

# Gutachten zu den Regelungsinhalten einer Verordnung zur Umsetzung der energetischen Sanierung von öffentlichen Gebäuden nach § 20 Abs. 3 HmbKliSchG

Endbericht

Freiburg, 10.01.2025

## Autorin und Autoren



## Kontakt



**Geschäftsstelle Freiburg**  
Postfach 17 71  
79017 Freiburg

**Hausadresse**  
Merzhauser Straße 173  
79100 Freiburg  
Telefon +49 761 45295-0

**Büro Berlin**  
Borkumstraße 2  
13189 Berlin  
Telefon +49 30 405085-0

**Büro Darmstadt**  
Rheinstraße 95  
64295 Darmstadt  
Telefon +49 6151 8191-0



# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>4</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>6</b>
<b>1 Einleitung / Hintergrund</b>	<b>7</b>
<b>2 Analyse des Bestands der öffentlichen Nichtwohngebäude in Hamburg</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Aufbau Mengengerüst</b>	<b>8</b>
2.1.1 Datenquellen	8
2.1.2 Vorgehen bei der Erstellung des Mengengerüsts	8
2.1.3 Problemfälle bei der Verschneidung	9
2.1.4 Erstellung finales Mengengerüst	9
2.1.5 Plausibilisierung des Mengengerüsts	9
<b>2.2 Auswertungen Mengengerüst</b>	<b>13</b>
<b>2.3 Fazit und Weiterentwicklung</b>	<b>19</b>
<b>3 Fortschreibung des Mengengerüsts und Ableitung von Zielpfaden</b>	<b>20</b>
<b>3.1 Modellierungsansatz zur Fortschreibung des Mengengerüsts</b>	<b>20</b>
<b>3.2 Ableitung von Effizienz- und CO<sub>2</sub>-Pfaden aus der Modellierung</b>	<b>24</b>
3.2.1 CO <sub>2</sub> -Pfad und Zielerreichung Klimaplan	24
3.2.2 Effizienz-Pfad: Endenergieverbrauch, Vergleich Zielszenarien, §6 EnEfG	28
3.2.3 Sanierungsrate und Erfüllung von Artikel 6 der Energieeffizienz-Richtlinie	33
3.2.4 Flächenspezifische Zielpfade	36
<b>3.3 Erkenntnisse aus dem modellierten Zielpfad für die Inhalte der RVO</b>	<b>41</b>
<b>4 Ermittlung der Zielvorgaben auf Gebäudeebene</b>	<b>44</b>
<b>4.1 Ableitung von Zielwerten aus Literaturvergleich</b>	<b>44</b>
<b>4.2 Zielvorgaben für Energieeffizienz-Standard auf Gebäudeebene</b>	<b>48</b>
<b>4.3 Zielvorgaben der bauteilspezifischen Anforderungswerte</b>	<b>49</b>
<b>5 Zusammenfassung</b>	<b>54</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Anteile der Gebäude im Mengengerüst mit Angaben zu Wärme- und Stromverbrauch	10
Abbildung 2-2: Vergleich des Erdgasverbrauchs im Energiebericht sowie im Mengengerüst unter Berücksichtigung von Filtern und Skalierungsfaktoren	11
Abbildung 2-3: Vergleich des Fernwärmeverbrauchs im Energiebericht sowie im Mengengerüst unter Berücksichtigung von Filtern und Skalierungsfaktoren	12
Abbildung 2-4: Vergleich des Stromverbrauchs im Energiebericht sowie im Mengengerüst unter Berücksichtigung von Filtern und Skalierungsfaktoren	12
Abbildung 2-5: Anzahl und Fläche der öffentlichen NWG ohne und mit Flächenfilter	13
Abbildung 2-6: Altersverteilung der öffentlichen NWG im Mengengerüst	14
Abbildung 2-7: Anteil denkmalgeschützter Gebäude und Flächen	15
Abbildung 2-8: Witterungsbereinigter Endenergieverbrauch Wärme und Strom	15
Abbildung 2-9: Flächenspezifischer Endenergieverbrauch Wärme und Strom: Durchschnitts- und Medianwerte	16
Abbildung 2-10: Verteilung der flächenspezifischen Wärme-Endenergieverbräuche	17
Abbildung 2-11: CO <sub>2</sub> -Emissionen absolut	18
Abbildung 2-12: Flächenspezifische CO <sub>2</sub> -Emissionen	18
Abbildung 3-1: Ansatz der Stock-Exchange-Modellierung	20
Abbildung 3-2: Modellierte Emissionen Raumwärme und Warmwasser (links) und Strom Anlagentechnik (rechts)	24
Abbildung 3-3: Dekompositionsanalyse Emissionsreduktion	25
Abbildung 3-4: Endenergieverbrauch je Energieträger	27
Abbildung 3-5: Vergleich Energieträger-Mix mit Klimaplan Szenario B	28
Abbildung 3-6: Vergleich Modellierung mit Effizienz in Klimaneutralitäts-Szenarien	29
Abbildung 3-7: Modellierter Endenergieverbrauch Raumwärme und Warmwasser (links) und Strom Anlagentechnik (rechts)	31
Abbildung 3-8: Dekompositionsanalyse Effizienzgewinn	32
Abbildung 3-9: Modellierter Sanierungsrate (links), Heizungsaustauschrate (rechts) und Sanierungsrate nach Ursache der Sanierung (unten)	35



Abbildung 3-10: Nutzfläche (oben) und flächenspezifische Zielwerte als Mittelwerte für Endenergieverbrauch (Mitte) und CO <sub>2</sub> -Emissionen (unten), Szenario EG70	37
Abbildung 3-11: Flächenspezifische Zielwerte als Mittelwerte für Endenergieverbrauch (oben) und CO <sub>2</sub> -Emissionen (unten), Szenario EG55	38
Abbildung 3-12: Endenergieverbrauchs- (oben) und CO <sub>2</sub> -Emissions-Zielwerte (unten) für nicht-denkmalgeschützte Gebäude aus der Modellierung	39
Abbildung 3-13: Endenergieverbrauchs- (oben) und CO <sub>2</sub> -Emissions-Zielwerte (unten) für denkmalgeschützte Gebäude aus der Modellierung	40
Abbildung 4-1: Ableitung Zielparameter Endenergieverbrauch Wärme	47
Abbildung 4-2: Ableitung Zielparameter Endenergieverbrauch Strom Anlagentechnik	47
Abbildung 4-3: Vergleich der Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten für Außenwände	50
Abbildung 4-4: Vergleich der Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten für Dächer/ oberste Geschossdecken	51
Abbildung 4-5: Vergleich der Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten für Kellerdecken	51
Abbildung 4-6: Vergleich der Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten für Fenster	52

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Skalierungsfaktoren je Typgebäudecluster	10
Tabelle 2-2: Statistische Werte zum flächenspezifischen Wärme- und Stromverbrauch	16
Tabelle 3-1: Zielwerte Sanierung in der Modellierung	22
Tabelle 3-2: Schwellenwerte MEPS in der Modellierung	22
Tabelle 3-3: Klimaziele und modellierte Emissionen	25
Tabelle 4-1: Zielwerte je Typgebäudecluster	48
Tabelle 4-2: Übersicht KfW-Förderung im Programm 464 Kommunen Zuschuss	49
Tabelle 4-3: Empfohlene Wärmedurchgangskoeffizienten für zu sanierende Einzelbauteile (in $W/(m^2K)$ )	53

## 1 Einleitung / Hintergrund

Die öffentlichen Nichtwohngebäude der FHH unterliegen verschiedenen gesetzlichen Zielen und Bestimmungen der Landes-, Bundes- und EU-Ebene. So gilt seit der **2. Fortschreibung des Hamburger Klimaplan**s das Ziel die CO<sub>2</sub>-Emissionen der öffentlichen NWG bis 2030 um 75% und bis 2045 um 99% gegenüber 2021 zu senken. Darüber hinaus macht das **Hamburger Klimaschutzgesetz** (HmbKliSchG) in §21 in Kombination mit §17 Vorgaben zum Anteil erneuerbarer Energie für den Wärmebedarf in öffentlichen NWG bei Heizungstausch oder nachträglichem Einbau einer Heizungsanlage. Zudem sollen nach §21 (1) „auf bestehenden öffentlichen Gebäuden Photovoltaikanlagen auf der gesamten Nettodachfläche errichtet werden“.

Auf der Bundesebene macht das **Energieeffizienzgesetz** in §6 (1) Vorgaben zu den „jährlichen Einsparungen beim Endenergieverbrauch“: bis zum Jahr 2045 sind öffentliche Stellen mit einem jährlichen Gesamtendenergieverbrauch von einer Gigawattstunde oder mehr dazu verpflichtet zwei Prozent pro Jahr einzusparen.

Seitens der EU gibt es Vorgaben insbesondere aus der **Energieeffizienz-Richtlinie** und der **Gebäude-Richtlinie**. Die Energieeffizienz-RL sieht in Art. 6 (1) vor, „dass jährlich mindestens 3% der Gesamtfläche beheizter und/oder gekühlter Gebäude, die sich im Eigentum öffentlicher Einrichtungen befinden, renoviert werden [...]“. Dabei sollen sie mindestens zu Niedrigstenergiegebäuden oder Nullemissionsgebäuden umgebaut werden. Die Gebäude-RL sieht in Art. 7 (1) vor, dass „neue Gebäude, die sich im Eigentum von öffentlichen Einrichtungen befinden“, ab dem 1. Januar 2028 als Nullemissionsgebäude errichtet werden. Darüber hinaus werden in Art. 9 (1) die Mindestenergiestandards (MEPS) für Nichtwohngebäude, sowie in Art. 10 (3) die Solarenergieanlagenpflicht für öffentliche Gebäude adressiert.

Hamburg ist also einerseits in den Bundes- und EU-Rahmen und die dazugehörigen Pflichten eingebunden, andererseits hat die Hansestadt schon viele eigene Vorgaben gemacht, um den Weg Richtung CO<sub>2</sub>-Neutralität bis 2045 zu erreichen.

Dieses Gutachten befasst sich in Kapitel 2 zunächst mit dem IST-Zustand des öffentlichen Nichtwohngebäudebestands und präsentiert ein Mengengerüst der öffentlichen Gebäude. Dieses wird in einer vereinfachten Modellierung fortgeschrieben, um Ziele für die öffentlichen NWG insgesamt und je Typgebäudecluster abzuleiten in Kapitel 3. In Kapitel 4 werden diese Ziele in konkrete Gebäude-Sanierungsstandards bzw. einzuhaltende U-Werte auf Bauteilebene übersetzt. Damit bereitet das Gutachten die Inhalte vor für eine Regulierungsverordnung zur Umsetzung der energetischen Sanierung von öffentlichen Gebäuden nach § 20 Abs. 3 HmbKliSchG

## 2 Analyse des Bestands der öffentlichen Nichtwohngebäude in Hamburg

Im Folgenden wird der Prozess der Erstellung eines Mengengerüsts der öffentlichen Nichtwohngebäude der FHH beschrieben. Dieses Mengengerüst stellt die Basis der weiteren Auswertungen und für die Modellierung der Zielpfade in diesem Gutachten dar.

Die Definition „öffentlicher Nichtwohngebäude“ entspricht derjenigen des Hamburger Klimaschutz Gesetzes nach §3 Nr. 15.

### 2.1 Aufbau Mengengerüst

#### 2.1.1 Datenquellen

Die Datenquellen zur Erstellung des Mengengerüsts wurden den Gutachter\*innen von der BUKEA elektronisch zur Verfügung gestellt. Dabei handelt es sich um folgende Datensätze:

- Excel-Datei aus THORBEN (THORBEN – Tool für Hamburgs Optimale Reihenfolge Bei Energieeffizienzmaßnahmen im öffentlichen Nichtwohngebäudebestand)
- Verbrauchsdaten-Datei der Energie-Beschaffungsstelle (Daten zu Gas-, Fernwärme und Stromverbrauch)
- Eine Auflistung der öffentlichen Nichtwohngebäude der Freien und Hansestadt Hamburg (FHH) mit Stand Mai 2024, im Weiteren als „Hauptliste“ bezeichnet
- Eine Exceldatei mit Angaben zu den Gebäuden des Bestandsverwalters Sprinkenhof

#### 2.1.2 Vorgehen bei der Erstellung des Mengengerüsts

Vor der Verschneidung der verschiedenen Datentabellen wurde in Abstimmung mit der Auftraggeberin die Hauptliste der Gebäudeangaben vorsortiert. Zunächst wurden die verschiedenen Gebäudekategorien in die folgenden fünf wichtigen Gebäudeportfolien geclustert: Verwaltungs- und Bürogebäude, Hochschulgebäude, Schulgebäude, Sporthallen und restliche Gebäude. Gebäude, die nach engerer Definition des HmbKliSchG nicht zu den öffentlichen Nichtwohngebäuden zählen, wurden aus den weiteren Berechnungen ausgeschlossen, beispielsweise Denkmäler<sup>1</sup>, Flutlichtanlagen oder Gebäude für Wohnzwecke, aber auch NWG öffentlicher Unternehmen, die im direkten Wettbewerb mit privaten Unternehmen stehen.

Der einzige „Schlüssel“, der eine Verknüpfung und eindeutige Zuordnung alle Datenquellen gewährleistet, war in diesem Fall die Adresse der Gebäude bzw. Gebäudekomplexe. Da die Adressdaten vielfach leicht unterschiedlich geschrieben werden (z.B. „Str.“ statt „Straße“), war es nötig die Adressdaten zunächst zu vereinheitlichen. Dies erfolgte mittels einer Abfrage der Adressdaten über google APIs. Im nächsten Schritt konnten die verschiedenen Datenquellen mittels der google-Adressdaten verschnitten werden. Dabei diente die Hauptliste mit den Angaben zu u.a. Gebäude-ID und zugeordneter Behörde als Ausgangspunkt, um in erster Linie die Energieverbrauchsdaten der Verbrauchserfassungstabellen zu verschneiden. Die THORBEN-Exceltabellen und Sprinkenhof Exceltabellen dienten der Plausibilisierung.

---

<sup>1</sup> Damit sind Gebäude gemeint, die ausschließlich erinnerungskulturell genutzt werden. Denkmalgeschützte Gebäude mit anderer Funktion (z.B. Schulen) sind Teil des Mengengerüsts.

### 2.1.3 Problemfälle bei der Verschneidung

Ein Hauptproblem bei der Verschneidung der Daten ist die Tatsache, dass die Hauptadresse z.B. eines Schulkomplexes nicht übereinstimmt mit der Adresse des Energieverbrauchszählers. Oftmals sind hier die Hausnummern verschieden, teilweise auch die Straßennamen, so dass mittels google maps bzw. openstreetmap im verdächtigen Einzelfall geprüft werden musste, ob die Adressen am Ende das gleiche „Areal“ (beispielsweise einer Schule) abbilden.<sup>2</sup>

Ein weiteres Problem, gerade wenn es darum geht die Verbrauchsdaten gebäudescharf abzubilden, ist die Tatsache, dass ein Zähler häufig für mehrere Gebäude den Verbrauch erfasst. Wenn solche Fälle klar identifiziert werden konnten, haben wir den Verbrauch der Zählerstelle flächengewichtet auf die betroffenen Einzelgebäude umgelegt. Hierbei kommt es zu Ungenauigkeiten, da unterschiedliche Gebäudetypen unterschiedliche Verbräuche haben. Als erste Näherung ist die flächengewichtete Umlegung allerdings ausreichend.

### 2.1.4 Erstellung finales Mengengerüst

Nach erfolgreicher Verschneidung der Gebäudedaten mit den Energieverbrauchsdaten wurden folgende Spalten im Mengengerüst ergänzt bzw. berechnet:

- Eine Witterungskorrektur der erfassten Verbräuche für die Jahre 2017 bis 2019 mittels der Klimafaktoren des Standorts Fuhlsbüttel<sup>3</sup>
- Eine Mittelwertbildung über die drei Verbrauchsjahre 2017, 2018 und 2019 jeweils für die Energieträger Gas, Fernwärme und Strom.
- Die Ausweisung der jeweiligen flächenspezifischen Verbräuche
- Die Berechnung der entsprechenden CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Eine Ergänzung des Mengengerüsts um Teilenergiekennwerte<sup>4</sup>

### 2.1.5 Plausibilisierung des Mengengerüsts

Abbildung 2-1 zeigt die Anteile der Gebäude aus den fünf Typgebäudeclustern sowie in Summe, für die im Mengengerüst eine Zuordnung des Wärme- und Stromverbrauchs möglich war. Insgesamt sind im Mengengerüst gute 60% aller Gebäude (nach Anzahl und Fläche) verbrauchsseitig erfasst. Es gibt allerdings Unterschiede je Typgebäudecluster. Die Energieverbräuche der Schulen, der Sporthallen sowie der Büro- und Verwaltungsgebäude sind überdurchschnittlich erfasst. Im Typgebäudecluster „Rest“ sind nur circa 25% aller Gebäude, aber immerhin über 50% aller Flächen erfasst. Für die Hochschulen liegen die Werte hingegen sehr niedrig mit 20% aller Gebäude und unter 15% aller Flächen. Dies liegt vermutlich an Unklarheiten bezüglich der mit nur einem oder

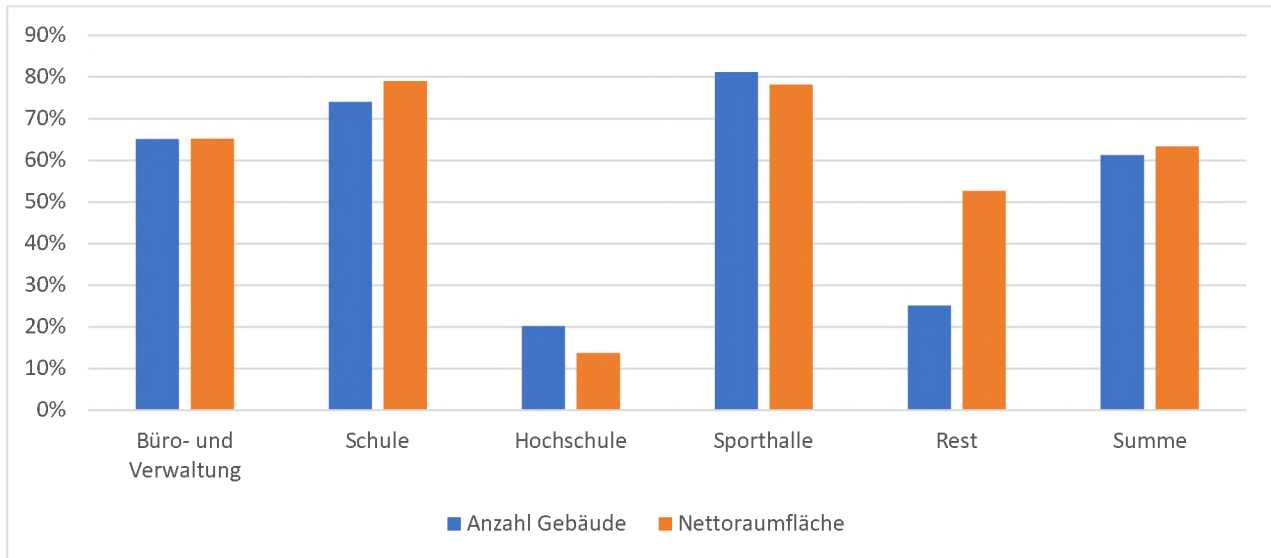
<sup>2</sup> Hier wäre es sinnvoll mit Blick auf das zukünftige Monitoring eine praktikable Lösung zu entwickeln, damit der Monitoringprozess bestenfalls automatisiert ablaufen kann.

<sup>3</sup> Die jährlichen Normierungsfaktoren für Fuhlsbüttel liegen bei 1,079 (2017), 1,130 (2018) und 1,128 (2019) gegenüber dem Mittelwert der der den jeweiligen Jahren vorausgehenden 20 Jahre. Die Zahlen sind dem IWU-Tool zu den Gradtagzahlen in Deutschland entnommen: IWU (2020): Gradtagzahlen Deutschland. [https://www.iwu.de/nachricht/?tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=292&cHash=a295d1987306c0dbadec7d829e3ba48](https://www.iwu.de/nachricht/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=292&cHash=a295d1987306c0dbadec7d829e3ba48))

<sup>4</sup> BMWi (2021): Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand. <https://www.bundesanzeiger.de/pub/publication/GZb2vIJQJe1XCpSyM6h?0>

wenigen Energieverbrauchszählern ausgestatteten Hochschulkomplexe, die eine eindeutige gebäudescharfe Zuordnung erschweren.

**Abbildung 2-1: Anteile der Gebäude im Mengengerüst mit Angaben zu Wärme- und Stromverbrauch**



Quelle: Öko-Institut auf Basis der von der BUKEA übermittelten Daten  
Filter:  $\geq 250 \text{ m}^2$ ,  $> 30 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  Wärme,  $> 5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  Strom, ohne hohe Einzelwerte

Um den kompletten Wärmeenergie- und Stromverbrauch aller öffentlichen NWG im Mengengerüst darzustellen, bedarf es Cluster-spezifischer Skalierungsfaktoren, die die mittleren Verbräuche pro Fläche von denjenigen Gebäuden hochrechnen, für die der Energieverbrauch vorliegt. Tabelle 2-1 listet die hierfür nötigen Skalierungsfaktoren je Typgebäudecluster auf. Diese ergeben sich aus dem Quotienten der Fläche aller Gebäude je Cluster zur Fläche der Gebäude je Cluster, für die der Energieverbrauch vorliegt.

**Tabelle 2-1: Skalierungsfaktoren je Typgebäudecluster**

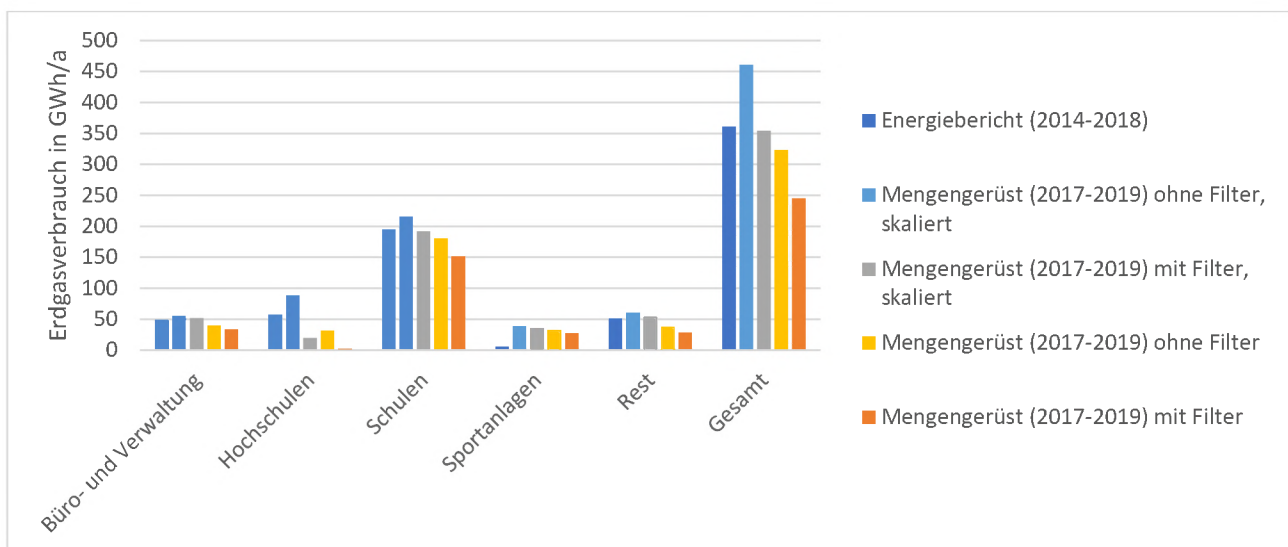
Typgebäude	Faktor
Büro- und Verwaltung	153%
Schule	127%
Hochschule	729%
Sporthalle	128%
Rest	190%

Quelle: Öko-Institut

Da die für die Hochschulgebäude nur wenige plausible Verbrauchsdaten vorliegen, ist der Skalierungsfaktor mit über 700% sehr hoch. Die Betrachtungen zu den Hochschulgebäuden sind vor diesem Hintergrund mit besonderer Vorsicht zu genießen, da sich Fehler in der Datenerhebung hier schnell vervielfachen. Für die anderen Gebäudecluster liegen die Skalierungsfaktoren zwischen 100 und 200%.

Abbildung 2-2 zeigt den Erdgasverbrauch der unterschiedlichen Typgebäudecluster laut Energiebericht der FHH<sup>5</sup> neben verschiedenen Verbräuchen wie sie aus dem Mengengerüst ermittelt werden können. Wird der Erdgasverbrauch im Mengengerüst ohne jegliche Filter von unplausiblen Werten skaliert (graue Säulen), übersteigt der skalierte Erdgasverbrauch die durchschnittlichen Verbrauchswerte aus dem Energiebericht. Werden hingegen mittels Filter die unplausiblen Werte entfernt und erst danach skaliert, so landen die Verbrauchswerte des Mengengerüsts insgesamt auf einem mit dem Energiebericht vergleichbaren Niveau von gut 350 GWh pro Jahr. Lediglich bei den Hochschulen bzw. Sportanlagen gibt es Abweichungen nach unten bzw. oben. Die Hochschulgebäude sind aber, wie oben geschrieben, im Mengengerüst mit hohen Unsicherheiten behaftet. Bei den Sportanlagen ist hingegen die Clusterung im Energiebericht unterschiedlich zu der im Mengengerüst: Im Mengengerüst beziehen sich die Sportanlagen auf Sporthallen, welche im Energiebericht möglicherweise direkt den Schulen zugeordnet sind. Sportanlagen im Energiebericht sind möglicherweise in erster Linie Sport-Außenanlagen, die hauptsächlich Strom verbrauchen (s.u.).

