

## 2.4 Sektor Gebäude

### 2.4.1 Zentrale Bereiche und Schlüsselfaktoren

Die Aufteilung der Emissionen auf die Sektoren erfolgt im vorliegenden Gutachten primär über die Quellenbilanzen. Der Sektor Gebäude umfasst gemäß KSG alle Emissionen, die aus dem Brennstoffeinsatz für Gebäudewärme und -kühlung in den Gebäuden aus den Bereichen Wohnen und GHD sowie aus dem Brennstoffeinsatz für Prozesswärme- und -kälte im Bereich GHD resultieren. Außerdem gehen die dem Sektor zuordenbaren F-Gase in die Bilanz zum Sektor Gebäude ein.<sup>65</sup> Da im KSG eine Abgrenzung der Sektoren nach Quellprinzip erfolgt, gehen Emissionen aus der Energiebereitstellung von Strom und Fernwärme in den Sektor Energiewirtschaft ein und tauchen in der Quellenbilanz zum Sektor Gebäude nicht auf.

Aus diesem Grund ist die Quellenbilanz für den Gebäudesektor nur bedingt aussagekräftig und handlungsleitend. Die Verursacherbilanz enthält zusätzlich die Emissionen aus dem Einsatz von Fernwärme und Strom für Gebäudewärme und -kühlung, Prozesswärme- und -kühlung sowie die Emissionen aus dem Stromeinsatz für Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), mechanische Energie und Beleuchtung in den Gebäuden. Sie ist für die Beurteilung der Relevanz des Sektors Gebäude als Verursacher von Emissionen und für die Ableitung von Klimaschutzmaßnahmen relevanter. In dem nachfolgenden Kapitel wird entsprechend dieser Logik der gesamte Gebäudebereich und nicht nur die dezentral beheizten Gebäude, die in die Quellenbilanz eingehen, betrachtet. Zudem wird auch die Entwicklung des Stromverbrauchs der Haushalte dargestellt. Die Entwicklung der Prozesswärme und -kälte sowie des Stromverbrauchs im Bereich GHD sowie die diesbezüglichen Handlungsbedarfe werden hingegen im Kapitel Industrie (s. Kapitel 2.6 beschrieben, da sie vor allem von der Wirtschaftsleistung abhängen. Wo sinnvoll wird im Folgenden neben der Quellenbilanz auch auf die Ergebnisse der Verursacherbilanz verwiesen.

Weder in der Quellen- noch in der Verursacherbilanz berücksichtigt wird die graue Energie, da keine Lebenszyklusanalyse erfolgt. Dies bedeutet, dass die ebenfalls sehr relevanten Emissionen aus der Herstellung der Baustoffe sowie die Emissionen der Bau- und Entsorgungshase nicht im Sektor Gebäude abgebildet werden. Die Emissionen aus der Bauphase und der Herstellung (so weit diese in Brandenburg erfolgt) sind dem Sektor Wirtschaft zugeordnet, die Entsorgung der Baustoffe der Abfallwirtschaft.

Die von Gebäuden verursachte Klimawirkung ist abhängig von der Höhe des Wärme- und Stromverbrauchs sowie vom Anlagen- und Energieträgermix. Der Wärmeverbrauch und dabei der mengenmäßig sehr relevante Heizwärmeverbrauch werden wiederum maßgeblich durch den energetischen Zustand der Gebäudehülle beeinflusst sowie durch das Nutzungsverhalten. Da davon auszugehen ist, dass der Gebäudebestand bis 2045 großteils weiterhin bestehen wird, muss für eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Gebäudebestand energetisch saniert werden. Entscheidende Faktoren, die die Höhe des Energieverbrauchs im Gebäudesektor bestimmen, sind

- die Sanierungsrate und -tiefe sowie im Neubau der energetische Standard von Neubauten
- die Entwicklung der beheizten Flächen für Wohn- und Nichtwohngebäude sowie damit verbunden die hinzukommenden Flächen im Neubau sowie der Abriss von Bestandsgebäuden

---

<sup>65</sup> Die Emissionen aus dem Militär zählen ebenfalls zu diesem Sektor. Da sie sich nicht weiter auflösen lassen, wird nicht spezifisch auf die Entwicklung in diesem Bereich eingegangen.

- die Effizienz im Anlagenbetrieb und die Verteilung der Energieträger
- die Entwicklung des Stromverbrauchs und der Eigenstromerzeugung v.a. aus PV-Strom.

## 2.4.2 Bisherige Entwicklungen

Der Endenergieverbrauch an **Raumwärme, Trinkwarmwasser und Klimakälte** lässt sich aus der Energiebilanz, kombiniert mit Ergebnissen aus der Anwendungsbilanz ableiten. Im Jahr 2018 lag den Berechnungen zufolge der Wärme- und Kälteverbrauch in Haushalten und GHD bei 100 PJ. Auf Raumwärme entfielen 82,9 PJ (witterungsbereinigt 92,1 PJ). Der 10. Monitoringbericht zur Energiestrategie Brandenburg weist für das Jahr 2018 einen vergleichbaren Wert von 83,8 PJ aus. Der Warmwasserverbrauch betrug laut Energiebilanz in 2018 16,5 PJ (16,2 PJ laut Monitoringbericht). Die Zahlen aus dem Monitoringbericht verdeutlichen, dass sich der Wert für Raumwärme in den vergangenen Jahren nicht nennenswert verändert hat, bei Warmwasser ist hier seit 2014 ein leichter Anstieg des Endenergieverbrauchs festzustellen (wfb 2020a). Prozentual machen Raumwärme und Warmwasser damit 21,4 % bzw. 4,3 % des Brandenburger Endenergieverbrauchs aus. Hinzu kommen deutlich geringere Energieverbräuche für den Stromverbrauch (Beleuchtung, IKT etc.), die zusammen 2,4 % ausmachen.

Der Wärmeverbrauch ergibt sich aus dem Produkt des spezifischen Wärmeverbrauchs pro Quadratmeter beheizter Fläche und der beheizten Fläche. Die Höhe des spezifischen Wärmeverbrauchs wird dabei maßgeblich durch die **Nutzung des jeweiligen Gebäudes** (Nichtwohngebäude (NWG), Ein- und Zweifamilienhaus (EZFH) oder Mehrfamilienhaus (MFH)), das Baualter und den energetischen Sanierungszustand der Gebäude bestimmt.

In Brandenburg dominieren bei der Nutzung der Gebäude Ein- und Zweifamilienhäuser: 80 % der bestehenden, beheizten Gebäude sind hier EZFH, hinzu kommen 12 % MFH und 9 % NWG<sup>66</sup> (AfS BBB 2020h, ergänzt durch Informationen der ENOB:dataNWG-Datenbank des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU)). Bezogen auf die Bruttogeschossfläche (BGF) ergibt sich ein anderes Bild: EZFH stellen wegen der geringen Gebäudegröße nur 41 % der BGF, MFH 24 % und NWG 36 %. NWG und auch MFH sind somit trotz geringerer Gebäudeanzahl wichtig für die Höhe und die Entwicklung des Wärmeverbrauchs des Gebäudebestandes.

Der Endenergieverbrauch an Raumwärme nur für **Wohngebäude** lag im Jahr 2018 laut der Berechnungen auf Grundlage der Energiebilanz bei 67,5 PJ<sup>67</sup>. Hinzu kommen 14,5 PJ für den Warmwasserverbrauch. Dies entspricht ca. 73 % und 16 % des gesamten Endenergieverbrauchs der privaten Haushalte.

Der spezifische Endenergieverbrauch für Raumwärme lag den Berechnungen zufolge im Jahr 2018 im Mittel bei 169,7 kWh/m<sup>2</sup>a<sup>68</sup>. Demgegenüber weist der Wärmemonitor des DIW (Stede et al. 2020) einen durchschnittlichen **spezifischen Heizenergieverbrauch** von 130 kWh/m<sup>2</sup>a für die Zwei- und Mehrfamilienhäuser im Jahr 2019 aus. Der deutlich geringere Wert im DIW-Wärmemonitor lässt sich teilweise mit dem hohen Anteil an EZFH in Brandenburg erklären, die aufgrund des energetisch ungünstigeren Verhältnisses von Außenwand zu Gebäudevolumen einen höheren spezifischen Heizenergieverbrauch aufweisen als MFH (s. z. B. IWU 2015). Bei den MFH ist

<sup>66</sup> Bei den NWG sind auch Industriegebäude inbegriffen.

<sup>67</sup> Witterungsbereinigt 75,0 PJ.

<sup>68</sup> Witterungsbereinigt 188,6 kWh/m<sup>2</sup>a, 183 kWh/m<sup>2</sup>a laut Monitoringbericht.

zudem von einem höheren Anteil bereits energetisch sanierter Gebäude auszugehen (Cischinsky und Diefenbach 2018). Darüber spielen methodische und datenbedingte Aspekte eine Rolle, z. B. inwiefern die Witterungsbereinigung die Schwankungen der Verbräuche ausgleicht oder auch welche Daten dem Amt für Statistik für die Erstellung der Energiebilanzen zur Verfügung stehen. So liegen teils Daten der Gasnetzbetreiber selbst vor, in anderen Jahren müssen Werte von den Gashändlern abfragt werden. Dem AfS BBB zufolge wird außerdem die Menge der in den privaten Haushalten und GHD eingesetzten Biomasse mit der aktuell verwendeten Methode zur Abschätzung der Biomassemengen überschätzt. Dies verdeutlicht auch ein Blick in die Ergebnisse des Mikrozensus, aus dem sich der Anteil der mit Biomasse versorgten EZFH und MFH ableiten lässt. Zukünftig soll der Wert in den privaten Haushalten und in Bereich GHD eingesetzten Biomasse laut AfS BBB um ca. 75 % reduziert werden. Diese Anpassung führt zu einem spezifischen Heizwärmeverbrauch von  $134 \text{ kW/m}^2\text{a}$ <sup>69</sup>. Die Höhe der Wärmeverbräuche in den Bereichen Haushalte und GHD und auch ihre zeitliche Entwicklung sind somit mit hohen Unsicherheiten verbunden.

