

MACHBARKEITSSTUDIE KLIMANEUTRALER WOHNUNGSBAU

In Schleswig-Holstein

Impressum

Herausgeber:

Prof. Dipl.-Ing. Dietmar Walberg

Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes
Bauen e.V.

Walkerdamm 17

24103 Kiel

Telefon 0431 – 66369-0

Telefax 0431 – 66369-69

mail@arge-ev.de

www.arge-ev.de

Autoren:

Prof. Dietmar Walberg, Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.

Timo Gniechwitz, Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.

Thorsten Schulze, Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.

Joachim Herrmann, Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.

Markus Kempe, Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.

Klaus Paare, Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.

Erik Brauer, IB.SH Energieagentur

Reinhard Schnell, IB.SH Energieagentur

Dr. Julia Kroh, IB.SH Energieagentur

Sonja Spital, RegioKontext GmbH

Katharina Enders, RegioKontext GmbH

Arnt von Bodelschwingh, RegioKontext GmbH

Claudia Lüling, Werner Sobek AG

Dr. Stefanie Weidner, Werner Sobek AG

Bildnachweis:

Titelfoto – Bernadette Grimmerstein, Nutzungsrechte: MIKWS, IB.SH und ARGE eV

ISBN 978-3-939268-76-5

Die Bauforschungsberichte erscheinen in loser Folge.

Kiel, September 2024

Machbarkeitsstudie klimaneutraler Wohnungsbau in Schleswig-Holstein

Klimaneutrales Wohnen 2040/2045 in Schleswig-Holstein – Untersuchung zum Erreichen der Klimaneutralität im aktuellen Wohngebäudebestand und Wohnungsneubau in Schleswig-Holstein – möglichst noch fünf Jahre vor dem auf Bundesebene festgelegten Zielzeitpunkt – und Umsetzungsbetrachtung zu bautechnischen Sanierungs- und Neubauvarianten auf Basis repräsentativer Erhebungen zu baulichen Parametern, Rahmendaten, zur Sanierungshistorie der Gebäude, zu Aspekten der Wärmeversorgung sowie zur derzeitigen Sanierungstätigkeit mit dem analytischen Blick auf verschiedene, machbarkeitsorientierte Leitszenarien zur Klimaneutralität

Auftraggeber: Schleswig-Holsteinischer Gemeindetag e.V.
Reventloulallee 6
24105 Kiel

Auftragnehmer: Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.
Walkerdamm 17
24103 Kiel

Datum: 01.09.2024

Bauforschungsbericht Nr. 89

Herausgeber
Prof. Dipl.-Ing. Dietmar Walberg
Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.

Text und Inhalt

Kapitel 1: Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.

Prof. Dietmar Walberg, Timo Gniechwitz, Thorsten Schulze,
Joachim Herrmann, Markus Kempe, Klaus Paare

Kapitel 2: IB.SH Energieagentur

Erik Brauer, Reinhard Schnell, Dr. Julia Kroh

Kapitel 3: RegioKontext GmbH

Sonja Spital, Katharina Enders, Arnt von Bodelschwingh

Kapitel 4: Werner Sobek AG

Claudia Lüling, Dr. Stefanie Weidner

ISBN 978-3-939268-76-5

Die Bauforschungsberichte erscheinen in loser Folge.

ARGE//eV

Arbeitsgemeinschaft
für zeitgemäßes Bauen e.V.