**Abbildung 2-2: Vergleich des Erdgasverbrauchs im Energiebericht sowie im Mengengerüst unter Berücksichtigung von Filtern und Skalierungsfaktoren**

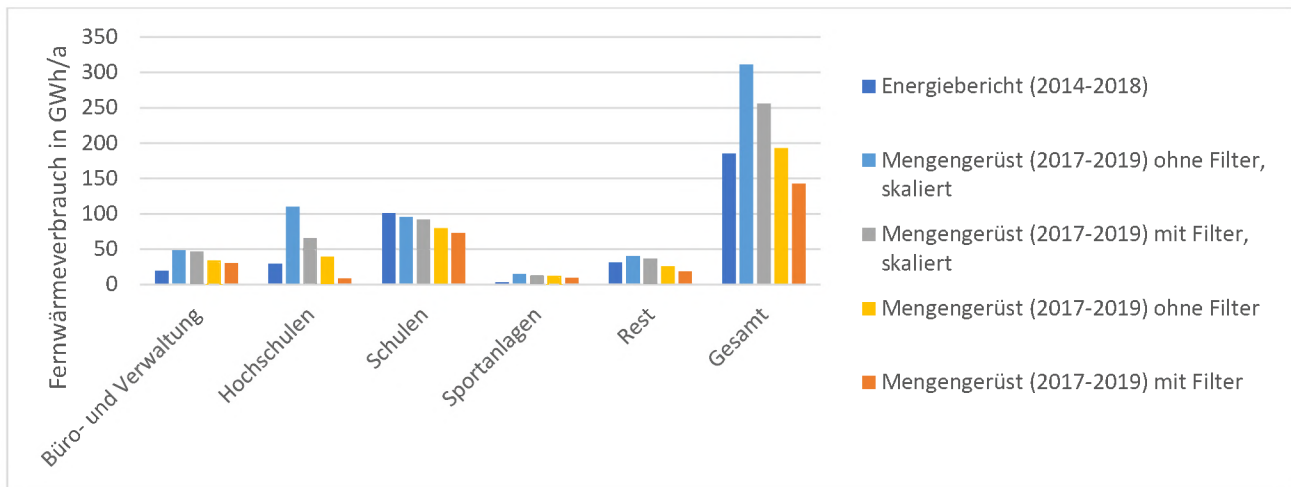


Quelle: Öko-Institut auf Basis der von der BUKEA übermittelten Daten; Energiebericht 2019<sup>5</sup>  
Filter:  $\geq 250 \text{ m}^2$ ,  $>30 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  Wärme,  $>5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  Strom, ohne hohe Einzelwerte

Die Vergleichswerte für den Fernwärmeverbrauch zeigt Abbildung 2-3. Hier gibt es in Summe über alle öffentlichen NWG, aber auch in den einzelnen Typgebäudeclustern, eine Überschätzung des Fernwärmeverbrauchs (in Summe gut 250 GWh/a) gegenüber den Werten des Energieberichts (in Summe knapp 190 GWh/a) (mit Ausnahme der Schulgebäude), auch bei Skalierung nach Nutzung des Filters (graue Säulen). Möglicherweise lässt sich die Differenz bei den Hochschulgebäuden mit der allgemeinen Unsicherheit bei diesem Typgebäudecluster begründen. Allerdings gibt es keine gute Erklärung für die Abweichung bei den Büro- und Verwaltungsgebäuden.

<sup>5</sup> Hamburg (2019: Energiebericht 2019 – Statistik 2014-2018 für öffentliche Gebäude der Freien und Hansestadt Hamburg.  
<https://www.hamburg.de/resource/blob/158242/581e876f007dfa620e720a68a2c5a0c3/d-energiebericht-2019-data.pdf>

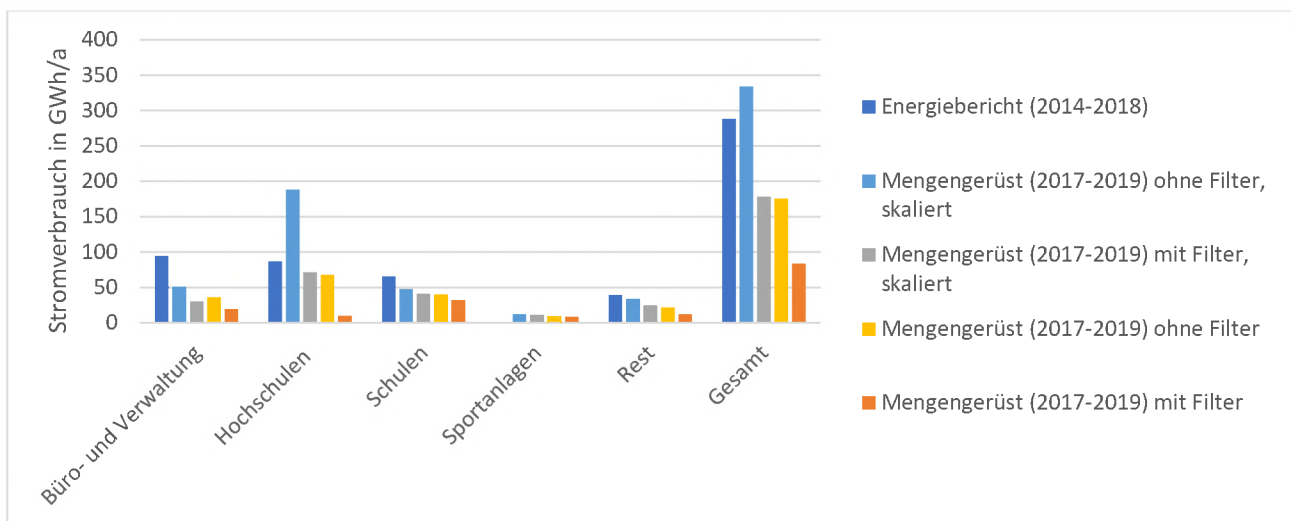
**Abbildung 2-3: Vergleich des Fernwärmeverbrauchs im Energiebericht sowie im Mengengerüst unter Berücksichtigung von Filtern und Skalierungsfaktoren**



Quelle: Öko-Institut auf Basis der von der BUKEA übermittelten Daten; Energiebericht 2019<sup>5</sup>  
 Filter:  $\geq 250 \text{ m}^2$ ,  $>30 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  Wärme,  $>5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  Strom, ohne hohe Einzelwerte

Ein anderes Bild ergibt sich beim Blick auf den Stromverbrauch (vgl. Abbildung 2-4): Hier sind die gefilterten und skalierten Werte (graue Säulen) durchgängig niedriger als die Werte im Energiebericht (dunkelblaue Säulen). Während der Energiebericht in Summe ca. 290 GWh/a als Stromverbrauch ausweist, sind es im Mengengerüst nach Berücksichtigung der Filter plus Skalierung gerade mal knapp 180 GWh/a. Die gesetzten Filter führen dazu, dass starke Ausreißer bei der Analyse unberücksichtigt bleiben. Hinzu kommt, dass im Mengengerüst nur der Stromverbrauch im und am Gebäude berücksichtigt wird. Außenanlagen, Flutlichtanlagen und dergleichen bleiben im Mengengerüst also unberücksichtigt. Es verbleibt aber eine Unsicherheit hinsichtlich des Stromverbrauchs.

**Abbildung 2-4: Vergleich des Stromverbrauchs im Energiebericht sowie im Mengengerüst unter Berücksichtigung von Filtern und Skalierungsfaktoren**



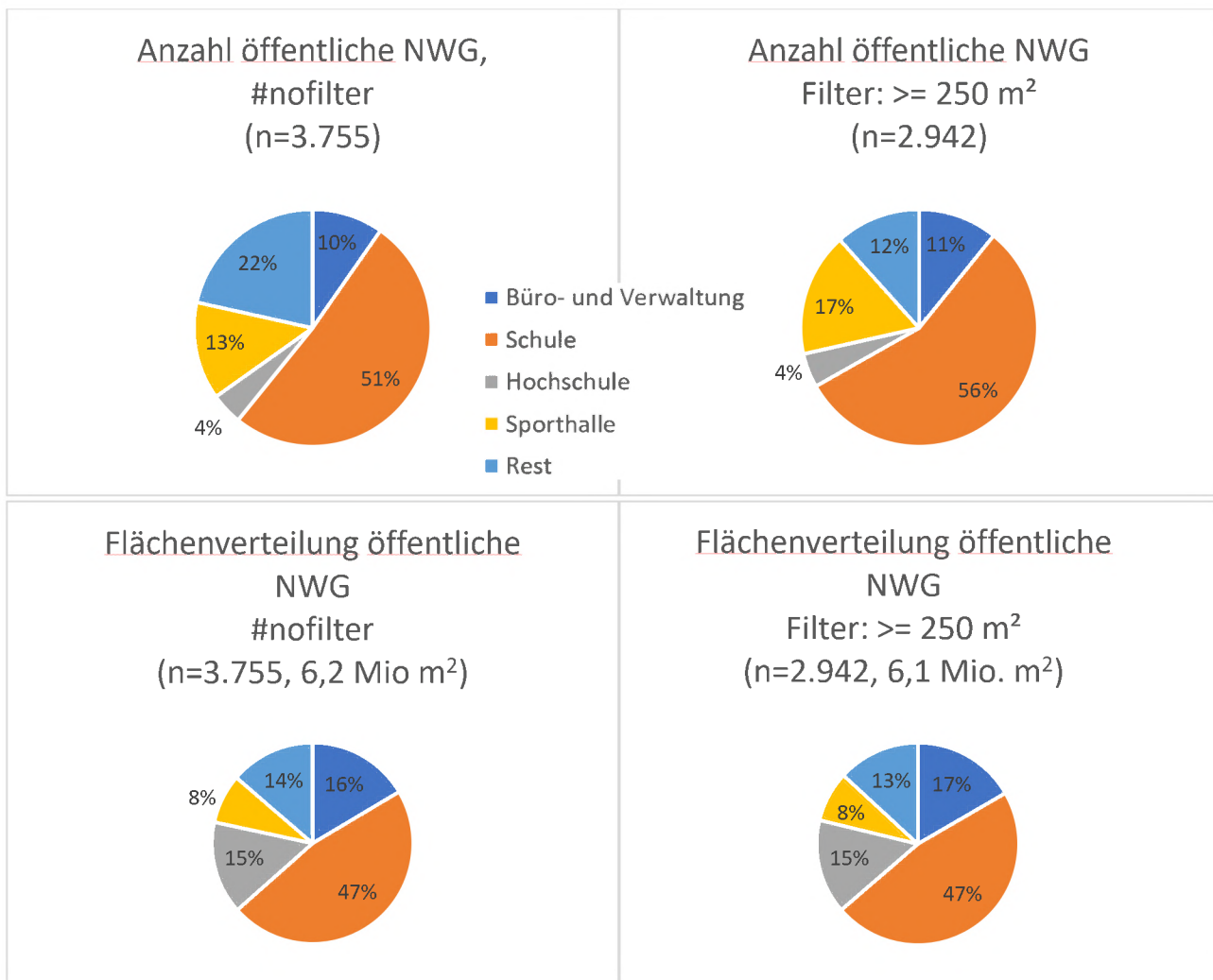
Quelle: Öko-Institut auf Basis der von der BUKEA übermittelten Daten; Energiebericht 2019<sup>5</sup>  
 Filter:  $\geq 250 \text{ m}^2$ ,  $>30 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  Wärme,  $>5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  Strom, ohne hohe Einzelwerte



## 2.2 Auswertungen Mengengerüst

Mit dem erstellten Mengengerüst lassen sich verschiedene Auswertungen durchführen. Abbildung 2-5 zeigt die Anzahl sowie die Fläche der öffentlichen NWG einmal ohne und einmal mit einem Flächenfilter von 250 m<sup>2</sup>. Es ist offensichtlich, dass die Schulgebäude sowohl bei Anzahl als auch Fläche mit jeweils um die 50% den Bestand der öffentlichen NWG dominieren. Die Sporthallen und der „Rest“ teilen sich jeweils den zweiten Platz: Die „restlichen“ Gebäude machen mit 22% anzahlseitig die nächstgrößte Gruppe aus, flächenseitig liegen sie allerdings nur bei 14%. Sporthallen machen 13% aller öffentlichen NWG aus und nehmen sogar nur 8% der Fläche in Anspruch. Büro- und Verwaltungsgebäude kommen auf 10% bei Anzahl der Gebäude, aber 16% bezogen auf die Fläche. Demnach handelt es sich hier um größere Liegenschaften. Die Hochschulgebäude machen mit unter 5% den kleinsten Anteil bezogen auf die Anzahl aus – flächenbezogen kommen sie allerdings auf 15%.

**Abbildung 2-5: Anzahl und Fläche der öffentlichen NWG ohne und mit Flächenfilter**

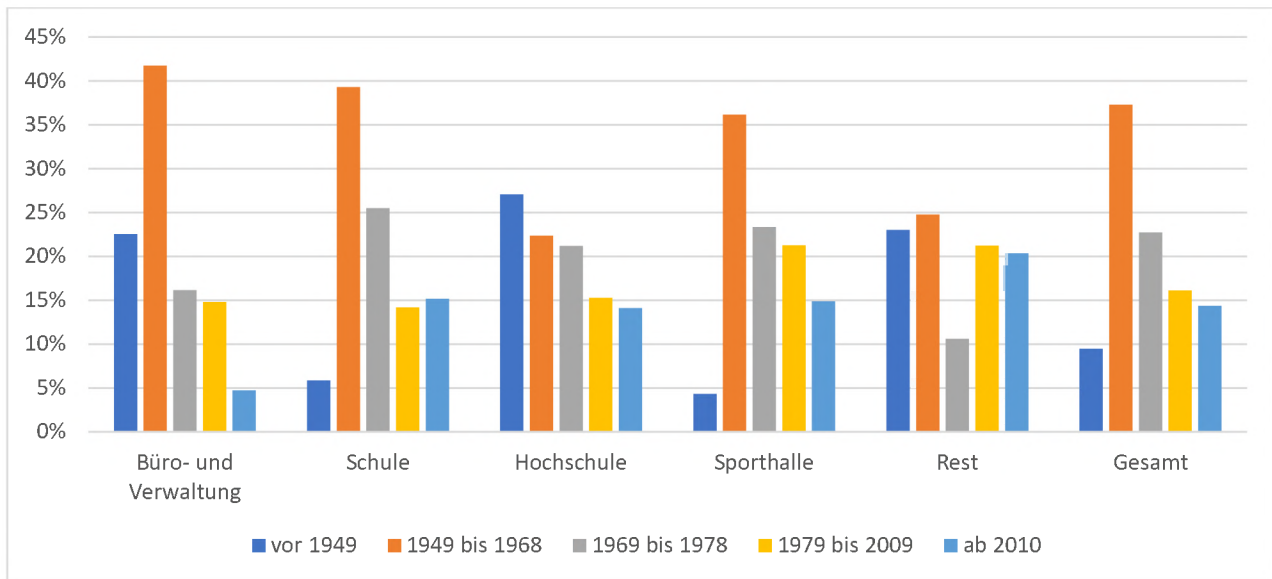


Quelle: Öko-Institut auf Basis der von der BUKEA übermittelten Daten

Abbildung 2-6 stellt die Altersverteilung der öffentlichen NWG dar. Der größte Anteil der Gebäude ist in der Nachkriegszeit bis einschließlich 1968 errichtet worden (ca. 37%). In den danach folgenden 10 Jahren bis 1978 sind weitere 23% der Gebäude entstanden. Es folgen die Altersklassen 1979-

2009 mit gut 15%, die Altersklasse ab 2010 mit knapp 15% sowie die Gebäude vor 1949 mit knapp unter 10% Anteil.

**Abbildung 2-6: Altersverteilung der öffentlichen NWG im Mengengerüst**



Quelle: Öko-Institut auf Basis der von der BUKEA übermittelten Daten

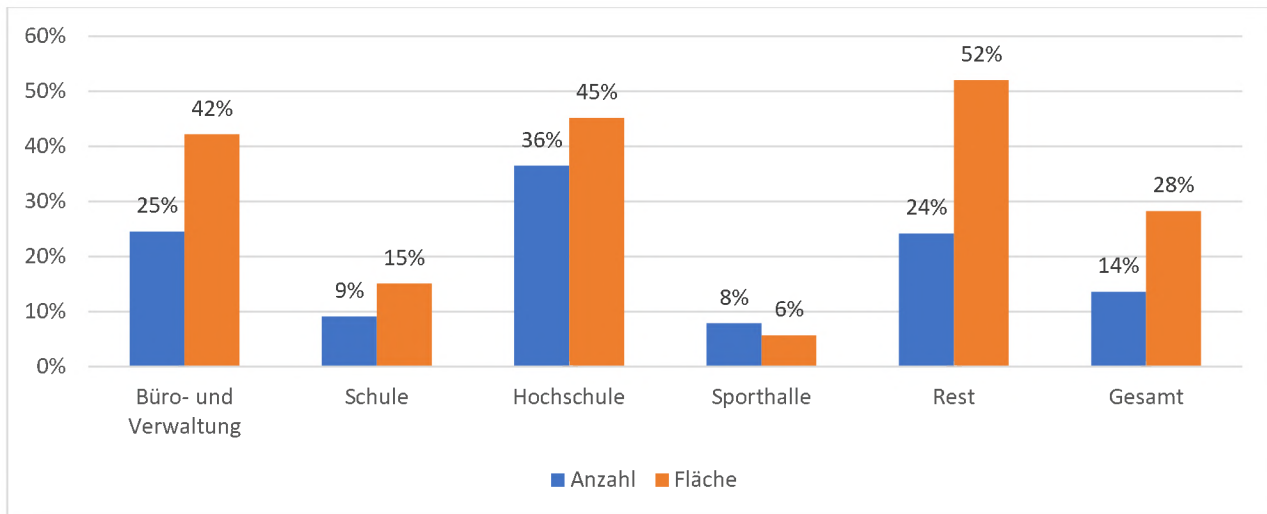
Anmerkung: Die gezeigten Anteile der Gebäude innerhalb eines Typgebäudeclusters ergeben in Summe 100%, Filter:  $\geq 250 \text{ m}^2$

Die Betrachtung der Altersverteilung je Typgebäudecluster zeigt ein leicht unterschiedliches Bild. Auch hier dominiert die Nachkriegs-Baualtersklasse, insbesondere bei Büro- und Verwaltungsgebäuden, Schulen und Sporthallen. Gebäude von vor 1949 sind vor allem bei Hochschulgebäuden, „Rest“-Gebäuden sowie Büro- und Verwaltungsgebäuden mit jeweils über 20% vertreten. Gebäude der Baualtersklassen ab 1979 liegen meist bei um die 15-20% in ihren jeweiligen Typgebäudeclustern, allerdings stechen Büro- und Verwaltungsgebäude in der jüngsten Altersklasse mit einem Anteil von unter 5% merklich heraus. Der Anteil der Gebäude, die vor Inkrafttreten der ersten Wärmeschutz-Verordnung im Jahre 1977 errichtet wurden, liegt zwischen 58% („Rest“) und knapp 80% (Büro- und Verwaltung). Für den Gesamtbestand liegt dieser Wert bei knapp 70%.

In Abbildung 2-7 ist der Anteil denkmalgeschützter Gebäude abgebildet. Auf alle öffentlichen NWG beträgt der Denkmalschutzanteil 14% (bezogen auf die Gebäudeanzahl) und 28% (bezogen auf die Gebäudeflächen). In den einzelnen Portfolien gibt es große Unterschiede: Bezogen auf die Anzahl dominieren die Hochschulgebäude (36%) gefolgt von den Büro- und Verwaltungsgebäuden (25%) sowie den „Rest“-Gebäuden (24%). Bezogen auf die Fläche ist der Anteil bei den „Rest“-Gebäuden am höchsten (52%), gefolgt von den Hochschulgebäuden (45%) sowie den Büro- und Verwaltungsgebäuden (42%). Schulgebäude und Sporthallen kommen beim Denkmalschutz auf vergleichsweise geringe Werte.

Der vermeintlich hohe Anteil denkmalgeschützter Gebäude lässt sich dadurch erklären, dass einerseits die stadtbildprägenden historischen Bauwerke, die dem Denkmalschutz unterliegen, überwiegend von der Stadt selbst für die Wahrnehmung öffentlicher Aufgaben genutzt werden. Andererseits existiert eine gewisse Dunkelziffer von Gebäuden, die nicht in der Hauptliste erfasst sind, während denkmalgeschützte Gebäude statistisch betrachtet, tendenziell vollständig registriert wurden.

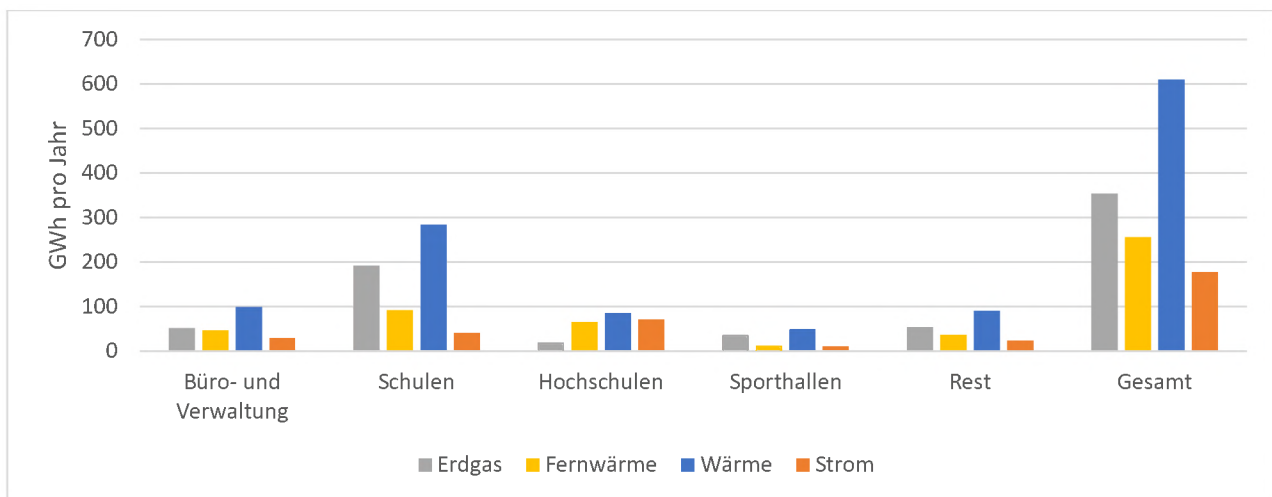
**Abbildung 2-7: Anteil denkmalgeschützter Gebäude und Flächen**



Quelle: Öko-Institut auf Basis der von der BUKEA übermittelten Daten  
Filter: >= 250 m²

Abbildung 2-8 stellt den witterungsbereinigten Endenergieverbräuche (absolut) in den verschiedenen Typgebäudeclustern und insgesamt dar. Der Wärmeverbrauch summiert sich auf insgesamt 610 GWh pro Jahr im Mittel der Jahre 2017-2019, der Stromverbrauch liegt bei knapp 180 GWh pro Jahr. Mit Ausnahme der Hochschulgebäude werden alle Typgebäudecluster derzeit mehr mit Erdgas versorgt (58%) als mit Fernwärme (42%).

**Abbildung 2-8: Witterungsbereinigter Endenergieverbrauch Wärme und Strom**

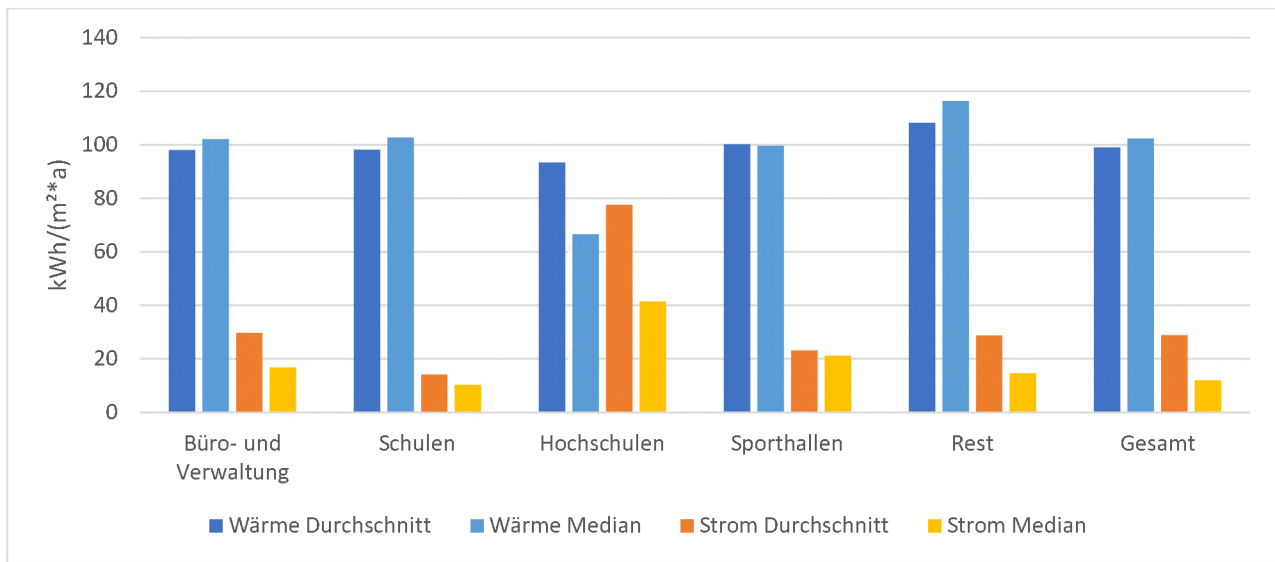


Quelle: Öko-Institut auf Basis der von der BUKEA übermittelten Daten  
Anmerkung: mit Filtern und skaliert

Abbildung 2-9 zeigt hingegen die flächenspezifischen Endenergieverbräuche für Wärme und Strom. Interessanterweise liegen die durchschnittlichen spezifischen Wärmeverbräuche für alle Typgebäudecluster knapp unter bzw. knapp über 100 kWh pro Quadratmeter und Jahr. Auch beim durchschnittlichen spezifischen Stromverbrauch liegen die Werte für aller Gebäudetypen mit knapp 15 bis 30 kWh pro Quadratmeter und Jahr relativ nah beieinander, nur die Hochschulgebäude stechen hier mit einem deutlich höheren Verbrauch von knapp 80 kWh/(m²a) hervor. Der Blick auf

die Medianwerte des Wärmeverbrauchs zeigt, dass diese mit Ausnahme der Hochschulgebäude leicht höher als die Durchschnittswerte liegen. Für die Hochschulgebäude tritt hier vermutlich der Effekt ein, dass es wenige große Wärmeverbraucher gibt, die den Durchschnitt, aber nicht den Median nach oben ziehen. Beim Stromverbrauch wiederholt sich dieser Effekt, allerdings diesmal nicht nur bei den Hochschulgebäuden, sondern vor allem auch bei Büro- und Verwaltungsgebäuden, den restlichen Gebäuden und den öffentlichen NWG insgesamt.

**Abbildung 2-9: Flächenspezifischer Endenergieverbrauch Wärme und Strom: Durchschnitts- und Medianwerte**



Quelle: Öko-Institut auf Basis der von der BUKEA übermittelten Daten  
Anmerkung: mit Filtern

Tabelle 2-2 geht weiter ins Detail und listet neben den Medianwerten des flächenspezifischen Wärme- und Stromverbrauchs auch die Grenzwerte der 25% besten und 25% schlechtesten Verbräuche auf. Hier bestätigt sich der Verdacht, dass es bei den Hochschulgebäuden einige wenige Flächen mit vergleichsweise hohen Verbräuchen gibt, da die schlechtesten 25% der Flächen mit 160 und mehr kWh/(m²a) den höchsten spezifischen Verbrauch aller Typgebäudecluster aufweist.