Die **zeitliche Entwicklung des Heizenergieverbrauchs** in Brandenburg zeigt eine deutliche Reduktion zwischen Anfang der 2000er Jahre und etwa dem Jahr 2015. Der aktuelle durchschnittliche spezifische Heizenergieverbrauch der Mehrfamilienhäuser von  $130 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  aus dem Wärmemonitor ist sehr nahe am bundesdeutschen Durchschnitt (Stede et al. 2020). Anfang der 2000er Jahre lag dagegen der Heizenergieverbrauch in Brandenburg mit  $141 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  deutlich unter dem bundesdeutschen Mittelwert ( $155 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ) (siehe Abbildung 17). Bis zum Jahr 2015 sank der mittlere Heizenergieverbrauch sowohl in Brandenburg als auch in Deutschland bei Zwei- und Mehrfamilienhäusern. Für Brandenburg ist für den Zeitraum 2003 bis 2015 ein Rückgang von -18 % zu verzeichnen. Seitdem stagniert der Wert oder stieg zeitweise sogar an.

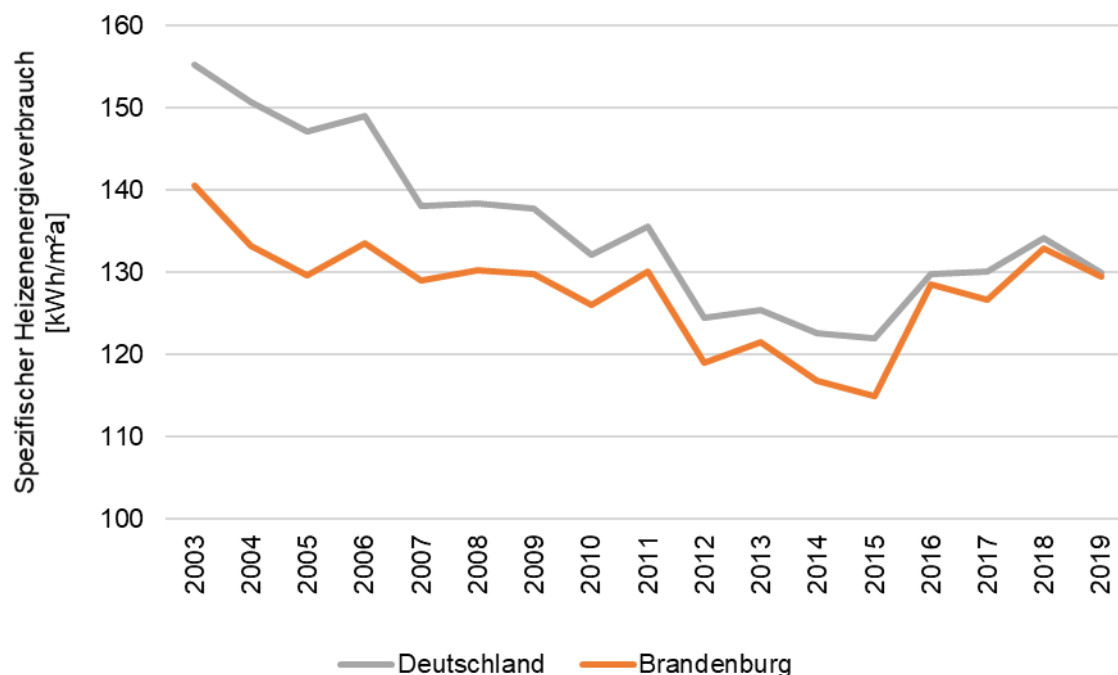
Ein Grund dafür, dass sich die mittleren, spezifischen Heizenergieverbräuche in Brandenburg und in Deutschland über die Zeit angleichen, sind die hohen Sanierungsraten im Osten in der Nachwendezeit. Um die Jahrtausendwende war der Sanierungszustand wegen der **Sanierungswelle der Nachwendezeit** in den neuen Bundesländern besser, in den darauffolgenden Jahren holten die alten Bundesländer jedoch wieder auf (Singhal et al. 2019). Wegen der höheren Sanierungsstandards fand daraufhin eine Annäherung der spezifischen Heizenergieverbräuche statt. In den Landkreisen in Brandenburg ist die zeitliche Entwicklung des Heizenergieverbrauchs ähnlich, es sind jedoch auch Unterschiede erkennbar. In der Region Havelland-Fläming fand laut Wärmemonitor der größte Rückgang statt, wohingegen in der Region Prignitz-Oberhavel im gleichen Zeitraum nur ein geringfügiger Rückgang erfasst wurde (Stede et al. 2020). Die Unterschiede zwischen den Regionen lassen sich mit Blick auf die verfügbaren Daten nicht eindeutig erklären. Der Anteil an EZFH und MFH am Wohngebäudebestand ist in den Landkreisen, die sich diesen Regionen zuordnen lassen, sehr ähnlich, ebenso der Anteil selbstnutzender Eigentümer/innen. Unterschiede bestehen in der Baualtersstruktur der Gebäude. Im Landkreis Prignitz gibt es deutlich mehr ältere Gebäude und kaum Neubau (AfS BBB 2019c). Letzteres ist auf den Bevölkerungsrückgang in den vergangenen Jahren zurückzuführen. In Havelland-Fläming fand hingegen ein Bevölkerungszuwachs statt, hier finden sich entsprechend deutlich mehr Gebäude, die nach 2001 errichtet wurden (AfS BBB 2019c). Da Neubauten deutlich geringere spezifische Wärmeverbräuche aufweisen als ältere Bestandsgebäude führen hohe Neubauaktivitäten in einer Region zu einer Abnahme der durchschnittlichen, spezifischen Heizenergieverbräuche über den gesamten Wohngebäudebestand. Die durchschnittlichen Bruttogehälter liegen in den Regionen in einer

<sup>69</sup>  $149 \text{ kW/m}^2\text{a}$  witterungsbereinigt.

ähnlichen Größenordnung, sodass sich aus den vorhandenen Daten keine Rückschlüsse auf das Sanierungsverhalten ziehen lassen. Um die Entwicklung der Heizenergieverbräuche besser zu verstehen, bedarf es tiefer gehender Analysen vor allem zum Sanierungszustand der Gebäude.

**Abbildung 17: Entwicklung des spezifischen Heizenergieverbrauch von Zwei- und Mehrfamilienhäusern im Zeitraum 2003 bis 2019, witterungsbereinigt**

Quelle: DIW Wärmemonitor (Stede et al. 2020; Singhal et al. 2019; Stede et al. 2018; Michelsen 2016; Michelsen 2016).<sup>70</sup>



Gebäude, die nach 1995 errichtet wurden, weisen einen deutlich geringeren mittleren, spezifischen Heizenergieverbrauch auf als ältere Gebäude, da zu diesem Zeitpunkt bereits höhere Anforderungen an die Energieeffizienz der Gebäude gestellt wurden. Seit 2007 wurden nochmals wesentlich effizientere Gebäude errichtet (siehe Tabelle 5). Daten von co2online<sup>71</sup> stellen jeweils den Durchschnitt des spezifischen **Heizenergieverbrauchs der Gebäude einer Baualterklasse** dar. Auch bereits nachträglich gedämmte Gebäude gehen in die Auswertung ein. Der Datensatz stammt aus dem Zeitraum 2002 bis 2019. Diesem Datensatz zufolge weisen nicht die ganz alten, sondern die zwischen 1946 und 1983 errichteten Gebäude die höchsten Verbräuche auf. Gerade die älteren Gebäude wurden somit vermutlich bereits zum Teil energetisch saniert. Gleichzeitig sind für die spezifischen Heizenergieverbräuche auch Unterschiede zwischen den verschiedenen Energieträgern erkennbar. So haben Gebäude mit Fernwärme einen deutlich niedrigeren spezifischen Heizenergieverbrauch als andere Gebäude (co2online 2019), was vor allem daran liegt, dass insbesondere Mehrfamilienhäuser mit Fernwärme versorgt werden. Ein weiterer Grund können Unterschiede in den Umwandlungsverlusten der Heizungssysteme sein.

<sup>70</sup> Der Anstieg nach 2013/2014 lässt sich nicht mit dem Sanierungsgeschehen erklären, sondern ist vermutlich auf methodische Gründe z. B. die Witterungsbereinigung oder das Nutzungsverhalten zurückzuführen.

<sup>71</sup> Für Brandenburg beziehen sich die Daten von co2online (2019) auf eine Stichprobe von ca. 36.000 Gebäuden und damit etwa auf 5% der Brandenburger Wohngebäude (AfS BBB 2020h).

**Tabelle 5: Spezifischer Heizenergieverbrauch nach Baualter in kWh/m<sup>2</sup>a (Daten aus den Jahren 2002 bis 2019)**

Quelle: co2online (2019); Heizenergie- und Warmwasserverbrauch (bei zentraler Warmwasserversorgung; ohne Witterungsbereinigung).

