieht der Vorschlag vor, dass sich die Fördersätze für Effizienzhaus-Vollsanierungen mit erneuerbarem Wärmeerzeuger verdoppeln (EH70: von 15 % auf 30 %, EH55: von 20 % auf 40 %); analoge Anpassungen müssten für die Einzelmaßnahmenförderung erfolgen.

Mellwig (2024) basiert den Vorschlag des Drittelmodells auf Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit aus zwei Perspektiven. Zum einen aus Sicht der Mietenden, für die das „Drittelmodell“ klare Vorteile bietet, weil warmmietenneutral saniert wird, anstatt dass sich die Miete erhöht – so wie es mit der aktuellen Rechtslage oft der Fall ist. Zum anderen aus Sicht der Vermietenden.

12.5.2 Amortisationslogiken Vermietende

Ob sich eine Sanierung für Vermietende wirtschaftlich lohnt, hängt vor allem davon ab, was man als Referenzfall annimmt: Welche Einnahmen hätte der Vermieter oder die Vermieterin ohne Sanierung erzielt?² Mellwig (2024) geht in seinen Berechnungen davon aus, dass eine Sanierung sowieso durchgeführt wird. In diesem Zuge erhöht der Vermietende die Kaltmiete. Die daraus entstandenen Mietmehreinnahmen und das Einbehalten der erhöhten Fördersätze reichen aus, damit sich die investierten Gesamtkosten für Vermietende amortisieren. Dem Referenzfall liegt die Annahme zugrunde, dass sich die Nettokaltmiete ohne Sanierung nicht weiter erhöht hätte und bezieht sich auf das Ausgangsjahr. Nach dieser „Logik 1: Amortisation“ sind energetische Sanierungen zum Ende des Reinvestitionszyklus eines Gebäudes mit moderater Förderung zumeist wirtschaftlich.

Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen im vermieteten Bereich nehmen allerdings teilweise eine andere Betrachtungsweise bzw. andere Referenzentwicklung an: Vermietende können nach einer Wartezeit von 15 Monaten die Miete auf das Niveau der ortsüblichen Vergleichsmiete erhöhen (§ 558 Abs. 1 BGB), sofern die Kappungsgrenze von 20 % (oder 15 % in angespannte Wohnungsmärkten) innerhalb von drei Jahren nicht überschritten wird (§ 558 Abs. 3 BGB). In nachgefragten Mietmärkten steigt die ortsübliche Vergleichsmiete ohne Verbesserung von Wohnwert oder Energieeffizienz allein durch die Knappheit von Wohnraum kontinuierlich weiter an. In der „Logik 2: Steigende Vergleichsmiete“ passen Vermietende die Kaltmiete regelmäßig an die steigende Vergleichsmiete an.³ Gegenüber diesem Referenzfall fallen die Mietmehreinnahmen infolge Modernisierungsumlage-Mieterhöhung deutlich

¹ Beim Heizungstausch ist nach dem neuen § 559e BGB auch 10 % möglich, sofern Förderung in Anspruch genommen wird.

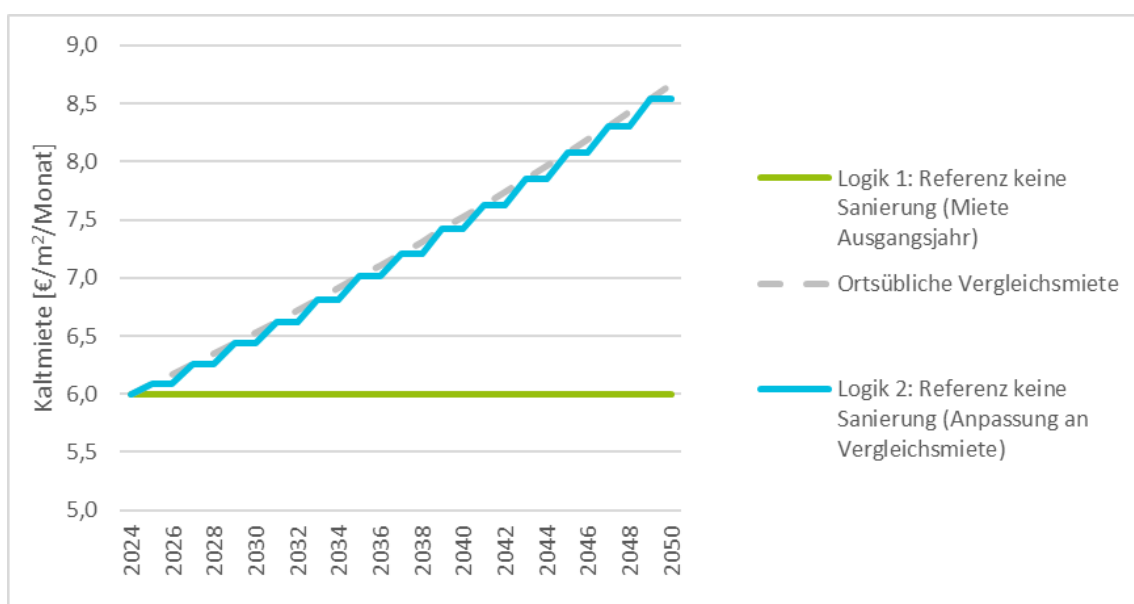
² Weitere Einflussfaktoren sind u.a. der angesetzte Amortisationszeitraum, die Renditeerwartung und der Zinssatz bei einer Kreditfinanzierung.

³ Siehe zum Beispiel Henger et al. (2021)

geringer aus, weil eine Mieterhöhung nach § 558 BGB erst wieder möglich wird, wenn die ortsübliche Vergleichsmiete die Miete inkl. Modernisierungsumlage übersteigt. Wie stark sich diese Verzögerung auswirkt, hängt von der Miethöhe vor der Sanierung, von der Höhe der Modernisierungskosten und vom Anstieg der ortsüblichen Vergleichsmiete ab. Bei dem aktuell starken Anstieg der ortsüblichen Vergleichsmiete in begehrten Lagen dauert die Verzögerung nur wenige Jahre. Unter der Prämisse von „Logik 2: Steigende Vergleichsmiete“ ist eine energetische Sanierung systematisch weniger wirtschaftlich als in Logik 1.

Abbildung 12-10 zeigt die Kaltmiete für die Referenzfälle nach Logik 1 und 2. Dabei nehmen die Gutachter*innen an, dass die ortsübliche Vergleichsmiete jährlich um 1,4 % ansteigt.¹ Üblicherweise werden Mietspiegel und damit die ortsübliche Vergleichsmiete nur alle zwei Jahre erhoben. Im Rechenbeispiel wird die Miete nur zweijährig und nicht alle 15 Monate an das Niveau der Vergleichsmiete angepasst.

Abbildung 12-10: Kaltmiete im Referenzfall „Keine Sanierung“



Quelle: Öko-Institut

Aus Mellwig (2024): „Mieterhöhungen bis zur ortsüblichen Vergleichsmiete bergen ein erhebliches Kostensteigerungspotenzial. Langfristig können sie die Mietenden wesentlich höher belasten als die Modernisierungsumlage nach § 559 BGB. Es hängt jedoch von den individuellen Vermietenden ab, ob und in welchem Maß sie von der Mieterhöhung gemäß § 558 BGB Gebrauch machen. Mieterhöhungen bis zur ortsüblichen Vergleichsmiete gemäß § 558 BGB werden nicht in den Berechnungen in diesem Projekt berücksichtigt, da sie von den Vermietenden unterschiedlich gehandhabt werden und die eigentlichen Ergebnisse überlagern können.“

Das Drittelmodell fokussiert auf die Kostenverteilung bei Sanierungen und auf die mangelnden Anreize für Vermietende für tiefe Sanierungen. Dass Mieterhöhungen nach § 558 BGB auch ohne Verbesserungen der Gebäude möglich sind, ist aus klimapolitischer Sicht kritisch zu bewerten. Das Konzept der ortsüblichen Vergleichsmieten wird im Drittelmodell jedoch klar abgegrenzt.

¹ Durchschnittlicher Anstieg 2012-2022 pro Jahr der „tatsächlichen Nettokaltmiete (CC12A5)“, die Teil des Verbraucherpreisindex (VPI) vom Statistischen Bundesamt ist.

12.5.3 Fragestellung und Annahmen für Berechnung

Die vorliegenden Berechnungen betrachten das Drittelmodell unter dem Lichte von „Logik 2: Steigende Vergleichsmiete“. Es soll überprüft werden, ob der Dreiklang aus Absenkung der Modernisierungumlage, Verbleib der Fördergelder bei Vermietenden und Erhöhung der Fördersätze auch zusätzliche Sanierungsanreize bietet für Vermietende, die auch ohne Sanierung kontinuierlich auf das Niveau der ortsüblichen Vergleichsmiete erhöhen.

Das Ergebnis der Berechnungen von Mellwig (2024) sind jahresscharfe Kapitalströme. Zudem berücksichtigt die Studie viele Details wie eine Mietminderung während der Bauphase, Tilgung des Kredits inkl. Zinskosten über die Zeit, CO₂-Preis, Steuern, Restwerte und die Wertsteigerung der Immobilie durch die Sanierung. Ziel dieses Kapitels ist ein Herausarbeiten der grundsätzlichen Unterschiede der Berechnungslogiken in Bezug auf das Drittelmodell. Aus diesem Grund wird vereinfacht in Form von Summen gerechnet. Ebenfalls wird auf eine Diskontierung verzichtet.¹ Den Tilgungszuschuss innerhalb der BEG WG Kreditfinanzierung wird als Investitionskostenzuschuss interpretiert.

Im Referenzfall „keine Sanierung“ wird ausgeklammert, dass Vermietende nach CO₂-Kostenaufteilungsgesetz bei einer Nicht-Sanierung anteilig CO₂-Kosten zahlen müssen. Deren Höhe ist jedoch im Vergleich zu den Kosten für Effizienzhaus-Sanierungen sehr gering.

Für die Modernisierungumlage nach einem Heizungstausch gelten seit der GEG-Novelle 2023 differenziertere Regeln. Vermietende können sich entscheiden statt der bisher üblichen 8 % 10 % der umlagefähigen Kosten umzulegen, sofern sie Förderung in Anspruch nehmen und die neue Heizungsanlage die 65%-Erneuerbare-Wärme-Vorgabe erfüllt (§ 559e BGB). Die Kosten für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe machen nur circa ein Viertel der energiebedingten Mehrkosten einer EH-70-Sanierung aus. Angesichts der Unsicherheit bezüglich der Kostenannahmen, gilt im Status Quo die vereinfachte Annahme, dass Vermietende die gesamte EH-Sanierung mit 8 % umlegen.

Außerdem gelten für den reinen Heizungstausch höhere Fördersätze von 30 % für Vermietende.² Für systemische Effizienzhaus-Sanierungen beträgt der Fördersatz weniger: 15 % für EH-70-EE. Es ist nicht möglich Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM) und Bundesförderung für effiziente Gebäude – Wohngebäude (BEG WG) zu kombinieren, wenn in einem Schritt saniert wird (BMWK 2022, S. 9).

12.5.4 Ergebnisse

Die Gutachter*innen betrachten analog zu Mellwig (2024) die Sanierung eines Mehrfamilienhauses auf Effizienzhaus-70-Niveau mit Luft-Wasser-Wärmepumpe („EH-70-EE“) und verwenden dieselben Vollkosten von 683 €/m², die sich in energiebedingte Mehrkosten (306 €/m²) und Instandhaltungskosten (379 €/m²) aufteilen. Die Nettokaltmiete im Ausgangszustand beträgt im Beispiel 6,00 €/m²/Monat.

Im Status-Quo wird die Kaltmiete nach der Sanierung durch die Modernisierungumlage von 8 % um 1,40 €/m²/Monat erhöht, wenn Vermietende 15 % Förderung in Anspruch nehmen: von 6,00 auf 7,40 €/m²/Monat.³ Wenn Vermietende keine Förderung in Anspruch nehmen, steigt die Kaltmiete

¹ „Ein Euro heute ist genauso viel wert wie ein Euro in 20 Jahren.“

² Kein Klimageschwindigkeitsbonus für Vermietende

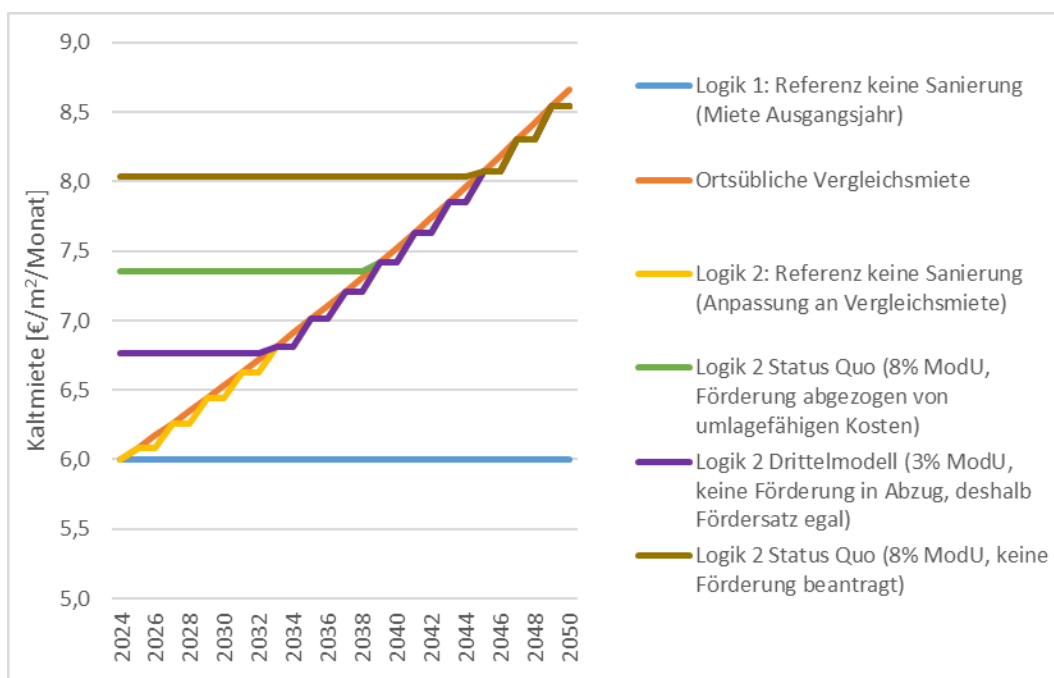
³ Erhöhung Kaltmiete

= Umlagefähige Kosten * 8% / 12 Monate
= (Energiebedingte Mehrkosten – Förderung) * 8% / 12 Monate
= (Energiebedingte Mehrkosten – 15% * Vollkosten) * 8% / 12 Monate

sogar auf 8,00 €/m²/Monat. Im Drittelmodell erhöht sich die Kaltmiete durch die auf 3 % abgesenkte Modernisierungsumlage weniger stark. Allerdings müssen die Fördermittel nicht mehr von den umlagefähigen Kosten abgezogen werden. Es ergibt sich eine Steigerung der Kaltmiete um 0,80 €/m²/Monat.

Abbildung 12-11 zeigt den Anstieg der Kaltmiete nach der EH-70-EE-Sanierung. Wirtschaftlich optimierende Vermietende können die Kaltmiete weiter erhöhen, sobald die ortsübliche Vergleichsmiete die Miete eingeholt hat („Treppenstufen“ nach Logik 2). Nach Logik 1 verbleibt die nach der Sanierung erhöhte Miete auf diesem Niveau. Die Berechnungen des Drittelmodells von Mellwig (2024) folgen Logik 2.

Abbildung 12-11: Kaltmiete nach EH-70-EE-Sanierung



Quelle: Öko-Institut

Abbildung 12-11 zeigt, wie stark der Anstieg der Nettokaltmieten durch § 558 BGB ist. Der Anstieg beträgt 1,50 €/m² in 10 Jahren, ohne dass die Gebäude verbessert werden müssen. Für angespannte Wohnungsmärkte wie Berlin ist die Kurve mehr als doppelt so steil.

Vermietende erleiden durch die Verzögerung bei Mieterhöhungen nach § 558 BGB keinen Verlust, sondern lediglich einen geringeren Anstieg der Einnahmen. Dies trifft insbesondere solche Vermietende, die die rechtlich möglichen Mietsteigerungen nach § 558 BGB auch tatsächlich umsetzen.