Inhaltsverzeichnis

Glossar	3
Grußwort der Ministerin für Inneres, Kommunales, Wohnen und Sport.....	7
Grußwort des Schleswig-Holsteinischen Gemeindetags	9
Vorwort und Einleitung	10
1. Machbarkeitsstudie klimaneutraler Wohnungsbau in SH	13
1.1. Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein	13
1.1.1. Struktur und Baualter	13
1.1.2. Sanierungszustand (energetisch)	16
1.1.3. Energieverbrauch und CO ₂ -Emissionen	20
1.1.4. Energieträger und Heizungsalter	25
1.2. Perspektiven der Transformation	28
1.2.1. Sanierungsaktivitäten	28
1.2.2. Progressivitätsfolge	31
1.2.3. Zielstandards	33
1.2.4. Sanierungskosten	35
1.2.5. Gebäudeeffizienz	40
1.3. Entwicklungsprozess	41
1.3.1. CO ₂ -Entwicklungspfad (Szenarien).....	41
1.3.2. Klimaneutraler Wohngebäudebestand	45
1.4. Zusammenfassung	51
2. Potentiale leitungsgebundener Wärmeversorgung in SH	55
2.1. Zielsetzung	55
2.2. Methode.....	55
2.3. Ergebnisse.....	57
2.4. Zusammenfassung	59
3. Klimaschutz und Wohnkostenfolgen in SH	61
3.1. Executive Summary	61
3.2. Einleitung	62
3.3. Berechnung	63
3.4. Bestimmung der Grundannahmen und Variablen	65
3.5. Beispielhafte Haushaltstypen.....	66
3.5.1. Haushalte in Mehrfamilienhäusern.....	66
3.5.2. Haushalte in Einfamilienhäusern	72
3.6. Fazit.....	76
4. Graue Emissionen - Herausforderungen und Chancen für das Flächenland SH.....	78
4.1. Executive Summary	78
4.2. Einleitung	79
4.3. Abgleich der baulichen Ausgangslage Hansestadt Hamburg und Schleswig-Holstein.....	81
4.4. Exemplarische Untersuchung: Einfluss A/V-Verhältnis	83
4.5. Übertragung der Kernergebnisse.....	86
4.6. Detailuntersuchungen und Vergleiche	89
Quellen und Literatur	94
Anlage: Zentrale Handlungsempfehlungen.....	112

Glossar

Kurzerklärung von Grundbegriffen des Wohnungsbaus

Die im Folgenden aufgeführten Erläuterungen zu wichtigen Grundbegriffen des Wohnungsbaus wurden auszugsweise aus Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes¹ übernommen. Diese Definitionen finden in der vorliegenden Studie Anwendung, sodass durch diese einheitliche Basis ein Vergleich beispielsweise von Gebäude- und Wohnungsangaben möglich ist.

Gebäude

Als Gebäude gelten gemäß der Systematik der Bauwerke selbstständig benutzbare, überdachte Bauwerke, die auf Dauer errichtet sind und die von Menschen betreten werden können und geeignet oder bestimmt sind, dem Schutz von Menschen, Tieren oder Sachen zu dienen.

Gebäude, einzeln

Als einzelnes Gebäude gilt jedes freistehende Gebäude oder bei zusammenhängender Bebauung – z. B. Doppel- und Reihenhäuser – jedes Gebäude, das durch eine vom Dach bis zum Keller reichende Brandmauer von anderen Gebäuden getrennt ist. Ist keine Brandmauer vorhanden, so gelten die zusammenhängenden Gebäudeeinheiten als einzelne Gebäude, wenn sie ein eigenes Erschließungssystem (eigener Zugang und eigenes Treppenhaus) besitzen und für sich benutzbar sind.

Wohngebäude

Wohngebäude sind Gebäude, die mindestens zur Hälfte – gemessen am Anteil der Wohnfläche an der Nutzfläche nach DIN 277 (in der jeweils gültigen Fassung) – Wohnzwecken dienen.

Wohnung

Unter einer Wohnung sind nach außen abgeschlossene, zu Wohnzwecken bestimmte, in der Regel zusammenliegende Räume zu verstehen, die die Führung eines eigenen Haushalts ermöglichen. Wohnungen haben einen eigenen Eingang unmittelbar vom Freien, von einem Treppenhaus oder einem Vorraum. Zur Wohnung können aber auch außerhalb des eigentlichen Wohnungsabschlusses liegende zu Wohnzwecken ausgebauten Keller- oder Bodenräume (z. B. Mansarden) gehören.