[kWh/m <sup>2</sup> a]	Brandenburg	Deutschland
bis 1945	156	161
1946 - 1976	164	165
1977 - 1983	172	161
1984 - 1994	139	146
1995 - 2001	109	115
2002 - 2007	117	94
2007 - 2019	87	82

Die **Baualtersstruktur der Wohngebäude** in Brandenburg entspricht in etwa der Verteilung in ganz Deutschland (Destatis 2020). Laut Mikrozensus lagen im Jahr 2018 etwa zwei Drittel der Wohnungen in Brandenburg in Gebäuden, die vor 1979 errichtet wurden. Davon befinden sich rund 15 % in bis 1918 erbauten Gebäuden, 62 % wurden vor 1979 erbaut. Der Anteil der Wohnungen, die zwischen 2001 und 2018 gebaut wurden umfasst hingegen nur 10,3 % (AfS BBB 2019c). Dabei zeigen sich deutliche Unterschiede in der Verteilung der Baualtersklassen zwischen den Landkreisen in Brandenburg: In Elbe-Elster, Ostprignitz-Ruppin und Prignitz wurden jeweils ca. 76 % der Wohnungen vor 1979 errichtet. Allein rund ein Drittel dieser Wohnungen liegen in Gebäuden, die vor 1918 gebaut wurden. In Oberspreewald-Lausitz stammen 82,8 % der Wohnungen aus dem Baujahren vor 1979, 46 % der Wohnungen wurden zwischen den Jahren 1949 und 1978 errichtet. Eine vergleichsweise junge Baualtersstruktur besteht in den Landkreisen Märkisch-Oderland und Potsdam-Mittelmark, wo jeweils ca. 18 % der Wohnungen in den Jahren 2001 bis 2018 errichtet wurden (AfS BBB 2019c).

Zum **energetischen Zustand der Wohngebäude** in Brandenburg liegen keine aktuellen und umfassenden Daten vor, jedoch kann Bezug genommen werden auf Daten zum Sanierungszustand der Wohngebäude aus der Studie des Institut für Wohnen und Umwelt (IWU) „Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016“ (Cischinsky und Diefenbach 2018), auf den Datensatz von co2online sowie auf Arbeiten von Dunkelberg und Weiß (2015) zum Sanierungszustand und zu den Sanierungsraten den Regionen Lausitz-Spreewald und in den Landkreisen Potsdam und Potsdam-Mittelmark. Die Studie des IWU stellt Daten zu den Sanierungszuständen der Wohngebäude in den neuen Bundesländern zu Verfügung (siehe Tabelle 6) (Cischinsky und Diefenbach 2018). Die Daten zeigen, dass die neuen Bundesländer deutlich höhere Sanierungsanteile bei Altbauten aufweisen als die alten Bundesländer. Je nach Bauteil ist der Anteil der sanierten Bauteilfläche teilweise fast doppelt so hoch. Dies gilt vor allem für die Mehrfamilienhäuser und die Bauteile Außenwand und Fußboden. Daten aus der Wohngebäudestatistik von co2online (2019) bestätigen diesen Befund.

**Tabelle 6: Anteil nachträglich gedämmter Bauteilflächen in den neuen Bundesländern**

Quelle: Cischinsky und Diefenbach (2018).

Anteil nachträglich gedämmter Baufläche	Wohngebäude bis Baujahr 1978	Mehrfamilienhäuser bis Baujahr 1978
Außenwand	39,0 % (+/- 3,9 %)	51,2 % (+/- 5,3 %)
Dach/oberste Geschossdecke	60,1 % (+/- 2,7 %)	64,4 % (+/- 4,1 %)
Fußboden/Kellerdecke	19,9 % (+/- 2,0 %)	31,2 % (+/- 3,9 %)

Allerdings sind die **jährlichen Sanierungsraten** in den neuen Bundesländern in den letzten Jahren zurückgegangen, wohingegen die Sanierungsraten in den alten Bundesländern gestiegen sind. Dieser Trend ist auch in Brandenburg und dort in konkreten Regionen erkennbar. Das durch das BMBF geförderte Forschungsprojekt GebäudeenergieWende hat jährliche Sanierungsraten für die bis 1990 erbauten EZFH in den Regionen Lausitz-Spreewald und in den Landkreisen Potsdam und Potsdam-Mittelmark ermittelt. Während die Sanierungsraten zwischen 1990 und 1994 in den Bereichen Fenster, Fassade, Heizung im deutschlandweiten Vergleich noch mehr als doppelt so hoch waren, glichen sich die Raten in den darauffolgenden zehn bis 15 Jahren größtenteils an (Dunkelberg und Weiß 2015). Die besonders hohen Raten in den Jahren 1990 bis 1994 in diesen Regionen veranschaulichen das erhöhte Sanierungsaufkommen direkt nach der Wende. In den vergangenen Jahren ist jedoch erkennbar, dass die alten Bundesländer aufgeholt haben (Dunkelberg und Weiß 2015). Dass energetische Sanierungen mittlerweile zu höheren energetischen Standards umgesetzt werden, trägt auch dazu bei, dass sich die durchschnittlichen spezifischen Heizenergieverbräuche in Brandenburg und in ganz Deutschland angeglichen haben.

Energetische Sanierungen müssen sich einerseits aus Sicht der Vermieter/innen refinanzieren, für die Mieter/innen wirken sie sich andererseits auf Kalt- und Warmmiete aus. Dabei können auch ambitionierte energetische Sanierungen durch die aktuell sehr guten Förderbedingungen auf Bundesebene für Mieter/innen mittel- bis langfristig zu Kosteneinsparungen im Vergleich zu einem unsanierten Gebäudezustand führen (Bergmann et al. 2021). Welche Anreize für eine energetische Sanierung aus Vermieter/innen-Sicht bestehen und welche Auswirkungen für die Mieter/innen resultieren, hängt dabei auch von dem **regionalen Immobilienmarkt und dem Mietniveau** ab. Im Land Brandenburg liegt der Anteil an Mietwohnungen mit insgesamt rund 648.000 Mieter/innenhaushalte bei 55 % (AfS BBB 2019c). Die durchschnittliche Bruttokaltmiete in Brandenburg betrug im Jahr 2018 6,68 Euro/m<sup>2</sup> Wohnfläche und lag damit unter dem Bundesdurchschnitt von 7,9 Euro/m<sup>2</sup> Wohnfläche (AfS BBB 2019c; Ammann et al. 2020). Die durchschnittliche Mietbelastungsquote<sup>72</sup> lag in Brandenburg bei 24,5 % und damit ebenfalls etwas niedriger als der Bundesdurchschnitt von 27,2 %. In den Landkreisen Potsdam und Potsdam-Mittelmark bestehen mit 27,8 % und 26,9 % die höchsten Mietbelastungsquoten im Land Brandenburg und auch die Bruttokaltmieten pro m<sup>2</sup> Wohnfläche sind dort vergleichsweise hoch (Potsdam: 8,43 Euro/m<sup>2</sup> Wohnfläche). In den Berlin-nahen Landkreisen Oder-Spree und Barnim nahmen die Mieten von 2018 auf 2019 um 3,9 % bzw. 2,9 % zu. Insgesamt ist die Mietpreisentwicklung im Land Brandenburg mit weniger als 1,5 % dennoch moderat (BBU 2020; F+B 2019). Neben den Mietpreisen, steigen auch die Verkaufspreise von Baugrundstücken und die Wohnflächenpreise in Brandenburg. Von 2018 bis 2019 erhöhte sich der durchschnittliche Wohnflächenpreis von Mehrfamilienhäusern von 865 auf 953 Euro/m<sup>2</sup> Wohnfläche. Sowohl bei den Wohnflächenpreisen

<sup>72</sup> Mietanteil vom Nettohaushaltseinkommen.

als auch den Bauflächenpreisen gibt es große regionale Unterschiede. In 2019 lag der Wohnflächenpreis im Berliner Umland bei 1.850 Euro/m<sup>2</sup> Wohnfläche, was einer Zunahme von 16 % im Vergleich zum Vorjahr entspricht. Die Bauflächenpreise im Berliner Umland (inkl. Potsdam) sind ebenfalls deutlich höher als in Landkreisen im Weiteren Metropolenraum. 2019 wurden in Potsdam beispielsweise Bauflächen für bis zu 1.400 Euro/m<sup>2</sup> und in anderen Regionen Brandenburgs für 13 bis 420 Euro/m<sup>2</sup> verkauft (BBU 2020). Für die zukünftige Entwicklung ist davon auszugehen, dass das Berliner Umland sowie auch Brandenburger Gemeinden mit guter Verkehrsanbindung weiter an Attraktivität gewinnen werden.