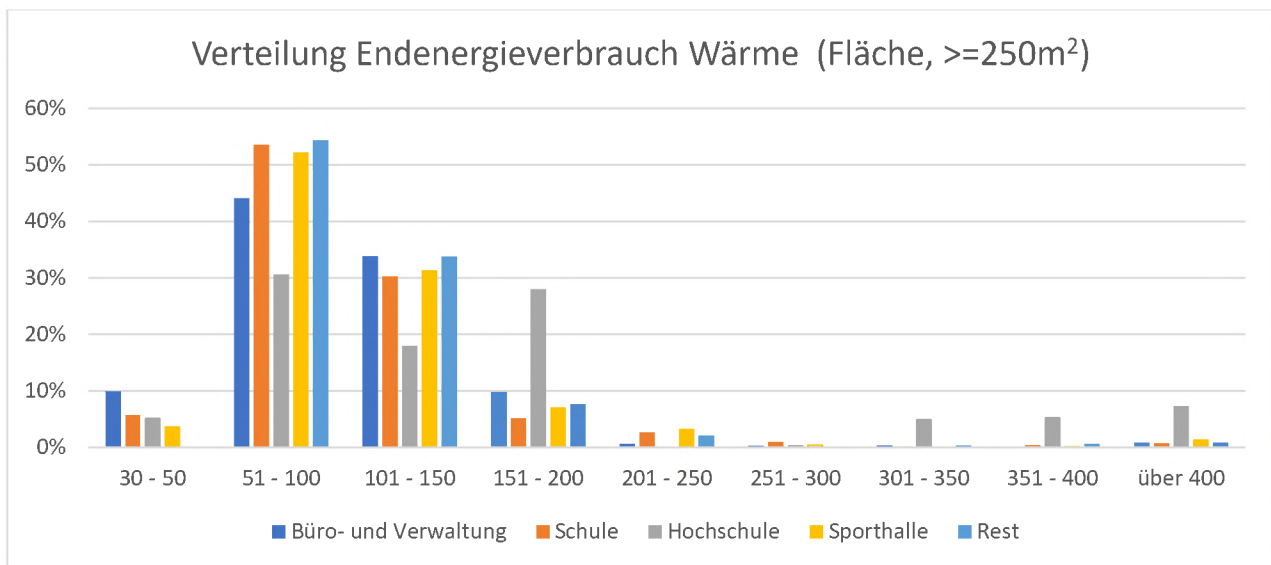
**Tabelle 2-2: Statistische Werte zum flächenspezifischen Wärme- und Stromverbrauch**

[kWh/m²a]	Wärme			Strom		
	best 25%	Median	worst 25%	best 25%	Median	worst 25%
<b>Büro- und Verwaltung</b>	81	102	131	14	17	23
<b>Schule</b>	85	103	129	8	10	14
<b>Hochschule</b>	55	67	160	27	41	50
<b>Sporthalle</b>	78	100	123	17	21	27
<b>Rest</b>	91	116	151	11	15	28
<b>Gesamt</b>	84	103	131	9	12	20

Quelle: Öko-Institut auf Basis der von der BUKEA übermittelten Daten  
Anmerkung: mit Filtern, best 25% bedeutet 1. Quartil, worst 25% 3. Quartil

Abbildung 2-10 veranschaulicht die Verteilung des Endenergieverbrauchs (EEV) für Raumwärme und Warmwasser bei den öffentlichen NWG: Der größte Anteil je Gebäudecluster weist einen EEV zwischen 51 und 100 kWh/(m²a) auf, gefolgt von Gebäuden mit einem EEV für Wärme zwischen 101 und 150 kWh/(m²a). Bei wenigen Gebäuden liegt der EEV für Wärme zwischen 30 und 50 kWh/(m²a) – hier dürfte es sich hauptsächlich um kürzlich errichtete Gebäude handeln oder die Nutzflächen konnten den am Zähler gemessenen Verbräuchen noch korrekt zugeordnet werden. Bei den höheren Verbrauchsklassen treten vor allem die Hochschulgebäude hervor. Allerdings müssen diese, wie oben beschrieben, mit etwas Vorsicht behandelt werden. Andersherum können hier zu geringe Nutzflächen den Zählerpunkten zugeordnet worden sein.

**Abbildung 2-10: Verteilung der flächenspezifischen Wärme-Endenergieverbräuche**



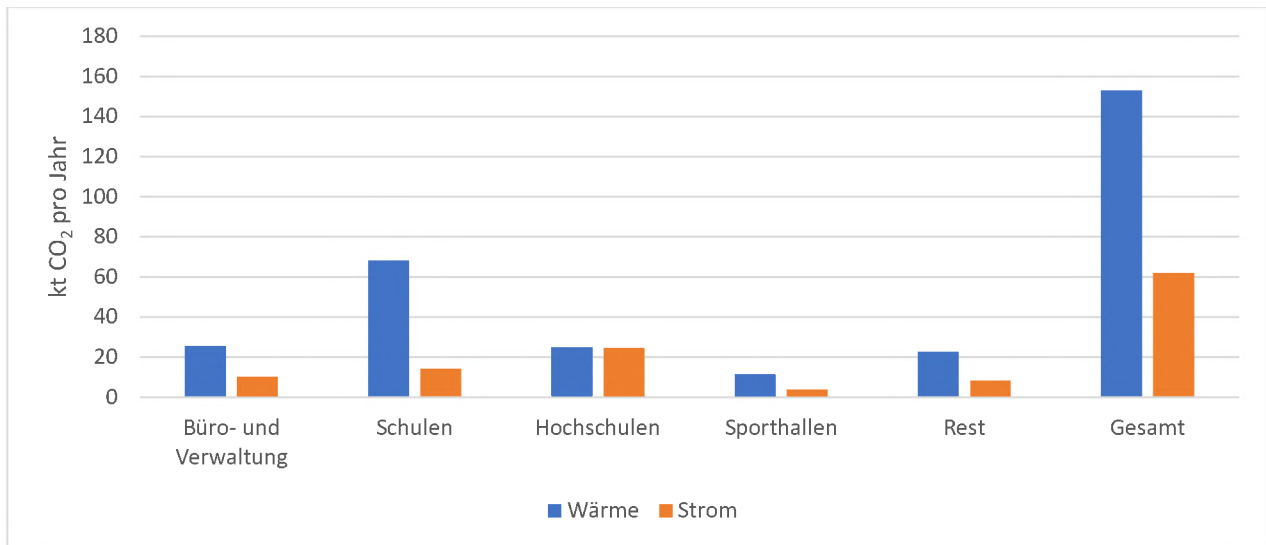
Quelle: Öko-Institut auf Basis der von der BUKEA übermittelten Daten  
Filter:  $\geq 250\text{ m}^2$

Auf Basis der Energieverbrauchsdaten lassen sich über Energieträger-spezifische Emissionsfaktoren die jeweiligen CO<sub>2</sub>-Emissionen je Typgebäudecluster ermitteln. Abbildung 2-11 zeigt die absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen, aufgeteilt nach Emissionen aus Wärme- bzw. Stromanwendungen. In den hier dargestellten Mittelwerten für die Jahre 2017 bis 2019 dominieren die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Wärmeanwendungen mit in Summe 153 Kilotonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr (kt CO<sub>2</sub>/a). Die Emissionen aus dem Stromverbrauch belaufen sich auf insgesamt 62 kt CO<sub>2</sub>/a. Zur Berechnung werden zum einen Emissionsfaktoren aus dem Hamburger Klimaplan<sup>6</sup> verwendet für Strom (348 g/kWh) und Fernwärme (318 g/kWh) sowie vom Umweltbundesamt<sup>7</sup> für Erdgas (202 g/kWh).

<sup>6</sup> Mitteilung des Senats an die Bürgerschaft (2023): Zweite Fortschreibung des Hamburger Klimaplan. <https://www.hamburg.de/resource/blob/169140/4c902bd7090a09f16a600091cfc7a110/d-zweite-fortschreibung-hamburger-klimaplan-data.pdf>

<sup>7</sup> Umweltbundesamt (2022): CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktorenliste 1990-2020 (korrigiert). <https://www.umweltbundesamt.de/dokument/co2-emissionsfaktorenliste-1990-2020-korrigiert>

**Abbildung 2-11: CO<sub>2</sub>-Emissionen absolut**

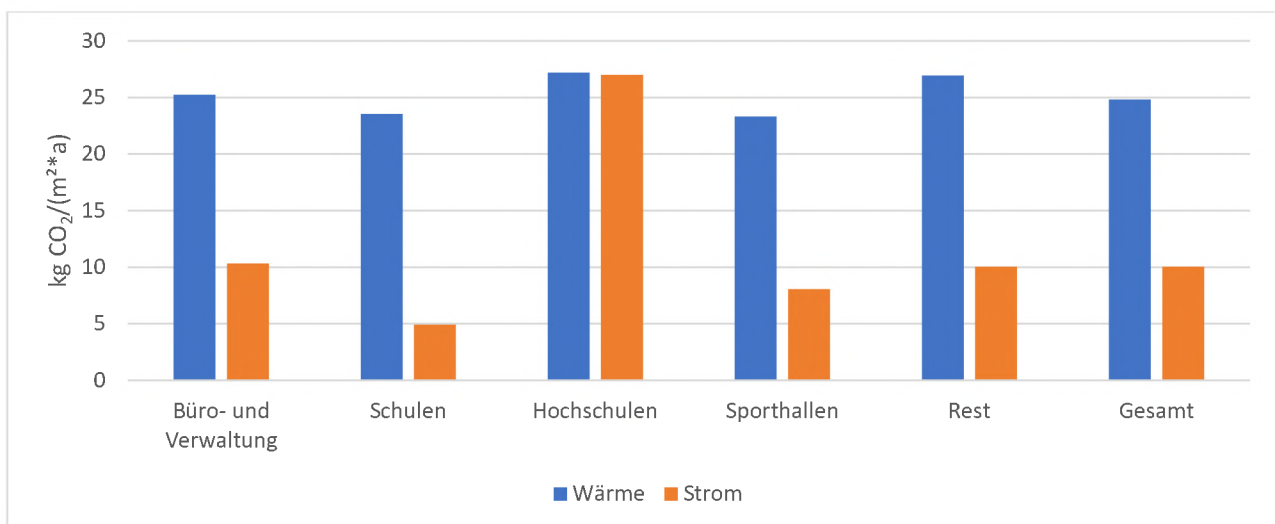


Quelle: Öko-Institut auf Basis der von der BUKEA übermittelten Daten

Anmerkung: mit Filter  $\geq 250\text{m}^2$ ,  $\geq 30\text{ kWh/m}^2\text{a}$  Wärme,  $\geq 5\text{ kWh/m}^2\text{a}$  Strom, ohne hohe Einzelwerte, skaliert um Gebäude ohne Energieverbrauch

Abbildung 2-12 zeigt die flächenspezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Typgebäudecluster und die öffentlichen NWG insgesamt. Analog zu den Wärmeenergieverbräuchen schwanken die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Wärmeversorgung in einem engen Band um die 25 kg CO<sub>2</sub> pro Quadratmeter und Jahr (kg CO<sub>2</sub>/(m<sup>2</sup>a)). Die CO<sub>2</sub>-Emissionen infolge der Stromerzeugung liegen bei gut 10 kg CO<sub>2</sub>/(m<sup>2</sup>a) – nur die Hochschulgebäude stechen hier mit einem Wert von 27 kg CO<sub>2</sub>/(m<sup>2</sup>a) gegenüber allen anderen Gebäudetypen hervor.

**Abbildung 2-12: Flächenspezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen**



Quelle: Öko-Institut auf Basis der von der BUKEA übermittelten Daten

Anmerkung: mit Filter  $\geq 250\text{m}^2$ ,  $\geq 30\text{ kWh/m}^2\text{a}$  Wärme,  $\geq 5\text{ kWh/m}^2\text{a}$  Strom, ohne hohe Einzelwerte

## 2.3 Fazit und Weiterentwicklung

Das erstellte Mengengerüst bietet eine gute Auswertungsbasis für die öffentlichen Nichtwohngebäude der FHH. Selbstverständlich gibt es eine Reihe von Unsicherheiten wie z.B. Energieverbrauchsdaten, die entweder unplausibel oder einer Gebäudeadresse bzw. Fläche nicht sicher zugeordnet werden können. Dies führt insbesondere bei den Hochschulgebäuden dazu, dass die flächenspezifischen Verbrauchswerte zu hoch oder zu niedrig sind, weshalb hier viele Verbrauchsdaten aus der Betrachtung ausgeschlossen wurden. Dies führt im Umkehrschluss zu Unsicherheiten bei den verbleibenden Energieverbrauchswerten, welche für die Skalierung bei den Hochschulgebäuden genutzt wurden. Hier gilt es in Zukunft die Verbrauchszähler besser den ihnen zugehörigen Flächen zuzuordnen. Die Schulgebäude sind insgesamt am besten erfasst.

Der Vergleich der Energieverbräuche mit den im Energiebericht der FHH veröffentlichten Verbrauchsdaten zeigt ebenfalls an der ein oder anderen Stelle Unterschiede auf. Teilweise lassen sich diese über die unterschiedlichen Zuordnungen der Verbräuche zu den Typgebäudeclustern erklären (z.B. werden Sporthallen im Energiebericht nicht extra ausgewiesen, sondern nur „Sportanlagen“, von denen nicht bekannt ist, ob diese auch Gebäude beinhalten), teilweise erschließt sich die Abweichung nicht.

Die ermittelten flächenspezifischen Endenergieverbräuche für Raumwärme und Warmwasser liegen für den Gesamtbestand der öffentlichen NWG auf einem vergleichsweise guten Niveau mit um die 100 kWh/(m<sup>2</sup>a). Dies gilt gleichermaßen für alle betrachteten Gebäudecluster. Selbst die ebenfalls im Mengengerüst erfassten denkmalgeschützten Gebäude liegen nur unwesentlich höher beim Endenergieverbrauch.

Mit Blick auf die Zukunft und mögliche Anpassungen des Mengengerüsts, insbesondere im Rahmen des Energieverbrauchs- und Emissionsmonitoring der öffentlichen NWG, bieten sich folgende Weiterentwicklungen an:

- Erfassung aller Flächen und Gebäude bzw. Gebäudetypen, die sich hinter einem einzigen Zähler „verbergen“. Dies sollte insbesondere bei den Hochschulgebäuden die Datengenauigkeit erhöhen.
- Anpassung der in der Hauptliste der öffentlichen NWG erfassten Adressdaten, so dass diese direkt kompatibel sind mit den Adressdaten der Energieverbrauchsabrechnungen. Dies würde für ein zukünftiges Energiedatenmonitoring eine schnelle Zuordnung und Auswertung erlauben.



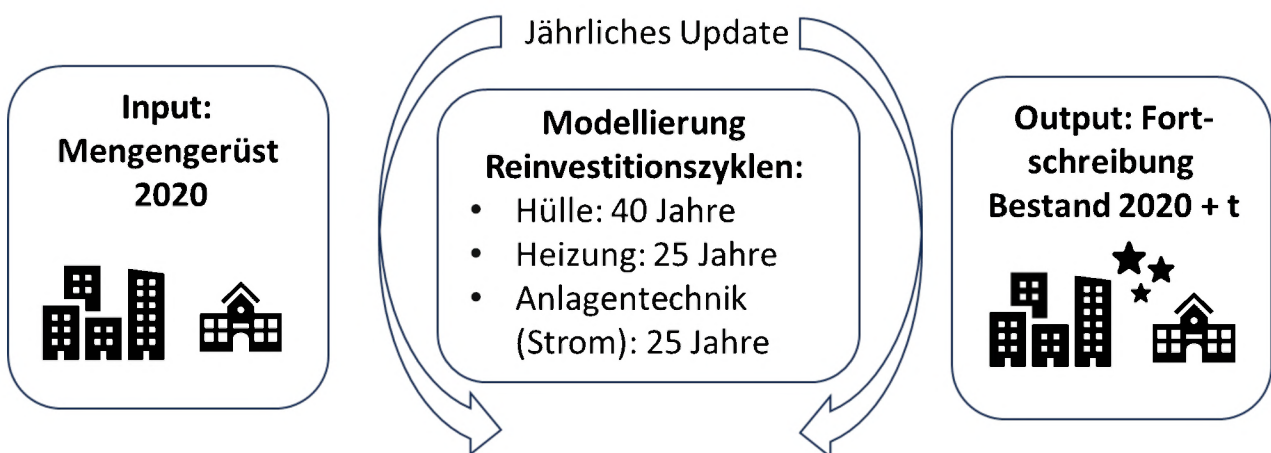
### 3 Fortschreibung des Mengengerüsts und Ableitung von Zielpfaden

In diesem Kapitel wird das erstellte Mengengerüst durch eine Modellierung fortgeschrieben. Auf diese Weise werden Zielpfade für Emissionen und Endenergieverbrauch abgeleitet. Dabei werden die gesetzlichen Rahmenbedingungen reflektiert. Für ein weiteres Monitoring werden die absoluten Verbräuche auf flächen-spezifische Kennzahlen heruntergebrochen.

#### 3.1 Modellierungsansatz zur Fortschreibung des Mengengerüsts

Abbildung 3-1 veranschaulicht den Ansatz zur Fortschreibung des Mengengerüsts. Es erfolgt eine vereinfachte Modellierung anhand eines Stock-Exchange-Ansatzes. Ausgangsbasis bildet das in Kapitel 2 beschriebene Mengengerüst für das Jahr 2020. Dieses wird jährlich aktualisiert, d.h. es erfolgen Hüllensanierungen, Heizungstausche und Modernisierungen ineffizienter Anlagentechnik (Strom). Die Dynamik der Fortschreibung des Mengengerüsts ergibt sich über angesetzte Lebensdauern der Komponenten: Ist das aktuelle Modellierungsjahr ein Vielfaches der Lebensdauer addiert zum Baujahr, erfolgt eine Erneuerung der Gebäudekomponente.<sup>8</sup>

**Abbildung 3-1: Ansatz der Stock-Exchange-Modellierung**



Quelle: Abbildung Öko-Institut

Zunächst erfolgt eine Aufbereitung der Daten des Mengengerüsts aus Kapitel 2 („Pre-Processing“), bei der Datenlücken aufgefüllt werden:

- **Baujahr:** 27% der Gebäude im Mengengerüst haben kein eingetragenes Baujahr. In diesem Fall wird ein zufälliges zugewiesen gemäß der Verteilung der Baujahre in Abbildung 2-6.
- **Energieträger:** Ist kein Energieträger eingetragen, wird zufällig Erdgas oder Fernwärme zugewiesen gemäß der Verteilung im Mengengerüst in Abbildung 2-8.
- **Energieverbrauch:** Fehlen Energieverbrauchswerte, wird der Median je Typgebäude-Cluster verwendet (siehe Tabelle 2-2).

<sup>8</sup> Beispiel: Ein Gebäude hat das Baujahr 1965. Es wird angenommen, dass alle 25 Jahre ein Heizungstausch erfolgt, d.h. im Jahr 1990, 2015 und 2040. Nur das Jahr 2040 ist im Modellierungszeitraum, d.h. in diesem Jahr wird die vorhandene Gasheizung z.B. durch eine Wärmepumpe ersetzt.



Die eigentliche Modellierung beginnt im Jahr 2025. Das Sanierungsgeschehen von 2021 bis 2024 wird vereinfacht abgebildet, indem die deutschlandweite Sanierungsrate für Nichtwohngebäude von 2010 bis 2019 in Höhe von 0,7% pro Jahr angenommen wird.<sup>9</sup> Es wird pauschal eine durchschnittliche Energieeinsparung von 30% angenommen.

Erreicht eine Gas-Heizung ihren Reinvestitionszyklus, wird sie getauscht. Dabei werden die folgenden Wahrscheinlichkeiten für den Typ der neuen, erneuerbaren Heizung angenommen, die auf dem Energieträger-Mix des Klimaplan Szenario B basieren: 10% Fernwärme, 5% Biomasse, 85% Wärmepumpe. Siehe dazu auch Abbildung 3-5. In der Modellierung wird nicht von Fernwärme weggewechselt. Im Mengengerüst sind keine Öl-Heizungen eingetragen.

Die Effizienz der Wärmepumpen in Form der Jahresarbeitszahl (JAZ) wird mit der Effizienz des Gebäudes (Endenergieverbrauch,  $EEV_{Wärme}$ ) wie folgt in Zusammenhang gesetzt:<sup>10</sup>

$$JAZ = f(EEV_{Wärme}) = 410 \cdot \left( 0,11 \frac{m^2 a}{kWh} \cdot EEV_{Wärme} \left[ \frac{kWh}{m^2 a} \right] + 29 \right)^{-1,34} + 0,5$$

Bei einem Modellierungszeitraum von 20 Jahren (2025 bis 2045) und einer typischen Lebensdauer einer Heizung von 25 Jahren, verbleiben im Jahr 2045 noch immer Gasheizungen im Bestand. Diese werden im Jahr 2045 getauscht, d.h. ein verringerter Reinvestitionszyklus unterstellt.

Alle 25 Jahre ab Baujahr wird die strombasierte Anlagentechnik erneuert. Dazu gehört sämtlicher Stromverbrauch, der über den Zähler innerhalb des Gebäudes gemessen wird: Geräte, Aufzüge, Lüftungstechnik, Klimatisierung. Die Modernisierung erfolgt in der Modellierung, indem der Stromverbrauch des Gebäudes im Mengengerüst durch die Werte in Tabelle 3-1 ersetzt wird.

Alle 40 Jahre ab Baujahr erfolgt in der Modellierung eine Vollsanieung des Gebäudes, d.h. der Wärmeschutz wird erheblich verbessert infolge von Dämmarbeiten und dem Austausch alter Fenster. Die Vollsanieung eines Gebäudes kann in der Realität auch interpretiert werden als Teilsanieungen an mehreren Gebäuden. Außerdem wird unterstellt, dass Komponenten der Anlagentechnik modernisiert werden, die einen Einfluss auf den Wärmebedarf haben (z.B. Lüftungsanlage, Heizungspumpe) und gering-investive Maßnahmen durchgeführt werden (z.B. Heizungsoptimierung, Dämmung Wärmeverteilsystem). Die neue Effizienz entspricht den Werten in Tabelle 3-1. Je nach Szenario kann hier der Zielzustand variiert werden, der in etwa EG55 oder EG70 entsprechen soll. Die Zielwerte sind eine Expertenschätzung. Sie werden in Kapitel 4.1 tiefergehend diskutiert. Für denkmalgeschützte Gebäude wird angenommen, dass nur eine

<sup>9</sup> S.3 in Hörner, Cischinsky, Diefenbach (2021): Teilbericht Strukturdaten: Stand und Dynamik der energetischen Modernisierung der Gebäudehülle im Bestand der Nichtwohngebäude.

[https://www.datanwg.de/fileadmin/user/iwu/211216\\_IWU\\_E4.2-1\\_Teilbericht\\_Strukturdaten-Modernisierung-Huelle.pdf](https://www.datanwg.de/fileadmin/user/iwu/211216_IWU_E4.2-1_Teilbericht_Strukturdaten-Modernisierung-Huelle.pdf)

<sup>10</sup> Bei der Wieden (2021) basierend auf Günther et al. (2020).

Bei der Wieden (2021): Abschätzung der Emissionseinsparungen im Gebäudesektor infolge der CO<sub>2</sub>-Bepreisung im Rahmen des Brennstoffemissionshandelsgesetzes. Masterarbeit bei Öko-Institut und TU Braunschweig.

Günther, D., Wapler, J., Langner, R., Helmling, S., Miara, M., Fischer, D., Wolf, T. & Wille-Hausmann, B. (2020). WPsmart im Bestand: Felduntersuchung optimal abgestimmter Wärmepumpenheizungssysteme in Bestandsgebäuden beim Betrieb im konventionellen sowie im intelligenten Stromnetz (Smart-Grid).

Fraunhofer ISE. <https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/wpsmart-im-bestand.html>

Teilsanierung durchgeführt werden kann. Vereinfachend wird in der Modellierung bis zu einer Effizienz saniert, die dem Median des Mengengerüsts im Ausgangszustand entspricht.

**Tabelle 3-1: Zielwerte Sanierung in der Modellierung**

Typgebäude-Cluster	Median (Ausgangszustand)		Zielwert Wärme bei Sanierung			Zielwert Strom Anlagentechnik
	Wärme	Strom	„EG55“	„EG70“	Denkmal	Sanierung
[kWh/m <sup>2</sup> a]						
Büros	102	17	50	60	102	15
Schule	103	10	75	90	103	15
Hochschule	67*	41	75	90	108**	25
Sporthalle	100	21	75	90	100	15
Rest	116	15	75	90	116	15

Quelle: Annahmen Öko-Institut, für eine Validierung siehe Kapitel 4.2; \* Der Median-Wert für die Hochschulgebäude ist schon im Mengengerüst sehr niedrig, was auf die unsichere Datenlage bei den Hochschulgebäuden zurückzuführen ist (vgl. Kapitel 2.1.5); \*\* Da der Median der Hochschulen bereits sehr gering ist, wird der Zielwert Denkmal pauschal zu 1,2 \* EG70 gesetzt.

Es wird eine Neubaurate von 0,5% pro Jahr angenommen und das Mengengerüst um neue Gebäude erweitert.<sup>11</sup> Die Neubauten entsprechen dem ab 2024 für öffentliche Gebäude der FHH festgelegten Neubaustandard EG40 (§ 20 Abs. 2 HmbKliSchG). Der Endenergieverbrauch des Standards EG40 wird pauschal abgeschätzt zu 75%<sup>12</sup> mal dem für EG55 in Tabelle 3-1.

Die novellierte EU-Gebäuderichtlinie sieht in Artikel 9 vor, dass die ineffizientesten 16% bzw. 26% der Nichtwohngebäude durch Mindesteffizienzstandards (Minimum Energy Performance Standards; MEPS) bis 2030 bzw. 2033 saniert werden. Konkret bedeutet dies, dass alle Gebäude Schwellenwerte für eine Mindesteffizienz erreichen müssen. Die nationale Umsetzung der Richtlinie steht noch aus. Daher werden Schwellenwerte aus dem Mengengerüst abgeleitet: Wenn der Endenergieverbrauch für Wärme und Strom den Schwellenwert übersteigt, erfolgt in der Modellierung eine Teilsanierung jeweils auf das Niveau der Schwellenwerte für Wärme und Strom gemäß Tabelle 3-2.

**Tabelle 3-2: Schwellenwerte MEPS in der Modellierung**

Typgebäude-Cluster	Ineffizienteste „worst“ 16%			Ineffizienteste „worst“ 26%		
	Wärme und Strom	Wärme	Strom	Wärme und Strom	Wärme	Strom
[kWh/m <sup>2</sup> a]						
Büros	179	147	29	158	127	22

<sup>11</sup> Gemäß den Baujahren im Mengengerüst beträgt die Nutzflächen-gewichtete Neubaurate 0,4% pro Jahr von 2000-2010 und 1,3% pro Jahr in 2011-2020. Die durchschnittliche Nutzfläche in Gebäuden mit Baujahr 2000-2020 betrug je Typgebäudecluster: 5.889 m<sup>2</sup> bei Büro und Verwaltung, 2170 m<sup>2</sup> in Schulen, 5.691 m<sup>2</sup> in Hochschulen, 1.261 m<sup>2</sup> in Sporthalle, und bei den restlichen Gebäuden 2.114 m<sup>2</sup>.

<sup>12</sup> Pauschale Abschätzung:  $H_{tr} \text{ EG55: } 70\% \cdot \text{Referenzgebäude, EG40: } 55\% \cdot \text{Referenzgebäude, } 55\%/70\% \approx 75\%$ . D.h. EG40 verbraucht circa 75% der Energie für Raumwärme und Warmwasser ggü. dem EG55.