Räume

Die Zahl der Räume umfasst alle Wohn-, Ess- und Schlafzimmer und andere separate Räume (z. B. bewohnbare Keller- und Bodenräume) von mindestens 6 m² Größe sowie abgeschlossene Küchen unabhängig von deren Größe. Bad, Toilette, Flur und Wirtschaftsräume werden grundsätzlich nicht mitgezählt. Ein Wohnzimmer mit einer Essecke, Schlafnische oder Küchennische ist als ein Raum zu zählen. Dementsprechend bestehen Wohnungen, in denen es keine bauliche Trennung der einzelnen Wohnbereiche gibt (z. B. sogenannte „Loftwohnungen“), aus nur einem Raum.

¹ Z.B. Statistisches Bundesamt: „Gebäude und Wohnungen, Bestand an Wohnungen und Wohngebäuden, Bauabgang von Wohnungen und Wohngebäuden“, Lange Reihen ab 1969-2021, Seite 3-4, Artikelnummer: 5312301217004, Wiesbaden 28.07.2022.

Wohnfläche

Die Wohnfläche (zu berechnen nach der Verordnung der Wohnfläche (Wohnflächenverordnung – WoFlV) vom 25. November 2003 (BGBl. I S. 2346)) umfasst die Grundfläche der Räume, die ausschließlich zu dieser Wohnung gehören, also die Flächen für Wohn- und Schlafräume, Küchen und Nebenräume (z. B. Dielen, Abstellflächen und Bad) innerhalb der Wohnung.

Abgang

Als Abgang werden im Rahmen der Abgangsstatisik Gebäude und Gebäudeteile erfasst, die durch ordnungsbehördliche Maßnahmen, Schadensfälle oder Abbruch der Nutzung entzogen werden oder deren Nutzung zwischen Wohn- und Nichtwohnzwecken (mit und ohne Baumaßnahmen) geändert wird.

Kurzerklärungen von Grundbegriffen aus dem Bereich der Gebäudesanierung

Energetische Maßnahmen

Bei energetischen Maßnahmen zur Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz kann es sich sowohl um Verbesserungen der energetischen Qualität der Gebäudehülle (oder einzelner Bauteile des Gebäudes, wie z.B. der Außenwände, Fenster oder Dachflächen etc.) als auch um eine Optimierung, Ergänzung oder Erneuerung der Anlagentechnik bzw. Wärmeversorgung (Nutzung erneuerbarer Energien ist hierbei von wesentlicher Bedeutung) handeln

Primärenergiebedarf

Der Primärenergiebedarf beschreibt die berechnete Energiemenge, welche – in der Theorie – zur Raumbeheizung, Warmwasserbereitung, Kühlung und Lüftung eines Gebäudes erforderlich ist. Bezogen wird diese Energiemenge auf einen Quadratmeter Gebäudenutzfläche. Ermittelt wird sie unter anderem unter Einbeziehung der vorgelagerten Prozesskette für die Gewinnung, Umwandlung und Verteilung des jeweiligen Energieträgers

Spezifischer Transmissionswärmeverlust

Der spezifische Transmissionswärmeverlust beschreibt die Wärmemenge, die bei Temperaturdifferenz zwischen innen und außen durch die Bauteile eines Gebäudes an die Umgebung abgegeben wird und ist somit ein Maß für die energetische Qualität der Gebäudehülle

Endenergiebedarf

Als Endenergiebedarf wird die Energiemenge bezeichnet, die den Anlagen für Heizung, Lüftung, Warmwasserbereitung und Kühlung zur Verfügung gestellt werden muss, um eine normierte Rauminnentemperatur und die Erwärmung des Warmwassers über das ganze Jahr sicherzustellen. Der rein rechnerisch ermittelte Wert trifft daher, im Gegensatz zum Verbrauchskennwert/Endenergieverbrauch keine Aussage über die tatsächlich verbrauchte Energie