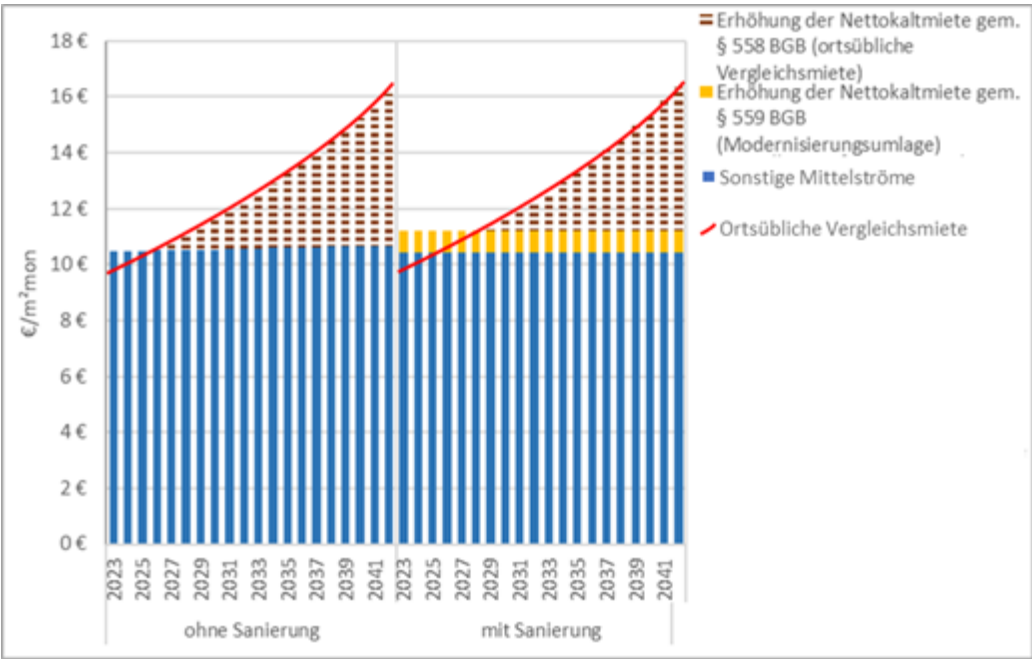
Mieterhöhungen nach § 558 BGB sind nicht für die Refinanzierung von Investitionen intendiert oder erforderlich. Dies geschieht über die Modernisierungsumlage nach § 559 BGB. In der gegenwärtigen Höhe von 8% kann diese zu einer vollständigen Refinanzierung sowie weiteren Gewinnen führen, weil sie langfristig Bestandteil der Miete bleibt.

$$= (306 \text{ €/m}^2 - 15\% \cdot 683 \text{ €/m}^2) \cdot 8\% / 12 \text{ Monate}$$

$$= 1,4 \text{ €/m}^2/\text{Monat.}$$

Die Auswirkungen der Modernisierungumlage auf die Mieterhöhungen nach § 558 BGB sind in Mellwig (2024) wie folgt dargestellt:

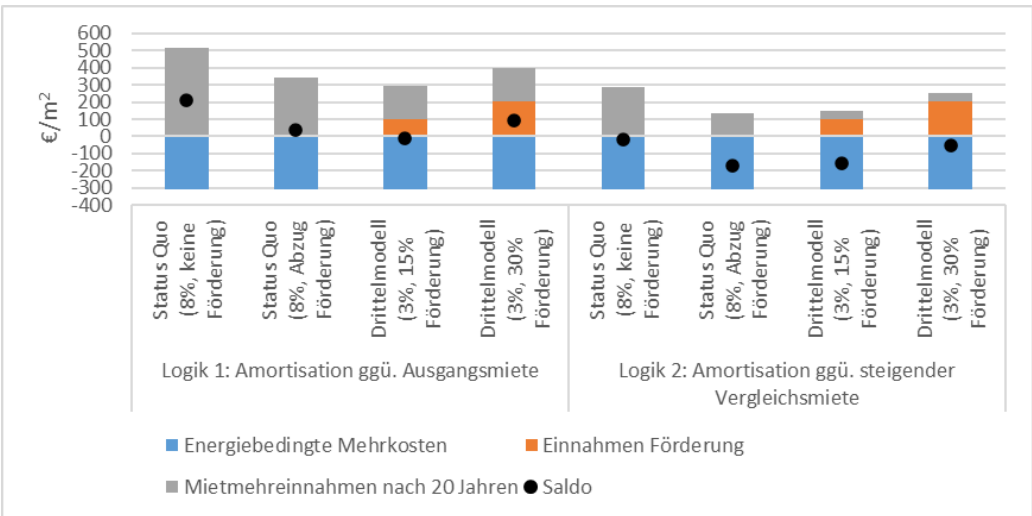
Abbildung 12-12: Auswirkung der Modernisierungumlage (§ 559 BGB) auf Mieterhöhungen im Rahmen der ortsüblichen Vergleichsmiete (§ 558 BGB)



Quelle: Mellwig (2024)

Ist die ortsübliche Vergleichsmiete durch die Modernisierungumlage überschritten, kann die Miete nicht nach § 558 BGB erhöht werden. Dies ist erst wieder möglich, wenn die ortsübliche Vergleichsmiete so weit gestiegen ist, dass sie die neue Nettokaltmiete (inkl. Modernisierungumlage) übersteigt (in diesem Beispiel nach drei Jahren). Darstellung für die Regelungen im Status Quo – nicht im Drittelmodell.

Abbildung 12-13: Wirtschaftlichkeit einer EH-70-EE-Sanierung aus Vermietenden-Sicht



Quelle: Öko-Institut

Abbildung 12-13 zeigt die Ergebnisse bzw. Salden für die betrachteten Fälle. Der graue Balken zeigt die Mietmehreinnahmen nach 20 Jahren gegenüber dem Referenzfall aus Abbildung 12-10. Der Referenzfall in Logik 1 ist die konstant gehaltene Miete im Ausgangsjahr. Der Referenzfall in Logik 2 ist das kontinuierliche Nachfahren der Vergleichsmiete („Treppenstufen“). In beiden Referenzfällen wird nicht saniert. Die Mietmehreinnahmen infolge der Sanierung nach Logik 1 sind entsprechend höher als nach Logik 2.

Die Berechnung offenbart ein Problem aus Sicht der Mietenden: Für Vermietende ist es kurzfristig attraktiver, keine Förderung in Anspruch zu nehmen, sondern die Kosten komplett auf die Mietenden umzulegen. Dadurch kann die Miete stärker erhöht werden und die Differenz zur Entwicklung der ortsüblichen Vergleichsmiete ist über einen längeren Zeitraum gegeben (Dreiecksfläche unter der Linie in Abbildung 12-11) so dass in den ersten Jahren nach einer Modernisierung höhere Mehreinnahmen zur Finanzierung der Investition entstehen. Wenn die Finanzierung der Investition abgeschlossen ist (was durch die Tilgungszuschüsse in der Effizienzhausförderung zeitlich vorgezogen wird), ist der Saldo für die Vermietenden höher als vor der Modernisierung. Der gleiche Effekt gilt auch nach Logik 1.

Nach Logik 1 machen Vermietende Gewinn (positiver Saldopunkt), d.h. die Investition ist bereits nach 20 Jahren amortisiert. Bauteile haben in der Praxis Lebensdauern von bis zu 40 Jahren, d.h. der Gewinn steigt, je größer man den Betrachtungszeitraum der Berechnung setzt. Außerdem sind Wertsteigerungen der Immobilie hier nicht mit eingepreist, die Vermietenden zusätzlich zugutekommen.

Das Drittelmodell mit erhöhter Förderung ist für Vermietende annähernd so attraktiv wie der Status Quo (8% Modernisierungsumlage und keine Inanspruchnahme von Förderung). Die erhöhte und bei ihnen verbleibende Förderung gleicht die geringeren Mietmehreinnahmen aus.

Nach Logik 2 sind Mietmehreinnahmen insgesamt geringer, da auch im Referenzfall mit keiner Sanierung die Miete erhöht wird. Sanierungen, deren Kosten komplett auf Mietende umgelegt werden – ohne dass Förderung in Anspruch genommen wird – können auch nach Logik 2 refinanzierbar sein. Wird Förderung in Abzug gebracht, ist die Sanierung nicht wirtschaftlich. Das Drittelmodell verbessert analog zu Logik 1 auch nach Logik 2 die Wirtschaftlichkeit, dadurch, dass die Förderung beim Vermieter verbleibt.

Die Berechnungen legen ein Gebäude zugrunde, das seinen Reinvestitionszyklus erreicht hat. Das heißt, es wären sowieso Instandhaltungskosten angefallen. In der Realität ist dieser Zeitpunkt meistens nicht genau definiert.

Für das Rechenbeispiel ist die Annahme zentral, dass die Instandhaltungskosten nicht umgelegt werden. In der Realität ist diese Abtrennung nicht immer einfach. Werden – auch aus Unwissenheit – Instandhaltungskosten mitumgelegt, verbessert sich die Wirtschaftlichkeit aus Sicht Vermietender. Sinkt die Modernisierungsumlage auf 3% ab, sinkt die Bedeutung der Frage, ob die Instandhaltungskosten ordnungsgemäß abgetrennt werden.

Wenn Vermietende keine Förderung in Abzug bringen müssen und ihnen durch die Absenkung der Modernisierungsumlage die Refinanzierung über eine Mieterhöhung verwehrt wird, ist die Beantragung von Fördergeldern für sie vorteilhaft.

Aus Sicht der Vermietenden ist das Drittelmodell (3%, kein Abzug Förderung von umlagefähigen Kosten, 30% Förderung darf vom Vermieter einbehalten werden) vorteilhaft gegenüber dem Status Quo. Das gilt sowohl für Amortisationslogik 1 und 2. Eine Förderung von 30% gleicht circa 2/3 der energiebedingten Mehrkosten einer EH-70-EE-Sanierung aus.

Wird das Drittelmodell ohne Erhöhung der Förderung umgesetzt, kann es trotzdem attraktiv sein für Mietmärkte mit geringer Nachfrage. In z.B. Kleinstädten mit Bevölkerungsrückgang können Vermietende 8% Modernisierungsumlage am Markt ggf. nicht durchsetzen. Entsprechend attraktiv ist die Inanspruchnahme von Fördergeldern.

In nachgefragten Großstädten mit Wohnraummangel, in denen Wohnungen auch ohne Sanierungen zu immer höheren Preisen vermietet werden kann, ist der Sanierungsanreiz nach Logik 2 gering. Daran ändert auch das Drittelmodell nichts. Wenn aber doch saniert wird, schützt das Drittelmodell Mietende in bestehenden Mietverhältnissen vor direkt mit der Sanierung verbundenen Mieterhöhungen. Außerdem erhöht es den Sanierungsanreiz, dass die Förderung direkt beim Vermietenden verbleibt.

12.5.5 Fazit: Das Drittelmodell ist ein Baustein der Wärmewende im vermieteten Bestand

Dass Vermietende kaum Anreize haben Förderung in Anspruch zu nehmen, ist die Folge des Zusammenwirkens der Mieterhöhungsmöglichkeiten aufgrund ortsüblicher Vergleichsmiete (§ 558 BGB) und Modernisierungsumlage (§ 559 BGB). Diesen Punkt greift Mellwig (2024) mit dem Drittelmodell auf. Das Drittelmodell ist eine Verbesserung der derzeitigen Rechtslage. Vermietende können sowohl nach Amortisationslogik 1 (Vergleich zu konstanter Miete des Ausgangsjahres) und 2 (Vergleich zu kontinuierlich steigender Vergleichsmiete) vom Drittelmodell profitieren.

Das Drittelmodell sieht vor, die Modernisierungsumlage insgesamt abzusenken, d.h. auch für nicht-energetische Modernisierungen (z.B. Bäder, Balkone, Briefkästen). Eine Modernisierungsumlage von 3% führt dazu, dass ungeförderzte Modernisierungen („Luxusbad“) unattraktiver werden. Die Verfügbarkeit von Fördermitteln bestimmt im Drittelmodell maßgeblich die Attraktivität von Modernisierungen. Dadurch können die Fördermittelgeber wirksam lenken, welche Maßnahmen umgesetzt werden (z.B. Effizienzhäuser statt Luxusbäder).

Es ist zu prüfen, ob die Kappungsgrenze nach § 599 Abs. 3a BGB von 3 bzw. 2 Euro an die neuen Regelungen angepasst – also ebenfalls abgesenkt – werden sollte.

Das Drittelmodell ist jedoch kein Allheilmittel, um Wärmewende und bezahlbaren Wohnraum zusammenzubringen. Die Knappheit von Wohnraum beeinflusst die Entwicklung des Mietmarkts stärker als das Sanierungsgeschehen. Vermietende dürfen die Miete auf die ortsübliche Vergleichsmiete erhöhen (§ 558 Abs. 1 BGB), allerdings maximal um 20 Prozent (Kappungsgrenze des § 588 Abs. 3 BGB). Bei einer Neuvermietung in einem Gebiet mit einem angespannten Wohnungsmarkt darf die Miete 10% über diesem Benchmark liegen (§ 556d Abs. 1 BGB). Ist das Wohngebäude zudem energetisch hochwertig saniert, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass spätestens mit der Neuvermietung die Miete auf das Niveau der ortsüblichen Vergleichsmiete angehoben wird. In der Folge steigt die ortsübliche Vergleichsmiete in nachgefragten Mietmärkten kontinuierlich an – auch ohne Verbesserung von Wohnqualität und Energieeffizienz.

Diese Dynamik wird durch das Drittelmodell nicht aufgelöst. Im Gegenteil: Durch die abgesenkte Modernisierungsumlage holt die Vergleichsmiete die Miete direkt nach der Sanierung schneller ein. Wirtschaftlich optimierende Vermietende können entsprechend nach kürzerer Zeit in die Systematik nach § 558 BGB einsteigen.

Haushalte mit geringem Einkommen wohnen vor allem zur Miete (siehe Kapitel 12.4). In Zeiten begrenzter Fördermittel sollte Förderung vor allem zielgerichtet dort ankommen, wo sie für die Bewältigung der Wärmewende am dringendsten benötigt wird: im vermieteten Bestand. Nachhaltige Ent-

lastung einkommensschwacher Haushalte gelingt aber nur, wenn sanierter Wohnraum auch langfristig in bezahlbarer Höhe zur Verfügung steht. Steigt die Miete einer geförderten sanierten Wohnung bei einer Neuvermietung stark an, ist das etwaige sozialpolitische Ziel hinter der Förderung verfehlt. Im Worst-Case fließen Fördergelder in den Gewinn von renditeorientierten Vermietenden. Das klimapolitische Ziel ist davon jedoch unberührt: Je mehr vermietete Gebäude saniert werden, desto mehr Emissionen und Endenergie werden eingespart.

Das Drittelmodell stellt einen hohen Anreiz für Vermietende dar. Angesichts der großen Unterschiede bei der Orientierung der Vermietenden ist zu überlegen, ob diese hohe Förderung an weitere Bedingungen geknüpft werden muss. Die Förderung soll Vermietenden einen wirksamen Anreiz zu tiefen Sanierungen geben und gleichzeitig bezahlbaren Wohnraum absichern. Sie ist daher in erster Linie geeignet für Vermietende, die sich ohnehin gemeinwohlorientiert verhalten. In der Drittelmodell-Studie wird dieser Aspekt jedoch nicht vertieft.

12.6 Bessere Verknüpfung des GEG mit mietrechtlichen Vorschriften

Im vermieteten Bestand bestehen zahlreiche Hemmnisse für energetische Sanierungen, die regelmäßig im sog. „Investor-Nutzer-Dilemma“ ihren Ursprung haben (Klinski et al. 2009, Bürger et al. 2013, S. 195). An diese Ausarbeitungen kann vorliegend aufgebaut werden – insbesondere in Bezug auf eine bessere Verknüpfung des GEG mit den mietrechtlichen Vorschriften des BGB. Unabhängig davon ist eine bessere Verteilung der Investitionskosten zwischen Vermietenden, Mietenden und der öffentlichen Hand anzustreben (Mellwig 2024).

Im Folgenden werden einzelne Empfehlungen hervorgehoben, wie das GEG besser mit mietrechtlichen Vorschriften für das Ziel eines klimaneutralen Gebäudebestandes zusammenwirken kann.

Empfehlung 1: Modernisierungsmaßnahmen berechtigen nur bei Einhaltung der GEG-Mindeststandards zur Mieterhöhung (Erhebung der Modernisierungsumlage)

Mietende haben Modernisierungsmaßnahmen nach § 555b BGB grundsätzlich zu dulden. Nach §§ 559ff. BGB kann hierfür eine Modernisierungsumlage erhoben werden – also die Kaltmiete erhöht werden. (Bürger et al. 2013, S. 198) Voraussetzung ist bei energetischen Modernisierungen nach § 555b BGB, dass Endenergie nachhaltig eingespart wird. Es ist jedoch nicht Voraussetzung, dass das öffentliche Recht, konkret die ordnungsrechtlichen GEG-Mindeststandards eingehalten werden. Zudem gilt: Gebäudestandards, die durch technische Normen vorgegeben werden, greifen nur im Zeitpunkt der Errichtung des Gebäudes. Im Anschluss haben Vermietende nur für den Mindeststandard Sorge zu tragen, die ein zeitgemäßes Wohnen ermöglicht. Für diesen Mindeststandard bleiben hingegen die technischen Normen außer Acht, die nach der Erbauung in Kraft getreten sind. Gebäudeeigentümer*innen sind im Rahmen der Pflichten aus dem GEG nur den zuständigen Behörden gegenüber verpflichtet (Lee 2023, S. 780, S. 782 unter Verweis auf die Rechtsprechung des BGH).

Es wird daher angeregt, das Mietrecht stärker mit dem GEG zu verzahnen, um die Wirkung zwischen den öffentlich-rechtlichen Maßstäben mit den Anzelelementen des Mietrechts so zu verbessern, dass Vermietende sich für energetische Maßnahmen entscheiden, welche mit einem hohen Ambitionsniveau und in der gebotenen fachlichen Qualität durchgeführt werden (Klinski et al. 2009, S. 172f., 179f., 202f.).

So sollte eine Mieterhöhung nach der Modernisierungsmaßnahme nur dann möglich sein, wenn die Modernisierung nicht nur Endenergie nachhaltig einspart, sondern auch die ordnungsrechtlichen

Mindeststandards (siehe insbesondere Anlage 7 zu § 48 GEG) eingehalten werden. So müssten Mietende keine Modernisierungsumlage für Gebäude zahlen, die unter dem gesetzlichen Mindeststandard des GEG zurückbleiben.

Empfehlung 2: Nachweispflicht über die Einhaltung der energetischen Anforderungen

Vermietende tragen als Gebäudeeigentümer*innen die Verantwortung für die energetische Gebäudequalität. Mietende können, als Nutzer der Objekte, die energetische Gebäudequalität als solche nicht beeinflussen (Bürger et al. 2013, S. 202). Zwar müssen Vermietende nach der Rechtsprechung anhand objektiver Kriterien eine Energieeinsparung gegenüber ihren Mietenden darlegen.¹ Eine pauschale Behauptung einer Energieeinsparung dürfte nicht ausreichend sein. Um die Empfehlung 1 für Mietende umsetzbar zu machen, bedarf es darüber hinaus einer Nachweispflicht der Gebäudeeigentümer*innen darüber, ob das Gebäude durch die Modernisierung auch den Stand der aktuellen ordnungsrechtlichen Vorgaben (beispielsweise Mindeststandard der Anlage 7 GEG) erreicht.