Schule	163	141	16	143	127	13
Hochschule	642	165	158	323	160	50
Sporthalle	164	139	28	146	121	27
Rest	288	167	41	215	149	28

Quelle: Auswertung Mengengerüst

Abbildung 2-7 zeigt, dass 14% der öffentlichen Gebäude unter Denkmalschutz stehen. Dies wird zum einen in der Modellierung berücksichtigt, indem diese Gebäude von der Sanierungsanforderung durch MEPS ausgenommen werden. Die EU-Gebäuderichtlinie erlaubt dies. Zum anderen werden etwaige Restriktionen für eine Sanierung im Reinvestitionszyklus berücksichtigt, indem weniger ambitionierte Zielwerte angenommen werden. Dies soll widerspiegeln, dass keine Voll- sondern nur Teilsanierungen durchgeführt werden (z.B. nur das Dach aufgrund einer erhaltenswerten Fassade). Außerdem wird pauschal angenommen, dass denkmalgeschützte Gebäude immer an Fernwärme angeschlossen werden und nicht durch eine Wärmepumpe versorgt werden.

Der Hamburger Klimaplan weist nur direkte CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Verfeuerung fossiler Brennstoffe aus und keine CO<sub>2</sub>-Äquivalente wie im Bundes-Klimaschutzgesetz.<sup>13</sup> Ein weiterer Unterschied ist die Anwendung der Verursacher- anstelle der Quellenbilanz wie im Bundes-Klimaschutzgesetz. Konkret bedeutet dies, dass Emissionen aus der Erzeugung von Fernwärme und Strom direkt im Gebäudesektor bilanziert werden.<sup>14</sup> Aus diesem Grund gibt es zum einen keine Emissionen im Sektor Energiewirtschaft im Hamburger Klimaplan. Zum anderen sind die Emissionen des Gebäudesektors höher und damit auch der Handlungsdruck.

Der Modellierung liegen die Emissionsfaktoren des Klimaplans zugrunde für Strom (2020: 348 bis 0 g<sub>CO2</sub>/kWh ab 2040) und Fernwärme (2020: 318 bis 75 g<sub>CO2</sub>/kWh in 2045; inkl. thermische Abfallbehandlung).<sup>15</sup> Für Biomasse wird ein Emissionsfaktor von 20 g<sub>CO2</sub>/kWh aus dem Gebäudeenergiegesetz verwendet und für Erdgas für die direkte Verfeuerung ohne Vorkette 202 g<sub>CO2</sub>/kWh.<sup>16</sup>

Durch den Klimawandel steigen die Außentemperaturen, was den Heizwärmebedarf sinken lässt. Dieser Effekt macht bis 2045 circa 6% aus ggü. 2020<sup>17</sup> und wird in der Modellierung ebenfalls berücksichtigt.

Das Ziel des Klimaplans für das Jahr 2030 zu erreichen, ist ambitioniert, da ausgehend von 2025 nur noch fünf Jahre Zeit verbleiben. Aus diesem Grund müssen zusätzliche Emissionseinsparungen

<sup>13</sup> S.6 in Sandrock, Bürger, Mundt, Jaeschke (2022): Entwicklungsszenarien für neue Klimaziele. Szenario B. <https://www.hamburg.de/resource/blob/169824/ce5cfe6fcfd8b841bfb309bb7c42453/d-szenarien-szenariob-data.pdf>

<sup>14</sup> Länderarbeitskreis Energiebilanzen (o.D.): Methodik der CO<sub>2</sub>-Bilanzen. <https://www.lak-energiebilanzen.de/methodik-der-co2-bilanzen/>

<sup>15</sup> S.1 in Mitteilung des Senats an die Bürgerschaft (2023): Zweite Fortschreibung des Hamburger Klimaplans. <https://www.hamburg.de/resource/blob/169140/4c902bd7090a09f16a600091cfc7a110/d-zweite-fortschreibung-hamburger-klimaplan-data.pdf>

<sup>16</sup> Umweltbundesamt (2022): CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktorenliste 1990-2020 (korrigiert). <https://www.umweltbundesamt.de/dokument/co2-emissionsfaktorenliste-1990-2020-korrigiert>

<sup>17</sup> Abb. 56 in Harthan et al. (2024): Technischer Anhang der Treibhausgas-Projektionen 2024 für Deutschland (Projektionsbericht 2024). [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/projektionen\\_technische\\_r\\_anhang\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/projektionen_technische_r_anhang_0.pdf)

modelliert werden durch gering-investive Maßnahmen (z.B. Heizungsoptimierung, Dämmung des Wärmeverteilsystems, Einbau steuerbarer Thermostate oder Nutzung von Energiemanagement-Systemen). Es wird angenommen, dass im Jahr 2030 bei allen mit Erdgas und Fernwärme beheizten Gebäuden mit mehr als 140 kWh/m<sup>2</sup>a Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser 10% dieses Verbrauchs durch gering-investive Maßnahmen eingespart werden kann.

### 3.2 Ableitung von Effizienz- und CO<sub>2</sub>-Pfad aus der Modellierung

Die Fortschreibung des Mengengerüst gibt einen Einblick, wie sich der Bestand für öffentliche Gebäude entwickeln könnte. Insbesondere die zeitliche Dynamik der Möglichkeitsfenster für Heizungstausche und Sanierungen im natürlichen Reinvestitionszyklus der Gebäude gibt ein Gefühl für die Erreichbarkeit der gesetzten Ziele. Die Zielarchitektur gibt den Rahmen für die Modellierung vor. Es müssen erreicht werden: die Emissionsziele für öffentliche Gebäude im Hamburger Klimaplan, die Mindesteffizienzstandards der EU-Gebäuderichtlinie und Effizienzvorgaben aus Artikel 6 der EU-Effizienzrichtlinie sowie dem deutschen Energieeffizienzgesetz.

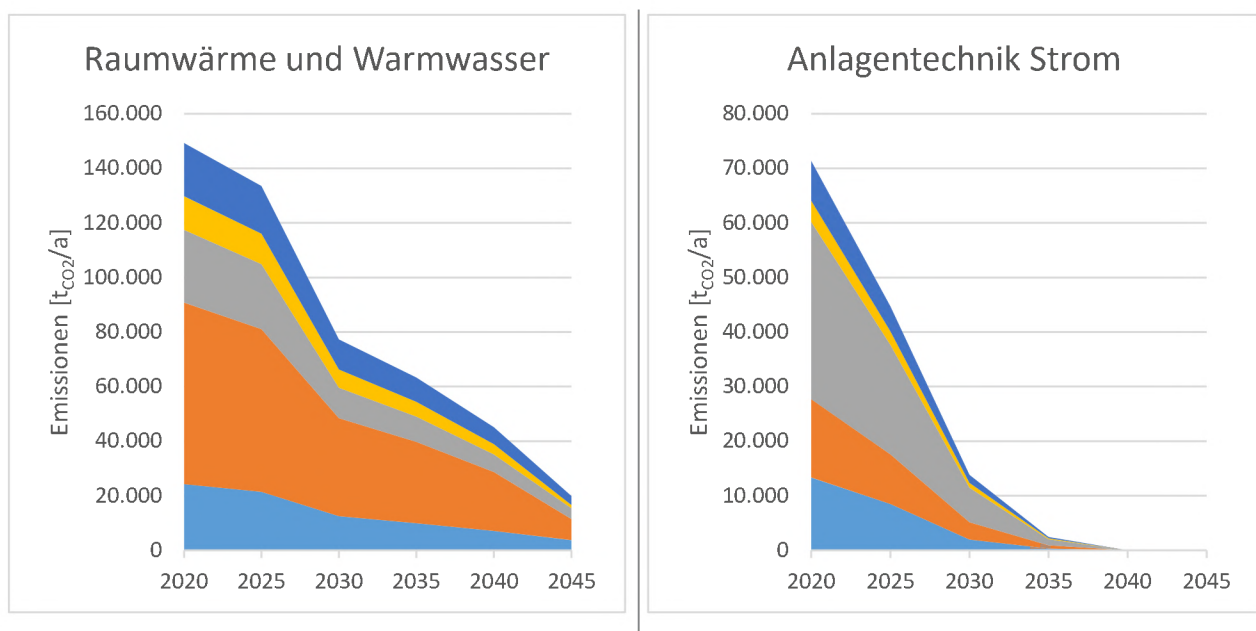
Aus der Modellierung des Zielpfades lassen sich Zielwerte für die einzelnen Portfolien ableiten, die einen wertvollen Input für das Monitoring der Dynamik des Sanierungsgeschehens bieten.

#### 3.2.1 CO<sub>2</sub>-Pfad und Zielerreichung Klimaplan

Im Gutachten werden insgesamt zwei Szenarien modelliert, die in Kapitel 3.2.2 gegenübergestellt werden. Sie unterscheiden sich lediglich im Zielniveau, das erreicht wird bei einer Vollsanierung im Reinvestitionszyklus (EG55/EG70). Im Folgenden werden die Ergebnisse für das Szenario „EG70“ gezeigt.

Abbildung 3-2 zeigt die Emissionen in der Modellierung. Sie sinken in allen Portfolien ungefähr gleich stark ab sowohl für Wärme als auch für Strom.

**Abbildung 3-2: Modellierte Emissionen Raumwärme und Warmwasser (links) und Strom Anlagentechnik (rechts)**

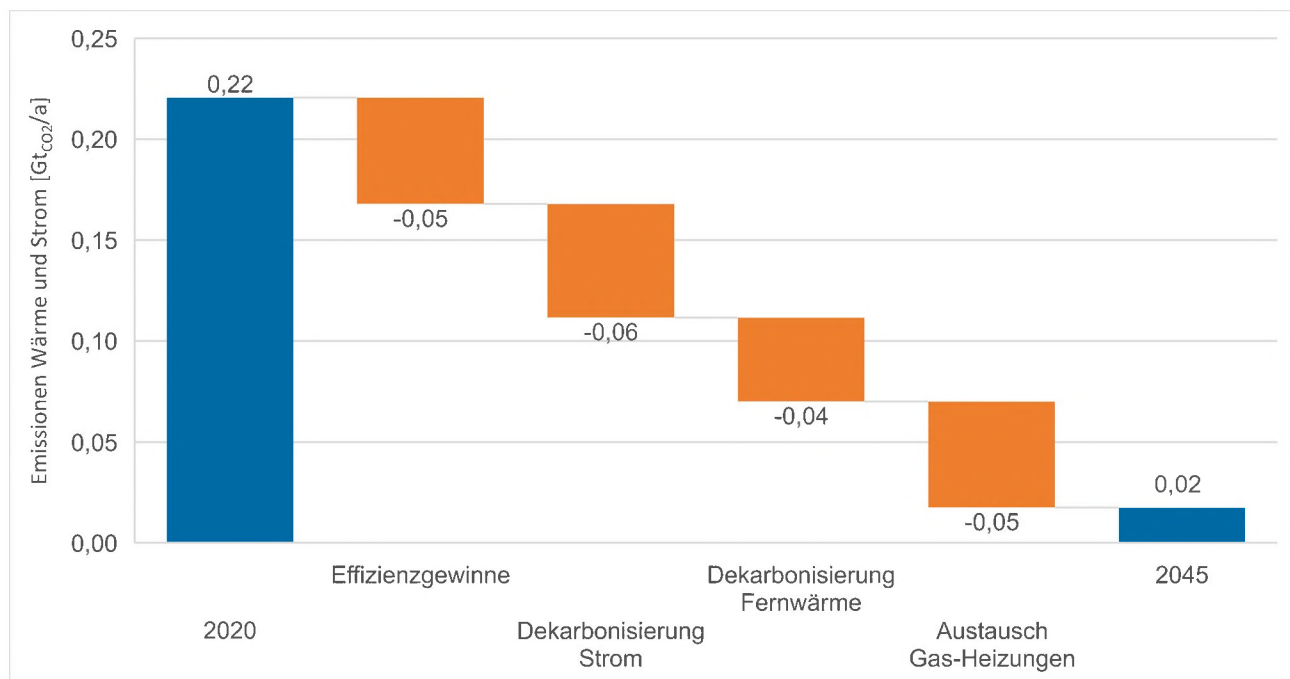


■ Büro- und Verwaltung ■ Schule ■ Hochschule ■ Sporthalle ■ Rest

Quelle: Modellierung Öko-Institut

Die Dekompositionsanalyse in Abbildung 3-3 veranschaulicht die Gründe, aus denen die Emissionen sich reduzieren: Die Treiber hierbei sind die realisierten Effizienzgewinne infolge der Sanierungsaktivitäten, die Dekarbonisierung von Strom und Fernwärme sowie der Austausch der Gas-Heizungen bis 2045. Gerade um das 2030er-Ziel erreichen zu können, ist es wichtig die Effizienz zu steigern, um den emissionsbehafteten Energieverbrauch zu reduzieren.

**Abbildung 3-3: Dekompositionsanalyse Emissionsreduktion**



Quelle: Modellierung Öko-Institut, Szenario „EG70“

Tabelle 3-3 zeigt die Klimaziele im Klimaplan für den GHD-Sektor und die öffentlichen Gebäude. Im Klimaplan werden die Emissionen der öffentlichen Gebäude im Jahr 2020 mit 0,341 Gt/a beziffert. Dieser Wert beruht auf dem „Energiebericht für öffentliche Gebäude der Freien und Hansestadt Hamburg“. <sup>18</sup> Die Emissionen im Mengengerüst weichen im Jahr 2020 vom Energiebericht ab und liegen bei 0,221 Gt/a. Grund dafür ist die engere Definition, welche Gebäude als öffentliche Gebäude zählen. Die Definition eines öffentlichen NWG nach §3 Nr. 15 HmbKliSchG ist hier enger gefasst als die im Energiebericht verwendete Bezugsgröße der öffentlichen Gebäude.

**Tabelle 3-3: Klimaziele und modellierte Emissionen**

Jahr	Klimaplan: GHD-Sektor	Klimaplan: Öffentliche Gebäude	Modellierung: Öffentliche Gebäude
------	-----------------------	--------------------------------	-----------------------------------

<sup>18</sup> Hamburg (2019): Energiebericht 2019 – Statistik 2014-2018 für öffentliche Gebäude der Freien und Hansestadt Hamburg.

<https://www.hamburg.de/resource/blob/158242/581e876f007dfa620e720a68a2c5a0c3/d-energiebericht-2019-data.pdf>

	Gt <sub>CO2</sub> /a	ggü. 1990	Gt <sub>CO2</sub> /a	ggü. 1990	Gt <sub>CO2</sub> /a	ggü. 1990
1990	4,635		0,556		0,359*	
2020	2,843	-39%	0,341	-39%	0,220	-39%
2030	1,176	-75%	0,141	-75%	0,090	-75%
2045	0,046	-99%	0,006	-99%	0,019	-95%

Quelle: Hamburger Klimaplan (S.65)<sup>15</sup> und Modellierung Öko-Institut

Anmerkungen: \* fiktiver Wert durch Rückrechnung und Annahme gleichförmiger Minderung je Subsektor, Szenario „EG70“

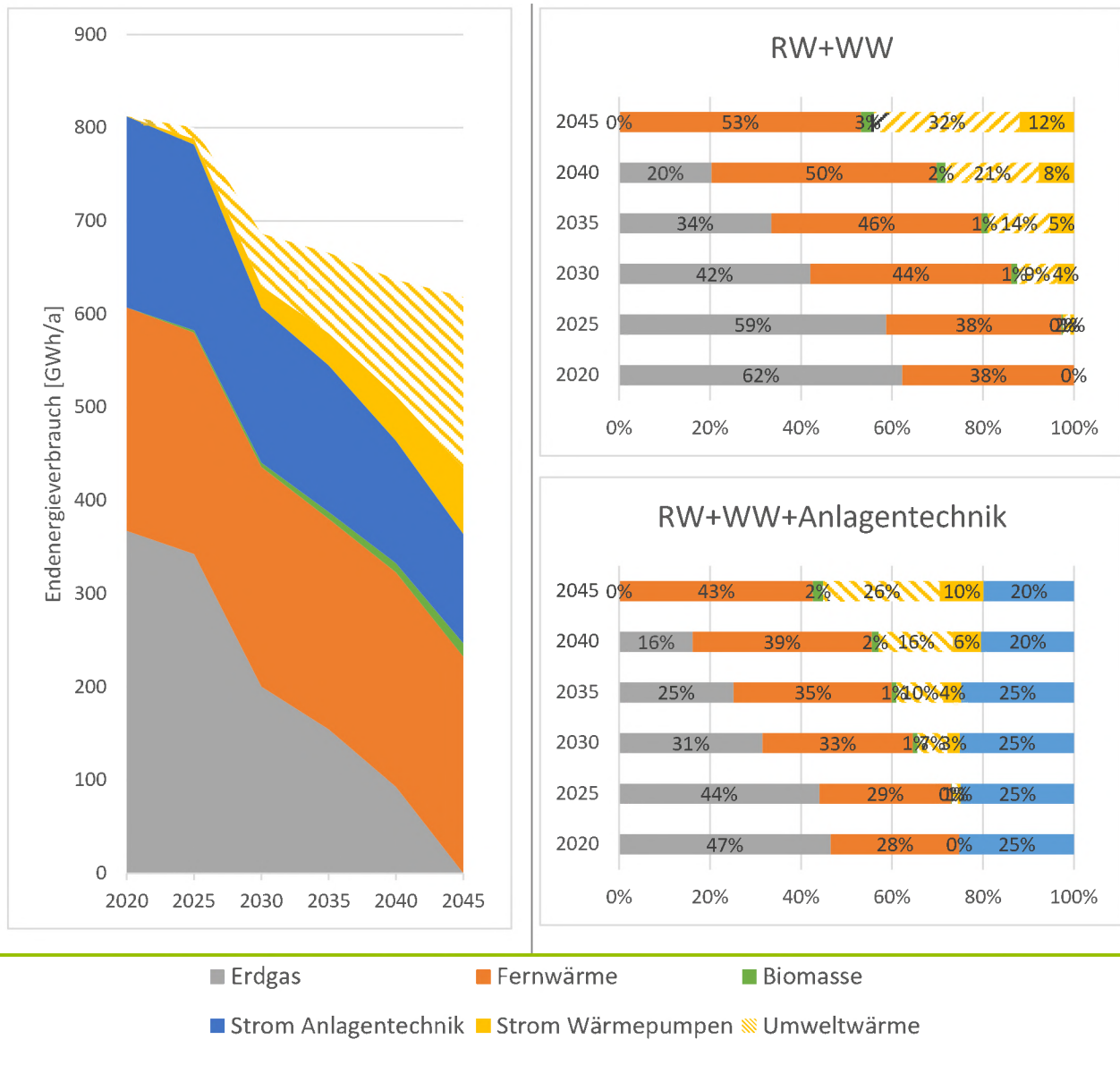
Im Jahr 2030 gelingt die Zielerreichung knapp. Zum einen, weil die Emissionsfaktoren für Strom und Fernwärme sinken und Gas-Heizungen ausgetauscht werden. Zum anderen spielt Effizienz eine wichtige Rolle für das Zwischenziel. Der emissionsbehaftete Endenergieverbrauch wird gesenkt durch Sanierungen im Reinvestitionszyklus (auf das Niveau EG70 bzw. EG55), Sanierungen der ineffizientesten Gebäude („worst performing buildings“) durch MEPS und den Austausch ineffizienter Anlagentechnik (Strom). Das letzte Prozent Minderung zur Zielerreichung wird realisiert durch gering-investive Maßnahmen bei ineffizienten mit Gas beheizten Gebäuden.

Für 2045 gelingt die Zielerreichung in der Modellierung knapp nicht, da Fernwärme aufgrund der thermischen Abfallbehandlung („Müllverbrennung“) mit einem CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor von 75 g/kWh nicht emissionsfrei wird bis 2045. Bilanziert man die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Fernwärme ohne die thermische Abfallbehandlung werden die Ziele deutlich erreicht: -80% ggü. 1990 im Jahr 2030 und -99,9% im Jahr 2045. In diesem Fall verbleiben nur die als gering angesetzten CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Verbrennung von Biomasse.

Die ambitionierte Dekarbonisierung wird auch in Abbildung 3-4 deutlich, die den Anteil je Energieträger am Endenergieverbrauch zeigt: Erdgas wird ersetzt v.a. durch Strom und Umweltwärme mittels Wärmepumpen. Durch effizientere Anlagentechnik sinkt der Stromverbrauch der Anlagentechnik in der Modellierung beträchtlich. Der Anteil der Fernwärme steigt leicht an. Wärmepumpen in Form von Umweltwärme und Strom dominieren das Zielbild. Biomasse spielt keine große Rolle.



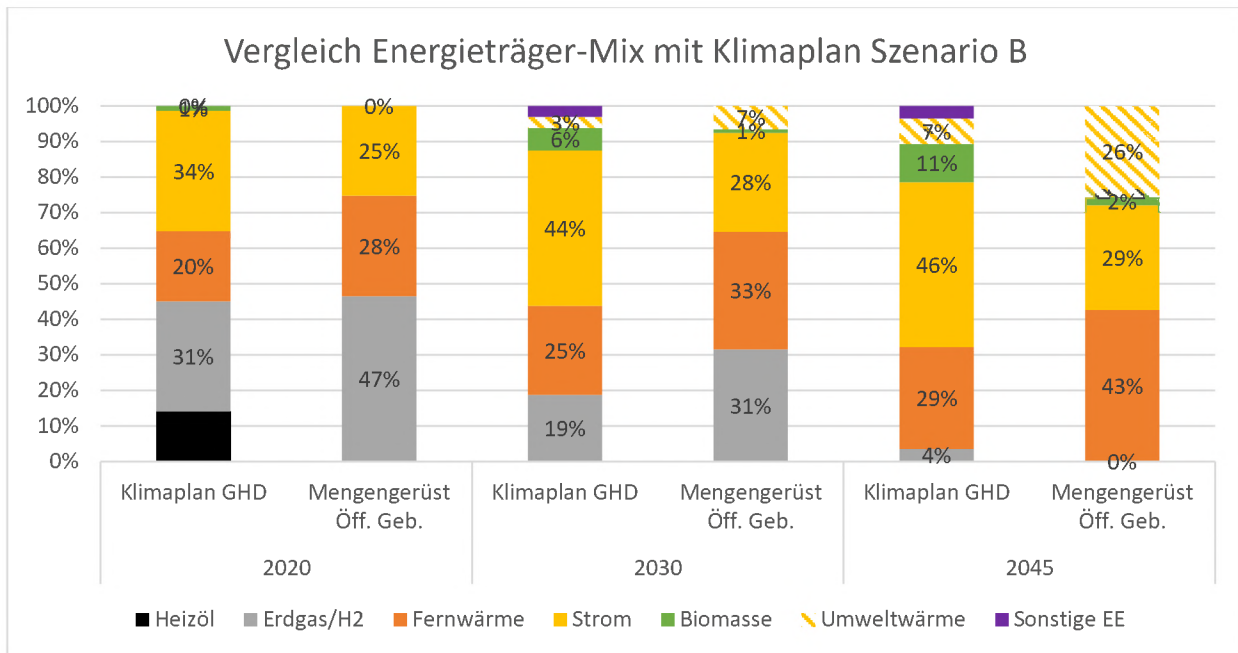
Abbildung 3-4: Endenergieverbrauch je Energieträger



Quelle: Modellierung Öko-Institut

Anmerkungen: RW = Raumwärme, WW = Warmwasser, Szenario „EG70“

Die Verteilung der Energieträger ergibt sich modellendogen durch die angesetzten Wahrscheinlichkeiten, durch welche Art der Wärmeversorgung Gasheizungen ersetzt werden. Als Ziel für die Kalibrierung dient der GHD-Sektor in Szenario B des Klimaplan (siehe Abbildung 3-5). Der Vergleich ist nicht ganz passend, da im GHD-Sektor neben privaten Nichtwohngebäuden auch Verbräuche für GHD-Prozesse enthalten sind. Entsprechend zeichnet den GHD-Sektor bereits im Jahr 2020 ein geringerer Anteil Fernwärme aus als bei den öffentlichen Gebäuden des Mengengerüsts. Außerdem ist der Anteil des Stroms im GHD-Sektor höher. Dieses Verhältnis zieht sich bis 2045 fort. Für öffentliche Gebäude werden keine „sonstigen Erneuerbaren Energien“ wie z.B. Wasserstoff verwendet und der Einsatz von Biomasse wird restriktiver gehandhabt. Eingedenk dieser Unterschiede passt die modellierte Energieträgerverteilung der Fortschreibung des Mengengerüsts für die öffentlichen Gebäude gut zum Klimaplan Szenario B.

**Abbildung 3-5: Vergleich Energieträger-Mix mit Klimaplan Szenario B**


Quellen: Hamburger Klimaplan (S.107)<sup>15</sup> und Modellierung Öko-Institut, Szenario „EG70“

### 3.2.2 Effizienz-Pfad: Endenergieverbrauch, Vergleich Zielszenarien, §6 EnEFG

Vordergründiges Ziel der Regulierungs-Verordnung und des Hamburger Klimaschutzgesetzes bezüglich der öffentlichen NWG ist die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung, d.h. vor allem der Austausch der Gasheizungen. Allerdings ist es auch wichtig, den Endenergieverbrauch insgesamt zu senken durch Dämmung, Austausch alter Fenster, Einbau effizienterer Anlagentechnik (Strom) und gering-investive Maßnahmen. Folgende Gründe sprechen für Effizienz:

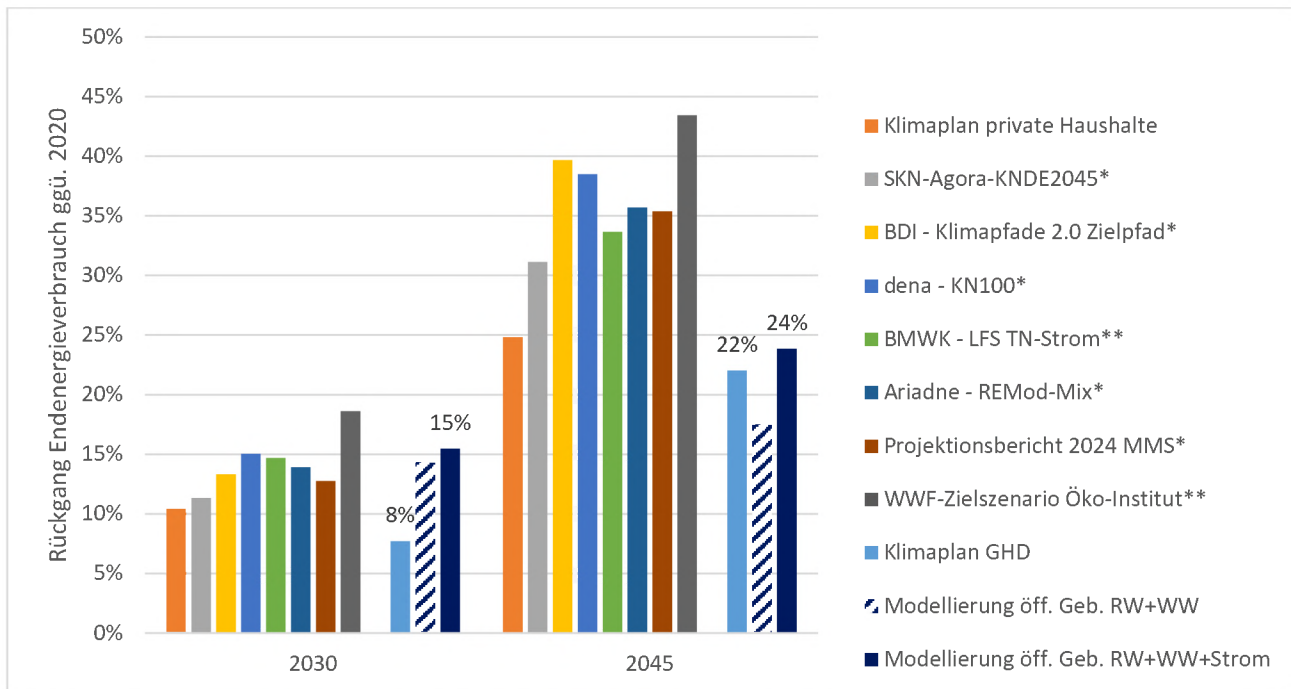
- **Effizienz als Versicherung:** Wer weniger Energie verbraucht, ist weniger verwundbar gegenüber Energiepreis-Schwankungen wie z.B. zu Zeiten der Gaskrise. Für die öffentlichen NWG spielt Fernwärme eine große Rolle. Fernwärmepreise sind aber z.T. hoch und drohen im Zuge der Dekarbonisierung ihrer Erzeugung mittelfristig anzusteigen. Für die öffentliche Hand lohnt sich daher die Reduktion ihres Energiebedarfs besonders.
- **Beitrag zur Dekarbonisierung des Gesamtsystems:** Wenn Strom und Fernwärme emissionsfrei sind, kann der Gebäudesektor in der Theorie auch mit einem hohen Energieverbrauch sein Klimaziel erreichen. Allerdings sind erneuerbare Energien kostbar. Z.B. sind Potenziale für Wind- und Solaranlagen sowie Großwärmepumpen begrenzt. Wenn Gebäude weniger Energie verbrauchen, entlasten sie somit auch den Sektor Energiewirtschaft.
- **Vorbildfunktion öffentlicher Stellen:** Die öffentliche Hand sollte vorangehen mit technischen Lösungen für ambitionierten Klimaschutz. Positive Praxis-Beispiele und die Vorbildfunktion können in die Gesellschaft hineinstrahlen. Ambitionierter Klimaschutz geht Hand in Hand mit hoher Effizienz.