Endenergieverbrauch

Der Endenergieverbrauch gibt die tatsächliche Energiemenge an, welche – in der Praxis – zur Raumbeheizung, Warmwasserbereitung, Kühlung und Lüftung eines Gebäudes verbraucht wird. Bezogen wird diese Energiemenge i.d.R. auf einen Quadratmeter Gebäudenutzfläche. Ermittelt werden kann dieser Wert unter anderem aus Energieabrechnungen bzw. Jahresverbrauchsaufstellungen z.B. des Energieversorgers. Der Endenergieverbrauch, der durch Umweltwärme gedeckt wird, ist in diesem Zusammenhang gesondert zu betrachten.

Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)

Der U-Wert eines Bauteils beschreibt, wie viel Wärme bzw. Energie [W] bezogen auf einen Quadratmeter des Bauteils [m²] bei einer spezifischen Temperaturdifferenz [K] vom Gebäudeinneren nach außen abgegeben wird. Der U_w-Wert (w für window) bezieht sich entsprechend auf das Bauteil „Fenster“. Auch hier gilt: Je niedriger der Wert, desto weniger Wärme bzw. Energie wird durch das Bauteil weitergeleitet und desto besser ist die Dämmeigenschaft

Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert)

Eine weitere Kenngröße im Zusammenhang mit dem Bauteil „Fenster“ ist der g-Wert bzw. Gesamtenergiedurchlassgrad. Dieser Wert erfasst die Energiedurchlässigkeit eines transparenten Bauteils z.B. der Verglasung. Er ergibt sich aus der direkt durchgelassenen Sonnenstrahlung und der sekundären Wärmeabgabe durch Abstrahlung und Konvektion

Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit eines Materials gibt an, wie viel Energie im Verhältnis zur Materialstärke bei einer bestimmten Temperaturdifferenz übertragen wird. Ist die Wärmeleitfähigkeit hoch, so wird viel Energie in Form von Wärme weitergeleitet. Je kleiner der Wert der Wärmeleitfähigkeit, desto besser ist folglich die Dämmwirkung des Materials

Sanierungsrate

Prozentsatz der jährlichen Sanierungen im Wohngebäudebestand

Energetische Sanierungsrate (ohne Maßnahmenbewertung)

Prozentsatz der jährlichen energetischen Teil-/Vollsanierungen im Wohngebäudebestand inkl. Kleinstmaßnahmen wie z.B. dem Austausch eines geringen Fensteranteils

Energetische Sanierungsrate (Vollsanierungsäquivalente)

Prozentsatz der jährlichen Vollsanierungsäquivalente im Wohngebäudebestand (alle energetischen Sanierungsmaßnahmen werden auf Basis ihrer jeweiligen energetischen Sanierungseffizienz in Form eines entsprechenden Anteils an Vollsanierungen betrachtet)

Energetische Sanierungstiefe

Durch energetische Maßnahmen (je nach Ausgangszustand an bestimmten Bauteilflächen, einzelnen Bauteilen oder Bauteilgruppen der Gebäudehülle sowie an Komponenten der Anlagentechnik bzw. Wärmeversorgung) zu erreichender Zielzustand im Wohngebäudebestand z.B. GEG, EH 115, EH 100, EH 70 etc. Vgl. hierzu auch das Stichwort Effizienzhausstandard

Energieeffizienzbedingten Kosten

Kosten zum Erreichen einer Energieeinsparung, die gegenüber einer reinen Instandsetzungsmaßnahme anfallen, das heißt anteilige Kosten für energetisch wirksame Bestandteile und Mehraufwendungen an einem Bauteil – Definition nach FEBS (Fachportal Energieeffizientes Bauen und Sanieren)