So soll Mietenden der Zugang zu den relevanten Informationen ermöglicht werden, indem der Nachweis über die durchgeführten Arbeiten auf Verlangen den jeweiligen Mietenden unverzüglich vorzulegen ist. Dies entspricht der Rechtslage für die Wartungspflichten nach §§ 60a Abs. 5 S. 3, 60b Abs. 5 S. 3, 60c Abs. 4 S. 2 GEG: § 60a und § 60b GEG befassen sich jeweils mit der Prüfung und Optimierung von Wärmepumpen bzw. älteren Heizungsanlagen. Nach dem jeweiligen Abs. 5 Satz 3 ist das Ergebnis dieser Prüfung dem Mietenden auf dessen Verlangen unverzüglich vorzulegen. Ähnlich verhält es sich mit der in § 60c GEG geregelten Pflicht des hydraulischen Abgleichs sowie weiterer Maßnahmen zur Optimierung der Heizung. Auch hier ist die Bestätigung des hydraulischen Abgleichs sowie weiterer Heizungsparameter auf Verlangen des Mietenden diesem unverzüglich vorzulegen.

Empfehlung 3: Mietrechtliche Anreize für die Einhaltung der unbedingten Pflichten – Gerechte Verteilung der Heizkosten nach dem Verursacherprinzip

Vermietende haben im Rahmen des GEG bestimmte öffentlich-rechtliche Pflichten zu erfüllen. Falls diese jedoch nicht eingehalten werden, sind die Mietende in aller Regel diejenigen, die die Mehrkosten durch höhere Heizkosten tragen. Es sollten deshalb im Mietrecht bzw. im Heizkostenrecht verankert werden, dass Vermietende sich angemessen an den energetischen Mehrkosten beteiligen sollen, sofern die Standards des GEG nicht eingehalten werden. Hierdurch sollen Vermietende angehalten werden, die Ordnungsvorschriften des GEG einzuhalten. Zu den unbedingten Pflichten zählen zum einen die Anforderungen an bestehende Gebäude (§§ 47 ff. GEG), die (Heizungs-)Optimierung nach §§ 60a, 60b, 60c GEG, sowie das Betriebsverbot für Heizkessel nach § 72 ff. GEG. Die Kosten, die durch das Nichtbeachten dieser Pflichten entstehen, können von Vermietenden bisher als durchlaufende Posten direkt an die Mietende weitergegeben werden. Zukünftig sollten in solchen Fällen die Heizkosten in einem gesetzlich vorgegebenen Anteil vom Vermieter getragen werden. Bei der Festlegung dieses Anteils könnte ggf. abgestuft vorgegangen werden, um die Schwere der nicht eingehaltenen ordnungsrechtlichen Vorschrift und ihren generellen Auswirkungen auf die Heizkosten zu berücksichtigen. Die Beteiligung der Vermietenden an den Heizkosten könnte einen zusätzlichen Anreiz zur Einhaltung der bestehenden ordnungsrechtlichen Mindeststandards schaffen.

Empfehlung 4: Ortsübliche Vergleichsmiete anhand eines energetischen Mietspiegels

Das bisherige System berücksichtigt unter der ortsüblichen Vergleichsmiete sowohl die Neuverträge als auch die geänderten Mieten aufgrund von (energetischen) Modernisierungen (vgl. § 588 Abs. 2 BGB). Schließlich sind auch die geänderten Mieten auf Grund einer Mieterhöhung bis zur ortsüblichen

¹ BGH, Urt. v. 28. 9. 2011 – VIII ZR 242/10, Rn. 30.

Vergleichsmiete einbezogen. So bewirken die erhöhten Mieten durch die Modernisierungsumlage einen Anstiegseffekt im allgemeinen Mietspiegel und erhöhen so auch die Mieten der unsanierten Gebäude (Bürger et al. 2013, S. 9). Hiervon profitieren auch Vermietende, die keine energetische Modernisierung durchführen, da sie (unter Beachtung der jeweiligen Voraussetzungen) nach § 558 BGB Mieterhöhungen bis zur ortsüblichen Vergleichsmiete verlangen können.

Durch die Energieeffizienzklassen in Energieausweisen für Wohngebäude können Mietende zwar die ungefähren Verbrauchskosten eines Mietobjekts im Vorfeld einschätzen, und so theoretisch die energetischen Kriterien in ihrer Entscheidung zwischen verschiedenen Mietangeboten berücksichtigen (Klinski et al. 2009, S. 184f., Bürger et al. 2013, S. 202). In einem angespannten Wohnungsmarkt sind die Wahlmöglichkeiten Mietender jedoch sehr begrenzt.

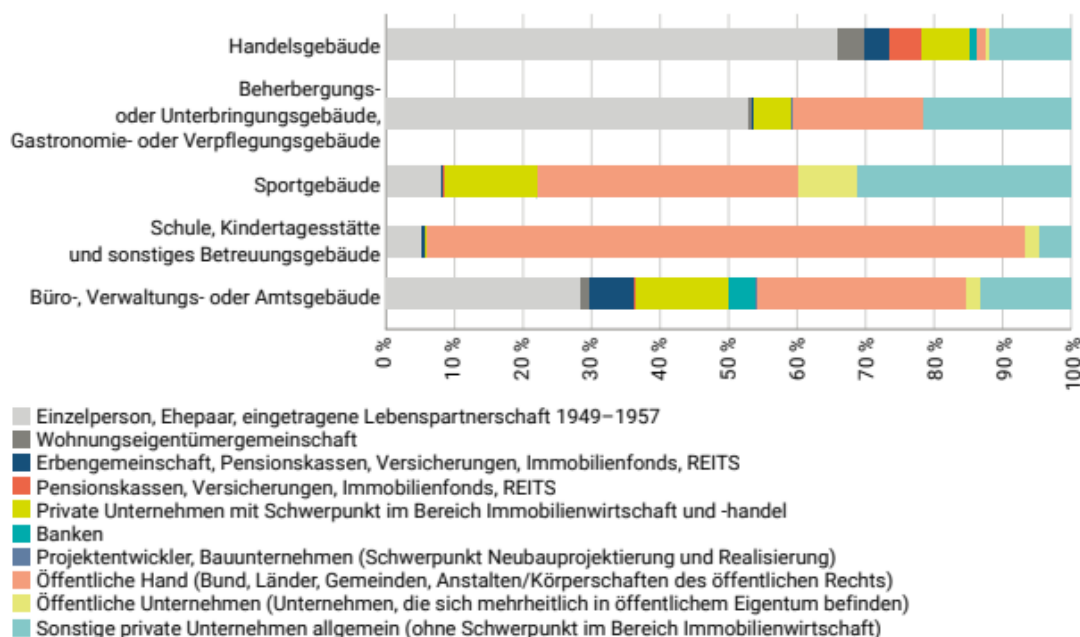
Insoweit könnte ein energetischer Mietspiegel dergestalt angedacht werden, dass die ortsübliche Vergleichsmiete nur zwischen Gebäuden in der gleichen Kategorie des Energieausweises (§§ 79ff. GEG), bzw. mit dem gleichen energetischen Standard ermittelt wird. Damit würden die höheren Mieten sanierter Gebäude, für Mieterhöhungen in unsanierten Gebäuden gem. § 558 Abs. 1 BGB keine Berücksichtigung finden.

13 Vorbildfunktion der öffentlichen Hand

Die Vorbildfunktion der öffentlichen Hand in verschiedenen Feldern wird in einer Reihe von europäischen Regelungen und nationalen Gesetzen auf Bundes- oder Landesebene geregelt. Im Folgenden soll ein Überblick über die betroffenen Einrichtungen bzw. Gebäude sowie die Handlungsfelder gegeben werden, denen eine Vorbildfunktion zugeschrieben wird. Ziel dieser Analyse ist die Klärung der Frage, ob sich Anpassungsbedarf für die Regelungen des GEG ergibt.

Für eine Einschätzung des Anteils der Gebäude im Eigentum der öffentlichen Hand sowie der Entwicklung der fertiggestellten Gebäude liegen nur vereinzelt Daten vor. Das Institut für Wohnen und Umwelt (IWU) hat 2022 Zahlen im Rahmen einer ENOB:dataNWG-Auswertung veröffentlicht. Abbildung 13-1 zeigt die Nichtwohngebäude der fünf dargestellten Hauptnutzungen nach Eigentümergruppe. Dies vermittelt zumindest einen Eindruck, welche Nutzungskategorien hauptsächlich von der Vorbildfunktion der öffentlichen Hand betroffen sind. Laut Austausch des IWU mit Guidehouse ist aufgrund der höheren Bereitschaft zur Teilnahme seitens der öffentlichen Verwaltung der Anteil der öffentlichen Gebäude vermutlich überschätzt.

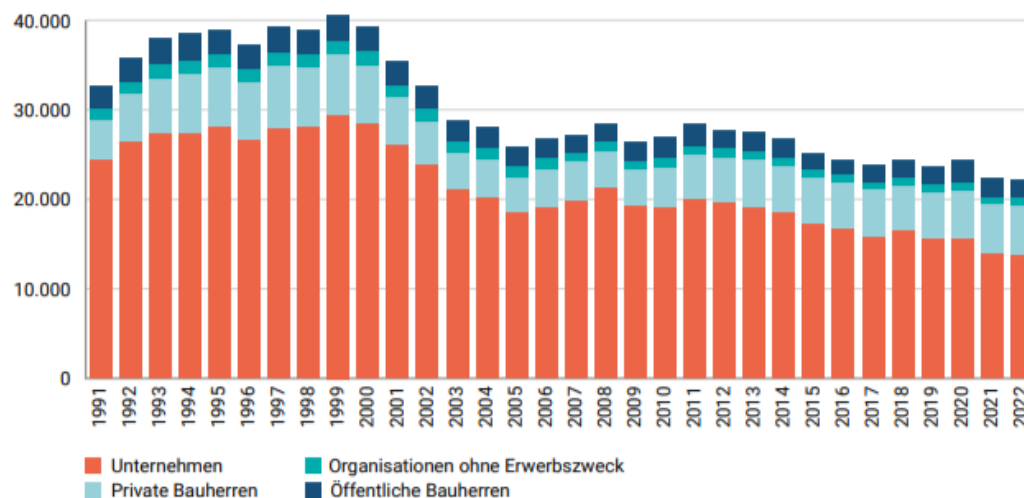
Abbildung 13-1: Nichtwohngebäude nach Nutzung und rechtlichem Eigentümer



Quelle: dena (2022) basierend auf IWU (2022)

Auch für neue Gebäude, die sich im Eigentum von öffentlichen Einrichtungen befinden sind die Mitgliedstaaten gemäß Art. 7 EPBD verpflichtet, diese ab dem 1. Januar 2028 als Nullemissionsgebäude auszuführen. Der Anteil der von öffentlichen Bauherren neu errichteten Nichtwohngebäude lag 2023 bei neun Prozent an den insgesamt errichteten Gebäuden (Abbildung 13-2). Von den im Jahr 2022 insgesamt fertiggestellten 227.000 Wohneinheiten wurden 10.000 Wohneinheiten durch öffentliche Bauherren errichtet (dena 2023).

Abbildung 13-2: Entwicklung fertiggestellter Nichtwohngebäude nach Bauherren



Quelle: 2023b

Quelle: dena (2023)

13.1 Europäische Regelungen

Als Teil des „Fit for 55“-Pakets der EU-Kommission sind mit Blick auf die Vorbildfunktion der öffentlichen Hand insbesondere die novellierte EU-Gebäuderichtlinie (EPBD) und die Energieeffizienz-Richtlinie (EED) relevant. Zusätzlich enthält die Erneuerbare Energien Richtlinie (RED III) Zielwerte für die Nutzung erneuerbarer Energien.

13.1.1 Gebäuderichtlinie (EPBD)

Am 8. Mai 2024 wurde die novellierte Richtlinie (EU) 2024/1275 zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlicht. In Erwägungsgrund (69) wird auf den Vorbildcharakter von Gebäuden, die im Eigentum öffentlichen Einrichtungen stehen oder von diesen genutzt werden hingewiesen. Nach Art. 2 Nr. 5 wird für die Definition öffentlicher Einrichtungen auf die oben zitierte Definition der EED verwiesen.

Art. 7 – Neue Gebäude

Für neue Gebäude, die sich im Eigentum von öffentlichen Einrichtungen befinden, müssen die Mitgliedstaaten nach Art. 7 sicherstellen, dass diese ab dem 1. Januar 2028 Nullemissionsgebäude sind. Ab dem 1. Januar 2030 gilt dies für alle neuen Gebäude. Beabsichtigen öffentliche Einrichtungen, ein neues Gebäude zu nutzen, das sich nicht in ihrem Eigentum befindet, so streben sie an, dass es sich bei diesem Gebäude um ein Nullemissionsgebäude handelt.

Art. 10 – Solarenergie in Gebäuden

Art. 10 legt eine Reihe von Zielen für den Ausbau von Solarenergie auf Gebäuden fest. Dabei wird für die zur Umsetzung vorgesehenen Fristen zwischen öffentlichen Gebäuden sowie Wohn- und Nichtwohngebäuden unterscheiden. Die Mitgliedstaaten müssen die Errichtung geeigneter Solarenergieanlagen, sofern dies technisch geeignet sowie wirtschaftlich und funktional realisierbar ist, zu bestimmten Zeitpunkten sicherstellen: Für den Neubau bis zum 31.12.2026 für neue öffentliche Gebäude und neue Nichtwohngebäude mit einer Gesamtfläche von mehr als 250 m². Bis zum Ende des Jahres 2029 soll für alle neuen Wohngebäude sowie neu gebaute überdachte Parkplätze, die physisch an Gebäude angrenzen. Im Gebäudebestand muss die Errichtung geeigneter Solarenergieanlagen für öffentliche Gebäude gemäß Art. 10 (3) lit. b) EPBD gestaffelt nach der Gesamtfläche bis Ende der Jahre 2027, 2028 und 2030 für Gebäude mit einer Gesamtfläche von 2000 m², 750 m² und 250 m² eingeführt werden. Für bestehende Nichtwohngebäude, die größer als 500 m² sind, gilt die Pflicht bis Ende 2027, wenn das Gebäude einer größeren Renovierung unterzogen wird.

Art. 20 – Ausstellung von Ausweisen über die Gesamtenergieeffizienz

Für bestehende Gebäude, die sich im Eigentum von öffentlichen Einrichtungen befinden oder von diesen genutzt werden müssen die Mitgliedstaaten nach Art. 20 sicherstellen, dass ein digitaler Ausweis über die Gesamtenergieeffizienz ausgestellt wird auch ohne den Anlass größerer Renovierungen. Sofern das von öffentlichen Einrichtungen genutzte Gebäude starken Publikumsverkehr aufweist, ist der Ausweis über die Gesamtenergieeffizienz an einer auffälligen und für die Öffentlichkeit gut sichtbaren Stelle anzubringen.

13.1.2 Energieeffizienzrichtlinie (EED)

Mit der Richtlinie 2012/27/EU (EED) werden Ziele für Energieeffizienz in der EU gesetzt und die effizientere Nutzung von Energie gefördert.

Mit der Reform des EED wurde das Ziel gesetzt, den Endenergieverbrauch der Mitgliedstaaten bis 2030 um 11,7 Prozent im Vergleich zu den Projektionen des EU-Referenzszenarios für 2020 zu senken. Die jährliche Energieeinsparungsverpflichtung gemäß Art. 8 EED wird schrittweise angehoben.

Die Energieeffizienzrichtlinie weist dem *öffentlichen Sektor* in Art. 5 eine Vorreiterrolle zu. Der Gesamtenergieverbrauch aller öffentlichen Einrichtungen zusammen soll jährlich um mindestens 1,9 Prozent im Vergleich zum Jahr 2021 gesenkt werden, wobei der öffentliche Verkehr und die Streitkräfte ausgenommen werden können. Für öffentliche Einrichtungen in kleineren Kommunen gelten Übergangsfristen.

Zusätzlich werden die Mitgliedstaaten in Art. 6 dazu verpflichtet, jährlich mindestens 3 Prozent der Gesamtfläche beheizter und/oder gekühlter Gebäude, die sich im Eigentum öffentlicher Einrichtungen befinden, renoviert werden, um sie im Einklang mit der EPDB (Art. 9 der Richtlinie 2010/31/EU) mindestens zu Niedrigstenergiegebäuden oder Nullemissionsgebäuden umzubauen.

„Öffentliche Einrichtungen“ sind nach Art. 2 Nr. 12 EED „nationale, regionale oder lokale Behörden und Stellen, die direkt von diesen Behörden finanziert und verwaltet werden, jedoch nicht gewerblicher oder kommerzieller Art sind“.

Mit der Empfehlung (EU) 2024/1716 vom 19. Juni 2024 gibt die EU-Kommission Leitlinien für die Auslegung der Art. 5, 6 und 7 der EED-Richtlinie (EU) 2023/1791 des Europäischen Parlaments und des Rates in Bezug auf den Energieverbrauch im öffentlichen Sektor, die Renovierung öffentlicher Gebäude und die Vergabe öffentlicher Aufträge.

Zum einen wird darin dargestellt, welche Verwaltungsebenen unter den Begriffen nationale, regionale oder lokale Behörden verstanden werden, zum anderen sind auch die Verpflichtungen der öffentlichen Hand zusammenfassend dargestellt und erläutert. Tabelle 13-1 ist ein Auszug der Darstellung in der Empfehlung der EU-Kommission.