Die Frage, wie viel Effizienz es im Gebäudesektor genau braucht, ist nicht eindeutig zu beantworten. Einen Hinweis bieten Klimaneutralitätsstudien, die das Gesamtsystem betrachten. In Abbildung 3-6



werden die Endenergieeinsparungen im Gebäudesektor verglichen mit dem Ergebnis der Modellierung für die öffentlichen NWG.

**Abbildung 3-6: Vergleich Modellierung mit Effizienz in Klimaneutralitäts-Szenarien**



Quellen: Ariadne (2022)<sup>19</sup>, Harthan et al. (2024)<sup>17</sup>, Braungardt et al. (2024)<sup>20</sup>, Hamburger Klimaplan (S.97)<sup>15</sup> und Modellierung Öko-Institut

Anmerkung: \* Gebäudesektor gesamt, \*\* nur Raumwärme und Warmwasser in privaten Haushalten, lineare Interpolation auf 2020 und 2045 bei abweichenden Stützjahren in den Szenarien, Endenergieverbrauch inkl. Umweltwärme Wärmepumpen, Szenario „EG70“

Ggü. 2020 sinkt der Endenergieverbrauch in der Fortschreibung des Mengengerüsts öffentlicher NWG bis 2030 um 15%, was ambitionierter ist, als der GHD-Sektor im Klimaplan und sich im oberen Mittelfeld der sonstigen Klimaneutralitätsstudien befindet. Im Jahr 2045 liegt der Effizienzgewinn ggü. 2020 in der Modellierung knapp über dem Klimaplan, aber unter den meisten anderen Szenarien. Für den Stromverbrauch der Anlagentechnik wird ein stärkerer Rückgang modelliert als für den Wärmeverbrauch.

Insgesamt ist der modellierte Effizienzpfad für die öffentlichen NWG im Einklang mit Klimaneutralitätsszenarien, v.a. aber dem Hamburger Klimaplan. Man kann allerdings auch argumentieren, dass die öffentliche Hand ihrer Vorbildfunktion stärker gerecht werden sollte.

### Effizienzpfad je Typgebäudecluster

Abbildung 3-7 zeigt den modellierten Endenergieverbrauch je Typgebäude-Cluster. Die in Tabelle 3-1 beschriebenen, in der Modellierung hinterlegten Zielwerte bei Sanierung sind je Typgebäude-Cluster ähnlich, ebenso die Verteilung über die Baujahre und damit die Möglichkeitsfenster für Sanierungen. In der Folge sind auch die Effizienzgewinne je Typgebäude-Cluster ähnlich. Bis 2030

<sup>19</sup> Ariadne (2022): Szenarien zur Klimaneutralität: Vergleich der „Big 5“-Studien.

<https://ariadneprojekt.de/news-de/big5-szenarienvergleich/>

<sup>20</sup> Braungardt, Bei der Wieden, Hesse, Kenkmann, Koch, Krieger (2023): Großbaustelle Gebäudesektor. Lokal und sozial die Wärmewende entfachen. <https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Klima/WWF-Studie-Waermewende.pdf>

erfolgt ein starker Rückgang getrieben durch die erste Stufe der MEPS im Jahr 2030, die Umsetzung gering-investiver Maßnahmen (z.B. Heizungsoptimierung, hydraulischer Abgleich, steuerbare Thermostate) und ebenso eine Häufung von erreichten Reinvestitionszyklen (siehe Abbildung 3-9). Nach der zweiten MEPS-Stufe im Jahr 2033 sind alle „worst-performing buildings“ saniert, weshalb der weitere Effizienzgewinn bis 2045 geringer ausfällt. Dazu kommt stetig neuer Energieverbrauch durch zusätzliche Neubauten.

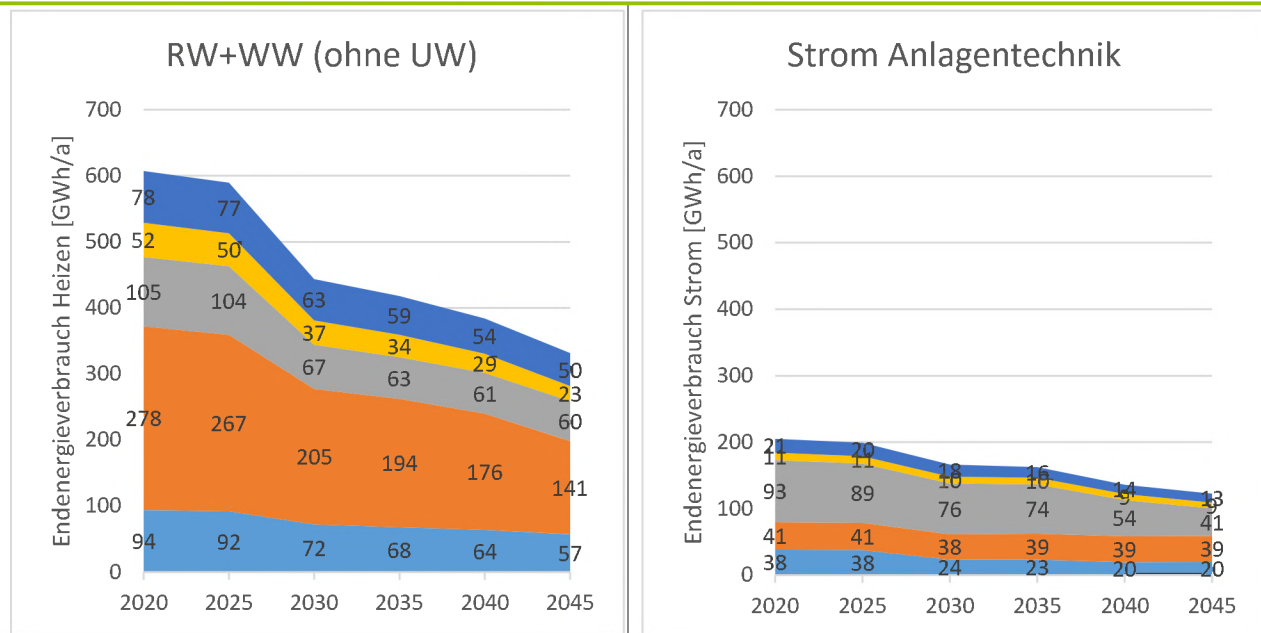
Abbildung 3-7 zeigt den Vergleich zwischen zwei Szenarien. Wenn eine Sanierung im Reinvestitionszyklus ansteht, wird der Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser im Szenario „EG70“ auf einen Zielwert abgesenkt, der in etwa dem Standard Effizienzgebäude-70 entspricht (siehe Tabelle 3-1). Im Szenario „EG55“ ist der Zielwert leicht geringer. Für die Effizienz der strombasierten Verbräuche (Anlagentechnik) werden in beiden Szenarien dieselben Effizienzen angenommen, weshalb sich der obere und untere Teil der rechten Hälfte von Abbildung 3-7 nicht unterscheiden. Aber auch der wärmebasierte Unterschied zwischen EG55 und EG70 ist nicht groß: Das Szenario „EG55“ hat im Jahr 2045 lediglich einen 2% geringeren Endenergieverbrauch im Vergleich zum Szenario „EG70“. Nur bezogen auf den Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser beträgt der Unterschied 4%, wenn dabei die Umweltwärme nicht mitgezählt wird. Zum einen, weil der in beiden Szenarien gleich hohe Strombedarf rausfällt und zum anderen, weil Wärmepumpen in einem Gebäude auf EG55-Niveau etwas effizienter laufen als in einem Gebäude auf EG70-Niveau.

Dass der Unterschied zwischen den Szenarien so gering ausfällt, lässt sich auf folgende Gründe zurückführen: Der Effizienzgewinn wird am stärksten von Ausgangsniveau im unsanierten Zustand bestimmt. Das ist je Szenario gleich. Die Zielniveaus sind beide sehr effizient. Der Unterschied, ob ein Gebäude von 200 kWh/m<sup>2</sup>a auf 50 („EG55“) oder 60 kWh/m<sup>2</sup>a („EG70“) saniert wird, ist nicht groß. Der bereits geringe Unterschied bei der Betrachtung eines Einzelgebäudes verringert sich bei der Skalierung auf den Gesamtbestand noch weiter. Denn die Anzahl der sanierten Gebäude ist begrenzt: Bei einer mittleren Sanierungsrate von 1,2 % pro Jahr werden von 2025 bis 2045 lediglich 22% der Gebäude aus 2020 saniert.

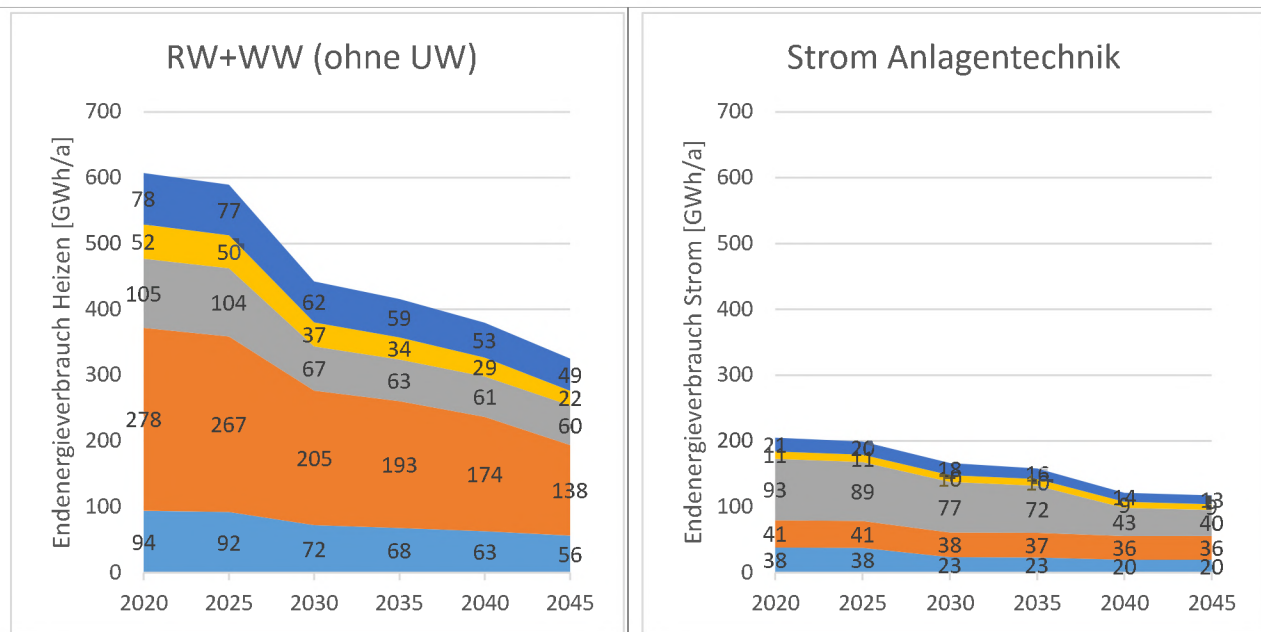
Wichtiger als das Zielniveau der sanierten Gebäude ist daher, dass mehr Gebäude überhaupt saniert werden. Der EG70-Standard ist ein ebenfalls energieeffizientes Niveau. Eine geringere Effizienz als EG70 ist hingegen nicht zu empfehlen. Siehe dazu die Diskussion in Kapitel 4.

**Abbildung 3-7: Modellierter Endenergieverbrauch Raumwärme und Warmwasser (links) und Strom Anlagentechnik (rechts)**

**Szenario „EG70“**



**Szenario „EG55“**



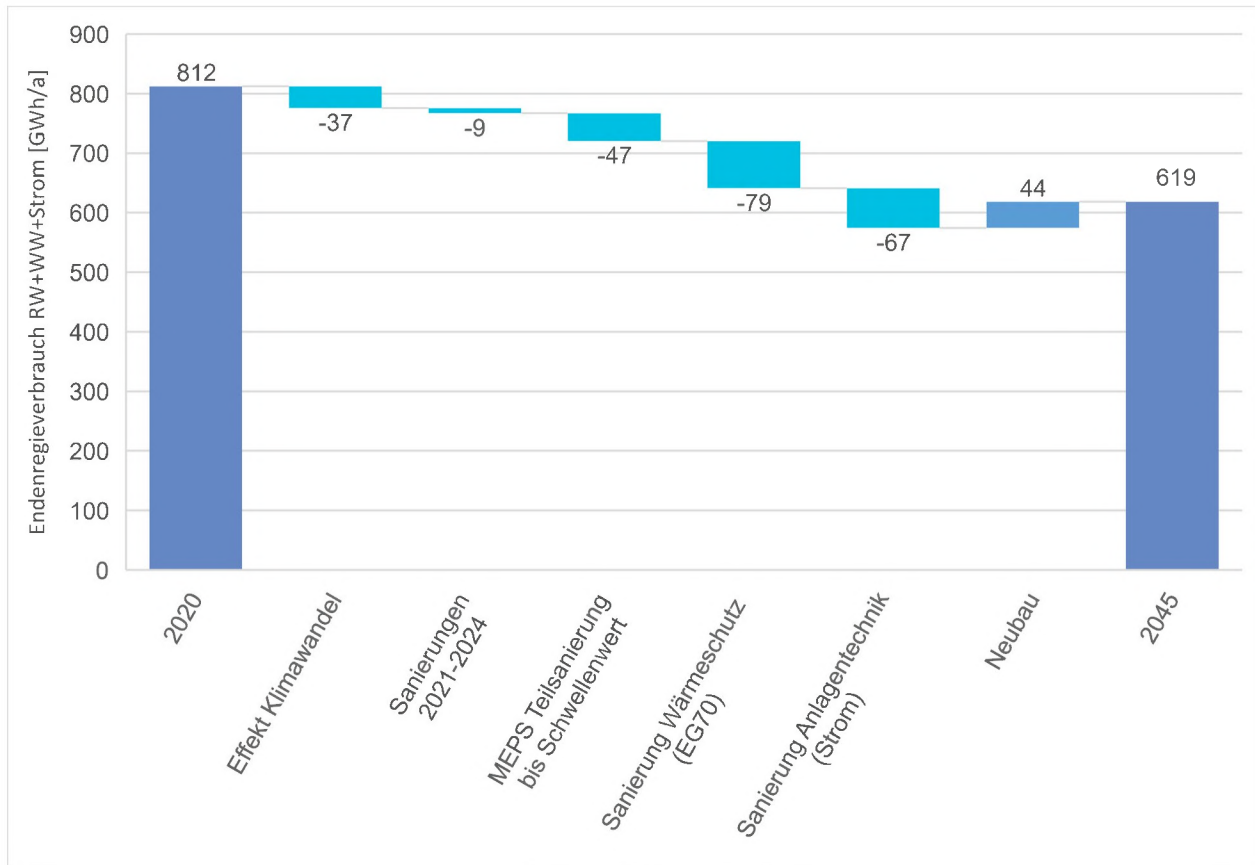
■ Büro- und Verwaltung ■ Schule ■ Hochschule ■ Sporthalle ■ Rest

Quelle: Modellierung Öko-Institut, RW = Raumwärme, WW = Warmwasser, ohne Umweltwärme bei Wärmepumpen

Die Dekompositionsanalyse in Abbildung 3-8 zeigt die Gründe für die Effizienzgewinne. Aufgrund des Klimawandels fallen im Jahr 2045 weniger Heizgradtage an als im Jahr 2020.<sup>17</sup> Von 2021 bis 2024 wird eine geringe Sanierungsaktivität angenommen. Durch MEPS wird sichergestellt, dass die

ineffizientesten Gebäude saniert werden. Die größten Einsparungen werden erzielt durch die Sanierung von Gebäuden im Reinvestitionszyklus: zum einen in Bezug auf Wärmeschutz (Dämmung auf EG70-Niveau), zum anderen durch Modernisierung der strombasierten Anwendungen und dem Einsatz von Low-Tech-Lösungen. Zusätzliche Neubauten ab 2025 lassen den Energiebedarf ansteigen.

**Abbildung 3-8: Dekompositionsanalyse Effizienzgewinn**



Quelle: Modellierung Öko-Institut, Szenario „EG70“

## Energieeffizienzgesetz

Das Energieeffizienzgesetz (EnEfG) definiert in §6 eine „Einsparverpflichtung öffentlicher Stellen“: Ab 2024 soll der Endenergieverbrauch um 2% pro Jahr gesenkt werden. Von dieser Vorgabe sind kommunale Stellen explizit ausgenommen (§3 Abs. 22). Die Verpflichtung gilt aber für Landesliegenschaften. Was diese Differenzierung für Hamburg als Stadtstaat bedeutet, muss außerhalb dieses Gutachtens geklärt werden. Hier wird von einer ambitionierten Auslegung ausgegangen, nach der alle öffentlichen Gebäude des Mengengerüsts unter §6 EnEfG fallen. Die Einsparverpflichtung gilt nicht nur für die gebäudebezogenen Verbräuche, sondern für alle (z.B. Fuhrpark, Prozesse).

Jedes Jahr ab 2024 2% Endenergieverbrauch (EEV) einzusparen bedeutet:

$$EEV_{2030} = EEV_{2024} \cdot (100\% - 2\%)^{2030-2024} = EEV_{2024} \cdot 85\%, \text{ d. h. Reduktion um } 15\%$$

$$EEV_{2045} = EEV_{2024} \cdot (100\% - 2\%)^{2045-2024} = EEV_{2024} \cdot 65\%, \text{ d. h. Reduktion um } 35\%$$

Ggü. 2024 erfolgt in der Fortschreibung des Mengengerüsts bis 2030 eine Reduktion des Endenergieverbrauchs für Raumwärme, Warmwasser und Strom (Anlagentechnik) ohne Umweltwärme um 21%. D.h. das Benchmark-Ziel des EnEfG wird erreicht. Dafür ist maßgeblich die konsequente Umsetzung der MEPS verantwortlich. Im Jahr 2045 sinkt der Verbrauch ggü. 2024 um 31%. Diese Reduktion liegt knapp unter dem Ziel des EnEfG. Daraus kann man folgende Schlüsse ziehen: Entweder muss die Sanierungsrate der öffentlichen Gebäude leicht erhöht werden, das Zielniveau der Sanierungen angehoben werden (z.B. auf EG55), es darf weniger zusätzlicher Neubau erfolgen oder die anderen Energieverbräuche öffentlicher Stellen müssen stärker sinken.

### 3.2.3 Sanierungsrate und Erfüllung von Artikel 6 der Energieeffizienz-Richtlinie

Die Sanierungsrate ist ein gängiges Maß für den Fortschritt der energetischen Sanierung eines Gebäudebestandes. Es gibt unterschiedliche Definitionen der Sanierungsrate. Grundlegend ist sie wie folgt zu verstehen: Eine Sanierungsrate von 1% pro Jahr bedeutet, dass der gesamte Bestand innerhalb von 100 Jahren einmal saniert wurde. Als Zielgröße zeichnen Klimaneutralitätsszenarien häufig eine Sanierungsrate von 2% pro Jahr.<sup>21</sup> Für Nichtwohngebäude lag die flächengewichtete Sanierungsrate zwischen 2010 und 2019 bei 0,7 % pro Jahr.<sup>9</sup>

#### Vorbildfunktion öffentlicher Gebäude und Mindestvorgaben nach Sanierung

Die EU-Effizienzrichtlinie (Energy Efficiency Directive; EED) definiert in Artikel 6 Anforderungen an die Sanierungsrate öffentlicher Gebäude<sup>22</sup>: Jährlich sollen 3% der Gesamtfläche saniert werden.

Als Vergleichsgröße dienen Gebäude mit mehr als 250 m<sup>2</sup> Gesamtnutzfläche im Eigentum öffentlicher Einrichtungen, die 2024 keine „Niedrigstenergiegebäude“ sind. Hinter diesem Begriff verbirgt sich eine Energieeffizienz. Die dazugehörige Definition in Folge der nationalen Umsetzung der Richtlinie steht noch aus (Stand Dezember 2024). Die Richtlinie räumt Mitgliedsstaaten einen gewissen Freiraum ein, zu definieren, welche öffentliche Gebäude unter die Verpflichtung fallen. In diesem Bericht überprüfen wir die Sanierungsrate für die öffentlichen Gebäude des Mengengerüsts. Mitgliedsstaaten können zudem Ausnahmen für denkmalgeschützte Gebäude definieren (Art. 6 Abs. 2a EED).

Anrechenbar auf die Sanierungsrate sind nur Sanierungen, die dem Standard „Niedrigstenergiegebäude“ oder „Nullemissionsgebäude“ entsprechen. Letzteres bedeutet zum einen, dass keine CO<sub>2</sub>-Emissionen vor Ort entstehen dürfen durch die Verfeuerung fossiler Brennstoffe. Zum anderen ist mit beiden die Einhaltung eines Effizienzstandards verknüpft. Was „Niedrigstenergiegebäude“ für Sanierungen bedeutet, muss Deutschland noch definieren. Neubauten sind als Niedrigstenergiegebäude definiert (§10 GEG), was bedeutet, dass:

- Der Jahres-Primärenergiebedarf maximal 55% des Referenzgebäudes (§15, 18 GEG) erreichen darf, was in der Effizienzhaus-Systematik EG55 entspricht und
- Der Transmissionswärmeverlust ( $H_{tr}$ ) maximal 100% des Referenzgebäudes erreicht – für Wohngebäude (§16 GEG). Für Nichtwohngebäude sind U-Werte einzuhalten (§19 GEG), die denen des Referenzgebäudes stark ähneln (Anlage 2 und 3 GEG). Insgesamt kann man

<sup>21</sup> S. 28 in Lübbers, Wunsch, Lovis, Wagner, Sensfuß, Luderer, Bartels (2022): Vergleich der „Big 5“ Klimaneutralitätsszenarien. [https://www.stiftung-klima.de/app/uploads/2022/03/2022-03-16-Big5\\_Szenarienvergleich\\_final.pdf](https://www.stiftung-klima.de/app/uploads/2022/03/2022-03-16-Big5_Szenarienvergleich_final.pdf)

<sup>22</sup> Siehe <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=OJ:L:2023:231:FULL>

sagen, dass bezüglich des baulichen Wärmeschutzes in der Effizienzgebäude-Systematik in etwa die Anforderung EG85 gilt ( $H_{T'}^{EG85} = 100\% \cdot H_{T'}^{\text{Referenzgebäude}}$ )

Ggf. kann für die Sanierung von Nichtwohngebäuden auch der Standard EG70 als „Niedrigstenergiegebäude“ gelten (70% Primärenergiebedarf, 85%  $H_{T'}$  bezogen auf das Referenzgebäude) oder losgelöst von der Effizienzgebäude-Systematik eine Kombination aus Anforderungen an Primärenergiebedarf und baulichen Wärmeschutz. Für denkmalgeschützte Gebäude können mildere Vorgaben definiert werden.

### Abgleich der Vorgaben mit dem Modellierungsergebnis

Abbildung 3-9 zeigt die Aktivitätsraten bei der Fortschreibung des Mengengerüsts: oben links die flächengewichtete jährliche Sanierungsrate und oben rechts die jährliche Heizungstauschrate, jeweils für die betrachteten Typgebäudecluster. In der Modellierung wird ab 2025 alle 25 Jahre die Heizung getauscht und alle 40 Jahre eine Vollsanierung durchgeführt. Für die Jahre 2025 bis 2030 ergeben sich für die zwei größten Typgebäudecluster der Schulgebäude bzw. der Büro- und Verwaltungsgebäude flächengewichtete Sanierungsraten von zwischen 1,3 und 1,4% pro Jahr. Im gleichen Zeitraum liegt die jährliche Heizungstauschrate für diese beiden Typgebäudecluster bei um die 3,7%. Bei Büro- und Verwaltungsgebäuden steigt die flächengewichtete Sanierungsrate für die Jahre 2031 bis 2035 aufgrund der Altersverteilung stark an auf gut 1,7% pro Jahr. Für Schulgebäude hingegen sinkt die Sanierungsrate im gleichen Zeitraum auf jährlich 1,0% ab. Die Heizungstauschrate sinkt 2031-2035 für beide Typgebäudecluster deutlich ab auf gut 2% (Schulgebäude) bzw. 1,75% (Büro- und Verwaltungsgebäude). Dies liegt vor allem an den in der Modellierung angesetzten Parametern für die Lebensdauer einer Heizanlage (25 Jahre). In der Praxis ist davon auszugehen, dass eine Heizanlage im Zuge einer vollständigen energetischen Sanierung ebenfalls erneuert wird. Der untere Teil von Abbildung 3-9 zeigt die Sanierungsrate als flächengewichtete Vollsanierungs-Äquivalente für den gesamten öffentlichen NWG-Bestand. Teilsanierungen (z.B. im Denkmalschutz oder bei MEPS) fließen hier nur zu einem geringeren Anteil ein als Vollsanierungen. In den Jahren 2025 bis 2030 machen die MEPS knapp ein Drittel der flächengewichteten Vollsanierungs-Äquivalente aus. 2031 bis 2035 verringert sich der Anteil der MEPS an der Sanierungsrate deutlich. Nach 2035 sinkt die Sanierungsrate etwas ab und bleibt bis 2045 vergleichsweise niedrig (siehe Abbildung 3-9, unten). Dies liegt daran, dass in diesem Zeitraum in der Modellierung lediglich die weniger starken Gebäude-Jahrgänge 1996 bis 2005 (40 Jahre) bzw. 1956 bis 1965 (zweimal 40 Jahre) im Reinvestitionszyklus saniert werden.