Zu den **Nichtwohngebäuden** (NWG) in Brandenburg konnten Daten aus dem Projekt „Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude“ (ENOB:dataNWG) gewonnen werden (IWU 2021).<sup>73</sup> Dem Datensatz zufolge gibt es ca. 125.000 NWG (+/- 42.000) in Brandenburg, von denen ca. die Hälfte thermisch konditioniert, sprich beheizt sind. Die 63.000 (+/- 21.000) beheizten NWG weisen eine BGF von insgesamt rund 103,8 Mio. m<sup>2</sup> (+/- 40,4 Mio. m<sup>2</sup>) auf. Rund zwei Drittel der beheizten Gebäude wurden vor 1978 errichtet und allein 44 % stammen aus den Baujahren vor 1918. In den Jahren 1984 bis 1994 sind mit rund 13 % ebenfalls vergleichsweise viele NWG entstanden. Nur 5 % der beheizten NWG sind jünger als 20 Jahre. Die Verteilung ändert sich deutlich, wenn nach der BGF der beheizten NWG ausgewertet wird. Ein Großteil der BGF befindet sich in den Gebäuden, die zwischen den Jahren 1979 und 1983 (26 %), 1984 und 1994 (30 %) und 1995 und 2001 (12 %) errichtet wurden. Dies zeigt, dass in den Baualtersklassen unterschiedliche große NWG gebaut wurden. Mit 62 % handelt es sich bei mehr als der Hälfte der BGF um Flächen in Produktions-, Werkstatt-, Lager- oder Betriebsgebäuden. Einen weiteren vergleichsweise großen Anteil haben Büro-, Verwaltungs- und Amtsgebäude mit 16 % an der BGF. Die BGF von Schulen, Kindertagesstätten und sonstigen Betreuungsgebäuden umfassen 7 %, alle anderen NWG machen höchstens 4 % aus. An den beheizten NWG in Brandenburg sind dem Datensatz zufolge bereits bei 63,5 % die Außenwand, bei 46,9 % der Boden bzw. die Kellerdecke und bei 84,7 % das Dach bzw. die oberste Geschosdecke gedämmt. Bei etwa drei Viertel der beheizten NWG wurden bereits die Fenster ausgetauscht. Der Endenergieverbrauch für Raumwärme im Sektor GHD lag laut den Berechnungen auf Grundlage der Energiebilanz in 2018 bei 15,3 PJ (witterungsbereinigt 17,0 PJ) und laut dem Monitoringbericht zur Energiestrategie Brandenburg (2020a) bei 16,9 PJ (witterungsbereinigt), hinzu kommen 2,0 PJ Warmwasser (1,6 PJ laut Monitoringbericht). In den letzten Jahren ist kein klarer Trend nach oben oder unten bei der Entwicklung von Raumwärme und Warmwasser erkennbar.

Der **Denkmalschutz** hat einen Einfluss auf das Sanierungsgeschehen, denn der Erhalt der Gebäudesubstanz und des Erscheinungsbildes kann ein Hindernis für energetische Sanierungen und eine effiziente, nachhaltige Wärmeversorgung darstellen. Dem Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege und Archäologisches Landesmuseum (BLDAM) (2020) zufolge stehen knapp 14.000 Gebäude in Brandenburg unter Denkmalschutz. Dies entspricht 2 % der beheizten Gebäude. In welchem Umfang der Denkmalschutz ein Hemmnis für den Klimaschutz darstellt, lässt sich anhand der Anzahl der Gebäude schwer abschätzen. Bezogen auf die Flächen könnte der Anteil der denkmalgeschätzten Flächen deutlich höher sein, da häufig eher größere Gebäude

<sup>73</sup> Im Rahmen der Studie des IWU wurden über eine Stichprobenziehung Daten zur Struktur und Zusammensetzung von NWG erhoben. Mittels eines Schätzverfahren für populationsbeschreibende Parameter wurden Daten über die Gesamtpopulation, hier die Gesamtheit aller NWG in Deutschland, abgeleitet. Für das Vorhaben „Klimaplan Brandenburg“ wurde das IWU beauftragt, eine Auswertung einiger Variablen dieser Datenerhebung zu den NWG in Brandenburg auf Grundlage dieses Datensatzes durchzuführen. Die Zahlen weisen dem methodischen Vorgehen entsprechend eine Unsicherheit auf, die als Standardabweichung angegeben werden kann. Trotz der Unsicherheit stellt der Datensatz die aktuell bestmögliche Quelle für NWG in Deutschland und auch in Brandenburg dar.

unter Denkmalschutz stehen. Hinzu kommen außerdem die Gebäude, die in die Kategorie der erhaltenswerte Bausubstanz fallen. Es kann sich hierbei um Gebäude u.a. in historischen Stadt- und Dorfkernen, Gründerzeitenquartiere und Quartieren in Siedlungen der 1910er bis 1940er Jahre sowie um Fabrikantenvillen und Werkhallen handeln. Zur Anzahl der Gebäude konnten keine Zahlen gefunden werden. Der Sanierungszustand der Gebäude wird als heterogen eingeschätzt, einige Quartiere haben bereits eine Sanierungswelle durchlaufen (Drost et al. 2017).

Aus den Berechnungen basierend auf der Energiebilanz ergibt sich die **Energieträgerverteilung** für die Bereitstellung von Raumwärme, Warmwasser und Klimakälte im Jahr 2018 (Abbildung 18). Mit 43 % Erdgas (inkl. Flüssiggas) und 15 % Heizöl und 10 % Fernwärme dominieren fossile Brennstoffe die Wärme- und Kältebereitstellung in privaten Haushalten und in den GHD-Gebäuden. Mit 23 % der Wärme, die laut Energiebilanz aus Biomasse resultiert, scheint in Brandenburg Biomasse als Brennstoff eine große Rolle zu spielen. Allerdings soll dieser Wert laut AfS BBB zukünftig um ca. 75 % reduziert werden, da er – auch mit Blick auf die Zahlen des Mikrozensus – deutlich zu hoch erscheint. Die restliche Energiebereitstellung verteilt sich auf Strom, Kohle, Solarenergie und Sonstige. Im Bereich GHD sind laut Energiebilanz Erdgas, Heizöl und Fernwärme bedeutsam, Biomasse spielt hier kaum eine Rolle. Dies bestätigen auch die Daten aus der ENOB:dataNWG. Im Bereich Wohnen sind neben – der vermutlich überschätzten – Biomasse ebenfalls vor allem Erdgas und in geringeren Mengen Heizöl und Fernwärme relevant. Aus dem Mikrozensus ergibt sich für Wohngebäude die folgende Verteilung: 57 % der Wohnfläche werden mit einer Gasheizung beheizt, 13 % mit einer Ölheizung und 19 % mit Fernwärme. 7 % der Wohnfläche werden dieser Quelle nach mit Biomasse beheizt.<sup>74</sup> Da einige Gebäude unter Umständen eine Zusatzheizung bzw. einen Kamin mit Biomasse befeuern, ist es möglich, dass der Biomasseanteil bezogen auf die Energiemenge etwas höher ist, die 23 % aus der Energiebilanz erscheinen jedoch eindeutig zu hoch.

Die Energieträger spielen dabei bei den jeweiligen Gebäudetypen eine sehr unterschiedliche Rolle. Bei den EFZH dominieren laut Mikrozensus bezogen auf die Wohnfläche Gas (65 %) und Heizöl (17 %), Biomasse und sonstige erneuerbare Energien versorgen 10 % der Wohnfläche mit Wärme. In den neueren nach 2011 erbauten EFZH ist der Anteil der mit Biomasse und sonstigen erneuerbaren Energien beheizten Wohnfläche mit 37 % sehr hoch. Bei den Mehrfamilienhäusern spielt neben Gas (42 %) hingegen Fernwärme eine große Rolle (51 %).

Bei der **Warmwasserbereitstellung** ist Strom den eigenen Berechnungen zufolge mit 13 % ein relevanterer Energieträger als in der Raumwärmebereitstellung. Dies spiegelt sich auch in den Werten aus dem Mikrozensus wider (9 % der Wohnungen). Ansonsten dominieren auch hier Gas, Heizöl und Fernwärme (AfS BBB 2019c).

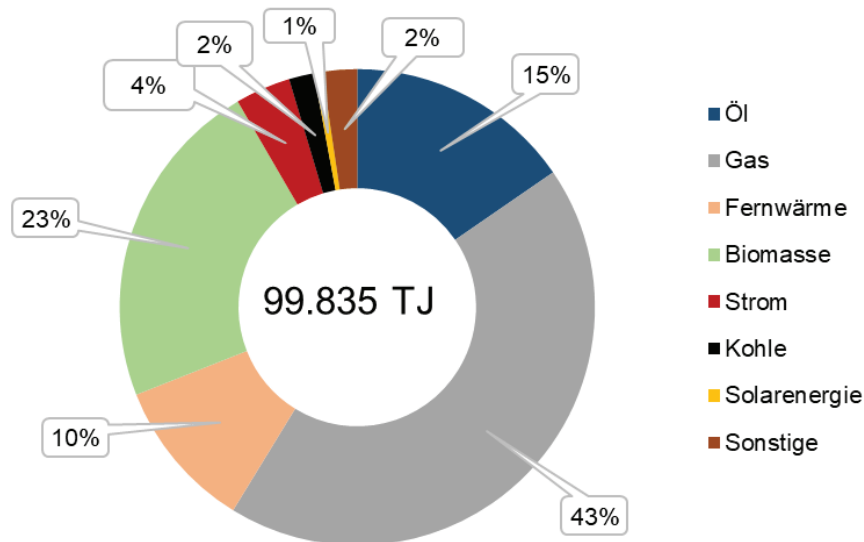
<sup>74</sup> Daten auf Anfrage bereitgestellt durch das Amt für Statistik Berlin Brandenburg im Oktober 2021.



### Abbildung 18: Energieträgerverteilung für Raumwärme, Warmwasser und Klimakälte in 2018

Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz.

Erläuterung: Bei Öl handelt es sich überwiegend um Heizöl zzgl. geringer Mengen an Dieselloststoffen, bei Gas handelt es sich überwiegend um Erdgas, zzgl. geringer Mengen an Flüssiggas (4 % der Energie aus Gas), Biomasse ist hier aufgrund method. Fehler in der Quelle vermutlich überschätzt.