Tabelle 13-1: Überblick über die Verpflichtungen im Zusammenhang mit dem öffentlichen Sektor

Verpflichtung	Beginn der Verpflichtung	Häufigkeit
Senkung des Endenergieverbrauchs		
Bestimmung der Ausgangsbasis für den Endenergieverbrauch für das Kalenderjahr 2021	bis 11. Oktober 2027	entfällt
Für alle öffentlichen Einrichtungen mit Ausnahme öffentlicher Einrichtungen in lokalen Verwaltungseinheiten mit einer Bevölkerung von weniger als 50 000Einwohnern: Senkung des Endenergieverbrauchs um mindestens 1,9 %	Umsetzungsdatum	jährlich
Für öffentliche Einrichtungen in lokalen Verwaltungseinheiten mit einer Bevölkerung von weniger als 50 000Einwohnern: Senkung des Endenergieverbrauchs um mindestens 1,9 % jährlich	1. Januar 2027	jährlich
Für öffentliche Einrichtungen in lokalen Verwaltungseinheiten mit einer Bevölkerung von weniger als 5 000Einwohnern: Senkung des Endenergieverbrauchs um mindestens 1,9 % jährlich	1. Januar 2030	jährlich
Strategische Anforderungen im Zusammenhang mit der Unterstützung öffentlicher Einrichtungen		
Sicherstellen, dass alle regionalen und lokalen Behörden in ihren langfristigen Planungsinstrumenten spezifische Energieeffizienzmaßnahmen festlegen	Umsetzungsdatum	kontinuierlich
Sicherstellen, dass alle Behörden, einschließlich der regionalen und lokalen Behörden, aktiv in die Umsetzung von Maßnahmen im Zusammenhang mit Energiearmut eingebunden werden	Umsetzungsdatum	kontinuierlich
Unterstützung öffentlicher Einrichtungen bei der Einführung von Maßnahmen zur Energieeffizienzverbesserung	Umsetzungsdatum	kontinuierlich
Ermutung öffentlicher Einrichtungen, bei Investitionen in öffentliche Gebäude die Lebenszyklus-CO ₂ -Emissionen zu berücksichtigen	Umsetzungsdatum	kontinuierlich
Ermutung öffentlicher Einrichtungen, die Energieeffizienz von Gebäuden zu verbessern, u. a. durch den Austausch alter und ineffizienter Heizungsanlagen	Umsetzungsdatum	kontinuierlich
Gebäudeinventar		
Öffentliche Verfügbarkeit und Zugänglichkeit eines Inventars beheizter und/oder gekühlter Gebäude	Umsetzungsdatum	entfällt
Aktualisierung des Inventars	Umsetzungsdatum	alle zwei Jahre
Renovierungsverpflichtung		
Schätzung des 3 %-Ziels auf der Grundlage der Gesamtfläche beheizter und/oder gekühlter Gebäude, die sich im Eigentum öffentlicher Einrichtungen befinden, zum 1. Januar 2024	Umsetzungsdatum	entfällt
Renovierung von 3 % der Gesamtfläche beheizter und/oder gekühlter Gebäude	Umsetzungsdatum	jährlich
Aufnahme von Verhandlungen mit Gebäudeeigentümern, damit die Gebäude in Niedrigstenergiegebäude oder Nullemissionsgebäude umgewandelt werden	Umsetzungsdatum	jährlich

Quelle: EMPFEHLUNG (EU) 2024/1716 DER KOMMISSION vom 19. Juni 2024, Auszug

13.1.3 Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED III)

Die überarbeitete EU-Erneuerbare-Energien-Richtlinie (Renewable Energies Directive RED) die Richtlinie (EU) 2018/2001, hebt das europäische Ziel für erneuerbare Energien von bisher 32 Prozent auf

40 Prozent bis 2030 an. Im Vergleich zu dem im Jahr 2021 erreichten Stand von 22 Prozent bedeutet dies eine Verdoppelung des Anteils erneuerbarer Energien. Mit der RED III und dem neuen Art 15a gilt erstmals für den Gebäudesektor ein EU-weites, indikatives Ziel von 49 Prozent erneuerbarer Energien gemessen am Endenergieverbrauch in Gebäuden. Die Mitgliedstaaten müssen auf dieser Basis für das Jahr 2030 einen Richtwert als nationales Ziel festlegen. Diesen Richtwert für den nationalen Anteil und Angaben darüber, wie sie ihn zu erreichen planen, müssen sie in die vorgelegten integrierten nationalen Energie- und Klimapläne aufnehmen.

Zudem wird in Art. 15a Abs. 4 RED eine Vorbildfunktion für öffentliche Gebäuden auf nationaler, regionaler und lokaler Ebene hinsichtlich des Anteils der genutzten Energie aus erneuerbaren Quellen definiert. Die Mitgliedstaaten können unter anderem zulassen, dass diese Verpflichtung dadurch erfüllt wird, dass die Dächer öffentlicher oder gemischt privat und öffentlich genutzter Gebäude durch Dritte für Anlagen zur Erzeugung von Energie aus erneuerbaren Quellen genutzt werden.

13.2 Regelungen auf nationaler Ebene

13.2.1 Gebäudeenergiegesetz (GEG)

Die Vorbildfunktion der öffentlichen Hand wird in § 4 GEG geregelt. Die Länder können darüber hinaus weitere Regelungen für die öffentliche Hand erlassen. Da die §§ 52 bis 56 GEG im Rahmen der aktuellen Novelle entfallen sind, ist die Länderöffnungsklausel nun in § 4 GEG umgesetzt. Einige Länder haben bereits eigene Ziele und Regelungen für die öffentlichen Gebäude ihres Bundeslandes umgesetzt.

Nach § 4 GEG kommt Nichtwohngebäuden, die sich im Eigentum der öffentlichen Hand befindet und von einer Behörde genutzt werden, eine Vorbildfunktion zu. Diese Vorbildfunktion resultiert aus der EU-Gebäuderichtlinie und beinhaltet auch die Prüfung der Nutzungsmöglichkeit von PV oder Solarthermie und weiterhin auch eine Informationspflicht der öffentlichen Hand über die Erfüllung der Vorbildfunktion. Die Prüfung bezieht sich darauf, ob und in welchem Umfang Erträge durch die Errichtung einer im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang mit dem Gebäude stehenden Anlage zur Erzeugung von Strom aus solarer Strahlungsenergie oder durch solarthermische Anlagen zur Wärme- und Kälteerzeugung erzielt und genutzt werden können.

13.2.2 Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen (EDL-G)

Das Energiedienstleistungsgesetz setzt die Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen (EED) in nationales Recht um.

§ 3 Energieeinsparziele

Nach § 3 Abs. 3 EDL-G kommt der öffentlichen Hand mit Blick auf die Energieeffizienzverbesserung eine Vorbildfunktion zu. Neben der Inanspruchnahme von Energiedienstleistungen zur Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen bezieht sich die Vorbildfunktion insbesondere auf Baumaßnahmen der öffentlichen Hand, diese müssen nicht unwesentlich über die Anforderungen des GEG hinausgehen. Diese Vorbildfunktion resultierte bisher aus Art. 5 und jetzt Art. 6 EED.

13.2.3 Energieeffizienzgesetz (EnEfG)

Mit dem Energieeffizienzgesetz (EnEfG) wird der Anwendungsbereich insbesondere bei der Vorbildfunktion der öffentlichen Hand über den Bund hinaus auf Länder und sonstige öffentliche Einrichtungen erweitert. Auf Grundlage der Vorgaben EED legt das EnEfG Energieeffizienzziele für Primär- und Endenergie für das Jahr 2030 fest.

Nach § 6 EnEfG resultiert eine Einsparverpflichtung öffentlicher Stellen; Verordnungsermächtigungen eine Verpflichtung für öffentliche Stellen mit einem jährlichen Gesamtendenergieverbrauch von 1 Gigawattstunde oder mehr zu jährlichen Einsparungen beim Endenergieverbrauch in Höhe von 2 Prozent pro Jahr bis zum Jahr 2045. Öffentliche Stellen mit einem Verbrauch von mehr als 1 Gigawattstunden müssen darüber hinaus bis Juni 2026 ein vereinfachtes Energiemanagementsystem (EMS) beziehungsweise ab 3 Gigawattstunden ein umfassendes EMS (50001) oder UMS (EMAS) einführen.

13.2.4 Klimaschutzgesetz (KSG)

Eine weitere Vorbildfunktion resultiert aus Abschnitt 5 des Bundes-Klimaschutzgesetzes (KSG).

Mit § 13 Abs. 1 Satz 1 und 2 KSG ist ein allgemeines Berücksichtigungsgebot eingeführt worden, wodurch Träger öffentlicher Aufgaben bei ihren Planungen den Zweck des Gesetzes und die zu seiner Erfüllung festgelegten Ziele zu berücksichtigen haben. Darüber hinaus ist auf Bundesebene zu prüfen, wie bei der Planung, Auswahl und Durchführung von Investitionen und bei der Beschaffung, zum Erreichen der nationalen Klimaschutzziele beigetragen werden kann (§ 13 Abs. 2 KSG). Bei Investitionen und bei der Beschaffung auf Bundesebene ist zudem nach § 13 Abs. 1 Satz 3 KSG ein CO₂-Schattenpreis anzuwenden. Dieser muss der Höhe nach mindestens der nach § 10 Abs. 2 Brennstoff-Emissionshandelsgesetz gültige Mindestpreis oder Festpreis sein.

Zusätzlich besteht durch § 15 KSG das Ziel, die Bundesverwaltung bis zum Jahr 2030 klimaneutral zu organisieren. Hierzu verabschiedet die Bundesregierung im Jahr 2024 und im Folgenden alle fünf Jahre Maßnahmen, die von den Behörden des Bundes und von sonstigen Bundeseinrichtungen ohne eigene Rechtspersönlichkeit, wenn sie der unmittelbaren Organisationsgewalt des Bundes unterliegen, einzuhalten sind. In § 15 Abs. 4 KSG ist der Erfahrungsaustausch mit den Ländern zur Erstellung von vergleichbaren Regelungen vorgesehen.

13.2.5 Vorbildfunktion Bundesgebäude für Energieeffizienz

Als Teil des Sofortprogramms für den Gebäudesektor¹ des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) und des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) soll mit der Initiative öffentliche Gebäude die Sanierungsrate erhöht werden und bei allen öffentlichen Gebäuden ein vergleichbares Ambitionsniveau wie das der „Energieeffizienzfestlegungen für klimaneutrale Neu-/ Erweiterungsbauten und Gebäudesanierungen des Bundes“ erreicht werden. Die Initiative öffentliche Gebäude dient somit der Umsetzung von Art. 6 der EED.

Mit den Energieeffizienzfestlegungen für klimaneutrale Neu-/ Erweiterungsbauten und Gebäudesanierungen des Bundes werden Anforderungen zur Senkung des Energiebedarfs von Gebäuden in der Nutzungsphase festgelegt. Für Neubaumaßnahmen soll demnach ein energetischer Standard erreicht

¹ Abrufbar unter: https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/veroeffentlichungen/bauen/sofortprogramm-sektor-gebaeude.pdf;jsessionid=496096E6CA7128D75C48A9A5ED7B05E6.live882?__blob=publicationFile&v=2

werden, der mindestens einem EffizienzgebäudeBund 40 (EGB 40) entspricht. Bei allen Sanierungsbauvorhaben im Gebäudebestand des Bundes soll ein energetischer Standard, der mindestens einem EffizienzgebäudeBund 55 (EGB 55) entspricht, erreicht werden. Der Bund soll bei seinen eigenen Liegenschaften den Energiebedarfsausweise sichtbar darstellen.

13.3 Schlussfolgerungen für das GEG

Mit dem Wegfall der §§ 52 bis 56 GEG in der letzten Novelle ist auch die Pflicht zur Nutzung von erneuerbaren Energien bei bestehenden öffentlichen Gebäuden nach § 52 GEG entfallen. Durch § 71 Abs. 8 und 10 GEG wird die Anwendung der Pflicht zur Nutzung von 65% erneuerbaren Energien auf Juli 2026 bzw. Juli 2028 verschoben. Hierdurch entsteht eine zeitliche Lücke für die Verpflichtung zur Nutzung erneuerbarer Energien in öffentlichen Gebäuden. Um der Vorbildfunktion der öffentlichen Hand auch vor der Wirksamkeit des § 71 Abs 1 GEG in den Jahren bis 2026 für Kommunen mit mehr als 100.000 Einwohnern und 2028 für kleinere Kommunen gerecht zu werden, sollte die 65%-Erneuerbare-Wärme-Vorgabe für öffentliche Gebäude vorgezogen werden.

Die Länder können für öffentliche Gebäude, mit Ausnahme der öffentlichen Gebäude des Bundes, durch die Landesöffnungsklausel bereits jetzt weitergehende Anforderungen definieren.

14 Weiterer Veränderungsbedarf im GEG

14.1 Einleitung

Neben den ausführlichen Analysen der vorstehenden Kapitel hat das Projektkonsortium eine Reihe weiterer Veränderungsvorschläge für das GEG identifiziert, die teilweise gesetzliche Änderungen nach sich ziehen, teilweise aber auch Änderungen in Normen, insbesondere der DIN V 18599 bedeuten. Diese Veränderungsvorschläge werden in den folgenden Kapiteln zusammengestellt.

14.2 Standortbezogene Berechnung, lokale Klimadaten

Energiebedarfsberechnungen im Rahmen des Ordnungsrechts und darauf aufbauender Förderprogramme erfolgen gegenwärtig mit einem mittleren Klima für Deutschland. Ziel dieser politischen Vorgabe ist eine standortunabhängige Vergleichbarkeit von Gebäuden. Als weitere Vorteile sind die standortunabhängige Bewertung energiesparender Komponenten sowie eine gewisse Vereinfachung der Berechnungsverfahren und bei wiederkehrend errichteten Gebäudekonzepten zu nennen. Anforderungsgrößen könnten auch absolut festgelegt werden, ohne dadurch in Abhängigkeit vom Standort unterschiedliche Anforderungen zu generieren.

Den Vorteilen der Verwendung eines einheitlichen Klimadatensatzes stehen wesentliche Nachteile gegenüber. Zu nennen sind vor allem systematische Abweichungen zwischen Energiebedarf und -verbrauch, eine mögliche Fehloptimierung von Gebäude- und Anlagenkonzepten sowie Unterschiede zwischen der energetischen Bewertung und der immer standortspezifisch vorgenommenen Anlagenauslegung.

Bei weiterer Nutzung des Referenzgebäudeverfahrens kann gewährleistet werden, dass auch bei Verwendung regionaler oder lokaler Wetterdatensätze vergleichbare Anforderungen unabhängig vom Standort gestellt werden.

Die DIN V 18599 ist in bisheriger Form grundsätzlich für Berechnungen mit anderen Klimadaten geeignet. Der Nutzenergiebedarf kann beispielsweise unter Verwendung klimaspezifischer Faktoren aus den 15 Testreferenzjahren oder nach gewissen Anpassungen auch auf Basis der ortsgenauen Klimadatenätze berechnet werden. Anlagentechnische Bewertungen sind hingegen nur teilweise standortspezifisch möglich. Vorgaben des GEG und der Förderung schließen bisher die Verwendung anderer Klimadaten weitgehend aus, daher sind weder im Bereich der Normung noch bei den Softwareherstellern intensive Bemühungen zum Übergang auf standortspezifische Berechnungen erkennbar.

Ein Übergang auf standortspezifische Berechnungen wäre mit deutlichen Vorteilen verbunden:

- Bessere Optimierung energiesparender Gebäude- und Anlagenkonzepte und verbesserte Wirtschaftlichkeit. Je nach Standort können unterschiedliche Energieeffizienzstrategien sinnvoll sein, z.B. unterschiedliche Bewertung von Photovoltaik und Solarthermie je nach Strahlungsangebot oder der Wärmedämmung je nach Gradtagszahl.
- Realitätsnähere Berechnungen, geringere Unterschiede zwischen Verbrauch und Bedarf.

- Geringere Abweichungen zu QNG, da dort PV-Erträge standortspezifisch ermittelt werden.

Standortspezifische Energiebedarfsberechnungen können für die Anwendenden ohne spürbaren Mehraufwand vorgenommen werden, Anpassungen sind hingegen in der Norm und in der Software erforderlich.

Aus Sicht der Autoren ist daher ein Übergang auf standortspezifische Berechnungen zu empfehlen. Konkret wäre dazu eine Anpassung der rechtlichen Rahmenbedingungen sowie eine Weiterentwicklung der DIN V 18599 notwendig. Vor einer Umstellung ist zunächst zu prüfen, ob mit einem Übergang auf die Testreferenzjahrregionen die angestrebten Ziele in hinreichendem Umfang erreicht werden können, oder ob der Übergang direkt auf die standortspezifischen Klimadaten aus den ortsgenauen Testreferenzjahren erfolgend sollte.

Für die Berechnung des Heizwärmebedarfs und einen wesentlichen Teil der TGA-Systeme wie z.B. Nutzenergie RLT (Teil 3), Heizung (Teil 5), Wohnungslüftung (Teil 6), Trinkwassererwärmung (Teil 8) und stromerzeugende Systeme (9) wäre der Übergang auf eine standortspezifische Berechnung mit einem gewissen Aufwand umsetzbar. In anderen Normteilen, z.B. bei der Beleuchtung (Teil 4) oder Endenergie RLT Nichtwohngebäude (Teil 7) ist eine umfangreichere Umstellung erforderlich. In jedem Fall ist eine komplette Neuausgabe der DIN/TS 18599 erforderlich, einschließlich einer entsprechenden Validierung.

Im Zusammenhang mit dem Übergang auf standortspezifische Berechnungen ist der generelle Übergang auf kleinere Zeitschritte zu prüfen. Dafür sind folgende Optionen denkbar:

- a) Umstellung der DIN/TS 18599 auf Stundenschrittweite
- b) Nutzung der CEN-Normen und möglicherweise eines dort perspektivisch bereitgestellten Rechenkerns
- c) Nutzung anderer Berechnungs- bzw. Simulationswerkzeuge

In jedem Fall sind vor einer Inbezugnahme in das deutsche Energiesparrecht umfangreiche Validierungen erforderlich.