Ob die Vorgaben gemäß Artikel 6 der EU-Effizienzrichtlinie eingehalten werden können, hängt von der Auslegung der Anforderung ab, geordnet nach Strenge:

- Eine Sanierungsrate von 3% pro Jahr durch Vollsanierungen auf EG70-Niveau kann trotz zusätzlicher Sanierungen durch MEPS nicht erreicht werden (siehe Abbildung 3-9 links). Das bedeutet, dass der unterstellte, natürliche Reinvestitionszyklus von 40 Jahren stark reduziert werden müsste. Alternativ könnten die von MEPS betroffenen Gebäude direkt vollsaniert werden anstelle einer Teilsanierung, die den Energieverbrauch des Gebäudes „nur“ auf den Schwellenwert senkt.
- Wenn die denkmalgeschützten Gebäude aus der 3%-Zielvorgabe ausgenommen werden, rückt das Ziel in greifbarere Nähe: Im Mengengerüst beträgt der flächengewichtete Anteil der denkmalgeschützten Gebäude 28%. Verringert man behelfsmäßig die Sanierungsvorgabe von 3% pro Jahr um diese Gebäude auf  $3\% \text{ pro Jahr} \cdot (1 - 28\%)$ , ergibt sich eine

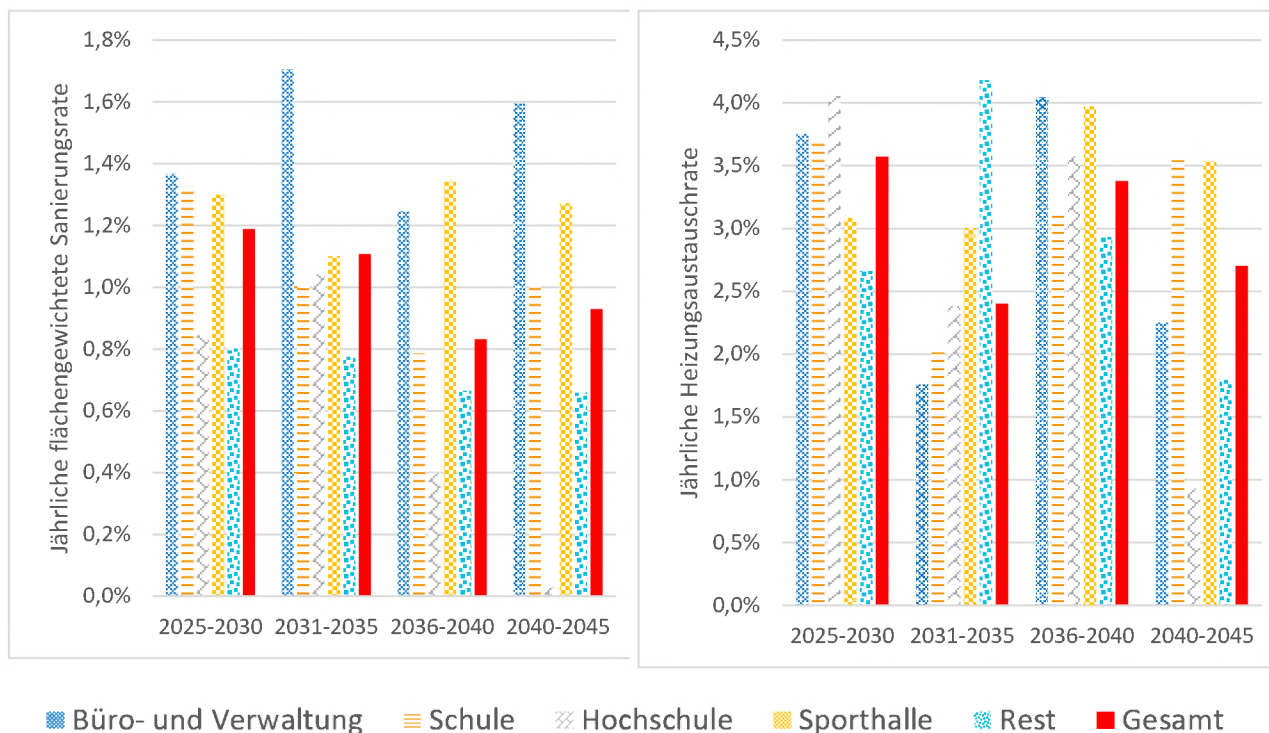


Sanierungsrate von 2,2% pro Jahr. Doch selbst diese provisorische „Nicht-Denkmalschutz-Sanierungsrate“ wird nicht erreicht.

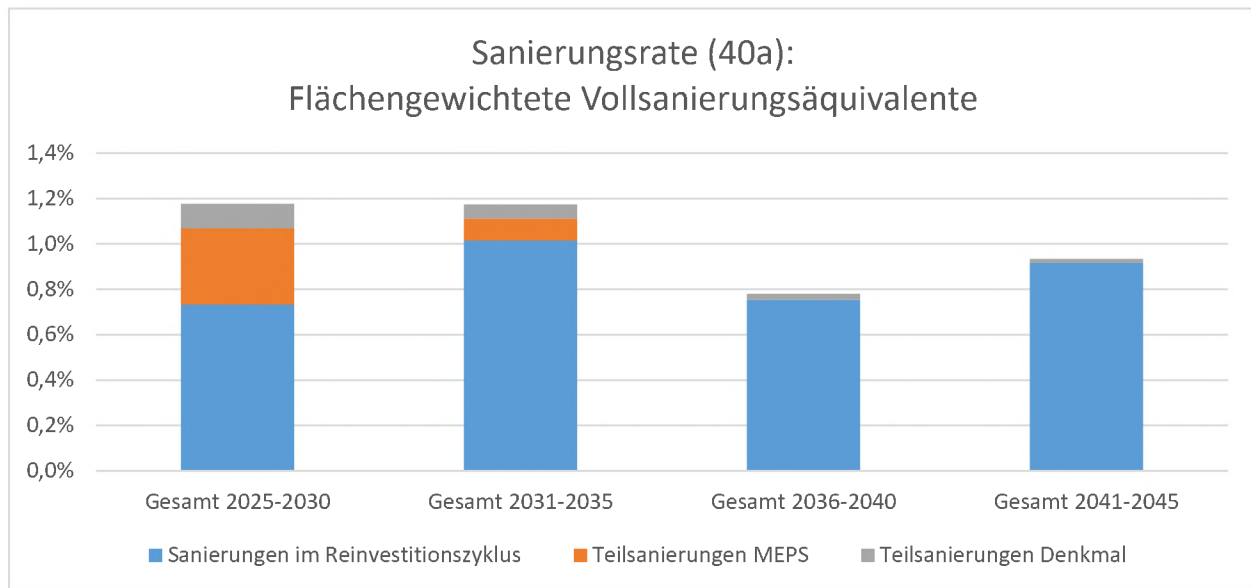
- Wird die 3%-Vorgabe nur darauf bezogen, Gebäude zu Nullemissionsgebäuden umzubauen, d.h. ihre Wärmeversorgung zu dekarbonisieren, kann das Ziel erreicht werden: Bei einer durchschnittlichen Lebensdauer von Gaskesseln von 25 Jahren, erwartet man eine jährliche Heizungs austauschrate von 100% durch 25 Jahre gleich 4% pro Jahr. Allerdings sind viele Gebäude bereits an die Fernwärme angeschlossen, von der in der Modellierung nicht weggewechselt wird. Nichtsdestotrotz stellt sich im Mittel eine Heizungs austauschrate von 3% pro Jahr ein.

Zudem ist noch offen, ob Deutschland sich für den „Alternativen Ansatz“ zur Erfüllung von Artikel 6 EED entscheidet. Ebenso ist zu prüfen, welche Freiheitsgrade damit für die FHH einher gehen.<sup>23</sup>

**Abbildung 3-9: Modellierte Sanierungsrate (links), Heizungs austauschrate (rechts) und Sanierungsrate nach Ursache der Sanierung (unten)**



<sup>23</sup> Siehe dazu die Guidance Note zur EED: EMPFEHLUNG (EU) 2024/1716 DER KOMMISSION vom 19. Juni 2024 mit Leitlinien für die Auslegung der Artikel 5, 6 und 7 der 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. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=OJ:L\\_202401716](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=OJ:L_202401716)



Quelle: Modellierung Öko-Institut, nach Nutzfläche gewichtete Raten, Bezugsjahr ist die Nutzfläche im Jahr 2020, Szenario „EG70“

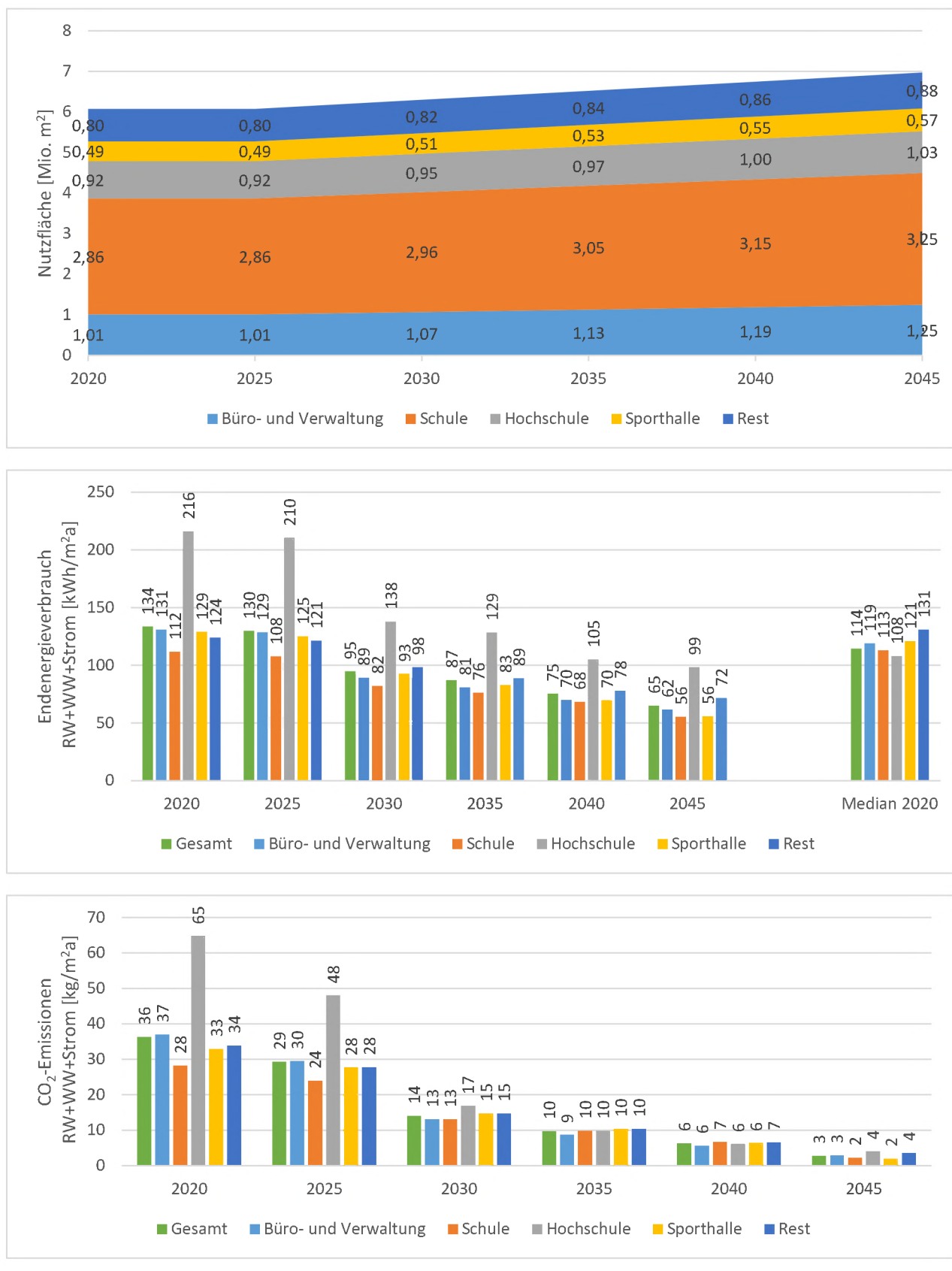
### 3.2.4 Flächenspezifische Zielpfade

Aus dem modellierten Endenergieverbrauch für Raumwärme, Warmwasser und sonstigem Strombedarf (Anlagentechnik) aus Abbildung 3-4 und der Nutzfläche aus dem obersten Teil von Abbildung 3-10 lassen sich Zielpfade für den flächenspezifischen Endenergieverbrauch berechnen (Abbildung 3-10 Mitte). Abbildung 3-10 zeigt die Ergebnisse für das Szenario EG70. Es werden Mittelwerte gezeigt, die „Ausreißern“ im Mengengerüst eine größere Bedeutung beimessen – was v.a. bei den Hochschulen zum Tragen kommt. Der Endenergieverbrauch beinhaltet keine Umweltwärme bei Wärmepumpen.

Analog dazu ergeben die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Abbildung 3-2 und die Flächen je Typgebäude-Cluster die flächenspezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen in Abbildung 3-10 (unten).



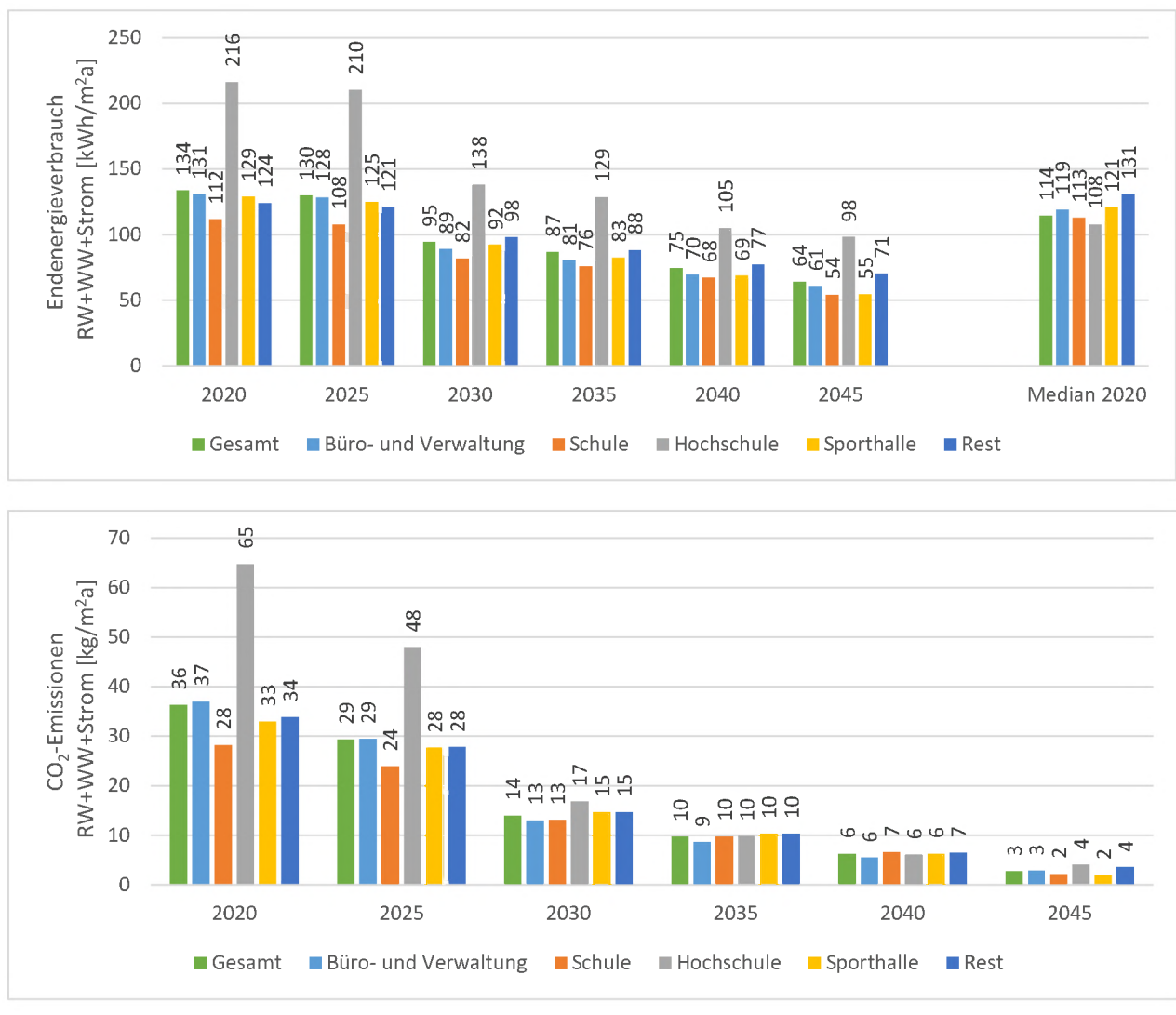
**Abbildung 3-10: Nutzfläche (oben) und flächenspezifische Zielwerte als Mittelwerte für Endenergieverbrauch (Mitte) und CO<sub>2</sub>-Emissionen (unten), Szenario EG70**



Quelle: Modellierung Öko-Institut, ohne Gebäude kleiner 250m², ohne Umweltwärme bei Wärmepumpen, Szenario „EG70“

Analog zum Szenario EG70 in Abbildung 3-10 zeigt Abbildung 3-11 die Ergebnisse für das Szenario EG55. Die Nutzflächenentwicklung ist die gleiche wie im Szenario EG70. Beim Endenergieverbrauch und den CO<sub>2</sub>-Emissionen gibt es leichte Abweichungen im Szenario EG55 gegenüber Szenario EG70: so fällt der EEV für alle öffentlichen NWG für Raumwärme, Warmwasser und die Anlagentechnik nicht auf 65 kWh/(m<sup>2</sup>a) im Jahr 2045 wie in Szenario EG70, sondern auf 64 kWh/(m<sup>2</sup>a). Der Unterschied ist also sehr gering. Bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen liegt dieser Unterschied sogar im Nachkommastellenbereich: in beiden Szenarien werden im Jahr 2045 noch (gerundet) 3 kg CO<sub>2</sub>/(m<sup>2</sup>a) verursacht.

**Abbildung 3-11: Flächenspezifische Zielwerte als Mittelwerte für Endenergieverbrauch (oben) und CO<sub>2</sub>-Emissionen (unten), Szenario EG55**

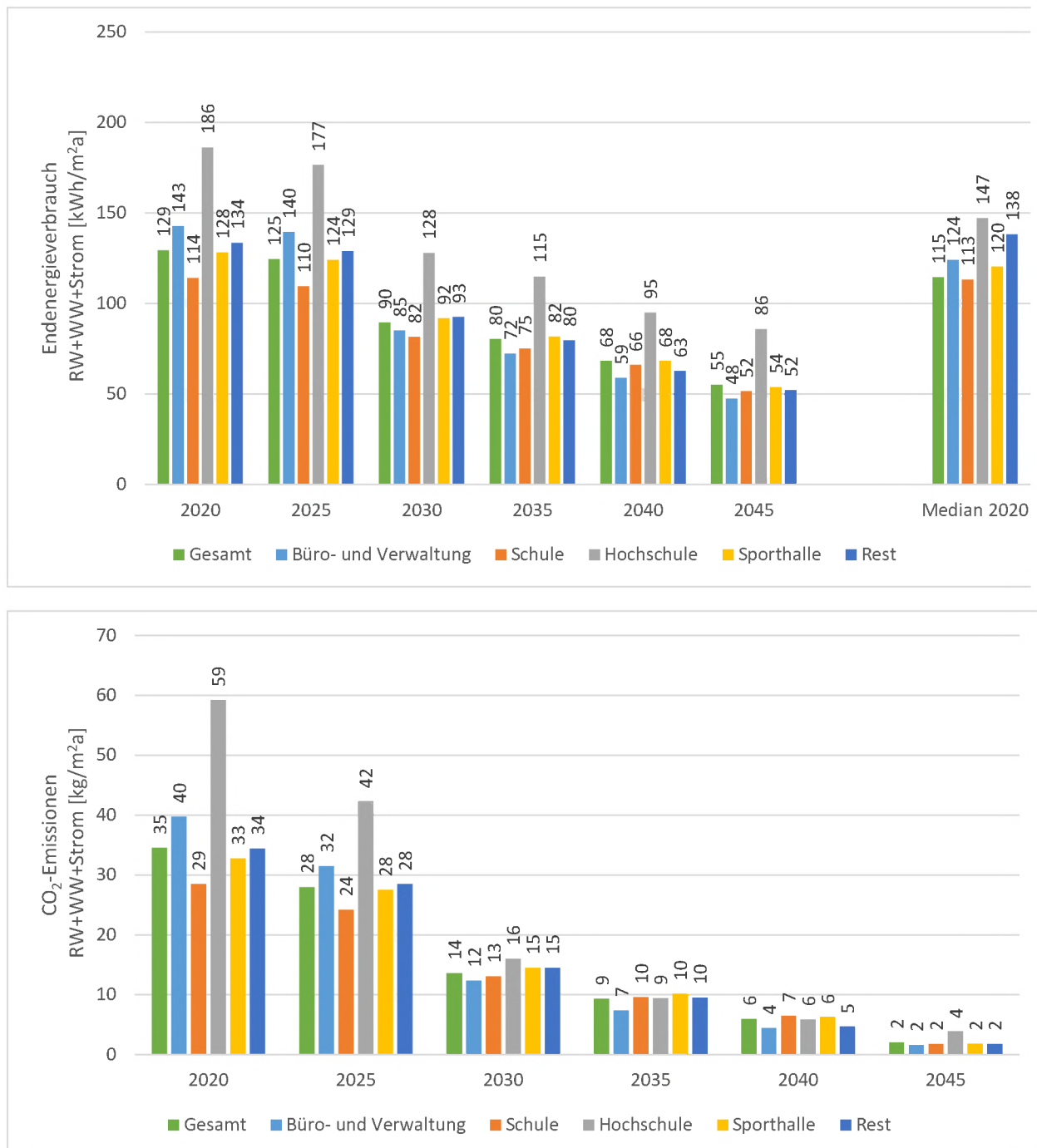


Quelle: Modellierung Öko-Institut, ohne Gebäude kleiner 250m<sup>2</sup>, ohne Umweltwärme bei Wärmepumpen, Szenario „EG55“

Abbildung 3-12 zeigt den flächenspezifischen Endenergieverbrauch für Raumwärme, Warmwasser und Anlagentechnik (oben) bzw. die flächenspezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen (unten) für den Zielpfad im Szenario „EG70“ der nicht-denkmalgeschützten öffentlichen NWG. Im Ausgangszustand unterschieden sie die nicht-denkmalgeschützten NWG nur geringfügig von den NWG mit Denkmalschutz bzw. vom Gesamtbestand. Für den Zielzustand im Jahr 2045 ist allerdings erkennbar, dass die flächenspezifischen Endenergieverbräuche unter den des Gesamtbestands

liegen. Gleiches gilt für die Zielpfad-Werte der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Dies liegt vor allem daran, dass es bei nicht-denkmalgeschützten NWG weniger Restriktionen bei der energetischen Sanierung gibt und die MEPS für NWG vollumfänglich umgesetzt werden.

**Abbildung 3-12: Endenergieverbrauchs- (oben) und CO<sub>2</sub>-Emissions-Zielwerte (unten) für nicht-denkmalgeschützte Gebäude aus der Modellierung**



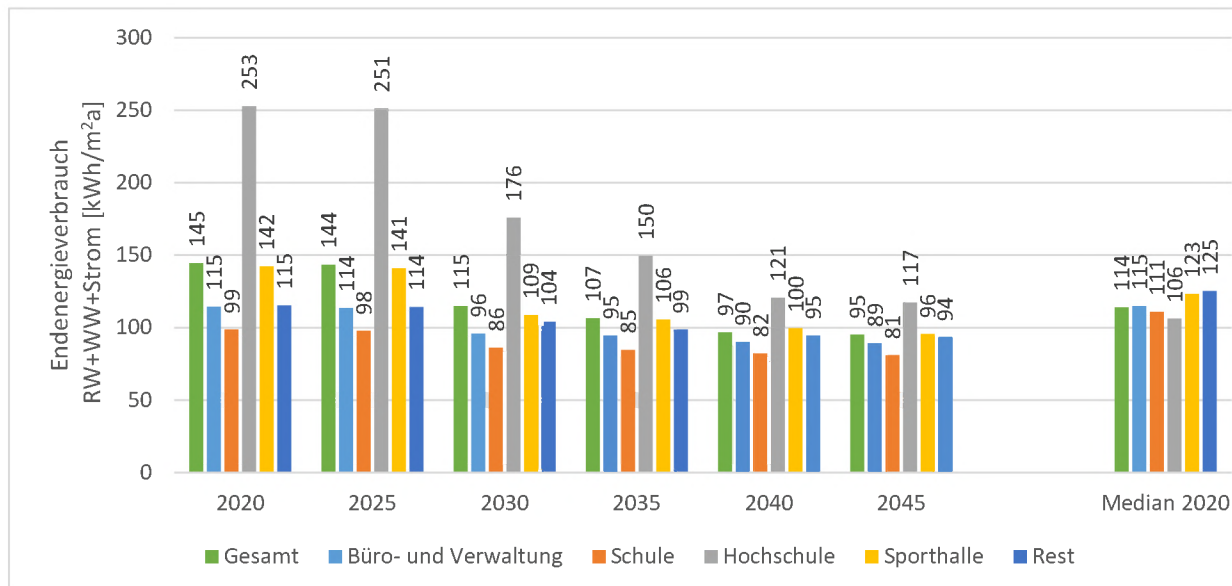
Quelle: Modellierung Öko-Institut, ohne Gebäude kleiner 250m<sup>2</sup>, ohne Umweltwärme bei Wärmepumpen, Szenario „EG70“

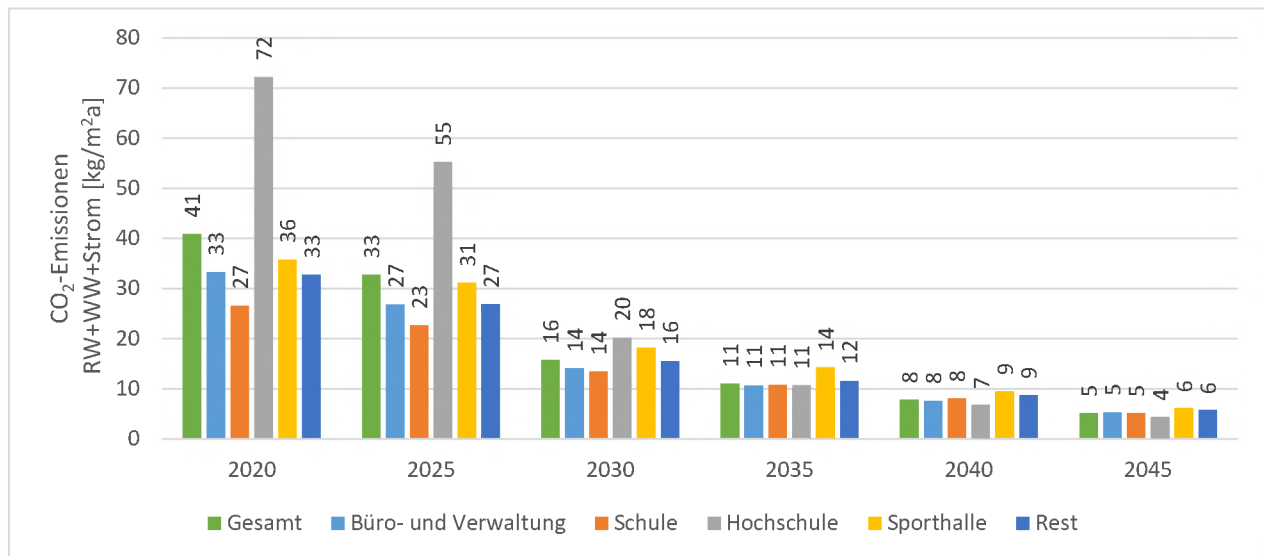
Analog dazu zeigt Abbildung 3-13 die Zielwerte für denkmalgeschützte Gebäude aus der Modellierung. Die Zielwerte für Denkmalschutz sind oberhalb derer für den Gesamtbestand, was daran liegt, dass nur eine Teilsanierung angenommen wird und die denkmalgeschützten Gebäude

von MEPS ausgenommen sind. Es ist anzumerken, dass die denkmalgeschützten Gebäude im Ausgangszustand in ihrer Effizienz dem Gesamtbestand in nichts nachstehen (siehe Median 2020 in Abbildung 3-10 und Abbildung 3-13).