Instandsetzungskosten

Kosten für Maßnahmen zur Wiederherstellung des funktionsfähigen Zustands von (technischen) Anlagen, Geräten, Bauelementen und Funktionseinheiten des Gebäudes. Instandsetzung bedeutet oft die Reparatur bzw. den Austausch von

Bauteilen. In der Regel wird mit einer energetischen Sanierung das Gebäude auch instandgesetzt – Definition nach FEBS (Fachportal Energieeffizientes Bauen und Sanieren)

Progressivitätsfolge

Progressivitätsfolge ist ein Ranking der Wohngebäudebestände entsprechend ihres relativen Einsparpotenzials an Endenergieverbrauch und/oder CO₂-Emissionen (durch Maßnahmen an der Gebäudehülle und/oder Energie- bzw. Wärmeversorgung)

Dekarbonisierungspfad

Vorgesehener Pfad zur Entwicklung der Dekarbonisierung mit avisierter Zeit- und Maßnahmenplanung z.B. im Bereich der Energieträger und/oder Wärmeversorgung. Hierbei werden Handlungen und Prozesse, die CO₂-Emissionen emittieren, so umgestellt bzw. abgelöst, dass Freisetzung von CO₂-Emissionen unterleiben bzw. reduziert oder kompensiert werden.

Natürliche Senken

Beitrag natürlicher Ökosysteme zum Klimaschutz. Beispielsweise sind Wälder und Moore Kohlenstoffspeicher, sogenannte natürliche Senken – Definition nach den Ausführungen der Bundesregierung zum Generationenvertrag für das Klima (Klimaschutzgesetz)

Technische Senken

Beitrag von CO₂-Negativemissionstechnologien zum Klimaschutz. Ob Transport, Nutzung (CCU) oder Speicherung (CCS) von CO₂ aus Punktquellen oder der Atmosphäre, in den meisten Fällen stehen großen Potenzialen limitierende Faktoren gegenüber. Auch wenn die Technologien für technische Senken bereits heute grundsätzlich zur Verfügung stehen, besteht noch hoher Forschungs- und Entwicklungsbedarf – Definition nach den Ausführungen der DENA² (Deutsche Energie-Agentur GmbH)

Wohnkostenfolgen

Die Veränderungen der gesamten warmen Wohnkosten, nachdem alle Investitionskosten und solche für Anpassungen an der Gebäudehülle und der -technik in die Berechnung eingeflossen sind, werden als Wohnkostenfolgen bezeichnet. Dabei sind mögliche Einspareffekte bei den Betriebskosten und Ähnlichem (je nach Maßnahmenpaket) bereits inbegriffen. Die Wohnkostenfolgen bilden dabei die wirtschaftlich tatsächlich erforderlichen Kosten ab, die auf die Nettokaltmiete umgelegt werden können bzw. die ein nutzender Haushalt stemmen sollte, und nicht den – meist deutlich weitergehenden - gesetzlichen Rahmen der 8% Modernisierungskosten (gem. §559 (1) Bürgerliches Gesetzbuch (BGB)).

² DENA-Pressemitteilung vom 16.06.2021: „Klimaneutralität benötigt auch technische Senken“.

Grußwort der Ministerin für Inneres, Kommunales, Wohnen und Sport

Dr. Sabine Sütterlin-Waack

Mit dem Koalitionsvertrag haben wir uns als Landesregierung das gemeinsame Ziel gesetzt, bis 2040 erstes klimaneutrales Industrieland zu werden. Wie dringlich dies ist, zeigen die spürbaren Folgen des Klimawandels, sei es durch die Dürreperioden der letzten Sommer oder aber der Jahrhundertsturmflut im vergangenen Herbst, die unser Land so schwer getroffen hat. In Schleswig-Holstein gehören wir schließlich zu den ers-



ten, die die Folgen von zunehmenden Unwetterereignissen und steigendem Meeresspiegel erfahren. Heute versäumte Investitionen in den Klimaschutz werden in Zukunft ein Vielfaches an Kosten für Klimaanpassungsmaßnahmen nach sich ziehen, das zeigt schon die Notwendigkeit jetzt zu handeln. Gleichmaßen sind wir Gunststandort für Erneuerbare Energien. Wir haben daher eine große Verantwortung gegenüber den kommenden Generationen, unserer Vorreiterrolle beim Klimaschutz auch künftig gerecht zu werden und auf dem Pfad zur Klimaneutralität engagiert voranzugehen.