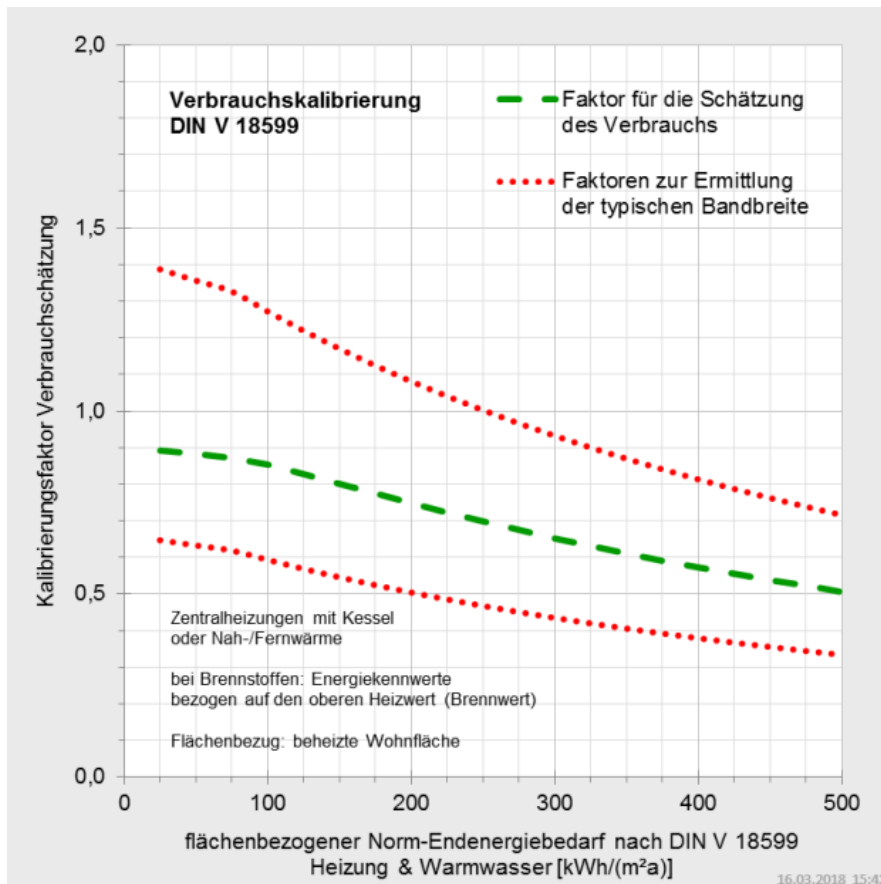
14.3 Diskrepanz zwischen Energiebedarf und -verbrauch

Rechnerisch ermittelte Bedarfswerte sollten eine möglichst große Übereinstimmung mit den mittleren Verbrauchswerten aufweisen. Dies ist nicht nur wichtig für die Harmonisierung von Bedarfs- und Verbrauchsausweisen von Bestandsgebäuden, sondern auch die Grundlage für eine sachgerechte Gebäudebewertung. Nicht zuletzt ist dies von zentraler Bedeutung für die Quantifizierung der Einsparungen von Effizienzverbesserungs- bzw. Sanierungsmaßnahmen und damit grundlegend für die Planung der Energiewende im Gebäudebestand.

In verschiedenen Studien wurde jedoch eine systematische Abweichung zwischen rechnerischen Bedarfswerten und den tatsächlichen Verbrauchswerten nachgewiesen. Dieser Effekt wurde bereits mit Bezug auf Energieausweise in Kapitel 10.6 diskutiert.

Die beobachtete Abweichung steigt dabei mit sinkender Energieeffizienz der Gebäude. Während die Abweichungen bei Neubauten demnach noch verhältnismäßig gering sind (gemäß Loga et al. (2019) beträgt die geschätzte Abweichung zwischen Verbrauch und Normenergiebedarf von Wohngebäuden nach DIN V 18599 -10 %) wird diese bei teil- und unsanierten Wohngebäuden erheblich (bis zu -50 %, bei einem flächenbezogenen Normendenergiebedarf für Heizung und Warmwasser von 500 kWh/(m²a)).

Abbildung 14-1: Kalibrierungsfaktor für Verbrauchsschätzung als Funktion des Normenergiebedarfs nach DIN V 18599



Quelle: Loga et al. (2019)

Um diesem Sachverhalt Rechnung zu tragen, wurden in einem AdHoc-Papier des UBA Empfehlungen zur Anpassung der Standardwerte der DIN V 18599 und des GEG gemacht (UBA 2022).

Basierend auf den Empfehlungen des UBA-Papiers wird vorgeschlagen, für Energiebedarfsberechnungen die folgenden Anpassungen vorzunehmen:

1. Anpassung der mittleren Raumsolltemperatur bei den Berechnungen für Bedarfsausweise für Bestandswohngebäude

Die mittlere Raumsolltemperatur im Heizfall sollte bei energetischen Berechnungen für bestehende Wohngebäude in Abhängigkeit des Heizwärmebedarfs bzw. des Transmissionswärmeverlustes bestimmt werden. Je höher der Heizwärmebedarf/ Transmissionswärmeverlust, desto geringer sollte die rechnerisch anzusetzende mittlere Raumsolltemperatur sein.

Eine entsprechende Anpassung könnte in der nächsten Überarbeitung der DIN V 18599 berücksichtigt werden.

2. Reduzierung des Luftwechsels bei Fensterlüftung

Die aktuell normativ anzusetzenden Luftwechselraten bei Fensterlüftung sind unrealistisch hoch (siehe z. B. Offermann und von Manteuffel (2018)). Der rechnerisch anzusetzende Fensterluftwechsel n_{win} bei ausschließlich über Fenster belüfteten Gebäuden/Zonen sollte daher reduziert werden.

Eine entsprechende Reduzierung sollte bei in der nächsten Überarbeitung der DIN V 18599 berücksichtigt werden.

3. Verbesserte Berücksichtigung von tatsächlichen U-Werten und Leitungslängen

Untersuchungen durchführen, die realitätsnähere Daten für Rohrleitungslängen und Bestandskonstruktionen bereitstellen.

Die entsprechenden Standardwerte sollten in der nächsten Überarbeitung der DIN V 18599 verbessert werden oder ein entsprechender Vermerk in §§ 20 + 21 GEG vorgenommen werden.

Anmerkung zu den Punkten 1 und 2: Die vorgeschlagenen Anpassungen zur Angleichung von Rechen- und Verbrauchswerten berücksichtigen realitätsnähere Bedingungen, die jedoch mit einer Änderung des Komforts einhergehen. Dies ist je nach Betrachtungsfall geeignet zu berücksichtigen. So sind beispielsweise die tatsächlichen Einsparungen bei energetischen Sanierungen in der Regel deutlich geringer als die Rechenwerte unter Berücksichtigung von unveränderten Standard-Randbedingungen. Gleichzeitig wird jedoch durch energetische Sanierungen auch der Komfort verbessert. Während bei einer klimarelevanten, rein energetischen Perspektive eine Anpassung der Rahmenbedingungen, wie vorgeschlagen, sinnvoll ist, sollten im Falle eines ökonomischen Vergleichs ggf. auch die mit einer energetischen Sanierung einhergehenden Komfortverbesserungen geeignet berücksichtigt werden (z.B. durch die Beibehaltung der unveränderten Standard-Randbedingungen).

14.4 Anpassung des vereinfachten Nachweisverfahrens

§ 31 GEG stellt ein vereinfachtes Nachweisverfahren bereit, das bei Einsatz bestimmter Heizungstechnologien in Kombination mit Bauteilkennwerten pauschal angewendet werden kann. In der Praxis stellt das „vereinfachte Verfahren“ kaum eine Erleichterung dar, da eine Vielzahl von Voraussetzungen überprüft werden muss; zudem sind bis Mitte 2024 keine Musterberechnungen veröffentlicht worden, die für die Bestimmung der Kennwerte im Energieausweis erforderlich sind. Das vereinfachte Verfahren nach § 31 GEG findet daher derzeit kaum Anwendung.

Wenn in Zukunft wie in Kapitel 4 diskutiert in der Anlage 1 GEG ein baubares Referenzgebäude definiert wird, könnte die Regelung in § 31 GEG vereinfacht werden. Es gibt zwei Ansätze hierfür:

Option 1: § 31 GEG könnte gestrichen werden. Mit dem baubaren Referenzgebäude steht ein Set an Anforderungen zur Verfügung, das unmittelbar baulich realisiert werden kann. Insofern eine der üblichen Heizungsformen eingesetzt wird, werden auch die beiden Anforderungen nach § 10 GEG an Primärenergie und Heizwärme erfüllt. Die Berechnung des tatsächlichen Gebäudes ist kein großer Aufwand.

Option 2: § 31 GEG wird dahingehend verändert, dass auf die neuen Anforderungen der EPBD-Bezug genommen wird. Er könnte dann beispielsweise folgendermaßen formuliert werden:

„Alternativ gilt für Wohngebäude die Anforderung als erfüllt, wenn für jedes Bauteil die Anforderungen gemäß Anlage 1 nicht überschritten werden [hier könnte noch eine Auflistung der relevanten Anforderungen erfolgen] und keine CO₂-Emissionen aus fossilen Brennstoffen am Standort erfolgen.“ Geprüft werden müsste, welche Anlagenkonzepte für diese vereinfachte Nachweisführung berücksichtigt werden dürfen. Daraus kann eine praxistaugliche Checkliste erstellt werden.

Die Liste der Voraussetzungen nach Anlage 5 Nr. 1 GEG sollte stark eingeschränkt werden, damit nicht die Überprüfung dieser Anforderungen allein zu einem übermäßig hohen bürokratischen Aufwand führt.

Es ist zu überlegen, ob nicht für den Zweck der Bestimmung der Energiekennwerte für den Energieausweis ein pauschaler Energiekennwert vorgegeben wird, ggf. differenziert nach Einsatz einer Wärmepumpe, Fernwärme und sonstigen Energieträgern.

14.5 Bezugsflächen vereinheitlichen

Für die Ermittlung flächenspezifischer Indikatoren ist eine einheitliche Definition der Bezugsfläche notwendig. Das GEG verwendet für Wohngebäude die Gebäudenutzfläche, das QNG-System die Netto-Raumfläche. Die Aufteilung der CO₂-Kosten zwischen Vermietenden und Mietenden (nach CO₂KostAufG) basiert hingegen auf der Wohnfläche. Dies führt zu nicht eindeutigen Umrechnungen und eventuellen Fehlinterpretationen.

Flächen im GEG

Die Energiebezugsfläche für Wohngebäude und Nichtwohngebäude ist im GEG nach § 3 Abs. 1 Nr. 26 GEG unterschiedlich. Zudem werden veraltete Begriffe verwandt. Eine Harmonisierung ist daher geboten.

Das GEG nutzt als Energiebezugsfläche für die Bewertung von Wohngebäuden, die in § 3 Abs. 1 Nr. 10 als die Gebäudenutzfläche A_N bezeichnete Fläche. Diese ist im eigentlichen Sinne keine Fläche, sondern wird aus dem Gebäudevolumen mit Hilfe einer Näherungsformel ermittelt. Das Volumen (V_e) ist dabei das Volumen, welches von der Hüllfläche (Außenmaßbezug) nach DIN V 18599-1:2018-09 Abschnitt 8 eingeschlossen wird. Im Falle der Erstellung eines Energieverbrauchsausweises bei Wohngebäuden kann, wenn A_N nicht bekannt ist, als Energiebezugsfläche die 1,35 fache (bis zu zwei Wohneinheiten mit beheiztem Keller) oder 1,2 fache (sonstige Wohngebäude) Wohnfläche verwendet werden.

Bei Nichtwohngebäuden (NWG) ist die Energiebezugsfläche immer die Nettogrundfläche (NGF). Die NGF ist nach § 3 Abs. 1 Nr. 22 GEG mit Verweis auf die DIN V 18599-1:2018-09 die NGF nach DIN 277:2021-08, die beheizt oder gekühlt wird. Die Systemgrenze ist dabei die Hüllfläche aller thermisch konditionierten, also beheizten oder auch gekühlten Zonen nach DIN V 18599-1:2018-09 Abschnitt 8. Der Begriff der Nettogrundfläche wurde in der DIN 277 schon vor Jahren durch den Begriff der Nettoraumfläche (NRF) ersetzt. Die NRF ist die Brutto-Grundfläche (BGF) abzüglich der Konstruktionsfläche (KGF) und beinhaltet die Nutzungsfläche (NUF), Technikfläche (TF) und Verkehrsfläche (VF). Bei einem NWG wird als Bezugsfläche also die beheizte oder gekühlte NRF oder wie im GEG benannt NGF verwendet.

Fläche in der EPBD

Die Bezugsfläche wird in der EPBD als Summe der „Nutzflächen der Räume innerhalb der für die Bewertung der Gesamtenergieeffizienz festgelegten Gebäudehülle“ (Art. 2 Nr. 52 EPBD) festgelegt. Dabei ist die Nutzfläche nach Art. 2 Nr. 51 EPBD „die Fläche des Bodens eines Gebäudes, die als Parameter zur Quantifizierung spezifischer Nutzungsbedingungen, ausgedrückt je Flächeneinheit, und für die Anwendung der Vereinfachungen und der Regeln für die Unterteilung in Zonen und die Zuweisung oder Neu-Zuweisung erforderlich ist“.

Flächen im QNG

Die Bezugsfläche für die Lebenszyklusbetrachtung ist die Netto-Raumfläche im Regelfall (NRF(R)) und zusätzlich die Brutto-Grundfläche (Regelfall) nach DIN 277:2021-08. Für Nachweisgrößen sind die

Werte bezogen auf NRF(R) maßgeblich. Die NRF(R) setzt sich aus der Nutzungsfläche (NUF), der Technikfläche (TF) und den Verkehrsflächen (VF) zusammen.

Diese Bezugsfläche nach QNG umfasst auch die NRF nicht konditionierter Gebäudeteile und kann je nach Fall größer sein als die Bezugsfläche nach GEG. Das Beispiel eines nicht beheizten Kellers in einem Wohngebäude verdeutlicht dies. Der nicht beheizte Keller wird für die Bezugsfläche nach GEG nicht berücksichtigt. Die Indikatoren aus der Nutzungsphase des gesamten Gebäudes werden für ein solches Beispielgebäude auf die Fläche ohne Keller bezogen. Nach QNG wird der Keller bei der Bezugsfläche berücksichtigt und dessen Umweltwirkungen über den Lebenszyklus erfasst. Die flächen-spezifischen Indikatoren nach QNG beziehen sich dann also auf die Fläche inklusive Keller.

Flächen nach CO₂KostAufG

Im CO₂KostAufG ist die Bezugsgröße die Wohnfläche. In § 5 CO₂KostAufG und der Anlage ist der Kohlendioxidausstoß des Gebäudes pro Quadratmeter und Jahr auf die Wohnfläche bezogen. Für die Bestimmung der Wohnfläche sind derzeit zwei Bestimmungsmethoden möglich: nach den Vorgaben der Wohnflächenverordnung (WoFIV)¹ und nach DIN 277:2021-08.

Die Wohnflächenverordnung (Inkrafttreten 2004) berücksichtigt bei der Ermittlung ausschließlich die als Wohnraum nutzbare Fläche. Dementsprechend gewichtet sie die einzelnen Räume unterschiedlich stark: Wohn- und Schlafräume zählen beispielsweise zu 100 Prozent zur Wohnfläche, Terrassen oder Balkone nur anteilig. Alles, was sich außerhalb der Wohnung befindet, zum Beispiel Kellerräume, lässt sie ganz außen vor. Außerdem achtet sie auf die Höhe eines Raumes und hinterfragt, ob der Raum offen oder geschlossen ist. Für ältere Mietverträge, die vor dem 01.01.2004 abgeschlossen worden sind, gilt die aktuelle Wohnflächenverordnung nicht. Die Berechnung für diese Wohnungen beruht nach wie vor auf der alten Verordnung, der sogenannten Zweiten Berechnungsverordnung (II. BV)².

In der DIN 277:2021-08 (Grundflächen und Rauminhalte im Hochbau) wird der Begriff der Wohnfläche nicht direkt genutzt. Sie verwendet andere Begrifflichkeiten: Die Gesamtheit der Flächen wird Bruttogrundfläche (BGF) genannt, unterteilt in Konstruktionsgrundfläche (KGF) und die Nettoraumfläche (NRF). Die Nettoraumfläche wiederum setzt sich aus der Nutz- bzw. Nutzungsfläche (NUF), der Verkehrsfläche (VF) und der Technikfläche (TF) zusammen. Die Nutzungsflächen gliedert die DIN 277 in sieben Nutzungsarten. Eine davon lautet Wohnen und Aufenthalt. Die Wohnfläche ist bei der DIN 277 also ein Unterfall der Nutzungsfläche – der Teil der NUF, der der Nutzung eines Bauwerkes zu Wohnzwecken dient. Nach DIN 277 berechnete „Wohnflächen“ ergeben sich meist aus einer Addition von „Nutzungsflächen“ und „Verkehrsflächen“. Bei deren Ermittlung dürfen die Flächen von Balkonen, Terrassen und Treppen sowie Flächen unter Dachschrägen ohne Einschränkung angerechnet werden. Im Ergebnis führt das, verglichen mit einer Berechnung nach der WoFIV, zu erheblich größeren „Wohnflächen“.

Empfehlung

Im Sinne der Harmonisierung und Vereinheitlichung mit anderen Anforderungen (z.B. QNG), Gesetzen (z.B. CO₂KostAufG) und Verordnungen und der Präzisierung sollte die Bezugsfläche möglichst einheitlich definiert sein. Hierfür bietet sich die bestehende DIN 277:2021-08 an, die eine Berechnungsgrundlage und Definition von Grundflächen und Rauminhalten für den Hochbau bietet. Diese Grund-

¹ Verordnung zur Berechnung der Wohnfläche vom 25. November 2003 (BGBl. I S. 2346).

² Verordnung über wohnungswirtschaftliche Berechnungen nach dem Zweiten Wohnungsbaugesetz (Zweite Berechnungsverordnung) in der Fassung der Bekanntmachung vom 12. Oktober 1990 (BGBl. I S. 2178), die zuletzt durch Artikel 78 Absatz 2 des Gesetzes vom 23. November 2007 (BGBl. I S. 2614) geändert worden ist.

lage kann von Gesetzen und Verordnungen verwendet werden und bietet neben einer Vereinheitlichung mehr Rechtssicherheit. Ein weiterer Vorteil ist eine einheitliche Ausgangsdefinition für NWG und WG.