Die zeitliche **Entwicklung der Energieträgerverteilung** lässt u.a. aus den Mikrozensusserhebungen aus den vergangenen Jahren ableiten. Der Anteil an Heizöl und auch Fernwärme hat demnach abgenommen hat. Hingegen ist der Anteil von Gas und Erneuerbaren Energien gestiegen (AfS BBB 2019c). In Zukunft ist es zu erwarten, dass vor allem Wärmepumpen an Bedeutung gewinnen. In 2018 waren in Brandenburg laut Bundesverband Wärmepumpe (bwp) knapp 40.000 Wärmepumpen installiert. Mit 54 % Erd-Wärmepumpen ist der Anteil dieser im Vergleich zu Luft-Wärmepumpen effizienteren Anlagen im Vergleich zu Deutschland deutlich höher (32 % Erd-Wärmepumpe). Auch die Dichte an Wärmepumpen pro 1.000 Einwohner ist in Brandenburg im Vergleich zu anderen Bundesländern hoch (bwp 2019). Gründe für den vergleichsweise hohen Anteil an Erd-Wärmepumpen sieht der bwp darin, dass es in Brandenburg Bergbauregionen gibt, in denen weniger Berührungsgänge mit Bohrungen bestehen, fachkundige Unternehmen ansässig sind und gute Voraussetzungen bezüglich der Genehmigung vorliegen.

Eine Charakterisierung der netzgebundenen Wärmeversorgung, beispielsweise, was den Energieträgereinsatz und die regionale Verteilung anbelangt, findet sich in Kapitel 2.3. In 2020 gab es in Brandenburg 28 Gemeinden bzw. Städte mit insgesamt 32 durch die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) geförderten **integrierten Quartierskonzepten**. In 14 Fällen gab es außerdem ein durch die KfW gefördertes Sanierungsmanagements. Die Quartierskonzepte umfassen meist sowohl die energetische Sanierung als auch eine Transformation der Wärmeversorgung im Quartier. Zudem werden häufig Wechselwirkungen mit der gesamten Stadt oder Kommune in Betracht gezogen und Kommunikationsmaßnahmen, z.B. mit Eigentümer/innen umgesetzt (MIL 2020).

Für die Entwicklung des absoluten Wärmeverbrauchs ist die **Flächenentwicklung** bei den Gebäuden wichtig. Zwischen 2011 und 2019 wurden in Brandenburg insgesamt knapp 48.800 Wohngebäude mit rund 74.100 neuen Wohnungen und einer Fläche von rund 8 Mio. m<sup>2</sup> errichtet,

wobei der Zubau tendenziell zugenommen hat. Seit 2016 sind jährlich knapp 10.000 Wohnungen in neu errichteten Gebäuden entstanden. Seit 2011 wurden außerdem knapp 6.000 Nichtwohngebäude mit einer Nutzfläche von 6 Mio. m<sup>2</sup> errichtet. Abgegangen sind seit 2011 2.221 Wohngebäude mit einer Wohnfläche von knapp einer Mio. m<sup>2</sup>. Häufige Gründe für den Abgang sind der Neubau von Wohngebäuden, Nutzungsänderungen und laut Statistik die Schaffung von Freiflächen. Die Schaffung von Freiflächen ist allerdings eher ein Ergebnis des Rückbaus von Wohnungen (vor allem im Weiteren Metropolenraum), da aufgrund des Bevölkerungsrückgangs in manchen Regionen weniger Wohnraum benötigt wird als verfügbar ist. Etwas höher ist die Zahl der abgegangenen Nichtwohngebäude mit insgesamt 5.349 und einer Fläche von 3,2 Mio. m<sup>2</sup>. Insgesamt gab es damit in den letzten Jahren einen steigenden Flächenzuwachs insbesondere durch den Zubau von Wohngebäuden (AfS BBB 2020i; AfS BBB 2019e; AfS BBB 2018; AfS BBB 2017; AfS BBB 2016; AfS BBB 2015; AfS BBB 2014; AfS BBB 2013; AfS BBB 2012). Der zukünftige Flächenbedarf hängt vor allem von der Bevölkerungsentwicklung ab. Dabei zeichnen sich in Brandenburg regional sehr unterschiedliche Entwicklungen ab. Während im Berliner Umland eine deutliche Zunahme der Bevölkerung erwartet wird, wird auch zukünftig von einer Bevölkerungsabnahme im Weiteren Metropolenraum ausgegangen (LBV 2021a). In schrumpfenden Regionen ist unter Umständen sogar von höheren Abriss- als Neubauraten auszugehen, während in wachsenden Regionen Neubau eine größere Rolle spielen wird.

Neben dem Wärmeverbrauch der Gebäude zählt der Stromverbrauch der privaten Haushalte nach Verursacherbilanz zum Sektor Gebäude. Die Höhe des Stromverbrauchs wird vor allem über die Geräteeffizienz und die Haushaltsgröße bzw. Einwohnerzahl bestimmt. Im Jahr 2019 zählte Brandenburg 2,5 Mio. Einwohner/innen mit einer durchschnittlichen Haushaltsgröße von zwei Personen (AfS BBB 2020b; AfS BBB 2020c). Mit Fokus auf **Stromverbrauch und Konsum** sind der Ausstattungsgrad und die Struktur der Konsumausgaben von Interesse:

1. Anteil der Haushalte, die in 2018 über folgende Ausstattungsgegenstände verfügte: 97 % Mobiltelefon, 89 % PC, 92 % Internetanschluss, 96 % Fernseher, 91 % Elektroherd, 10 % Gasherd, 98 % Waschmaschine, 71 % Geschirrspülmaschine (AfS BBB 2019d).
2. Anteil an Konsumausgaben in 2018: 32 % Wohnen, Miete, Wohnungsinstandhaltung, 18 % Freizeit, Unterhaltung, Kultur und Beherbergung, 14 % Nahrungsmittel, Getränke und Genussmittel, 14 % Verkehr sowie 10 % Bekleidung und Wohnungsausstattung (AfS BBB 2020j).

Die Konsumausgaben privater Haushalte haben im Jahr 2018 rund 50 % der Gesamtausgaben und 48 % der Gesamteinnahmen ausgemacht. Die Bevölkerungsanzahl in Brandenburg ist zwischen 2010 und 2019 unwesentlich von 2,503 Mio. auf 2,522 Mio. Einwohner/innen angestiegen, während die Haushaltsgröße in diesem Zeitraum konstant geblieben ist (AfS BBB 2020b; AfS BBB 2020c). Im Zeitraum von 2008 bis 2018 sind die Ausstattungsgrade mit typischen Haushaltsgeräten von einem bereits hohen Niveau weiter angestiegen und die Konsumausgaben haben sich um 26 % erhöht (AfS BBB 2019d; AfS BBB 2020j). Die Entwicklung bei der Geräteeffizienz und der Ökostromanteil kann aus bundesweiten Studien für Brandenburg abgeleitet werden. Zwischen 2008 und 2017 ist der Marktanteil von energieeffizienten Kühlgeräten von 9 % auf 81,4 % signifikant gestiegen. Der Marktanteil energieeffizienter Produkte war in anderen Kategorien in 2017 ebenfalls hoch: für Waschmaschinen 89,3 %, für Gefriergeräte 88,4 %, für Wäschetrockner 81,1 % und für Geschirrspülmaschinen 75,6 % (Wilke 2020b). Die erhöhte Geräteeffizienz und die steigenden Ausstattungsgrade und -bestände beeinflussen die Entwicklung des Energieverbrauchs dabei gegenläufig (Wilke 2020a). Der Bereich effiziente Beleuchtung (LED-, Leuchtstoff- und Energiesparlampen) konnte den Marktanteil von 33,8 % in 2012 auf 59,4 % in 2017 ausweiten (Wilke 2020b). Der Anteil an Ökostrom bei den privaten Haushalten hat sich bundesweit im Zeitraum von 2009 bis 2019 von 5 % auf 28 % (bzw. 33,4 TWh) kontinuierlich erhöht. Der Anteil

an Haushaltskunden mit Ökostrom ist kongruent von 5 % auf 26 % gestiegen (BNetzA und BKartA 2020).

Zur Entwicklung des Stromverbrauchs und des Prozesswärme- und -kälteverbrauchs im Bereich GHD finden sich Informationen im Kapitel zum Sektor Industrie (siehe Kapitel 2.6), da die Entwicklung vor allem von der Wirtschaftsleistung abhängt.

### 2.4.3 Rahmenbedingungen und Trends

Für die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Sektor Gebäude in den nächsten Jahren ist vor allem relevant, wie sich die Sanierungs- und Neubauaktivitäten entwickeln und welche Anlagentechnik im Falle eines Heizungswechsels eingebaut wird. Dabei spielen die politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen eine entscheidende Rolle.