Durch den Ansatz, dass saniert wird, wenn das aktuelle Jahr einem Vielfachen von 40 Jahren addiert zum Baujahr entspricht, wird eine Sanierungsdynamik erzeugt. Je kleiner die Stichprobe wird, in diesem Fall nur die denkmalgeschützten Gebäude je Typgebäudecluster, desto unwahrscheinlicher ist es, dass dieser Ansatz der Realität entspricht. Außerdem ist die Annahme des Zielniveaus bei einer Sanierung im Denkmal grob. In der Realität ist man bei Sanierungen im Denkmal mit jeweils individuellen Herausforderungen konfrontiert und die Sanierungsfähigkeit in der Modellierung kann eine Unter- oder Überschätzung sein. Während die Ableitung von Zielwerten für den Gesamtbestand essenziell ist für ein zielführendes Monitoring, erscheint es sinnvoller, dass denkmalgeschützte Gebäude unabhängig von einem Zielpfad individuell nach dem „Bestmöglich-Prinzip“ saniert werden.

**Abbildung 3-13: Endenergieverbrauchs- (oben) und CO<sub>2</sub>-Emissions-Zielwerte (unten) für denkmalgeschützte Gebäude aus der Modellierung**





Quelle: Modellierung Öko-Institut, ohne Gebäude kleiner 250m<sup>2</sup>, ohne Umweltwärme bei Wärmepumpen, Szenario „EG70“

### 3.3 Erkenntnisse aus dem modellierten Zielpfad für die Inhalte der RVO

Die Fortschreibung des Mengengerüsts öffentlicher NWG in diesem Gutachten liefert Grund zur Hoffnung. Die Modellierung basiert darauf, dass Dämmarbeiten, Heizungstausche und eine Modernisierung der strombasierten Anlagentechnik innerhalb von natürlichen Reinvestitionszyklen erfolgt. Mit diesem Ansatz gelangt man auf einen Zielpfad. D.h. dass die Ziele für die öffentlichen NWG ohne Disruptionen noch erreichbar sind, auch das Klimaziel für 2030.

Damit der modellierte Zielpfad in die Realität umgesetzt werden kann, sind allerdings große Anstrengungen seitens der öffentlichen Hand notwendig. Es ist wichtig, dass die folgenden Erkenntnisse berücksichtigt werden. Sie könnten ebenfalls Teil der Regulierungsverordnung (RVO) für öffentliche Gebäude sein.

#### Rechtzeitiger Austausch von fossilen Kesseln

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen der öffentlichen NWG werden zum einen durch die Emissionsfaktoren von Strom und Fernwärme bedingt, auf die Gebäudenutzer keinen Einfluss haben. Zum anderen ist der Anteil der Gaskessel entscheidend. In der Modellierung werden Gaskessel nach 25 Jahren Lebensdauer getauscht. In der Realität können die Geräte mit Reparaturen auch länger halten: Rund ein Viertel der Heizungen in Wohnungen ist älter als 25 Jahre.<sup>24</sup> Damit der CO<sub>2</sub>-Zielpfad eingehalten werden kann, ist es notwendig, dass Gaskessel möglichst frühzeitig getauscht werden. Dass keine neuen fossilen Wärmeerzeuger mehr installiert werden dürfen, versteht sich von selbst.

Die Definition der 3%-Vorgabe nach Artikel 6 der EU-Effizienzrichtlinie steht noch aus. Am einfachsten ist die Sanierungsrate zu erreichen, wenn bereits der Heizungstausch bei Einhaltung einer Mindesteffizienz des Gebäudes angerechnet werden kann. Auch damit eine

<sup>24</sup> Vgl. S.29 in

[https://www.bdew.de/media/documents/BDEW\\_Heizungsmarkt\\_2023\\_Langfassung\\_final\\_28.11.2023\\_korrigiert.pdf](https://www.bdew.de/media/documents/BDEW_Heizungsmarkt_2023_Langfassung_final_28.11.2023_korrigiert.pdf) Vgl. S.29 in BDEW (2023): „Wie heizt Deutschland?“. [https://www.bdew.de/media/documents/BDEW\\_Heizungsmarkt\\_2023\\_Langfassung\\_final\\_28.11.2023\\_korrigiert.pdf](https://www.bdew.de/media/documents/BDEW_Heizungsmarkt_2023_Langfassung_final_28.11.2023_korrigiert.pdf)

Heizungsaustauschrate von 3% pro Jahr erreicht werden kann, müssen fossile Kessel rechtzeitig getauscht werden.

- Empfehlung: Die Regulierungsverordnung könnte ein Maximalalter für fossile Kessel festschreiben.

### **Gering-investive Maßnahmen**

Um das Klimaziel 2030 zu erreichen, muss die öffentliche Hand in den kommenden fünf Jahren ambitioniert voran gehen. Nichtsdestotrotz kann es schwierig werden, genügend NWG zu modernisieren, um die notwendigen, modellierten Emissionseinsparungen zu generieren. Auch NWG, die nicht modernisiert werden, können zu Emissionsminderungen beitragen, in dem gering-investive Maßnahmen durchgeführt werden. Dazu zählen z.B. Heizungsoptimierung, ein hydraulischer Abgleich, regelbare Thermostate oder Energiemanagement-Systeme. Diese „low hanging fruit“ sind zudem ein Türöffner für einen Heizungstausch und amortisieren sich schnell. Anders ausgedrückt: In der Modellierung kann das Klimaziel 2030 nur erreicht werden, indem gering-investive Maßnahmen angenommen werden. In mit Gas und Fernwärme beheizten Gebäuden mit einem Wärmeverbrauch über 140 kWh/m<sup>2</sup>a werden pauschal 10% Energieminderung angesetzt. Das bedeutet, dass ein Roll-Out gering-investiver Maßnahmen in öffentlichen Gebäuden notwendig ist, um damit das Ziel 2030 erreicht werden kann.

- Empfehlung: Die Regulierungsverordnung sollte auf den Anstrengungen zum Energiesparen während der Gaskrise aufsetzen und gering-investive Maßnahmen vorschreiben. Etwaige Vorgaben sollten auch für mit Fernwärme beheizte Gebäude gelten, da deren Emissionen nach Logik des HmbKliSchG den öffentlichen NWG zugewiesen werden.

### **Biomasse nur als Joker**

Biomasse ist nicht emissionsfrei. Zum einen werden bei der Verbrennung CO<sub>2</sub>-Emissionen freigesetzt. Diese wurden zwar vorher aus der Atmosphäre gezogen, aber jede Tonne CO<sub>2</sub> zählt für die Erreichung der Klimaziele. Zum anderen wären die Bäume weitergewachsen, d.h. das Fällen reduziert die Senkenleistung der Wälder.<sup>25</sup> Daher sollte Biomasse für stoffliche Nutzung priorisiert werden, wie es auch die EU-Richtlinie zu erneuerbaren Energien (RED III) vorsieht.

- Empfehlung Kaskadenmodell: Biomasse sollte zur Wärmeerzeugung nur da eingesetzt werden, wo es nicht anders geht, d.h. kein Wärmenetz oder ein effizienter Einsatz von Wärmepumpen möglich ist. Eine entsprechende Vorgabe könnte Teil der Regulierungsverordnung sein.

### **Senkung des Stromverbrauchs**

Technische Maßnahmen zur Senkung des Stromverbrauchs sind oft sehr wirtschaftlich (z.B. Einbau LEDs). Insbesondere für die Erreichung des Klimaziels 2030 ist es wichtig, dass der emissionsbehaftete, hohe Stromverbrauch gesenkt wird. In der Modellierung wird angenommen, dass alle 25 Jahre die Anlagentechnik modernisiert wird. Zudem werden ambitionierte Zielwerte für die Effizienz der Stromanwendungen angenommen. Moderne Gebäude sind oft stark technisiert und automatisiert. Bei der richtigen Einstellung der Systeme kann dadurch Energie eingespart werden. Bleibt dies aus, führt ein mehr an Automatisierung nicht zwangsläufig zu Einsparungen. Zusätzliche

<sup>25</sup> Siehe [https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Biomasse-und-Klimaschutz\\_BMWK.pdf](https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Biomasse-und-Klimaschutz_BMWK.pdf) Siehe Hennenberg und Böttcher (2023): Biomasse und Klimaschutz. [https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Biomasse-und-Klimaschutz\\_BMWK.pdf](https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Biomasse-und-Klimaschutz_BMWK.pdf)

Automatisierung bedeutet zusätzliche Wartungskosten und Stromverbräuche. Oftmals sind „Low-Tech“-Lösungen konkurrenzfähig.

- Empfehlung: Effiziente Stromanwendungen sind ein Türöffner in das Thema Energieeinsparung. Die Regulierungsverordnung kann dazu gesonderte Vorgaben enthalten.



## 4 Ermittlung der Zielvorgaben auf Gebäudeebene

Es gibt folgende Parameter, die die Versorgung von Gebäuden mit Energie beschreiben und als Zielwert dienen können:

- Kennwerte der Effizienz von Wärmeschutz und Anlagentechnik (U-Werte je Bauteil, Kesseleffizienz/Jahresarbeitszahl)
- Nutzenergie für Heizen, Warmwasser und Stromanwendungen
- Endenergie: Nutzenenergie plus Umwandlungs- und Verteilungsverluste
- Primärenergie: Berücksichtigung der energetischen Vorketten je Energieträger durch Primärenergiefaktoren zur Endenergie
- CO<sub>2</sub>-Emissionen: Berücksichtigung von CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren je Energieträger zur Endenergie

Außerdem wird bei der energetischen Bewertung von Gebäuden zwischen berechnetem Bedarf und gemessenem Verbrauch unterschieden. Zum Teil weichen beide Werte für dasselbe Gebäude stark voneinander ab, z.B. bei schlechter Effizienz bei Wohngebäuden.<sup>26</sup> Für Nichtwohngebäude ist ein ähnlicher Zusammenhang zu vermuten. Hinzu kommt, dass für eine Bedarfsberechnung eine Nutzungsart und -intensität angenommen wird (z.B. Bürostunden pro Tag und Raumtemperatur). Diese Annahmen können beträchtlich von der tatsächlichen Nutzung abweichen. Dies gilt insbesondere für die strombasierte Anlagentechnik in Nichtwohngebäuden. Außerdem zielt die Klimaschutzgesetzgebung auf tatsächliche Emissionen ab. Daher plädieren wir für die Verwendung von Energieverbrauch anstelle von Energiebedarf als Zielgröße.<sup>27</sup>

Ein kontinuierliches Monitoring lässt sich am einfachsten über die Energierechnungen der öffentlichen Gebäude aufbauen, so wie es auch bei der Erstellung des Mengengerüsts in Kapitel 2 geschehen ist. Daher empfiehlt sich die Verwendung des abgerechneten Endenergieverbrauchs je Energieträger als Zielparameter.

Entsprechend empfehlen wir folgende Zielwerte:

- Flächenspezifischen Endenergieverbrauch<sup>28</sup> Wärme und Strom in kWh/(m<sup>2</sup>a)
- Flächenspezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen in kg<sub>CO2</sub>/(m<sup>2</sup>a)

### 4.1 Ableitung von Zielwerten aus Literaturvergleich

In diesem Unterkapitel werden Zielwerte für Wärme (Heizen und Warmwasser) und für den Stromverbrauch der Anlagentechnik abgeleitet. Wie im letzten Unterkapitel beschrieben, ist der

<sup>26</sup> S.76f in Loga, Stein, Diefenbach, Born (2015): Deutsche Wohngebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden.

[https://www.episcope.eu/downloads/public/docs/brochure/DE\\_TABULA\\_TypologyBrochure\\_IWU.pdf](https://www.episcope.eu/downloads/public/docs/brochure/DE_TABULA_TypologyBrochure_IWU.pdf)

<sup>27</sup> Zur Wahl des richtigen Zielkennwerts für Nichtwohngebäude, siehe auch die Diskussion in Kapitel 2.1 in dena (2023): Zielparameter für klimaneutrale Nichtwohngebäude im Bestand.

[https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2023/STUDIE\\_Fit\\_fuer\\_2045\\_Zielparameter\\_fuer\\_Nichtwohngebäude\\_im\\_Bestand.pdf](https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2023/STUDIE_Fit_fuer_2045_Zielparameter_fuer_Nichtwohngebäude_im_Bestand.pdf)

<sup>28</sup> ohne Umweltwärme, d.h. nur Stromverbrauch bei Wärmepumpen analog zur Systematik von GEG, EED und EPBD.

Endenergieverbrauch (d.h. wie er in der Energierechnung dargestellt wird) auch als Zielgröße für die Sanierung der einzelnen Typgebäudecluster anzusetzen. Hierdurch sollte das zukünftige Monitoring des tatsächlich realisierten Endenergieverbrauchs für Wärme und Strom mit vertretbarem Aufwand zu leisten sein (vgl. dazu auch die Hinweise zum Monitoring in Kapitel 2).

EG-Standard Vergleich mit Referenzgebäude. Dessen Ausführung im GEG. Analoge Nutzungsparameter. EG55 bei unterschiedlichen Nutzungen auch innerhalb der Portfolien unterschiedliche absolute Energieverbräuche. Trotzdem Ableitung von absoluten Zielwerten als zusätzliche Orientierungshilfe

In unterschiedlichen Datenquellen bzw. der Literatur werden diverse Zielwerte für NWG erhoben bzw. vorgeschlagen. Hier ein Überblick dazu:

- Mengengerüst FHH: die vorliegende Auswertung.  
→ Zielwert sollte unter Median liegen (Durchschnitt heute) und soll sich an den heute besten 25% orientieren
- Energieverbrauchsausweise: Hier wird mit Teilenergiekennwerten (TEKs) gearbeitet. In der Bekanntmachung des Bundesanzeigers<sup>29</sup> wird TEK Heizung beschrieben als „Altbau [mit einer] guten Energieaufwandsklasse“. TEK für 5000 m<sup>2</sup> große Gebäude weisen wegen größerer Kompaktheit (A/V-Verhältnis) einen geringeren flächenspezifischen Energieverbrauch auf; werden die Median-Flächen je Typgebäudecluster der FHH als Input in die Berechnungsformel eingegeben, ergeben sich sehr hohe TEKs. Starke Abweichung TEK stellen auch dena (2023, Kap. 2.4 und Tab 0-9) fest. Fazit: Ableitung der TEK nicht auf repräsentativer Datenbasis und eher zu hoch.  
→ Zielwert sollte unter TEK Median der FHH öffentlichen NWG liegen.
- IWU (2022)<sup>30</sup>: Energieaufwandsklasse gering: EAK erklären. Die Energieaufwandsklasse "gering" der TEK-Systematik entspricht der Effizienz des Referenzgebäudes (EnEV2009=GEG2023). Das bedeutet "EH100".  
→ Zielwert sollte EAK gering unterschreiten.
- Dena (2023)<sup>31</sup>: Zielparameter-Studie. Gleiche Aufgabe wie im vorliegenden Bericht: Ableitung von Zielwerten für NWG-Nutzungsklassen aus Klimaschutz-Zielszenarien. D.h. Best-Case-Entwicklung des NWG-Bestands. Die Zielparameter für 2045 sind ambitioniert, für 2030 weniger ambitioniert. Außerdem Validierung der Zielparameter durch Energiebedarfsberechnung für Sanierung mit U-Werten aus Anlage 7 (entspricht circa EG85) und für EG55. Werte werden für Nutzwärmebedarf Wärme angegeben. Endenergieverbrauch Wärme leicht höher, weil Verluste Wärmeverteilsystem und Kesselwirkungsgrad, pauschal zu 10% angenommen  
→ Zielwert sollte sich an Zielparametern orientieren: unter dem 2030er Zielwert bzw. der GEG-Sanierung (Anlage 7) der dena Studie, und über dem 2045-Zielwert der dena Studie

<sup>29</sup> Siehe <https://www.bundesanzeiger.de/pub/publication/GZb2vIJQJe1XCpSyM6h?0>

<sup>30</sup> Siehe [https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2022/bbsr-online-31-2022-dl.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2022/bbsr-online-31-2022-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=4)

<sup>31</sup> Siehe [https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2023/STUDIE\\_Fit\\_fuer\\_2045\\_Zielparameter\\_fuer\\_Nichtwohngebaeude\\_im\\_Bestand.pdf](https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2023/STUDIE_Fit_fuer_2045_Zielparameter_fuer_Nichtwohngebaeude_im_Bestand.pdf)

- IWU (2022)<sup>32</sup>: ENOB:dataNWG: Repräsentative Erhebung der energetischen Qualität des NWG-Bestands inkl. Energiebedarfsberechnung. Nutzwärmebedarf Heizen, Umrechnung in Endenergieverbrauch (10% Verluste), dazu TEK Warmwasser. Werte für modernere Gebäude, einmal Baujahr 1978-2009 z.T. saniert und Neubauten ab Baujahr 2010. Hier galt EG70 als Neubaumindeststandard.  
→ Zielwert sollte Baujahr 1978-2009 unterschreiten und sich an Neubau ab 2010 orientieren

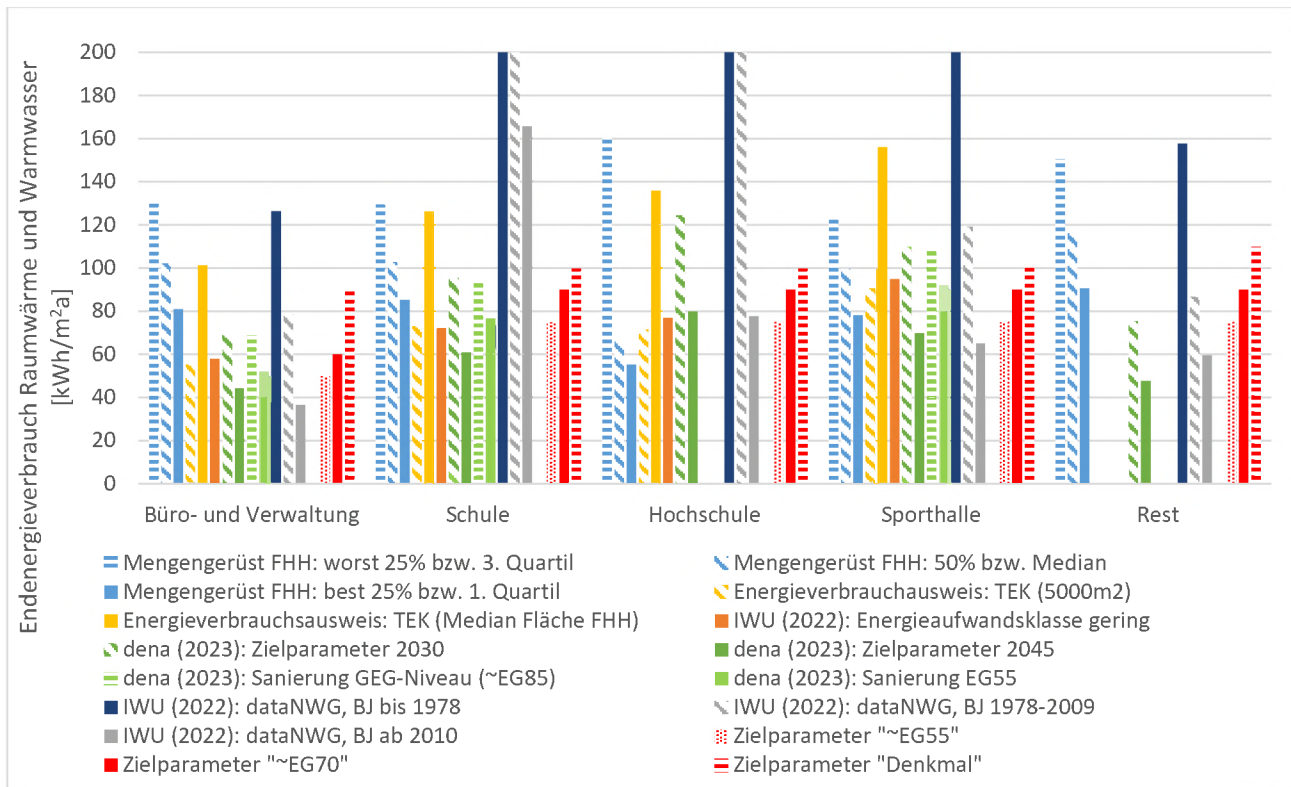
Abbildung 4-1 stellt die unterschiedlichen Werte der Datenquellen und Studien sowie die empfohlenen Zielwerte für den Endenergieverbrauch Wärme, d.h. Heizung und Warmwasser, dar. Wie in der Grafik ersichtlich gibt es gewisse Unterschiede in den ermittelten Endenergieverbrauchswerten, nicht nur mit Blick auf die unterschiedlichen Nutzungscluster, sondern auch innerhalb eines jeden Nutzungsclusters. Dies mag z.T. an leicht abweichenden Definitionen der hier verglichenen Nutzungsklassen liegen<sup>33</sup>. Angesichts dieser Streuung sind die empfohlenen Zielwerte grob gerundet, um keine Scheingenauigkeit zu suggerieren. Die Zielwerte basieren zudem auf den Berechnungen mittels eines bauphysikalischen Gebäudemodells, in welchem die für den jeweiligen energetischen Standard zugrundeliegenden U-Werte für die verschiedenen Hüllflächenbauteile als Grundlage dienen, um den Endenergiebedarf und schlussendlich den Endenergieverbrauch zu ermitteln. Aus diesen Berechnungen in Kombination mit den z.T. stark streuenden Literaturwerten sowie dem Wissen, dass jedes Gebäude individuell beurteilt werden muss und somit eine Scheingenauigkeit wenig zielführend ist, wurden die empfohlenen Zielwerte je Gebäudecluster grob abgeleitet. Mit dem empfohlenen EG70-Standard liegen wir eher am oberen Rand der Verbrauchswerte. Der EG70-Standard ermöglicht eine wirtschaftliche Realisierung der Sanierungsmaßnahmen (siehe dazu auch das Thema Förderung weiter unten), und stellt gleichzeitig sicher, dass die nötigen ambitionierten Energieeffizienzstandards auch umgesetzt werden können, die für die Einhaltung des Zielpfads nötig sind.

---

<sup>32</sup> Siehe <https://github.com/IWUGERMANY/Nichtwohngebaeude-Typologie-Deutschland>

<sup>33</sup> „Schule“ gemäß der Typgebäudecluster-Definition der FHH wird verglichen mit „Schule, Kindertagesstätte und sonstiges Betreuungsgebäude“ nach IWU. Außerdem beinhaltet der Typgebäudecluster „Rest“ der öffentlichen Gebäude andere Nutzungen als der Durchschnittswert aller Nichtwohngebäude nach IWU, der als Vergleichswert dient.

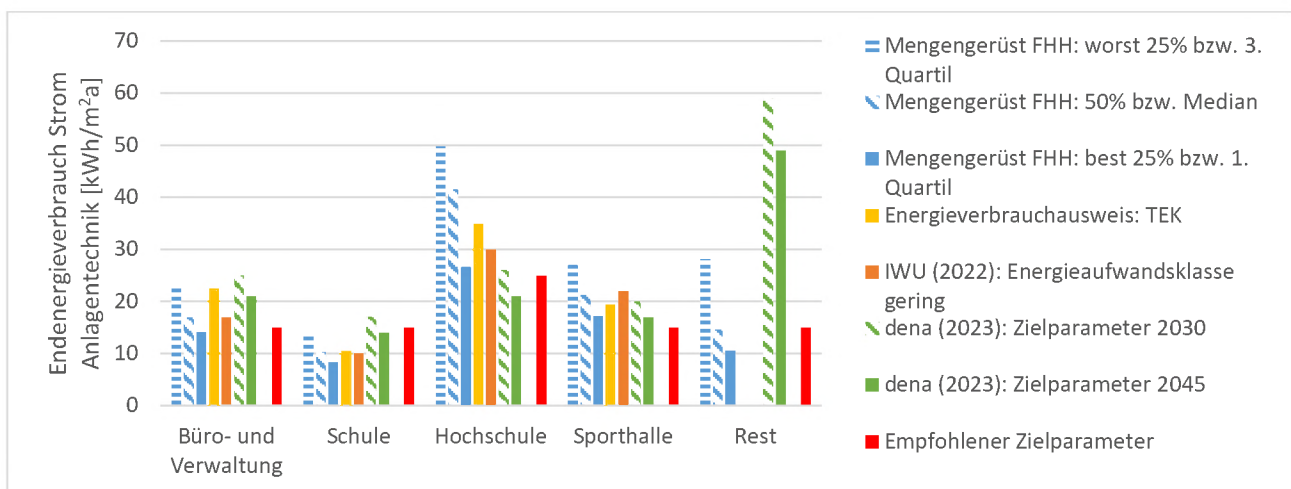
**Abbildung 4-1: Ableitung Zielparameter Endenergieverbrauch Wärme**



Quelle: Verschiedene, BJ = Baujahr, dargestellt inkl. Umweltwärme

Abbildung 4-2 zeigt den Endenergieverbrauch für den Strom der Anlagentechnik. Hierfür liegen insgesamt weniger Vergleichswerte vor als für die den Wärme-EEV. Und auch hier zeigt sich eine größere Bandbreite an entwickelten bzw. ermittelten Kenn- und Zielwerten. Der empfohlene Zielwert liegt auf einem mittleren Niveau. Wir machen hierbei nur für die Hochschulgebäude mit ihrem schon im Ausgangszustand hohen Stromverbrauch für die Anlagentechnik eine Ausnahme und empfehlen einen Wert von 25 kWh/(m²a), wohingegen die anderen Typgebäudecluster bei 15 kWh/(m²a) liegen.

**Abbildung 4-2: Ableitung Zielparameter Endenergieverbrauch Strom Anlagentechnik**



Quelle: Verschiedene

Tabelle 4-1 listet die abgeleiteten empfohlenen Zielwerte für den Endenergieverbrauch von Wärme (verschiedene energetische Standards plus Denkmal) und Strom für Anlagentechnik noch einmal tabellarisch auf.