Für Wohngebäude soll die beheizte oder gekühlte (thermisch konditionierte) Netto-Raumfläche im Regelfall (NRF(R)) als Bezugsfläche verwendet werden. Unter der Netto-Raumfläche werden jeweils die thermisch konditionierte Fläche mit der Nutzung für Wohnen und Aufenthalt (NUF 1), die thermisch konditionierte Technikfläche und thermisch konditionierte Verkehrsfläche nach DIN 277:2021-08 addiert.

Wie bisher soll bei Nichtwohngebäuden die thermisch konditionierte Netto-Raumfläche als Bezugsfläche genutzt werden. Je nach NWG-Kategorie werden die passenden Nutzfläche NUF 2 – NUF 7 verwendet.

In den Berechnungsvorgaben wie der DIN V 18599 sollen die entsprechenden Flächen als Bezugsfläche berücksichtigt werden.

Diese Vereinheitlichung der Bezugsflächen ist konform mit der EPBD, da alle Flächen innerhalb der zu bewertenden Gebäudehülle berücksichtigt werden. Darüber hinaus ist, wie in der EPBD gefordert, die Bodenfläche („in Höhe der Oberkanten der Boden- bzw. Deckenbeläge“) nach DIN 277:2021-08 maßgeblich.

Notwendige Anpassungen im GEG

Im GEG müssen für die Änderung die Begriffe entsprechend im Gesetzestext angeglichen werden. In § 3 Abs.1 Nr. 26 GEG „Nutzfläche“ müssen die Absätze a) bei einem Wohngebäude die Gebäudenutzfläche oder b) bei einem Nichtwohngebäude die Nettogrundfläche ersetzt werden durch:

a) bei einem Wohngebäude die beheizte oder gekühlte (thermisch konditionierte) Netto-Raumfläche im Regelfall (NRF®) aus jeweils der thermisch konditionierten Nutzfläche für Wohnen und Aufenthalt (NUF 1), Technikfläche (TF) und Verkehrsfläche (VF) nach DIN 277:2021-08 oder

b) bei einem Nichtwohngebäude die beheizte oder gekühlte (thermisch konditionierte) Netto-Raumfläche im Regelfall (NRF®) aus jeweils der thermisch konditionierten Nutzfläche (NUF) für Kategorie NUF 2 bis NUF 7, Technikfläche (TF) und Verkehrsfläche (VF) nach DIN 277:2021-08

Der Begriff „Gebäudenutzfläche“ muss in den folgenden §§ durch „Nettoraumfläche“ ersetzt werden:

§ 3 Abs. 1 Nr. 10 [streichen], § 3 Abs. 1 Nr. 26, § 15 Abs. 1, § 20 Abs. 2, § 25 Abs. 10, § 28 Abs. 3, § 50 Abs. 1 Nr. 1 a), § 50 Abs. 2 Nr. 1, § 50 Abs. 2 Nr. 2, § 67 Abs. 1 Nr. 2, § 82 Abs. 2, § 85 Abs. 1 Nr. 12, § 85 Abs. 2 Nr. 1, § 85 Abs. 2 Nr. 2, § 85 Abs. 3 Nr. 1, § 103 Abs. 1 Nr. 1 a), § 103 Abs. 1 Nr. 2 a), § 106 Abs. 1, § 112 Abs. 3 Nr. 2, Anlage 1 Nr. 6, Anlage 10.

Der Begriff „Nettogrundfläche“ in den folgenden §§ durch „Nettoraumfläche“ ersetzen:

§ 3 Abs. 1 Nr. 26, § 18 Abs. 1, § 32 Abs. 1 und Abs. 2, § 32 Abs. 4, § 32 Abs. 5, § 50 Abs. 1, § 67 Abs. 1, § 74 Abs. 2, § 85 Abs. 1 und Abs. 2, § 103 Abs. 1, § 106 Abs. 2, Anlage 2 Nr. 5.1 und Nr. 8, Anlage 6 Nr. 4 und Nr. 5 (inkl. Fußnote).

14.6 Besserer Vollzug durch Anpassung der Aufgaben des bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegers (§ 97 GEG)

§ 97 GEG beschreibt die Prüfaufgaben des bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegers als Beliehener für den Vollzug des GEG. Hierbei wird im Gesetz zwischen wiederkehrenden Prüfungen (Absatz 1) und einmaligen Prüfungen nach dem Einbau einer heizungstechnischen Anlage (Absatz 2) unterschieden.

Nach § 97 Abs. 1 GEG prüft der bevollmächtigte Bezirksschornsteinfeger im Rahmen der Feuerstättenschau, ob ein Heizkessel, der außer Betrieb genommen werden muss, weiterhin betrieben wird (Nr. 1), ob die Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen nach § 69 Abs. 2 GEG (auch i. V. m. § 73 GEG) gedämmt wurden (Nr. 2) und die Abrechnungen und Bestätigungen für Brennstofflieferungen nach § 96 Abs. 5 GEG vorliegen (Nr. 3).

§ 97 Abs. 2 GEG unterscheidet zunächst zwischen heizungstechnischen Anlagen, die in ein bestehendes Gebäude eingebaut werden, und den Anlagen, die in einem noch zu errichtenden Gebäude eingebaut werden. Anknüpfungszeitpunkt der Prüfung bei Bestandsgebäuden ist die bauordnungsrechtliche Abnahme der Anlage soweit vorgesehen, anderenfalls die erste Feuerstättenschau. Die 2023 in § 97 Abs. 2 Nr. 3, 5, und 6 GEG neu aufgenommenen Prüfaufgaben umfassen so auch die neuen Heizungsanlagen. Daher prüft der bevollmächtigte Bezirksschornsteinfeger nach § 97 Abs. 2 GEG in der Nr. 1 die Einhaltung des Verbots der Veränderung, die die energetische Qualität des Gebäudes verschlechtert nach § 57 Abs. 1 GEG (Verschlechterungsverbot), in Nr. 2 das Gebot zur Regelbarkeit von Zentralheizungen (§ 61 Abs. 1 GEG), in Nr. 3 das Gebot zur Nutzung erneuerbarer Energieträger (§§ 71 bis 71m GEG), in Nr. 4 das Dämmung von Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen sowie in Nr. 5 und 6 das Prüfen der Anforderungen an den Einbau von Heizungsanlagen bei Nutzung von fester Biomasse nach § 71g GEG sowie von Wärmepumpen- oder Solarthermie-Hybridheizungen nach § 71h GEG.

In § 97 Abs. 5 GEG wird die Vollzugsaufgabe des bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegers eingeschränkt, soweit die Erfüllung der Pflichten aus den in den Absätzen 1, 2 und 4 genannten Vorschriften durch Vorlage einer Unternehmererklärungen nachgewiesen wird.

Für einen besseren Vollzug des GEG werden folgende vier Änderungen vorgeschlagen:

Empfehlung 1: Schornsteinfeger prüft auch Unternehmererklärungen über Heizungsprüfungen und Heizungsoptimierungen nach § 60b GEG

Bisher prüft der bevollmächtigte Bezirksschornsteinfeger unter anderem die Abrechnungen und Bestätigungen für flüssige und gasförmige Biomasse sowie für grünen und blauen Wasserstoff sowie daraus hergestellte Derivate.

Änderungsvorschlag:

Das Prüfungsrecht des bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegers soll auf die Ergebnisse der Heizungsprüfungen und Heizungsoptimierungen nach § 60b GEG und die Nachweise der entsprechend durchgeführten Optimierungsmaßnahmen erweitert werden.

Begründung: Der zum 1. Oktober 2024 in Kraft tretende § 60b GEG sieht verbindlich vor, dass Prüfungs- und Optimierungsmaßnahmen an Heizungsanlagen durchzuführen sind. Bisher findet keine Überprüfung statt, ob die nach § 60b GEG gesetzlich vorzunehmende Heizungsprüfung und Heizungsoptimierung überhaupt stattgefunden hat.

Nach dem Änderungsvorschlag soll die Verweisung in § 97 Abs. 1 Nr. 3 GEG zusätzlich den § 96 Abs. 1 S. 2 Nr. 2 GEG mitumfassen. Dies hätte zur Folge, dass die dortigen Nachweise über das Ergebnis der Heizungsprüfung § 60b Abs. 5 S. 1 GEG und die Nachweise der ggf. durchgeführten Optimierungsmaßnahmen nach § 60b Abs. 5 S. 2 GEG mittels Unternehmererklärung durch den bevollmächtigten Bezirksschornsteinfeger im Rahmen der Feuerstättenschau überprüft werden.

Es sollte zudem in Betracht gezogen werden, dass zukünftig weitere Unternehmerklärungen aus der Liste des § 96 Absatz 1 im Rahmen der Feuerstättenschau geprüft werden. Insbesondere kommt in Betracht, dass der Schornsteinfeger bei Hybridheizungen auch prüft, ob die „Prüfung und Optimierung von Wärmepumpen“ im Sinne des § 60a GEG stattgefunden hat.

Empfehlung 2: Richtigkeit der Verweisung in § 97 Abs. 2 S. 2 GEG

Der Änderungsvorschlag 2 bezieht sich auf § 97 Abs. 2 GEG. § 97 Abs. 2 S. 1 GEG beschreibt den Prüfungsrahmen des bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegers bei einer heizungstechnischen Anlage, die in ein bestehendes Gebäude eingebaut wird. § 97 Abs. 2 S. 2 GEG sieht die entsprechende Anwendung bei zu errichtenden Gebäuden vor. Diese beiden Fälle sollten redaktionell zusammengefasst werden.

Begründung: Die redaktionelle Zusammenführung der beiden Sätze für Neubau und Bestandsgebäude dient der vereinfachten Anwendung des § 97 Abs. 2 GEG. Zudem wird ohne die Differenzierung zwischen „bestehenden“ und „zu errichtenden“ Gebäuden auch die Auslegung in Grenzfällen einfacher: Beispielsweise falls Heizungsanlagen, die für die Versorgung eines zu errichtenden Gebäudes über ein Gebäudenetz bestimmt sind, in ein (anderes) bestehendes Gebäude neben einer bereits bestehenden Anlage eingebaut werden.

Empfehlung 3: Prüfung des hydraulischen Abgleichs

Der Änderungsvorschlag 3 bezieht sich auf § 97 Abs. 2 S. 1 Nr. 1 GEG, wonach das energetische Verschlechterungsverbot des § 57 Abs. 1 nach dem Einbau einer neuen Heizungsanlage geprüft wird. Es sollte ergänzt werden, dass der bevollmächtigte Bezirksschornsteinfeger bei der Abnahme der Anlage bzw. bei der ersten Feuerstättenschau auch die Durchführung des hydraulischen Abgleichs entsprechend den Vorgaben des § 60c GEG überprüft. Hierdurch wird der Vollzug des § 60c GEG verbessert.

Empfehlung 4: Plausibilitätsprüfung der Unternehmerklärungen

Der Änderungsvorschlag 4 bezieht sich auf § 97 Abs. 5 GEG. § 97 Abs. 5 GEG ermöglicht es, die Erfüllung der Pflichten aus § 97 Abs. 1, 2 und 4 GEG durch Vorlage der Unternehmerklärungen gegenüber dem bevollmächtigten Bezirksschornsteinfeger nachzuweisen. Bisher ist das Prüfungsrecht des bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegers dann nicht mehr gegeben, wenn die entsprechende Unternehmerklärungen als Nachweis für die Erfüllung der Pflichten vorgelegt werden. Für einen effektiven Vollzug des GEG sollten die Unternehmerklärungen nicht gänzlich ungeprüft dazu geeignet sein, den notwendigen Nachweis zu erbringen. Vor diesem Hintergrund ist eine Plausibilitätsprüfung der Unternehmerklärung angezeigt, um unlautere Praktiken einzudämmen.

14.7 Weitere Vorschläge

Empfehlung 1: Legaldefinitionen für Zentralheizung, zentrale Heizungsanlage und Etagenheizung klarstellen

Der Begriff „Zentralheizung“ in § 61 GEG ist derzeit nicht definiert. Er sollte dort ersetzt werden durch „Heizungsanlage mit Wasser als Wärmeträger“. Damit wird die Einheitlichkeit der Begriffliche in §§ 60ff GEG gewährleistet und Auslegungsfragen reduziert. Insbesondere wären damit auch Gasetagenheizungen, die mehr als zwei Räume beheizen, begrifflich miteinbezogen. Nachzuführen wäre diese Ersetzung auch an anderen Stellen des GEG, beispielsweise § 96 Abs. 1 Nr. 3 und 4, § 96 Abs. 3 sowie § 108 Abs. 1 Nr. 8.

Zudem sollte der Begriff „zentrale Heizungsanlage“ in § 71I Abs. 2 GEG näher definiert werden: Eine „zentrale Heizungsanlage“ in diesem Sinne versorgt Bereiche, die zuvor von mehreren Etagenheizungen oder Einzelraumfeuerstätten versorgt wurden. Zudem wäre in diesem Zusammenhang zu prüfen, ob der Begriff der „Etagenheizung“ legaldefiniert werden sollte.

Empfehlung 2: § 51 Abs. 1 Nr. 2 GEG: Anpassung der Anforderungen bei Erweiterung und Ausbau von Nichtwohngebäuden

§ 51 GEG beschreibt die einzuhaltenden Anforderungen an bestehende Gebäude bei Erweiterung und Ausbau. Wird ein Nichtwohngebäude erweitert oder ausgebaut, darf die mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten (Wärmeverlust je Quadratmeter) der wärmeübertragenden Umfassungsfläche (U-Werte) *„der Außenbauteile der neu hinzukommenden beheizten oder gekühlten Räume das auf eine Nachkommastelle gerundete 1,25fache der Höchstwerte gemäß der Anlage 3 nicht überschreiten.“* Diese wird in Anlage 3 im Verhältnis zum Referenzgebäude festgelegt.

Die Empfehlung sieht vor, das neue Referenzgebäude direkt als Bezugsgröße hinzuzuziehen. Sofern es zukünftig anstatt der Anforderungen an den Wärmeschutz Anforderungen an $Q_{h,b,0}$ gibt, wird Anlage 3 überflüssig und kann gestrichen werden. Als Bezugsgröße dient dann das neue Referenzgebäude.

Empfehlung 3: § 51 Abs. 1 Nr. 2 GEG: Anpassung der Anforderungen bei Erweiterung und Ausbau von Nichtwohngebäuden

Alternativ zur Empfehlung 2 könnte der § 51 Abs. 1 Nr. 2 GEG dahingehend angepasst werden, dass als Referenzwert nicht auf die Anlage 3, sondern auf die Anlage 2 Bezug genommen wird. Anlage 2 umfasst die technische Ausführung des Referenzgebäudes (Nichtwohngebäude). Dies hätte den Vorteil, dass ebenso wie bei § 51 Abs. 1 Nr. 1 GEG die Anforderungen, die an ein neues Referenzgebäude geführt werden, automatisch auch in § 51 Abs. 1 Nr. 2 GEG als Referenzwert genutzt werden können. So könnte Nr. 2 den Höchstwert auf das 1,2fache des entsprechenden Wertes des Referenzgebäudes gemäß der Anlage 2 begrenzen.

Empfehlung 4: Klarstellung des Anwendungsbereichs der §§ 60a, 60b und 60c GEG bei Nichtwohngebäuden

Die Anwendungsbereiche der §§ 60a, 60b und 60c GEG ist jeweils beschränkt auf „Gebäude mit mindestens sechs Wohnungen oder sonstigen selbständigen Nutzungseinheiten“. Für die meisten Fälle stellt dies ein klar abgrenzbarer Anwendungsbereich dar. In einigen Nichtwohngebäuden wirft dies jedoch Auslegungsfragen auf, da auch sehr große Flächen ggf. als nur eine Nutzungseinheit gewertet werden könnten. Vor diesem Hintergrund wird vorgeschlagen nach dem Vorbild von § 3 Abs. 1 Nr. 1

lit. a) EnSimiMaV jeweils explizit zu regeln, dass „Nichtwohngebäuden ab 1 000 Quadratmeter beheizter Fläche“ ebenfalls in den Anwendungsbereich fallen.

Empfehlung 5: Vereinfachung des GEG durch Abschaffung des informatorischen Beratungsgesprächs

Satz 3 und 4 in § 48 GEG beschreiben eine Verpflichtung zu einem „informatorischem Beratungsgespräch“. Dies ist nur für Änderungen an Wohngebäuden mit folgenden Kriterien notwendig:

- zwei oder weniger Wohneinheiten
- Änderungen nach § 50 Abs. 1 und 2 GEG
- Berechnung nach § 50 Abs. 3 GEG
- Beratungsgespräch als einzelne Leistung kostenlos

Dieses Gespräch ist mit einer Energieberaterin oder einem Energieberater (eine nach § 88 berechtigte Person) zu führen. In der Realität ist dies nicht der Fall, denn das Beratungsgespräch müsste kostenlos angeboten werden. Aus dem Grund wird empfohlen, die Sätze 3 und 4 in § 48 GEG zu streichen.

GEG-Anhang 1: Kleine Wohngebäude ohne Zirkulationssystem als Referenzgebäudeoption

Anhang 1 des GEG beschreibt die technische Ausführung des Referenzgebäudes für Wohngebäude. Punkt 7 der Anlage 1 beschreibt die Bauteile oder Systeme für die Anlage zur Warmwasserbereitung. Hier werden für Einfamilienhäuser momentan keine Anlagen ohne Zirkulationssysteme berücksichtigt. Stattdessen führt die aktuelle Berücksichtigung eines Zirkulationssystems für Einfamilienhäuser zu signifikanten Wärmeverlusten und somit einer Erhöhung des Energiebedarfs. Im Vergleich zu Mehrfamilienhäusern wirkt sich diese im Verhältnis zum Gesamtenergiebedarf zudem stärker aus. Durch eine gute Planung ist es zumutbar und in Teilen auch gängige Praxis, bei Einfamilienhäusern auf ein Warmwasser-Zirkulationssystem zu verzichten. Es wird empfohlen, die Referenzgebäudeausführung von Ein- und Zweifamilienhäusern ohne Zirkulationsleitung vorzusehen.