Mit dem Klimaschutzprogramm 2030, der einen Teil dieses Pfades beschreibt, hat sich das Land aufgemacht, konkret und messbar den Klimaschutz voranzubringen und gleichermaßen aufgezeigt, dass sich Klimaschutz und wirtschaftliches Wachstum miteinander verbinden lassen. Denn wir werden unsere großen Stärken als Energiewende-Land nutzen und mit Erneuerbaren Energien die Grundlage für grüne Industrie legen und damit klimagerechten Wohlstand generieren. Gleichwohl zeigt das Klimaschutzprogramm 2030 auch auf, in welchen Sektoren wir noch Herausforderungen zu bewältigen haben. Hierzu gehört auch der Gebäudesektor, der ca. für ein Drittel der CO₂-Emissionen verantwortlich ist. Dabei haben sich Eigentümerinnen und Eigentümer wie auch die Wohnungswirtschaft bereits auf den Weg gemacht und es wurde viel investiert. Denn in diesem Sektor machen die Wohngebäude den größten und damit auch entscheidenden Anteil am Gebäudebestand aus. Ein gutes Stück Wegstrecke haben wir noch vor uns.

Die vorliegende Machbarkeitsstudie soll vor diesem Hintergrund Antworten auf die wichtigsten Fragen geben: wie erreichen wir unsere Klimaziele im Gebäudesektor. Wie wahren wir dabei die Sozialverträglichkeit, damit Wohnen weiterhin bezahlbar bleibt. Und wie erreichen wir dies, ohne weitere Herausforderungen für den Wohnungsbau zu schaffen. Dabei wird in der Studie nicht nur die Nutzungsphase der Gebäude betrachtet, sondern sie beschäftigt sich auch mit den Treibhausgasemissionen, die für ein Gebäude anfallen, wenn es gebaut, saniert oder zurückgebaut wird. Damit wird auch die Frage aufgeworfen, ob wir derzeit nach den richtigen Kriterien bewerten, wenn wir über klimaschädliche oder –freundliche Gebäude sprechen.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass die Erreichung der Klimaziele im Wohngebäudesektor eine große Herausforderung ist. Sie bescheinigen uns, dass wir bereits über die notwendigen technischen Lösungen verfügen und zeigen auf, wo diese effizient und effektiv einzusetzen sind. Die Studie zeigt auch, dass die tradierten Betrachtungsweisen und Lösungswege zwingend zu überdenken sind, damit die Klimaneutralität gelingen kann, ohne die Bezahlbarkeit des Wohnens zu

gefährden. Nicht erst zum Schluss steht die Erkenntnis, dass die Energiewende nur gelingen kann, wenn wir die Herausforderung annehmen und alle dazu beitragen, dass sie niemanden überfordert.

Ich bedanke mich beim Schleswig-Holsteinischen Gemeindetag, der diese und weitere Fragen aufgegriffen und die Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. mit der Erarbeitung von Antworten beauftragt hat. Ich freue mich auch, dass mit der IB.SH Energieagentur, der RegioKontext GmbH und der Werner Sobek AG kompetente Partner gefunden werden konnten, die die Studie mit ihren Beiträgen bereichert haben.