**Tabelle 4-1: Zielwerte je Typegebäudecluster**

kWh/m <sup>2</sup> a	Endenergieverbrauch EG55 Raumwärme und Warmwasser*	Endenergieverbrauch EG70 Raumwärme und Warmwasser*	Endenergieverbrauch Denkmal** Raumwärme und Warmwasser*	Endenergieverbrauch Strom Anlagentechnik
Büro- und Verwaltung	50	60	90	15
Schule	75	90	100	15
Hochschule	75	90	100	25
Sporthalle	75	90	100	15
Rest	75	90	110	15

Anmerkung: \* inklusive Umweltwärme bei Wärmepumpennutzung; \*\* da zu Denkmalschutzgebäuden kaum Daten verfügbar sind, setzen wir hier gerundete Werte, die die ohnehin energetisch guten denkmalgeschützten FHH Gebäude realistisch erreichen können

Die hier ermittelten Zielwerte sind ausreichend für die Einhaltung der Klimaschutzziele wie in Kapitel 3 beschrieben. Notwendig ist, dass alle öffentlichen NWG, die im Re-Investitionszyklus für eine Sanierung an der Reihe sind, mindestens auf EG70 Niveau saniert werden. Zusätzlich müssen die MEPS-Schwellenwerte eingehalten werden, wofür oftmals eine Teilsanierung, z.B. der Fenster oder des Daches ausreichend sind. Bei denkmalgeschützten Gebäuden sind ebenfalls Teilsanierungen vorzunehmen, welche die oben angegebenen Verbrauchs-Zielwerte erreichen.

## 4.2 Zielvorgaben für Energieeffizienz-Standard auf Gebäudeebene

Die Szenariorechnungen in Kapitel 3 zeigen, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionsziele der FHH für die öffentlichen NWG für 2030 und 2045 erreichbar sind. Die Hauptvoraussetzungen für die Zielerreichung sind dabei das Sanierungsniveau in Kombination mit einer konsequenten Umsetzung der MEPS, dem Austausch fossiler Gasheizungen sowie die deutlich sinkenden Emissionsfaktoren für Fernwärme und Strom. Die Szenariorechnungen in Kapitel 3 zeigen, dass bei einer Vollsanierung im Re-Investitionszyklus kein nennenswerter Effizienz-Unterschied besteht zwischen der Anwendung des EG55-Standards oder des EG70-Standards. Denkmalgeschützte Gebäude weisen in der FHH schon im Ausgangszustand vergleichsweise niedrige spezifische Endenergieverbräuche auf. Sie werden in der Szenariomodellierung insofern berücksichtigt, als dass sie keine Vollsanierung erfahren, sondern lediglich Zielwert erreicht werden muss, welcher typischerweise durch die Sanierung des Daches und oder der Fenster erreicht werden kann. Dies soll vereinfacht den oft komplizierteren Gegebenheiten bei denkmalgeschützten Gebäuden Rechnung tragen.

Was bedeutet dies nun für konkrete Vorgaben in der Rechtsverordnung bezüglich des energetischen Standards, der bei einer Sanierung erfüllt werden sollte? Grundsätzlich sollte hier das best-möglich Prinzip Anwendung finden. D.h. wenn ein Gebäude im Re-Investitionszyklus saniert wird, dann dies als vollumfängliche Sanierung auf ein ambitioniertes Effizienzniveau erfolgen, mindestens auf das EG70 Niveau. Da NWG individuell unterschiedlich sind, kann jedoch nicht jedes Gebäude auf ein

hohes Effizienzniveau überführt werden, weshalb auch Teilsanierungen entweder bei Gebäuden, die nicht im Re-Investitionszyklus stehen, aber hohe Verbrauchswerte aufweisen (Stichwort MEPS), oder bei denkmalgeschützten Gebäuden erfolgen können. Diese Teilsanierungen sollten jeweils in einen gebäudeindividuellen Sanierungsfahrplan eingebettet sein, damit weitere, später durchzuführende Teilsanierungen sich sinnvoll ergänzen.

Mit Blick auf die Sanierungs-Förderung des Bundes gibt es derzeit eine breite Förderlandschaft, die bei NWG von EG70 über EG55 bis zu EG40 alles abdeckt. Je ambitionierter das energetische Niveau, desto höher sind die Tilgungszuschüsse (im Programm 264 Kommunen – Kredit) bzw. direkten Zuschüsse (im Programm 464 Kommunen – Zuschuss, vgl. Tabelle 4-2). Die förderfähigen Kosten sind je NWG auf 10 Mio. EUR gedeckelt.

**Tabelle 4-2: Übersicht KfW-Förderung im Programm 464 Kommunen Zuschuss**

Effizienzgebäude-Stufe	PE-Bedarf	Transmissionswärmeverlust	Zuschuss
EG40	40%	55%	35%
EG40 EE- oder NA-Klasse	40%	55%	40%
EG55	55%	70%	30%
EG55 EE- oder NA-Klasse	55%	70%	35%
EG70	70%	85%	25%
EG70 EE- oder NA-Klasse	70%	85%	30%

Quelle: [www.kfw.de](http://www.kfw.de)<sup>34</sup>; PE = Primärenergie; EE-Klasse = Erneuerbare-Energien-Klasse; NA-Klasse = Nachhaltigkeitsklasse

Zusätzlich wurden die Nachhaltigkeits-Klasse bzw. Erneuerbare-Energien-Klasse eingeführt: bei Erreichung dieser Klassen in Kombination mit dem jeweiligen Sanierungs-Niveau wird der Zuschuss um weitere 5% erhöht. Da die Förderlandschaft in der Vergangenheit immer wieder Schwankungen bezüglich ihrer Ausstattung oder der geförderten Niveaus ausgesetzt war und davon auszugehen ist, dass dies mit wechselnden Bundesregierungen und Haushaltslagen auch so bleiben wird, stellt sich die Frage, welches Niveau (und welche Förderung) sich entsprechend am zukunftssichersten erweisen wird. Eine definitive Antwort hierauf gibt es nicht. Beide in den Szenarien berücksichtigten energetischen Standards werden gefördert, ein darunter liegendes Niveau allerdings nicht. Das spricht dafür zum jetzigen Zeitpunkt mindestens EG70 als Leitstandard zu definieren, um durch die Nutzung der Förderung die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen zu verbessern. EG

Summa summarum empfehlen wir deshalb den EG70-Standard als Leitstandard für die Sanierung der öffentlichen Nichtwohngebäude anzusetzen. Diese Empfehlung gilt unabhängig von den Typgebäudeclustern.

### 4.3 Zielvorgaben der bauteilspezifischen Anforderungswerte

Neben Zielvorgaben für Energieeffizienz-Standards auf Gebäudeebene für Gebäude, die eine Vollsanierung im Re-Investitionszyklus durchlaufen, ist es sinnvoll, ebenfalls Zielvorgaben für einzelne, energierelevante Bauteile der Gebäudehülle vorzusehen. Diese Vorgaben sind primär für solche Gebäude gedacht, bei denen eine Vollsanierung nicht sinnvoll umsetzbar ist (aus technischen

<sup>34</sup> [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/F%C3%B6rderprodukte/Bundesf%C3%B6rderung-f%C3%BCr-effiziente-Geb%C3%A4ude-Kommunen-Zuschuss-\(464\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/F%C3%B6rderprodukte/Bundesf%C3%B6rderung-f%C3%BCr-effiziente-Geb%C3%A4ude-Kommunen-Zuschuss-(464)/)

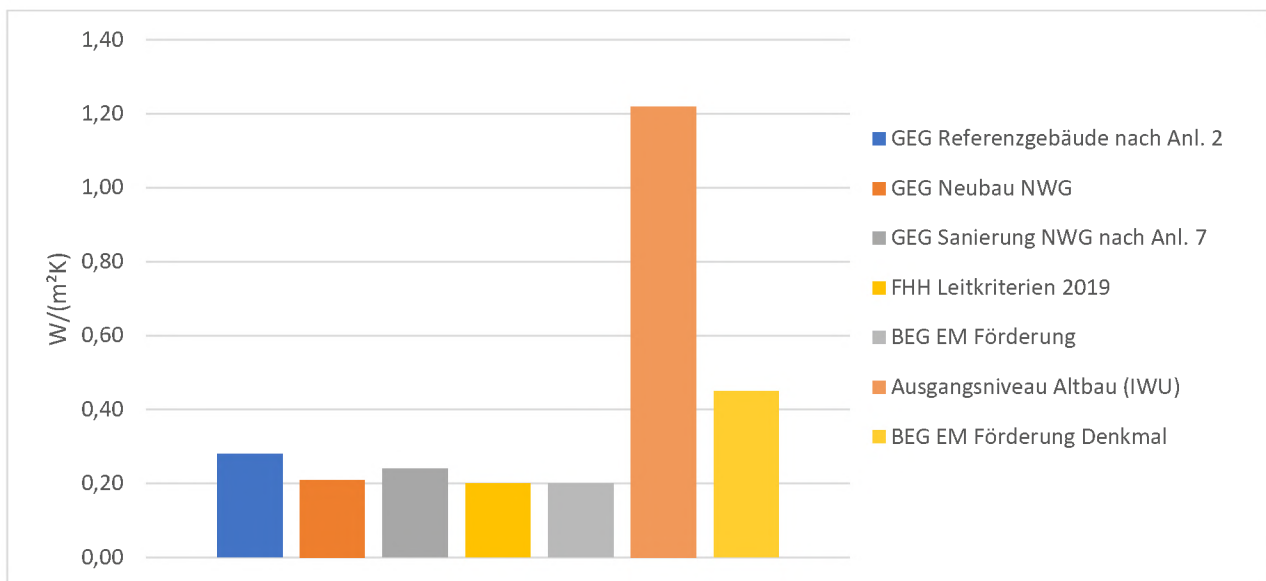


oder wirtschaftlichen Gründen), die zwingend gesetzliche Mindeststandards einhalten müssen (vgl. MEPS), oder auch für denkmalgeschützte Gebäude, deren Grundvoraussetzungen bei einer Sanierung ebenfalls gesondert betrachtet werden müssen.

Um die in Tabelle 4-1 abgeleiteten Endenergieverbrauchswerte zu realisieren, ist es nötig den Wärmedurchgangskoeffizienten der einzelnen Hüllflächenbauteile entsprechend ambitioniert zu setzen. Im Folgenden werden für die Bauteile Außenwand, Dach/oberste Geschossdecke, Kellerdecke sowie Fenster die Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) grafisch dargestellt, die für Neubauten, Referenzgebäude, Sanierungen nach GEG und für die Bundesförderung jeweils mindestens erreicht werden müssen. Ebenfalls gezeigt werden die typischen U-Werte eines NWG-Altbaus nach einer Erhebung des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU)<sup>35</sup>.

Abbildung 4-3 zeigt die nötigen Wärmedurchgangskoeffizienten für Außenwände. Wird ein NWG umfassend saniert, muss es die Vorgaben für U-Werte nach Anlage 7 GEG mindestens erfüllen. Für Außenwände liegt dieser U-Wert bei 0,24 W/(m²K). Für eine Förderung nach BEG EM für NWG muss der U-Wert allerdings auf 0,20 W/(m²K) abgesenkt werden. Letzterer U-Wert entspricht bereits dem U-Wert, der in den Leitkriterien für Öffentliche Gebäude der FHH aus dem Jahr 2019 angesetzt wird. Die BEG EM Förderung für Denkmäler sieht einen U-Wert für Außenwände von 0,45 W/(m²K) vor.

**Abbildung 4-3: Vergleich der Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten für Außenwände**



Quelle: Zusammenstellung Öko-Institut

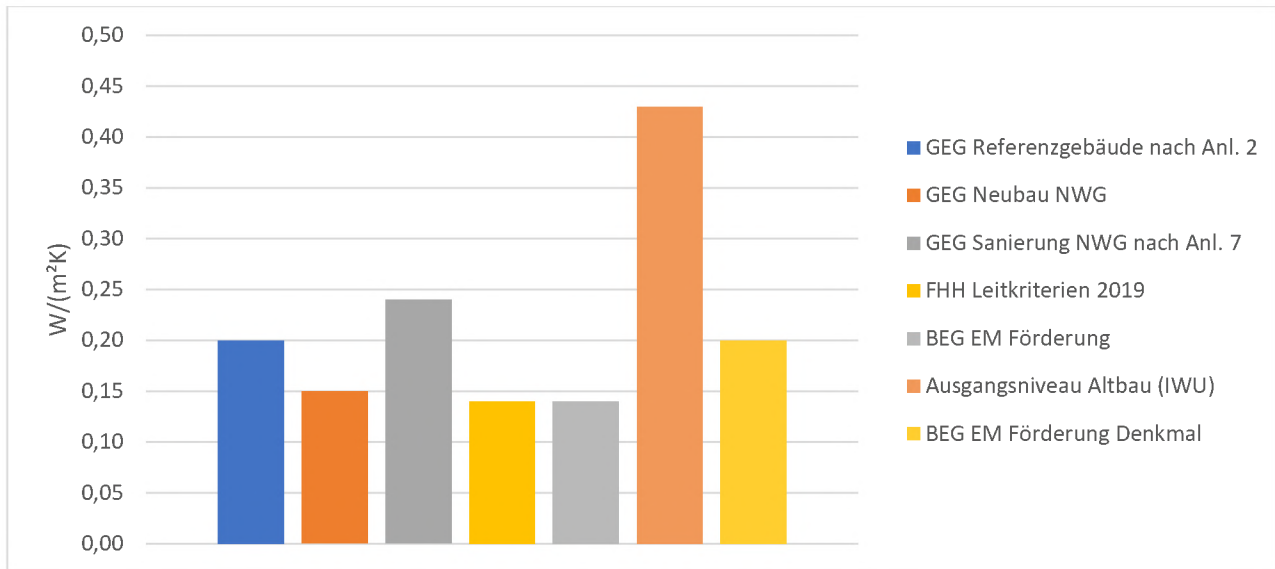
In Abbildung 4-4 werden die Wärmedurchgangskoeffizienten für das Dach bzw. die oberste Geschossdecke dargestellt. Es zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei den Außenwänden. Die Sanierung nach Anlage 7 GEG ist mit 0,24 W/(m²K) deutlich weniger ambitioniert als die 0,14 W/(m²K), die nach BEG EM NWG anzusetzen sind, um eine Förderung zu erhalten. Die Förderung für Denkmäler ist hier weniger konkret als die Grafik es erwarten lässt. Bei der KfW heißt hier

<sup>35</sup> Siehe <https://github.com/IWUGERMANY/Nichtwohngebaeude-Typologie-Deutschland>



lediglich, dass die Wärmeleitfähigkeitsgruppe des Dämmstoffes kleiner gleich 0,040 W/(m\*K) sein und dass eine „höchstmögliche Dämmstoffdicke“ verbaut werden soll.

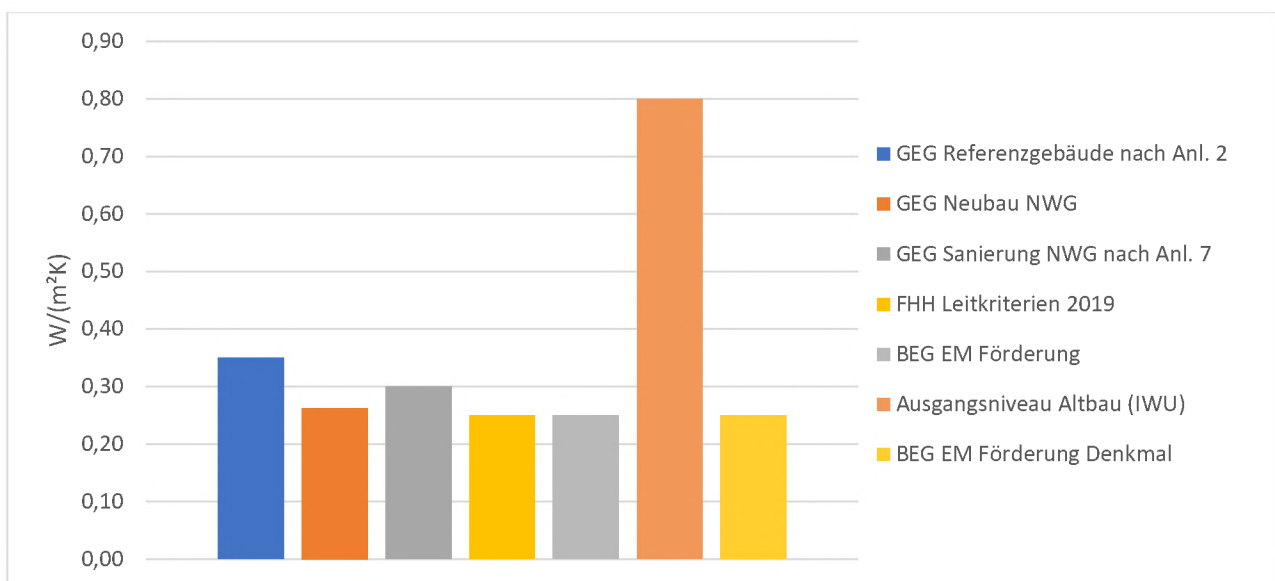
**Abbildung 4-4: Vergleich der Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten für Dächer/ oberste Geschossdecken**



Quelle: Zusammenstellung Öko-Institut

Für die Kellerdecke ergibt sich ebenfalls ein ähnliches Bild (s. Abbildung 4-5): die BEG Förderung EM für NWG sieht ambitionierte U-Werte von 0,25 W/(m²K) vor (analog zu den FHH Leitkriterien), wohingegen die Sanierung von NWG nach Anlage 7 GEG bei „nur“ 0,3 W/(m²K) liegt. Interessanterweise unterscheidet sich der geforderte U-Wert für Einzelmaßnahmen in Denkmälern nicht von normalen NWG.

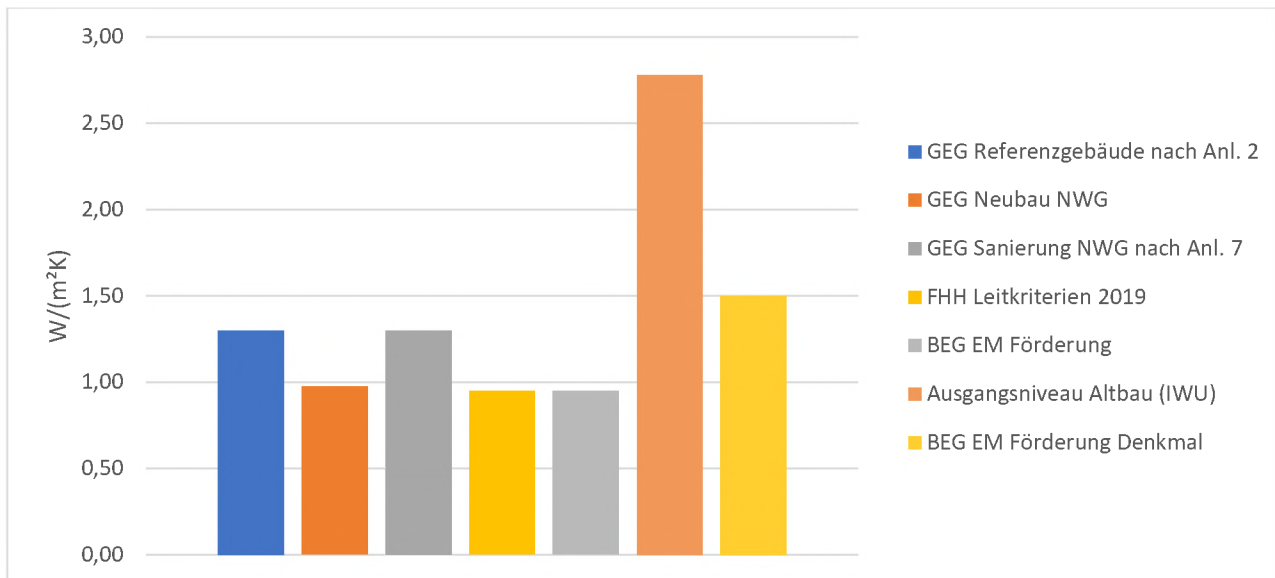
**Abbildung 4-5: Vergleich der Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten für Kellerdecken**



Quelle: Zusammenstellung Öko-Institut

Abbildung 4-6 zeigt schließlich die Anforderungen an die Wärmedurchgangskoeffizienten für Fenster. Auch hier liegt der U-Wert für nach BEG EM NWG geförderte Fenster mit  $0,95 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  merklich unter den  $1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  für neue Fenster nach Anlage 7 GEG. Denkmäler müssen im Mittel  $1,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  für Fenster erreichen, um nach BEG EM Denkmal gefördert zu werden.

**Abbildung 4-6: Vergleich der Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten für Fenster**



Quelle: Zusammenstellung Öko-Institut

Grundsätzlich empfehlen wir bei der Sanierung der öffentlichen NWG nach dem best-möglich Prinzip vorzugehen (vgl. dazu auch Kapitel 6.1.3 des verlinkten PDF<sup>36</sup>). D.h. wenn ein Gebäude angefasst wird bzw. werden muss, sollten so viele aufeinander abgestimmte Maßnahmen auf ein möglichst hohes (und förderfähiges) energetisches Niveau umzusetzen wie möglich. Gebäude im Reinvestitionszyklus sollten einer förderfähigen Vollsanierung im EG70-Standard unterzogen werden. Bei Gebäuden, wo dies nicht möglich ist, sollte soweit möglich auf ebenso förderfähige Einzelmaßnahmen gesetzt werden (z.B. MEPS). Vor dem Hintergrund der relativ niedrigen Endenergieverbräuche der denkmalgeschützten öffentlichen NWG in der FHH, empfehlen wir für denkmalgeschützte NWG ebenfalls auf förderfähige Einzelmaßnahmen zu setzen.

Tabelle 4-3 gibt einen Überblick über die empfohlenen U-Werte je Bauteil für die Sanierung öffentlicher NWG in der FHH. Diese sind nicht nach Typgebäudecluster differenziert, da wir dies als wenig zielführend erachten, zumal die Bundes-Förderung hier keine Unterschiede zwischen verschiedenen Gebäudetypen macht. Die empfohlenen U-Werte decken sich mit denen aus den Leitkriterien für öffentliche Gebäude der FHH aus dem Jahr 2019.

<sup>36</sup> <https://www.gebaeudeforum.de/fileadmin/gebaeudeforum/Downloads/iSFP-Publikation/iSFP-Handbuch-21-12.pdf>

**Tabelle 4-3:      Empfohlene Wärmedurchgangskoeffizienten für zu sanierende Einzelbauteile (in  $W/(m^2K)$ )**

Bauteil	Gebäude ohne Denkmalschutz	Gebäude mit Denkmalschutz
Außenwand	0,20	0,45
Dach/oberste Geschossdecke	0,14	(0,20)*
Kellerdecke	0,25	0,25
Fenster	0,95	1,5**
Haustüren	1,30	1,30

Quelle: Öko-Institut; \* Wärmeleitfähigkeitsgruppe 0,040 und „höchstmögliche Dämmstoffdicke“; \*\* zwischen 1,4 und 1,6  $W/(m^2K)$

## 5 Zusammenfassung

Das erstellte **Mengengerüst** erfasst die öffentlichen Nichtwohngebäude der FHH. Es bietet eine gute Grundlage für ein **Monitoring** des Fortschritts der öffentlichen Hand bzgl. energetischer Sanierung und Heizungstausch. Es verbleiben jedoch einige Unsicherheiten bei der Zuordnung von Energiezählern und ihren Verbräuchen zu den Nutzflächen der Gebäude. Außerdem konnte nicht allen Gebäuden ein Verbrauch zugeordnet werden. Die Unsicherheiten betreffen vor allem die Hochschulgebäude. Die Schulgebäude sind am besten erfasst.

Trotz dieser Unsicherheiten lässt die Auswertung des Mengengerüsts einige Erkenntnisse zu. So liegen z.B. die flächenspezifischen Endenergieverbräuche für Raumwärme und Warmwasser für den Gesamtbestand auf einem vergleichsweise guten Niveau von etwa 100 kWh/(m²a). Die denkmalgeschützten Gebäude liegen nur geringfügig darüber.

Um **Zielpfade für Emissionen und Effizienz** abzuleiten, wurde das Mengengerüst fortgeschrieben bis 2045. In der Modellierung wird eine Lebensdauer von 40 Jahren für die Gebäudehülle und von 25 Jahren für Wärmeversorger unterstellt. Haupttreiber für Emissionsminderungen sind: Die Senkung des emissionsbehafteten Energieverbrauchs, v.a. bis 2030, durch Effizienzsteigerungen, der Austausch der Gasheizungen und die Dekarbonisierung von Fernwärme und Strom.

Die ersten beiden Punkte liegen im Einflussbereich der Bestandshalter öffentlicher Nichtwohngebäude. Gasheizungen müssen konsequent ausgetauscht werden durch einen Anschluss ans Fernwärmenetz oder den Einsatz von Wärmepumpen. Insbesondere der Stromverbrauch öffentlicher Nichtwohngebäude ist zur Erreichung des 2030er Ziels stark zu senken. Ebenso ist es wichtig, dass das Einsparpotenzial durch **gering-investive Maßnahmen** ausgeschöpft wird (z.B. Heizungsoptimierung, hydraulischer Abgleich, Energiemanagement). Dies sind zumeist hoch wirtschaftliche Maßnahmen.

Wichtiger als die Tiefe bei einer Sanierung ist, dass genügend Gebäude überhaupt saniert werden. Daher empfehlen wir den **Leitstandard EG70 für Vollsanierungen**. Dieser Standard ist förderfähig und ausreichend ambitioniert. Bei Teilsanierungen empfehlen wir das förderfähige Niveau für Bauteile gemäß der Förderrichtlinie der BEG EM NWG einzuhalten. Teilsanierungen sollten im Rahmen eines Gesamtsanierungskonzeptes durchgeführt werden. Hier empfiehlt es sich zunächst einen **gebäudeindividuellen Sanierungsfahrplan** aufzustellen, damit die mit zeitlichem Abstand erfolgenden Einzelmaßnahmen sinnvoll aufeinander abgestimmt sind. Vor dem Hintergrund der herausfordernden Gegebenheiten bei **denkmalgeschützten Gebäuden**, empfehlen wir hier nach dem „**Bestmöglich-Prinzip**“ zu handeln: Wenn Bauteile der Gebäudehülle saniert werden, dann auf mindestens das energetische Niveau, welches nach der Förderrichtlinie KfW Denkmal förderfähig ist, wenn möglich noch ambitionierter. Auch hier gilt: Die (Teil-)Sanierung sollte im Rahmen eines Gesamtsanierungskonzeptes samt Sanierungsfahrplan durchgeführt werden.

Insgesamt liefert dieses Gutachten Grund zur Hoffnung: Die Ziele des Klimaplanes 2030 für öffentliche Gebäude sind (noch) erreichbar – ohne Disruptionen. Dafür ist es aber wichtig, keine weitere Zeit zu verlieren und konsequent mit hohem Tempo, strickt im Reinvestitionszyklus auf ein förderfähiges Niveau von mindestens EG70 zu sanieren, Gasheizungen auszutauschen und gering-investive Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs durchzuführen.