Für die Sanierungs-, Modernisierungs- und Neubauaktivitäten sowie auch den Stromverbrauch in Brandenburg sind Entwicklungen und Instrumente auf Bundesebene relevant, u.a. die Entwicklung der **Energiepreise und des CO<sub>2</sub>-Preises**, die Verfügbarkeit von Förderprogrammen, ordnungsrechtlichen Vorgaben sowie Informations- und Beratungsangeboten. Die **EU** setzt den Rahmen für die Entwicklung der **Bundesgesetze und -programme**. Auf EU-Ebene ist vor allem das Fit-für-55-Paket der EU Kommission relevant, das die Erreichung der verschärften Klimaschutzziele sicherstellen soll. Die noch in Abstimmung befindlichen Vorschläge sehen unter anderem ein zusätzliches Emissionshandelssystem für den Gebäudebereich vor (ETS II) vor, das bei den Kraftstoffhändlern ansetzt und durch sinkende Zertifikatmengen eine Reduktion der Emissionen um rund 5 % pro Jahr ab 2026 erreichen soll. Zudem ist vorgesehen, die für den Wärmemarkt relevanten Richtlinien umfassend zu überarbeiten, wodurch die Mitgliedstaaten zu mehr Effizienz verpflichtet werden sollen. Dabei wird zum einen die öffentliche Hand in die Pflicht genommen und jährlich zur Sanierung von 3 % der öffentlichen Gebäudeflächen zu Niedrigstenergiehäusern verpflichtet (nicht mehr nur Bundesgebäude). Zudem ist eine Wärmeplanung auch auf regionaler und lokaler Ebene vorgesehen. Die Mitgliedsstaaten müssen sich zu EE-Anteilen in Gebäuden Ziele setzen, und im Bereich Wärme/Kälte soll eine Steigerung des EE-Anteils um 1,1 % pro Jahr verpflichtend werden. Nicht zuletzt setzt die EU-Renovation Wave europaweit das Ziel einer Verdopplung der Sanierungsraten und einer Erhöhung der Sanierungstiefen. Die Geräteeffizienz von Haushaltsgeräten wird vor allem durch die Erneuerung der EU-Ökodesign-Richtlinie über die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte beeinflusst. Die Ökodesign-Richtlinie umfasst u. a. Anforderungen an die Energieeffizienz von Haushaltsgeräten sowie im Bereich Beleuchtung. Zudem sollen Anforderungen an die Eigenschaften Reparierbarkeit und Ersatzteile festgelegt werden (BMU 2019b). Auch die Verordnung zur Festlegung der EU-Energieverbrauchskennzeichnung von 2017 soll es Konsument/innen erleichtern, energieeffiziente Produkte zu erkennen (EU 2017, S.2; EC 2019d S. 23).

Aus den Aktivitäten auf EU-Ebene wird sich in den nächsten Jahren ein erheblicher **Anpassungsbedarf für den bundespolitischen Rechts- und Förderrahmen** ergeben. Das Urteil des Bundesverfassungsgerichts zum Klimaschutzgesetz und die Anhebung des Treibhausgasminde-rungsziels von 55 auf 65 % im Vergleich zu 1990 werden ebenfalls zu einer Anpassung der Klimaschutzinstrumente auf Bundesebene führen.

In den vergangenen drei Jahren wurden auf Bundesebene bereits mehrere **Instrumente zur Förderung von energetischen Sanierungen und Heizungserneuerungen** eingeführt bzw. modifiziert. Seit Anfang 2021 gilt der CO<sub>2</sub>-Preis im Wärmebereich, der sukzessive steigen soll (BEHG 2019). Eine wirkungsvolle Veränderung für die gebäudebezogene Wärmeerzeugung ist außerdem, dass seit Anfang 2020 Ölheizungen nicht mehr von der KfW gefördert werden und ab 2026

nach dem neuen Gebäudeenergiegesetz (GEG) für Neuanlagen in der Regel verboten sind. Bereits Anfang 2020 wurde die steuerliche Förderung von energetischen Sanierungen durch selbstnutzende Eigentümer/innen eingeführt (EStG § 35c). Die unterschiedlichen Förderangebote von KfW und dem Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) sind inzwischen zusammengefasst in der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG). Ab Anfang 2020 wurden die Förderprogramme der KfW zum energieeffizienten Sanieren aufgestockt und attraktiver gestaltet. Vor allem die Förderbedingungen für Wärmepumpen für die gebäudeindividuelle Versorgung sind seitdem deutlich günstiger, da höhere Zuschüsse gewährt werden. Neu eingeführt wurde auch der individuelle Sanierungsfahrplan (iSFP), der mit zusätzlichen Tilgungszuschüssen bei der Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen aus dem iSFP einhergeht. Die in 2021 neu eingeführte Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) fördert im Unterschied zu dem bereits länger existierenden Programm „Wärmenetze 4.0“ auch Einzelmaßnahmen, wie beispielsweise einzelne Erzeuger, die in Wärmenetze einspeisen. Neben den Investitionsförderungen für Bestandsnetze und neue Wärmenetze wurde außerdem eine Betriebsprämie für Wärmepumpen und Solarthermieanlagen eingeführt, was die Wirtschaftlichkeit von Groß-Wärmepumpen, die in Wärmenetze einspeisen, deutlich verbessert und die Entwicklung von Quartierswärmekonzepten unterstützt. Zudem wurden die Förderkonditionen der KfW-Programme zur energetischen Stadtsanierung (432 und 201/202), die für energetische Quartierskonzepte und deren Umsetzung relevant sind, im letzten Jahr verbessert.

Auf der **Landesebene** enthält die Energiestrategie 2030 des Landes Brandenburg u.a. auch Maßnahmen, die den Sektor Gebäude betreffen. Die Anzahl an Energieberatungen soll in Brandenburg zum Beispiel erhöht werden, indem ein Netzwerkknoten von Verbraucherzentralen, Initiativen und Energieberatern gebildet wird und Kooperationen aufgebaut werden (MWE und Ministerium für Wirtschaft und Energie des Landes Brandenburg 2018). Energieberatungen für private Haushalte bieten vor allem die Verbraucherzentralen an, für Unternehmen gibt es zudem Angebote von der Energieagentur Brandenburg. Das Land Brandenburg bietet außerdem ergänzend zu den Bundesprogrammen verschiedene Förder- und Beratungsprogramme an. Über die Investitionsbank des Landes Brandenburg (ILB) stehen beispielsweise Darlehen und Zuschüsse für energetische Sanierungen über die Programme „Wohneigentum – Modernisierung/ Instandsetzung“ und „Mietwohnungsbau Modernisierung“ zur Verfügung. Finanzschwache Kommunen können Zuschüsse für Energieeffizienzverbesserungen in öffentlichen Gebäuden erhalten. Weitere Programme, in denen auch energetische Sanierungsmaßnahmen finanziell unterstützt werden, sind unter anderem das Landesprogramm zur Förderung der Stadt- und Ortsentwicklung im ländlichen Raum und Landesprogramm Kitaausbau. Bislang existierten außerdem Förderungen für NWG über das Brandenburger Förderprogramm RenPLUS über den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE). Das Programm wird aktuell überarbeitet. Die Maßnahme „Unterstützung der Durchführung von Energie- bzw. Stromsparberatungen und -informationen für private Haushalte durch die Etablierung eines Netzwerkknotens“ im aktualisierten Maßnahmenkatalog zur Energiestrategie 2030 soll die Beratung und Information privater Haushalte in Brandenburg unterstützen (MWAE 2018).

Bislang ist, wie oben dargestellt, **kein Rückgang des Endenergieverbrauchs** an Raumwärme und Warmwasser zu erkennen - weder absolut noch spezifisch bezogen auf den Quadratmeter beheizte Fläche. Der Netto-Flächenzuwachs an Wohnflächen und Nutzflächen in Nichtwohngebäuden, der sich aus den Zahlen zu Abriss und Neubau ergibt, trägt ebenfalls dazu bei, dass der absolute Wärmeverbrauch in den letzten Jahren nicht gesunken ist. Die neu eingeführten bzw. modifizierten Maßnahmen auf Bundes- und Landesebene hatten voraussichtlich bis zum Jahr 2020 eine geringe Reduktionswirkung auf den spezifischen Energieverbrauch der Gebäude. Die Wirkung setzt aufgrund von Planungs- und Bauphasen erst zeitverzögert ein, zudem sind Hemm-

nisse für Vermieter/innen durch die neuen Maßnahmen nicht hinreichend adressiert. Bei der gebäudeindividuellen Wärmeversorgung zeigt sich ein Trend (Daten bis 2018) weg von Öl und hin zum Gas und in geringerem Maße auch hin zu den erneuerbaren Energien (AfS BBB 2019c). Deutschlandweit zeigen die Verkaufszahlen des BDH Köln, dass stetig mehr Luft-Wärmepumpen – vor allem im Neubau –, aber nach wie vor auch Gas-Brennwertkessel vertrieben werden. Der deutlich höhere Anteil an Wärmepumpen am Gesamtmarkt der Wärmeerzeuger in 2020 (BDH 2021) ist voraussichtlich auf die verbesserten Förderungen auf Bundesebene zurückzuführen. Es ist davon auszugehen, dass sich der **Trend zur Wärmepumpe** in Zukunft wegen einer Kombination aus besseren Förderbedingungen und einer höheren Sensibilität für die Entwicklung der Energiepreise und des CO<sub>2</sub>-Preises verstärken wird. Dies kann auch dadurch unterstützt werden, dass Wärmepumpensysteme zunehmend höhere Vorlauftemperaturniveaus erreichen und somit perspektivisch auch für Radiatorheizungen und damit im Zuge von Bestandssanierungen relevant werden können (Schellhorn 2020). Dabei spielen die Effizienz bzw. der Wirkungsgrad eine große Rolle, der bei Erd-Wärmepumpen höher ist als bei Luft-Wärmepumpen. Deutschlandweit lag der Anteil an Erd-Wärmepumpe an den in 2020 insgesamt abgesetzten Wärmepumpen bei nur etwa 20 % und damit geringer als der Anteil an den insgesamt installierten Wärmepumpen (bwp 2021).