15 Ausblick

Die in diesem Bericht erarbeiteten Empfehlungen adressieren wichtige Handlungsbereiche für die Umsetzung der EPBD in das deutsche Gebäuderecht mit Fokus auf dem GEG. Gleichwohl gibt es weitere Handlungsbereiche, die nicht im Rahmen dieses Projektes untersucht wurden.

Hierzu zählen neben den in Kapitel 7 aufgebrachten Fragen des kreislauffähigen Bauens und Modernisieren auch Fragen der Klimawandelanpassung jenseits der Kühlung und des sommerlichen Wärmeschutzes; Fragen der Suffizienz, Nutzungsflexibilität und Dauerhaftigkeit von Gebäuden; sowie Fragen der Verknüpfung mit mobilitätsbezogenen Aktivitäten (Ausbau der Ladeinfrastruktur; Stellplätze usw.). Diese sind in einem anderen Projektkontext zu untersuchen.

16 Literaturverzeichnis

Agora Energiewende, Prognos, Consentec (2022): Klimaneutrales Stromsystem 2035. Wie der deutsche Stromsektor bis zum Jahr 2035 klimaneutral werden kann. https://www.agora-energie-wende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_11_DE_KNStrom2035/A-EW_264_KNStrom2035_WEB.pdf (Zugriff 11.11.2024)

Agora Industrie, ifeu, Ramboll (2024): Reduktion und Regulierung Embodied-Carbon-Emissionen im deutschen Gebäudesektor: Schaffung von Leitmärkten für klimafreundliche Grundstoffe.

Amirtahmasebi, R., M. Orloff, S. Wahba, A. Altman (2016): Regenerating Urban Land: A Practitioner's Guide to Leveraging Private Investment. Urban Development. World Bank. Washington. <https://hdl.handle.net/10986/24377> (Zugriff 6.10.2024).

Amorocho, J., S. Zuhaib, X. Fernandez Alvarez (2024): Energy performance certifications: Current status, challenges, and opportunities. Buildings Performance Institute Europe (BPIE). Proceedings of the eceee-conference 2024.

Arrêté (2021): „Arrêté du 4 août 2021 relatif aux exigences de performance nergétique et environnementale des constructions de bâtiments en France métropolitaine et portant approbation de la méthode de calcul prévue à l'article R. 172-6 du code de la construction et de l'habitation

ASBP (2023): Technical blog: Examining the French dynamic LCA approach. <https://asbp.org.uk/asbp-news/blog-dynamic-lca> (Zugriff 6.11.2024).

Balouktsi, M. und T. Lützkendorf (2016): Energy Efficiency of Buildings: The Aspect of Embodied Energy. Energy Technology 4.

BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2023): „Wie heizt Deutschland?“ (2023), Studie zum Heizungsmarkt November 2023 (korrigierte Fassung vom 28.11.2023) <https://www.bdew.de/energie/studie-wie-heizt-deutschland/>. Letzter Abruf: 4.10.2024

BfEE (2016): Begleitende Untersuchungen zur Weiterentwicklung der energetischen Mindestanforderungen an Gebäude mit der EnEV 2017: Wirtschaftlichkeit, Anforderungsmethodik und bilanzielle Randbedingungen“. Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH mit Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden Forschung und Anwendung GmbH, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, schiller-engineering Hamburg, Ecofys Germany GmbH.

BfEE (2017): Weitergehende Untersuchungen im Rahmen der Weiterentwicklung der energetischen Mindestanforderungen an Gebäude mit der EnEV 2017“ (September 2017), Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH mit Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden Forschung und Anwendung GmbH, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, schiller-engineering Hamburg, Ecofys Germany GmbH

Bienert, S., H. Kuhlwein, Y. Schmidt, B. Gloria, B. Agbayir (2023): Embodied Carbon of Retrofits. Ensuring the Ecological Payback of Energetic Retrofits. Wörgl, Austria.

BMK (2022): Beschluss der Bauministerkonferenz vom 24.2.2022, „Leitlinien zur Fortschreibung des GEG und der Förderstandards auf Basis THG-Emissionen“. Download <https://www.bauministerkonferenz.de/verzeichnis.aspx?id=3547&o=75903547> (Zugriff 4.10.2024).

BMWK und BMI (2020): Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Daten Verwendung im Nichtwohngebäudebestand Bundesanzeiger 2020. <https://www.bundesanzeiger.de/pub/publication/dKSgHHFEsKCYusfZibw?0> (Zugriff 5.10.2023)

BMWK und BMWSB (2023): Gemeinsamer Bericht über Forschungsergebnisse zu Methodiken zur ökobilanziellen Bewertung von Wohn- und Nichtwohngebäuden.

BPIE (Buildings Performance Institute Europe) (2024). How to establish Whole Life Carbon benchmarks: Insights and lessons learned from emerging approaches in Ireland, Czechia and Spain. <https://www.bpie.eu/publication/how-to-establish-whole-life-carbon-benchmarks-insights-and-lessons-learned-from-emerging-approaches-in-ireland-czechia-and-spain/> (Zugriff 11.11.2024)

Braune A., L. Ekhvaia, K. Quante (2021): Benchmarks für die Treibhausgasemissionen der Gebäudekonstruktion. Ergebnisse einer Studie mit 50 Gebäuden.

Braungardt, S., S. Klinski, T. Nils, P. Kulkarni, M. Werle, M. Pehnt (2022b): Mindestvorgaben für die Gesamteffizienz von Bestandsgebäuden. Einsparwirkungen und rechtliche Realisierbarkeit verschiedener Ausgestaltungsvarianten. Hg. v. Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE). Öko-Institut; HWR Berlin; Prognos AG; Ifeu; BBH. Freiburg, Berlin, Heidelberg.

Braungardt, S., D. Rau, V. Bürger, M. Sahnoun, J. Kaspers, B.v. Gayling-Westphal, Y. Traum (2022): Kurzgutachten: Warmmietenmodelle - Abschlussbericht. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). Öko-Institut; Prognos AG; BBH, dena. <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Kurzgutachten-Warmmietenmodelle.pdf> (Zugriff am 05.06.2023). Freiburg, Berlin.

Breidenbach S., T. M. Bußmann-Welsch, L. Fischer, A. Grotenrath, A. Heinen, B. Heyl, S. Kroiher, L. C. Möller, L. Nesselhauf, H. Schmülling, A. Haupt, H. Wilke (2022): 1,5-Grad- Gesetzespaket. Maßnahmenkatalog mit Gesetzesentwürfen. Berlin.

Brischke L., Zimmermann P., Bierwirth A., Buschka M. (2023): Unterstützung von Suffizienzansätzen im Gebäudebereich. BBSR-Online-Publikation Nr. 09/2023. Bonn.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2020): Umweltfußabdruck von Gebäuden in Deutschland. Kurzstudie zu sektorübergreifenden Wirkungen des Handlungsfelds „Errichtung und Nutzung von Hochbauten“ auf Klima und Umwelt. BBSR-Online-Publikation 17/2020, Bonn, Dezember 2020.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (2016): Deutsches Ressourceneffizienz-programm II - Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2020): Integrierter Nationaler Energie- und Klimaplan.

Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (2021): Bilanzierungsregeln des QNG für Wohngebäude, Anhang 3.1.1 zur ANLAGE 3, Stand 25.06.2021

Bürger, V., A. Hermann, F. Keimeyer, C. Brunn, D. Haus, J. Menge, S. Klinski (2013): Konzepte für die Beseitigung rechtlicher Hemmnisse des Klimaschutzes im Gebäudebereich, in: Climate Change |

11/2013. Hrsg. V. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/konzepte-fuer-die-beseitigung-rechtlicher-hemmnisse-0>. (Zugriff 28.10.2024).

Council of the European Union (EU Council) (2022): Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings (recast) (EPBD) - General approach. 2021/0426(COD).

Destatis (2022): Baufertigstellungen von Wohn- und Nichtwohngebäuden (Neubau) nach überwiegend verwendetem Baustoff - Lange Reihen von 2000 bis 2021. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Bauen/Publikationen/Downloads-Bautaetigkeit/baufertigstellungen-baustoff-pdf-5311202.html> (Zugriff 25.7.2022).

Destatis (o.D.): Veränderung zum Vorjahr. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Konjunkturindikatoren/Preise/bpr110.html>. Zugriff 04.08.2024

Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.) (2021): DENA-GEBÄUDEREPORT 2022. Zahlen, Daten, Fakten zum Klimaschutz im Gebäudebestand.

Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.) (2022): DENA-GEBÄUDEREPORT 2023. Zahlen, Daten, Fakten zum Klimaschutz im Gebäudebestand.

Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.) (2023): DENA-GEBÄUDEREPORT 2024. Zahlen, Daten, Fakten zum Klimaschutz im Gebäudebestand.

Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e. V (DGNB) (2023): DGNB Kriterienkatalog Gebäude Neubau, Version 2023, 2. Auflage

Deutscher Bundestag - Ausschuss für Klimaschutz und Energie (30.06.2023): Formulierungshilfe des BMWK für einen Änderungsantrag der Fraktionen von SPD, BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN und FDP zu dem Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Gebäudeenergiegesetzes, zur Änderung der Heizkostenverordnung und zur Änderung der Kehr- und Prüfungsordnung, BT-Drs. 20/6875. In: Ausschussdrucksache (20(25)426.

Deutscher Wetterdienst (o.D.): Testreferenzjahre 2010. <https://www.dwd.de/DE/leistungen/testreferenzjahre/testreferenzjahre.html> (Zugriff 08.10.2022)

DGNB (2018): ECO2.1 Flexibilität und Umnutzungsfähigkeit. https://static.dgnb.de/fileadmin/dgnb-system/de/gebaeude/neubau/kriterien/03_ECO2.1_Flexibilitaet-und-Umnutzungsfahigkeit.pdf (Zugriff 10.2.2023).

Dispan, J. (2022): Branchenanalyse Aufzüge und Fahrtreppen. Hans-Böckler-Stiftung. Beruhend auf Statistik der European Lift Association (ELA).

Dorff, F, G. Lange, T. Lützkendorf, H. König, S. Schlitzberger, M. Vukadinovic, A. Maas, K. Höttges (2024): Klimafreundliche Wohnbauten: Erprobung und Weiterentwicklung von Grundlagen der Ökobilanzierung. BBSR-Online-Publikation 75/2024, Bonn.

Dorn-Pfahler, S., T. Lützkendorf, M. Zeumer, C. Werner, A. Dalkowski (2023): Ökobilanzielle Bewertung im Ordnungsrecht. Grundlagen und erste Ansätze zur vereinfachten Bewertung von Gebäuden mit angewandten Ökobilanzen. Projekt des Forschungsprogramms „Zukunft Bau“ im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Auftrag des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen. Bonn.

DVGW (2022): Ökologische Bewertung der Wasserstoffbereitstellung Sensitivitätsanalyse zu THG-Emissionen von Wasserstoff. Von M. Heneka und F. Mörs. <https://www.dvgw.de/medien/dvgw/forschung/berichte/g202148-abschlussfolien-thg-emissionen-h2.pdf> (Zugriff 2.11.2024)

Ecofys et al. (2018): Kurzgutachten zur Frage einer Ergänzung oder Umstellung des Anforderungssystems. Von K. Bettgenhäuser, A. Hermelink, M. Offermann, C. Petersdorff, B. von Manteuffel (Ecofys), V. Bürger (Öko Institut), N. Thamling (Prognos), D. Siegert (Dena). Studie im Auftrag des BMWi.

Engelmann, P., B. Köhler, R. Meyer, J. Dengler, S. Herkel, L. Kießling, A. Quast, et al. (2020): Systemische Herausforderung der Wärmewende. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE). Freiburg.

Ernst & Young (2014): Kosten-Nutzen-Analyse für einen flächendeckenden Einsatz intelligenter Messgeräte. https://oesterreichsenergie.at/fileadmin/user_upload/Oesterreichs_Energie/Publikationsdatenbank/Analysen/2014/2014.07_KNA_Endbericht.pdf (Zugriff 11.11.2024)

European Commission (2021): Commission Staff Working Document, Impact Assessment Report. Accompanying the Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings (recast). SWD(2021) 453 final [EPBD IA].

European Commission (2021): Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings (recast) (EPBD). COM(2021) 802 final, vom 15.12.2021.

European Commission (EC) (18.05.2022): Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive (EU) 2018/2001 on the promotion of the use of energy from renewable sources, Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency.

European Commission (EC) (2020a): Stepping up Europe's 2030 climate ambition - Investing in a climate-neutral future for the benefit of our people. Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions.

European Commission (EC) (2020b): A Renovation Wave for Europe - greening our buildings, creating jobs, improving lives. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions.

European Parliament (EP) (14.03.2023): Amendments adopted by the European Parliament on 14 March 2023 on the proposal for a directive of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings (recast). (COM(2021)0802 - C9-0469/2021 - 2021/0426(COD)).

FIW (2019): Graue Energie von Einfamilienhäusern in Niedrigstenergie-Gebäudestandard. Studie im Auftrag des DGfM - Deutsche Gesellschaft für Mauerwerks- und Wohnungsbau e.V.

FIW (2023): Technologien und Techniken zur Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden durch Wärmedämmstoffe. Metastudie Wärmedämmstoffe – Produkte. München.

FIW (2023a): Technologien und Techniken zur Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden durch Wärmedämmstoffe. Metastudie Wärmedämmstoffe – Produkte – Anwendungen – Innovationen. fiw-muenchen.de/media/publikationen/pdf/2023-04-03_Update_Metastudie.pdf (Zugriff 11.11.2024). München, FIW.

FIW (2023b): Erweiterte Zusammenfassung: Einfluss der Dämmung auf das GWP und PENRT über den gesamten Gebäudelebenszyklus. https://daemmt-besser.de/fileadmin/user_upload/Verbund/Veranstaltungen/FIW_Zusammenfassung_Bericht_Anteil_der_Gebaeuedaem-mung_an_GWP_und_PENRT_30-08-2023.pdf (Zugriff 11.11.2024). München, FIW.

Forschungsdatenzentren der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder (FDZ) (2020): Metadatenreport. Teil II: Produktspezifische Informationen zur Nutzung der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 2018, Grundfile 6 (EVAS-Nummern: 63221) als Scientific-Use-File. Version 1. Wiesbaden.

Fragoso, R. und C. Monteiro (2022): Certification and Training. Status in 2022. Studie für Concerted action (CA) 2022. <https://www.ca-epbd.eu/Media/638373594077934858/CT5-Certification-and-Training-Status-in-2022-with-annex.pdf>. Zugriff am 29.10.2024.

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung et al. (2022): https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-wAssets/docs/LFS3_T45_Bericht_Gebaeude_LFS3_T45_v02a-komm_bmwk-v01_jpk_pm20221108.pdf

Fritsche, U. und H.W. Greß (2021): THG-Emissionen und nichterneuerbarer Primärenergieverbrauch des deutschen Erdgasmix im Jahr 2019 und 2020 sowie Ausblick auf 2030. Studie im Auftrag von DWR-ECO. IINAS Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien. Darmstadt.

Gneisenau C., T. Klarmann, J. Hilpert (2023): Wärmepumpe und Wallbox nur mit Smart Meter: Wie der Rollout intelligenter Messsysteme und die kommenden § 14a EnWG-Festlegungen zusammenhängen. Blogbeitrag Stiftung Umweltenergie recht vom 31.10.2023. <https://stiftung-umweltenergie-recht.de/blog/waermepumpe-und-wallbox-nur-mit-smart-meter-wie-der-rollout-intelligenter-messsysteme-und-die-kommenden-%c2%a7-14a-enwg-festlegungen-zusammenhaengen/> (Zugriff 6.11.2024).

Graubner C., S. Pohl (2013): Nachhaltigkeit von Ein- und Zweifamilienhäusern aus Mauerwerk. Darmstadt. In: Mauerwerksbau aktuell 2014. Berlin: Bauwerk Verlag 2013.

Grinewitschus, V. und O. Roßhoff (2023): Signifikante Vermeidung von CO₂ und Energieverlusten über den Aufzugschacht: Anwendung smarter Schachtbelüftungssysteme in Mehrfamilienhäusern, EBZ Business School.

Henger, R., S. Braungardt, B. Köhler, R. Meyer (2021) Wert zahlt für den Klimaschutz im Gebäudesektor? Reformoptionen der Modernisierungsumlage. Ariadne-Analyse. Kopernikus-Projekt Ariadne, Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK). Potsdam.

Holm A., C. Sprengard, W. Schmidt, C. Maderspacher, B. Oschatz, J. Rosenkranz (2021): Gesamtenergetische Nachhaltigkeitsbewertung von POROTON- im Niedrigstenergiegebäudestandard.

Holm, A., P. Mellwig und M. Pehnt (2023): Wärmeschutz und Wärmepumpe - warum beides zusammengehört. Studie im Auftrag des Verbands für Dämmsysteme, Putz und Mörtel e.V. München, Berlin, Heidelberg. Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. (FIW MÜNCHEN), Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu).

Holm, A., S. Blömer, A. Koch, B. Oschatz, V. Bürger, N. Thamling et al. (2023): Gebäudestrategie Klimaneutralität. 2. Projekttreffen. Rahmenvertrag Beratung Abt. II BMWK, Gebäudestrategie Klimaneutralität. FIW München; ifeu; Dena; ITG Dresden; Öko-Institut; Prognos AG; Guidehouse; adelphi:11.07.2023.