Neben Sanierungen und Heizungswechseln kann das **Nutzungsverhalten** und auch die fortschreitende **Digitalisierung** und ihr Einfluss auf die **Effizienz der Wärmeerzeuger** sowie auf das Nutzungsverhalten einen nicht unerheblichen Einfluss auf den Sektor Gebäude entfalten. Das Nutzungsverhalten kann, beispielsweise durch das Lüftungsverhalten oder die Wahl einer höheren Raumtemperatur nach einer Sanierung, zunächst dazu führen, dass energetische Sanierungen nicht in allen Gebäuden und Wohnungen gleichermaßen zu den vorab berechneten Energieeinsparungen führen, sondern im Einzelfall geringer ausfallen. Dieser Effekt wird als Rebound-Effekt bezeichnet. Bezogen auf einzelne Gebäude können dadurch nennenswerte Abweichungen zwischen Verbrauch und Bedarf auftreten – auch bzw. gerade bei ambitionierten Sanierungen auf Passivhaus-Standard (BINE 2015). Digitale Anwendungen können auf der anderen Seite Effizienzsteigerungen bewirken oder das Nutzungsverhalten positiv beeinflussen. Anwendungen, die im Bereich Gebäude und Haushalte als Technologien zur Verfügung stehen und auch bereits im Einsatz sind, sind beispielsweise smarte Thermostate, smarte Heizungsregelung (z. B. über Wetterprognose), smarte Wärme- und Stromverbrauchserfassung (inkl. Feedbacksystemen und Smart Metering) und Gebäudeleittechnik bzw. -automation über regelungstechnische Optimierung in Nichtwohngebäuden. Beim Stromverbrauch kommt die Lichtsteuerung mit Präsenz- und Bewegungssensoren hinzu. Ein Einsatz dieser Anwendungen in der Breite findet bislang noch nicht statt. Gerade im Nichtwohnbereich werden über die Gebäudeleittechnik bzw. -automation hohe Klimaschutzwirkung gesehen. Einer Wetterprognosesteuerung von Heizanlagen wird neben den Nichtwohngebäuden auch bei Mehrfamilienhäusern ein nennenswertes Effizienzsteigerungspotenzial im Betrieb der Heizungsanlagen zugesprochen (Gähns et al. 2021).

#### 2.4.4 Zwischenfazit und Handlungsbedarfe

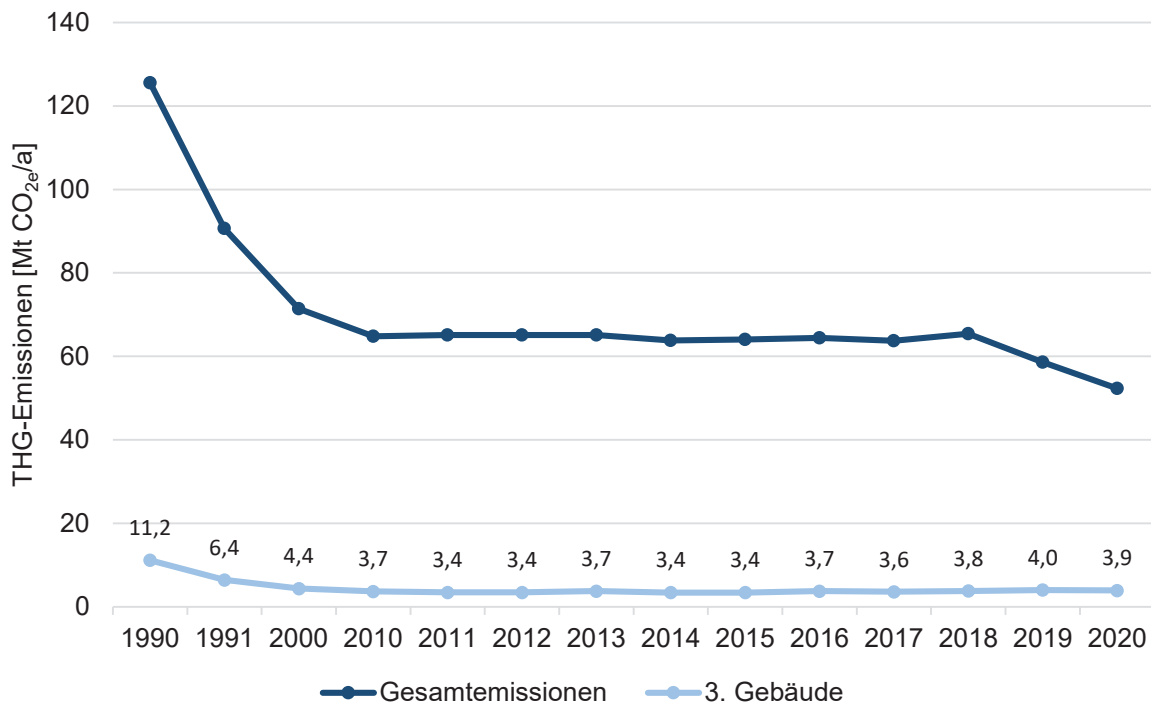
Nach Quellenbilanz sind dem Sektor Gebäude etwa 8 % der jährlichen Emissionen in Brandenburg zuzuordnen (Abbildung 19). Die nachfolgenden beiden Abbildungen zeigen, dass im Sektor Gebäude seit mittlerweile über 10 Jahren die THG-Emissionen tendenziell stagnieren. Eine lineare Trendfortschreibung auf Basis der Daten der letzten 10 Jahre offenbart hier sogar eine leicht ansteigende Tendenz (

Abbildung 20). Dies erklärt sich durch die in den vorherigen Kapiteln dargestellte mehr oder weniger stagnierende Entwicklung des spezifischen Heizenergieverbrauchs, den absoluten Zuwachs an Wohnflächen und Nutzflächen in den Nichtwohngebäuden sowie den nur geringen Fortschritt beim Energieträgerwechsel hin zu erneuerbaren Energien.

Nicht berücksichtigt bei diesen Zahlen sind die Emissionen aus Fernwärme und Strom, die nach Quellenbilanz dem Sektor Energie zugeordnet werden. Nach Verursacherbilanz, die diese Emissionen einbezieht, liegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Sektor Gebäude mit 8,2 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> im Jahr 2018 deutlich höher (13 % der jährlichen Emissionen in Brandenburg).

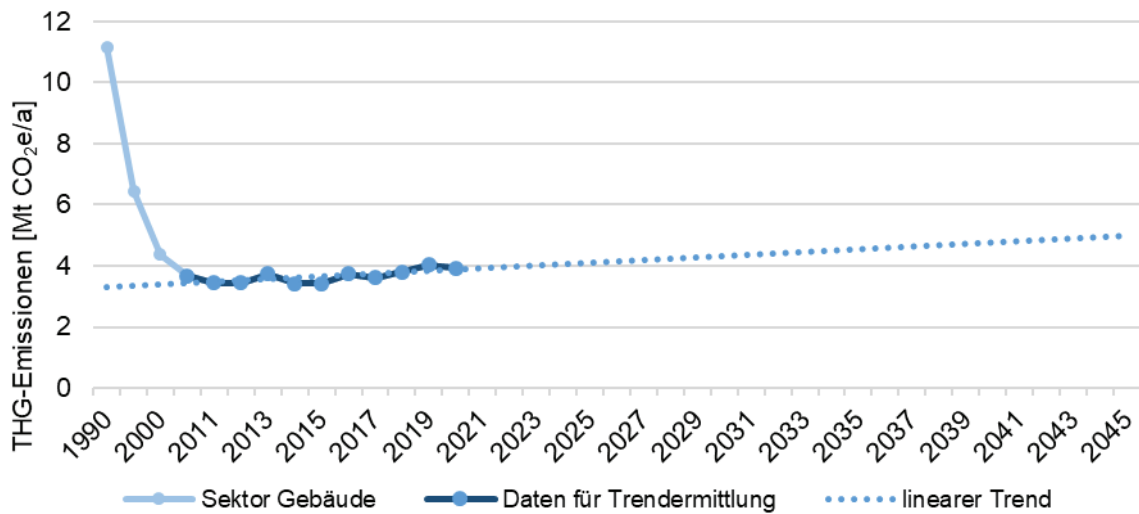
**Abbildung 19: THG-Emissionen Brandenburg, KSG-Sektor Gebäude von 1990 - 2020**

Quelle: Eigene Darstellung nach LfU (2021b), Thünen (2020), AfS BBB (2019a), UBA (2021d).



**Abbildung 20: Linearer THG-Emissionstrend für den KSG-Sektor Gebäude**

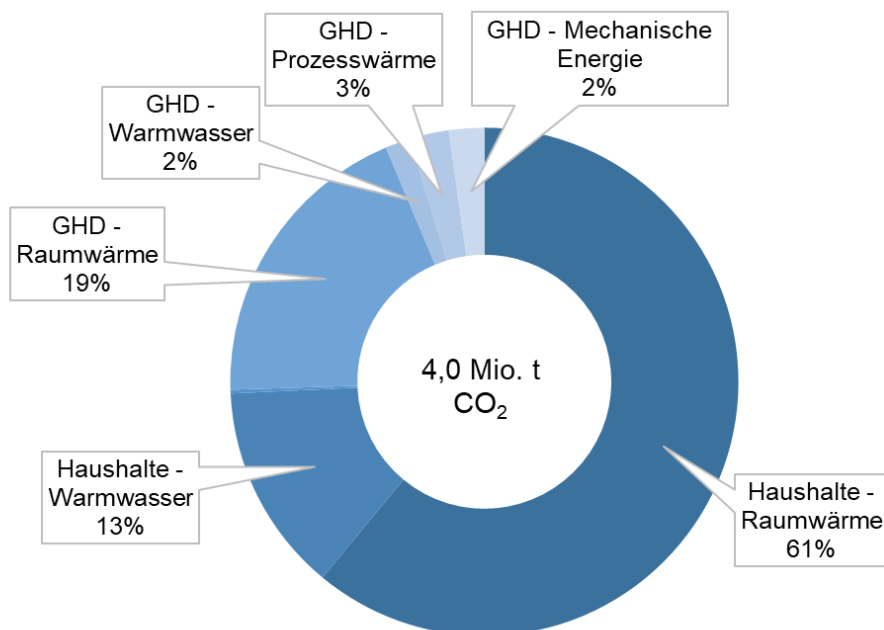
Quelle: Eigene Darstellung nach LfU (2021b), Thünen (2020), AfS BBB (2019a), UBA (2021d).



Die Gegenüberstellung der beiden Bilanzen für das Jahr 2018 in Abbildung 21 und Abbildung 22 zeigt deutlich die hohe Relevanz der Raumwärmebereitstellung für den Klimaschutz. Die Verursacherbilanz zeigt außerdem, dass dem Sektor Gebäude als Verursacher für einen relevanten Anteil des Energieverbrauchs und der damit einhergehenden Emissionen eine wichtige Rolle für das Erreichen der Klimaschutzziele in Brandenburg zukommt.

**Abbildung 21: THG-Emissionen Brandenburg im Sektor Gebäude nach Quellenbilanz nach KSG, im Jahr 2018**

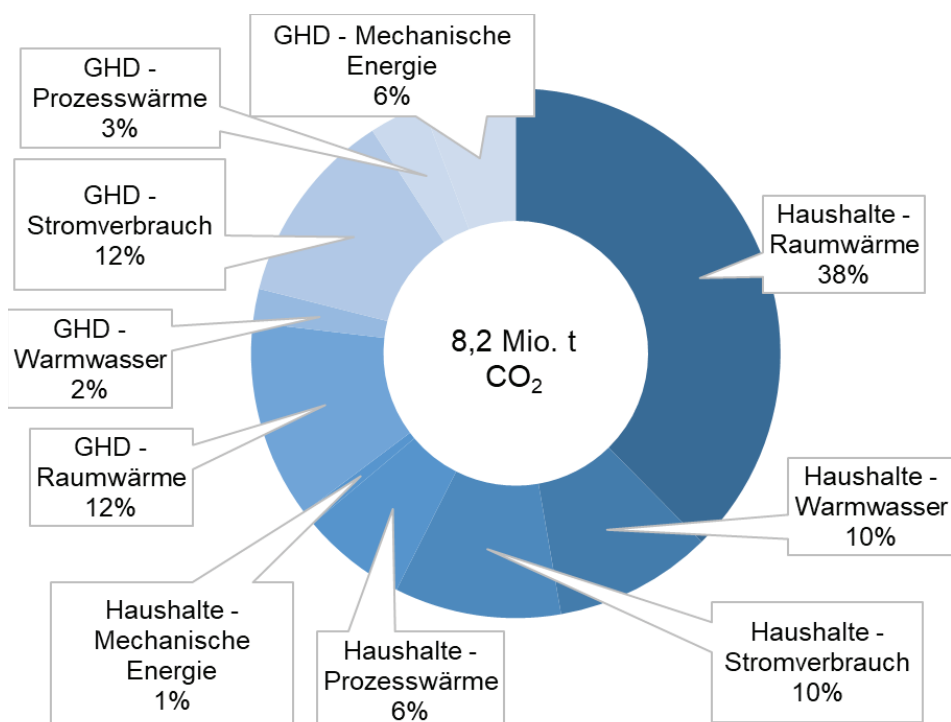
Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung nach AfS BBB (2021c).



**Abbildung 22: THG-Emissionen Brandenburg im Sektor Gebäude nach Verursacherbilanz, im Jahr 2018**

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung nach AfS BBB (2021c).

Erläuterung: In der Kategorie Stromverbrauch finden sich die Emissionen aus der Bereitstellung von Klimakälte und Prozesskälte.





Für die **Entwicklung in den kommenden Jahren** ist es entscheidend, wie sich der bislang zu beobachtenden Netto-Zuwachs der Wohn- und Nutzflächen entwickelt, und ob die neuen Programme und Rahmenbedingungen zu einer Zunahme an energetischen Sanierungen, zu einem verstärkten Wechsel zu klimafreundlichen Energieträgern und erneuerbaren Energien, zur Entwicklung von klimaneutralen Quartieren und zu Effizienzsteigerungen im Betrieb von Heizungen führen. Tendenziell ist eine Zunahme energetischer Sanierungen vor allem bei Ein- und Zweifamilienhäusern sowie bei Nichtwohngebäuden zu erwarten. Ob mit den geltenden Regelungen die erforderlichen bundesweiten Einsparungen gemäß KSG im Sektor Gebäude erreichbar sind, wird in den beauftragten Analysen und der Stellungnahme des Expertenrats für Klimafragen (zuständiges Gremium gemäß KSG) bezweifelt (Expertenrat für Klimafragen 2021). Bei den **Energieträgern** für Heizung und Warmwasser ist in den nächsten Jahren ein noch verstärkter Rückgang von Ölheizungen zu erwarten – zugunsten von Gas-Brennwertkesseln aber wegen der günstigen Förderungen und der Entwicklung des Gaspreises, inklusive des steigenden CO<sub>2</sub>-Preises, auch mehr und mehr zugunsten von Wärmepumpen. Dennoch ist davon auszugehen, dass auch weiterhin die Gasheizung bei der Wärmeerzeugung dominant bleibt.

Ein Blick auf die Trendkurve zeigt in der Summe: Wenn der spezifische Wärmeverbrauch weiterhin stagniert oder sogar leicht ansteigt, die Wohn- und Nutzflächen weiter zunehmen und ein Energieträgerwechsel nur in geringem Maße stattfindet, dann werden auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen weiter zunehmen. Aufgrund der geänderten bundesweiten Rahmenbedingungen sowie der aktuell gestiegenen fossilen Energiepreise ist aber zu erwarten, dass der Energieverbrauch nicht weiter steigen und zudem die Wärmepumpe an Bedeutung gewinnen werden. Dadurch ist in den nächsten Jahren ohne weitere Interventionen bereits mit einem **leichten Rückgang der CO<sub>2</sub>-Emissionen** zu rechnen. Das erzielbare Tempo und der Umfang der CO<sub>2</sub>-Reduktion wird jedoch nicht als ausreichend angesehen, um eine grundlegende Änderung des in den letzten Jahren und Jahrzehnten zu beobachtenden Trend zu bewirken.

Für die zukünftige Entwicklung ist außerdem davon auszugehen, dass berlinnahe Gemeinden und Gemeinden mit guter Verkehrsanbindung weiter an Attraktivität gewinnen werden und sich dies auch an der Entwicklung der Neubauzahlen und des jeweiligen Immobilienmarktes widerspiegeln wird. Da die Wirtschaftlichkeit und der Anreiz zur energetischen Sanierung unter anderem auch von dem regionalen Mietniveau abhängen, ist es wahrscheinlich, dass sich **regionale Unterschiede und Dynamiken** in den Sanierungsaktivitäten verstärken und ggf. unterschiedliche Maßnahmen notwendig sind, um höhere Sanierungsraten und -tiefen zu erreichen.

Aus den bisherigen und zu erwartenden Entwicklungen lassen sich in der Summe folgende Handlungsbedarfe ableiten:

#### **Gebäudeenergieeffizienz und nachhaltiges Bauen:**

- Die bislang eher stagnierende Sanierungsrate und -tiefe muss deutlich gesteigert werden, in allen Segmenten der Wohn- und Nichtwohngebäude und sowohl in Wachstums- als auch in Schrumpfräumen.
- Im Neubau müssen sehr hohe energetische Standards, nachhaltige Baumaterialien und der Einsatz von erneuerbaren Energien Standard werden. Dabei sollte auch die graue Energie aus dem Bau und der Entsorgung berücksichtigt werden.

#### **Klimaneutrale Energieversorgung in Gebäuden und Quartieren:**

- Der Trend bei der Wärmeversorgung von Bestandsgebäuden zum Gas-Brennwertkessel als Ersatz zu Heizöl-Kesseln muss gewandelt werden zu einem eindeutigen Wechsel hin zu Wärmepumpen – wo möglich zu den gegenüber Luft-Wärmepumpen effizienteren

Erd-, Abwärme- und Wasser-Wärmepumpen - und – wo aufgrund der Infrastrukturen möglich – zu dekarbonisierten Wärmenetzen.

- Verfügbare Potenziale zur Quartiersentwicklung mit klimaneutraler Wärmeversorgung sollten systematisch genutzt werden (z.B. Abwasserwärme, Geothermie).
- Die Potenziale zur dezentralen Stromerzeugung, vor allem durch PV, müssen bei Wohn- und Nichtwohngebäuden umfassend ausgeschöpft werden.

**Effizienz und Suffizienz:**

- Die Potenziale zur Effizienzsteigerung im Anlagenbetrieb und zur Steuerung des Nutzerverhaltens, die durch die Digitalisierung entstehen, müssen vor allem bei den Nichtwohngebäuden und bei größeren Mehrfamilienhäusern systematisch genutzt werden.
- Für die Höhe des absoluten Wärmeverbrauchs ist der Flächenzuwachs von Bedeutung. Dabei ist es u.a. wichtig, dass die Wohnfläche pro Kopf nicht zunimmt.

Die **Vorbildfunktion der öffentlichen Gebäude** muss sich übergreifend in hohen Effizienzstandards bei Neubau und Bestandssanierung, in effizienten und erneuerbaren Heizungsanlagen, dem PV-Ausbau sowie als Vorreiter in der Quartiersentwicklung manifestieren.

Die Handlungsbedarfe, die den Stromverbrauch und die Prozesswärme- und -kältebereitstellung im Bereich GHD betreffen, werden im Sektor Industrie (s. Kapitel 2.6) beschrieben.