Hutter, C., A. Eberle, H. Wöhrle, L. Neubert, G. Hausladen, E. Endres (2023): Kühle Gebäude im Sommer - Anforderungen und Methoden des sommerlichen Wärmeschutzes. UBA Climate Chance 14/23

Ibh et al. (2018): Kurzugutachten zur Aktualisierung und Fortschreibung der vorliegenden Wirtschaftlichkeitsuntersuchung sowie zu Flexibilisierungsoptionen. Dr. Stephan Schlitzberger Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH, Prof. Dr. Anton Maas Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH, Prof. Dr. Bert Oschatz Institut für Technische Gebäudeausrüstung, Dresden Forschung und Anwendung GmbH, Hans Erhorn Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Heiko Schiller schiller-engineering, Markus Offermann Ecofys, Bernhard von Manteuffel Ecofys, Oliver Krieger Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena

ifeu et al. (2018a): Untersuchung zu Primärenergiefaktoren Endbericht. Leistung gemäß Rahmenvertrag zur Beratung der Abteilung II des BMWDr. M. Pehnt, P. Mellwig, S. Blömer, H. Hertle, M. Nast, A. von Oehsen, J. Lempik (ifeu), N. Langreder, N. Thamling (Prognos AG), A. Hermelink, M. Offermann (Ecofys), P. Pannier, M. Müller (dena)

ifeu et al. (2022): Kurzugutachten zur Überarbeitung von Anforderungssystemen und Standards im Gebäudeenergiegesetz für Neubauten sowie Bestandsgebäude einschl. der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für Neubauten und Bestandsgebäude. M. Pehnt, J. Lawrenz, P. Mellwig, A. Maas, S. Schlitzberger, K. Höttes, B. Oschatz, B. Winiewska, A. Holm, C. Kokolsky, S. Lindner, K. Bettgenhäuser, C. Petersdorff, N. Langreder, N. Thamling, S. Braungardt, B. Köhler.

ifeu, Fraunhofer IEE und Consentec (2018b): Wert der Effizienz im Gebäudesektor in Zeiten der Sektorenkopplung. Studie im Auftrag von Agora Energiewende.

ifeu, GEF, Indevo, geomer (2019): EnEff:Wärme - netzgebundene Nutzung industrieller Abwärme (NE-NIA). Kombinierte räumlich-zeitliche Modellierung von Wärmebedarf und Abwärmeangebot in Deutschland. Schlussbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/Schlussbericht_EnEffW%C3%A4rme-NENIA.pdf (Zugriff 11.11.2024).

IINAS (2021): THG-Emissionen und nichterneuerbarer Primärenergieverbrauch des deutschen Erdgasmix im Jahr 2019 und 2020 sowie Ausblick auf 2030. Studie im Auftrag der HEA. U. Fritsche, H.W. Greß.

IINAS (2023): Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch und THG-Emissionen des deutschen Strommix im Jahr 2022 sowie Ausblicke auf 2030 und 2050. Studie im Auftrag der HEA. U. Fritsche, H.W. Greß.

ITG, ifeu, WI (2016): Weiterentwicklung der Primärenergiefaktoren im neuen Energiesparrecht für Gebäude. Studie im Auftrag des DVGW. https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/ifeu_Endbericht_Weiterentwicklung_PEF2.pdf (Zugriff 11.11.2024)

IWU (2010): Comparison of the level of energy performance requirements for new buildings in central Europe. <https://www.iwu.de/research/energie/comparison-level-of-energy-performance-requirements-in-europe/?L=1> (Zugriff 20.9.2023)

IWU (2019): Berücksichtigung des Nutzerverhaltens bei energetischen Verbesserungen. BBSR-Online-Publikation Nr. 04/2019. IWU Darmstadt https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2019/bbsr-online-04-2019-dl.pdf;jsessionid=018DA23A6D1D2ADEF46505D6786739ED.live21323?__blob=publicationFile&v= (Zugriff 29.10.2024)

IWU (2019): Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude. <https://www.iwu.de/forschung/gebaeudebestand/forschungsdatenbank/> (Zugriff 29.10.2024)

IWU (2022): ENOB:dataNWG – Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude. Datenabruf via IWU-Tabellenkonfigurator. Abgerufen von: <https://datanwg.de/forschungsdatenbank/tabellenkonfigurator/> (Zugriff 29.10.2024)

IWU (2022): ENOB:dataNWG – Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude. Datenabruf via IWU-Tabellenkonfigurator. <https://datanwg.de/forschungsdatenbank/tabellenkonfigurator/> (Zugriff 3.3.2023).

Kasser U. (2004): SIA Effizienzpfad Energie Statusbericht Graue Energie. Grundlagen zur Dokumentation SIA D 0216 Ein Projekt von Swiss Energycodes der KHE des SIA, Swiss Energycode der KHE des SIA.

Klauß, S. und W. Kirchhof (2010): Entwicklung einer Datenbank mit Modellgebäuden für energiebezogene Untersuchungen, insbesondere der Wirtschaftlichkeit. Hg. v. Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V. Kassel (ZUB).

Klinski, S., F. Keimeyer, B. Oschatz, T. Hesse, V. Bürger (2020): Vollzugskonzepte und Einbeziehung Dritter im Gesetzesvollzug beim Klimaschutzrecht im Gebäudebereich. Abschlussbericht im Auftrag des Bundesumweltamt.

Klinski, S., S. Braungardt, F. Keimeyer (2021): Teilwarmmietenmodelle im Wohnungsmietrecht als geeignetes Anreizinstrument zum Klimaschutz? Kurzstudie zur rechtlichen und praktischen Machbarkeit. Teilbericht im Auftrag des Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. Berlin, Freiburg.

Klinski, S., V. Bürger, M. Nast (2009). Rechtskonzepte zur Beseitigung des Staus energetischer Sanierungen im Gebäudebestand, Texte | 36/2009. Hrg. V. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/rechtskonzepte-zur-beseitigung-des-staus>. (Zugriff 28.10.2024).

Klug, K. et al. (2021): Rechtliche Möglichkeiten für ein Nebeneinander von „Fördern und Fordern“, Würzburger Studien zum Umweltenergierecht, Nr. 23 vom 05.11.2021. https://stiftung-umweltenergierecht.de/wp-content/uploads/2021/11/Stiftung_Umweltenergierecht_WueStudien_23_Foerdern-und-Fordern.pdf (Zugriff 15.4.2023)

Koch, T., S. Achenbach, A. Müller (2021): Anpassung der Kostenfunktionen energierelevanter Bau- und Anlagenteile bei der energetischen Modernisierung von Altbauten auf das Preisniveau 2020. IWU Darmstadt, Werkstattbericht (korrigierte Fassung vom 19.4.2021), 2021. <https://www.iwu.de/publikationen/iwu-wissenschaft/publ-energie>. IWU, Darmstadt, 2021. Zugriff 31.07.2024

Kötz, W.-D. (o.D.) Baulicher Schallschutz gegen Verkehrslärm. Wissenswertes über die Schalldämmung. Berlin.

Landgraf B., J. Krimmling, H. Müller (2015): Entwicklung einer Methodik zur Festlegung von Benchmarks für LCA und LCC im Rahmen der BNB-Systementwicklung – BNB-Referenzmodell. Endbericht für das BBSR – Forschungsvorhaben.

Le Den, X., Steinmann J., Kockat J., Toth Z., Röck M., Allacker K., Kovacs A. (2023): Supporting the development of a roadmap for the reduction of whole life carbon of buildings. European Commission – DG ENV. <https://c.ramboll.com/whole-life-carbon-reduction> (Zugriff 11.11.2024)

Lee, P. (2023): GEG-Heizungsanlagenmodernisierung und das Modernisierungsmietrecht – Erste Probleme und Lösungsansätze für die Praxis. NZM.

Liebich, A., J. Müller, D. Münter, C. Wingenbach, R. Vogt (2023): LCAs – Prospektive Ökobilanzen auf Basis der ecoinvent-Datenbank. ifou paper 03/2023. Heidelberg.

Loga, T., B. Stein, U. Hacke, A. Müller, M. Großklos, R. Born. (2019): Berücksichtigung des Nutzerverhaltens bei energetischen Verbesserungen. BBSR-Online Publikation Nr. 04/2019. Institut Wohnen und Umwelt (IWU); Bundesinstitut für Bau-, Stadt und Raumforschung (BBSR). https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2019/bbsr-online-04-2019-dl.pdf;jsessionid=C272B761AF50821B27EBECD1C11E48E3.live11292?_blob=publicationFile&v=1. (Zugriff 29.10.2024)

Luderer, G., C. Kost und D. Sörgel (2021): Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 - Szenarien und Pfade im Modellvergleich. <https://doi.org/10.48485/PIK.2021.006> (Zugriff 24.5.2024).

Maas, A., S. Schlitzberger, M. Vukadinovic, M. Spitzner, L. Dorsch (2024): Weiterentwicklung von Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz von Gebäuden. Studie im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.). BBSR-Online-Publikation 97/2024, Bonn.

Mahler B., S. Idler, T. Nusser, J. Gantner (2019b): Energieaufwand für Gebäudekonzepte im gesamten Lebenszyklus. Steinbeis-Transferzentrum für Energie-, Gebäude- und Solartechnik, Stuttgart und Fraunhofer Institut für Bauphysik IBP. Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes. Stuttgart.

Mahler, B., S. Idler, J. Gantner (2019): Mögliche Optionen für eine Berücksichtigung von grauer Energie im Ordnungsrecht oder im Bereich der Förderung. Kurztitel: Graue Energie im Ordnungsrecht/Förderung. Steinbeis-Transferzentrum für Energie-, Gebäude- und Solartechnik Stuttgart und Fraunhofer IBP. Stuttgart.

Mahler, B., S. Idler, J. Gantner (2019a): Graue Energie im Ordnungsrecht/Förderung, Endbericht. Steinbeis-Transferzentrum für Energie-, Gebäude- und Solartechnik, Stuttgart

Mellwig, P und Pehnt, M. (2019): Sozialer Klimaschutz in Mietwohnungen: Kurzgutachten zur sozialen und klimagerechten Aufteilung der Kosten bei energetischer Modernisierung im Wohnungsbestand. https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/energiewende/energiewende_sozialer_klimaschutz_mietwohnungen.pdf (Zugriff 10.4.2023)

Mellwig, P. (2022): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland. Treibhausgasneutrale Szenarien T45. Energienachfrage Gebäudesektor. ifou - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH, 2022.

Mellwig, P. (2024): Klimaschutz in Mietwohnungen: Modernisierungskosten fair verteilen Kurzstudie zur Weiterentwicklung und Aktualisierung des „Drittmodells“. https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/energiewende/klimaschutz-in-mietwohnungen-studie-bund-2024.pdf (Zugriff 20.2.2024)

Mellwig, P., J. Lempik, S. Blömer, M. Pehnt (2021): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3. Treibhausgasneutrale Hauptszenarien Modul Gebäude. Consentec GmbH; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI); Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifou); Technische Universität Berlin; Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Karlsruhe, online.

Mellwig, P., M. Pehnt und J. Lempik (2021): Energieeffizienz als Türöffner für erneuerbare Energien im Gebäudebereich. Berlin, Heidelberg.

Offermann, M.; B. von Manteuffel (2018): Studie zur Bestimmung des energetisch wirksamen Luftwechsels bei einer kontrollierten natürlichen Lüftung mit Fensterlüftern. Ecofys Germany GmbH.

Öko-Institut (2022): Wie wohnt Deutschland. J. Cludius, V. Noka, H. Galster, K. Schumacher. <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Wie-wohnt-Deutschland- Wohnsituation-Wohnkosten-Wohnkostenbelastung.pdf> (Zugriff 11.11.2024)

Öko-Institut und IWU (2023): Minimum Energy Performance Standards for Non-Residential Buildings. EU requirements and national implementation. https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/news/2023_IWU_EtAl_Hoerner-EtAl_MEPS-for-NRB.pdf (Zugriff 29.10.2024)

Pehnt, M., P. Mellwig, J. Lawrenz, B. Schulze Darup, W. Schöffel, V. Drusche (2021): Neukonzeption des Gebäudeenergiegesetzes (GEG 2.0) zur Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestandes. Ein Diskussionsimpuls im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft. Ifeu; Architekturbüro Schulze Darup; Energie Effizienz Institut.

Pischetsrieder E., (2022): Nachhaltiges und zirkuläres Bauen in Berlin. Bauwende bauen – Planung, Gestaltung und Technik mit Innovationen, Klimaneutrales Bauen – Mehr über Graue und Rote Energie. Berlin.

Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2020): Klimaneutrales Deutschland. Studie im Auftrag von Agora Energiewende, Agora Verkehrswende und Stiftung Klimaneutralität https://www.agora-energie-wende.de/fileadmin/Projekte/2020/2020_10_KNDE/A-EW_195_KNDE_WEB.pdf (Zugriff 11.11.2024)

Ramboll (2022): Methodik der Wärmezonierung - Unterstützung der Wärmezonierung in Baden-Württemberg, Ramboll Deutschland GmbH. 2022

Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (ABl. L 328 vom 21.12.2018).

Richtlinie (EU) 2024/1711 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Juni 2024 zur Änderung der Richtlinien (EU) 2018/2001 und (EU) 2019/944 in Bezug auf die Verbesserung des Elektrizitätsmarktdesigns in der Union. Konsolidierte Fassung abrufbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex%3A32024L1711>

Richtlinie 2012/27/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Oktober 2012 zur Energieeffizienz, zur Änderung der Richtlinien 2009/125/EG und 2010/30/EU und zur Aufhebung der Richtlinien 2004/8/EG und 2006/32/EG (ABl. L 315 vom 14.11.2012, S. 1).

Röck M, A. Sørensen, B. Tozan, J. Steinmann, X. Le Den, L. H. Horup, H. Birgisdottir (2022): Towards EU embodied carbon benchmarks for buildings – Setting the baseline: A bottom-up approach. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5895051> (Zugriff 07.02.2022).

Röck, M., M. R. Mendes Saade, M. Balouktsi, F. Nygaard Rasmussen, H. Birgisdottir, R. Frischknecht, G. Habert, T. Lützkendorf, A. Passer (2020): Embodied GHG Emissions of Buildings – The Hidden Challenge for Effective Climate Change Mitigation. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114107> (Zugriff 11.11.2024).

Schlomann, B., F. Voswinkel, S. Hirzel, A. Paar, S. Jessing, S. Heinrich et al. (2020): Methodikleitfaden für Evaluationen von Energieeffizienzmaßnahmen. Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI); Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu); Prognos AG (Prognos); Stiftung Umweltenergierecht (SUER).

Schoon, J. (2022): Integration von Lebenszyklusbetrachtungen in das Gebäudeenergiegesetz. (unveröffentlichte Masterarbeit, Ressourceneffizientes Bauen). Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg. Heidelberg, Rottenburg.

Sterchele, P., J. Brandes, J. Heilig, D. Wrede, C. Kost, T. Schlegl, A. Bett, und H. Henning (2020): Studie: Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem - Die deutsche Energiewende im Kontext gesellschaftlicher Verhaltensweisen.

Syane (2022): Rapport d'activité. <https://syane.fr/wp-content/uploads/2023/11/SYANE-RA2022-Web.pdf>. (Zugriff 29.10.2024)

Syane (2023): Webinaire Syane/DDT74 – Dispositif Eco Energie Tertiaire. https://www.haute-savoie.gouv.fr/content/telechargement/39883/232002/file/20220517_WebinaireEcoEnergieTertiaire_Syane_DDT74.pdf

Umwelt Bundesamt (UBA) (2022): Adhoc Papier: Realitätsnahe Berechnung des Energiebedarfs. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uba-factsheet_realitaetsnahe-berechnung-des-energiebedarfs.pdf. (Zugriff 29.10.2024)

VDMA (2023): Anzahl der Aufzüge und Fahrtreppen in Deutschland in den Jahren 2015, 2017 und 2022 (in 1.000). Statista. Statista GmbH. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/302523/umfrage/anzahl-der-fahrtreppen-und-aufzuege-in-deutschland-nach-sektoren/>. Zugriff: 25.10.2024.

Verein Deutscher Zementwerke e.V. (2022): Baunachfrage. <https://www.vdz-online.de/zementindustrie/baunachfrage> (Zugriff 07.02.2022).

Verein zur Förderung der Nachhaltigkeit im Wohnungsbau e.V. (NaWoh) (2020): Bewertungssystem Nachhaltiger Wohnungsbau Mehrfamilienhäuser - Neubau V3.1. Ökologische Qualität.

Verordnung (EU) 2023/955 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 10. Mai 2023 zur Einrichtung eines Klima-Sozialfonds und zur Änderung der Verordnung (EU) 2021/1060 (ABl. L 130 vom 16.5.2023, S. 1) zuletzt geändert durch: Richtlinie (EU) 2023/1791 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. September 2023 zur Energieeffizienz und zur Änderung der Verordnung (EU) 2023/955 (ABl. L 231 vom 20.9.2023, S. 1).

Weidner S., A. Mrzigod, R. Bechmann, W. Sobek: Graue Emissionen im Bauwesen – Bestandsaufnahme und Optimierungsstrategien. Beton- und Stahlbetonbau 116 (2021) 12.

Weißberger, M. (2016): Lebenszyklusbasierte Analyse der ökologischen Eigenschaften von Niedrigstenergiewohngebäuden unter besonderer Berücksichtigung der Gebäudetechnik, Diss., Technische Universität München / Hochschule München. München.

Wermke C. (2020): Graue Energie versus Betriebsenergie: Ein Vergleich von Leicht- und Massivbauweise. Graz.

Zeumer M., V. John, J. Hartwig (2009): Nachhaltiger Materialeinsatz - Graue Energie im Lebenszyklus. DETAIL Green.

Zimmermann, P. (2018): Bewertbarkeit und ökobilanzieller Einfluss von Suffizienz im Gebäudebereich Entwicklung einer Suffizienz-Bewertungsmethodik und Bestimmung des Einflusses von Suffizienz auf die Ökobilanz von Wohngebäuden (veröffentlichte Masterarbeit, Energieeffizientes und Nachhaltiges Bauen). Technischen Universität München. München.

ZVEI und GIH (2021): Merkblatt | 33017:2021-08. Hinweise für Energieberater zu Systemen zur Be- und Entlüftung von Aufzugsschächten Themenblatt Aufzugsschachtbe- und Entlüftung.