Grußwort des Schleswig-Holsteinischen Gemeindetags

Jörg Bülow, Geschäftsführendes Vorstandsmitglied

Die Transformation des Gebäudebestandes auf dem Weg in die Klimaneutralität stellt eine der größten Herausforderungen für den Wohnungsbestand und die Wohnungswirtschaft dar. Auch Gemeinden halten vielfach Wohnraum vor und müssen sich mit der Frage befassen, welcher bauliche Aufwand in dem jeweiligen Gebäudebestand – abhängig von Alter, Zustand und Sanierungsquote – betrieben werden muss, um das Ziel der Klimaneutralität und einen zukunftsfähigen Gebäudebestand erreichen zu können. Mit Blick auf die zuletzt z.T. drastisch gestiegenen Baukosten und die in der Regel mietenbasierte Refinanzierung von Sanierungen droht das Ziel der Klimaneutralität nicht zuletzt auch zu einer sozialen Frage zu werden.



Im Zusammenhang mit der kommunalen Wärmeplanung ist der zukünftige Wärmebedarf vollständig und teilweise sanierter Gebäude eine entscheidende Information, um etwa die Rentabilität von Wärmenetzen bewerten zu können. Da die vorliegende Studie Ergebnisse liefert, die in mehrfacher Hinsicht für die Gemeinden relevant sind, haben wir ihre Erstellung sehr gerne unterstützt.

Die Erkenntnis, dass die Erreichung eines Dämmstandards auf dem Niveau eines Passivhauses für die Erreichung der Klimaziele gerade nicht erforderlich ist, dürfte für die Bewältigung der vorliegenden Herausforderungen eine entscheidende Perspektive aufzeigen.

Vielmehr gebietet der Ressourcenschutz, Dämmmaterial und ggf. wartungsintensive und im Lebenszyklus begrenzte Gebäudetechnik nur im erforderlichen Maß einzusetzen. Die vorliegende Studie hält für alle mit dem Thema Wohnen befasste Akteure wesentliche Informationen bereit, die für die Transformation des Gebäudebestandes entscheidend sind.

Vorwort und Einleitung

Mit der Vereinbarung des Klimabündnisses Schleswig-Holstein, bestehend aus allen Segmenten der Wohnungswirtschaft und dem Mieterbund mit der Landesregierung, begleitet von der Investitionsbank Schleswig-Holstein und der Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. vor nunmehr 17 Jahren wurden die Grundlagen für eine, bis heute in Deutschland einmalige Datenerhebung über den technisch-energetischen Sanierungszustand des Gebäudebestands in Schleswig-Holstein, des Energieverbrauchs und der damit zusammenhängenden CO₂-Emissionen sowie dem realen Sanierungsverhalten der unterschiedlichen Gruppen von Eigentümerinnen und Eigentümern gelegt. Auf der Basis dieser Daten und Erkenntnisse fußt die Möglichkeit, belastbare Aussagen über Gegenwart und Zukunft des Wohngebäudebestands in Schleswig-Holstein zu treffen.

Vor fünf Jahren begann an anderer Stelle, mit Auftrag des Senats der Freien und Hansestadt Hamburg an die Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. die Federführung – in Kooperation mit insgesamt acht namhaften Forschungseinrichtungen und Institutionen deutschlandweit – für die Erstellung einer Machbarkeitsstudie zur Erreichung der Klimaschutzziele der Freien und Hansestadt Hamburg für den dortigen Wohngebäudebestand zu übernehmen, die Chance erstmals in Deutschland realistische Betrachtungen über mögliche Vorgehensweisen und aller sich daraus ergebenden Konsequenzen für den Gebäudebestand, wie auch für die Eigentümerin und Eigentümer sowohl Nutzerinnen und Nutzer zu treffen. Vorgehensweise, Methodik und Szenarien, die dort entwickelt wurden, lieferten die Blaupause für Analysen und Prognosen zum Wohnungsbestand auch in anderen Regionen und Bundesländern, eben auch für Schleswig-Holstein.

Mit der vorliegenden Machbarkeitsstudie klimaneutraler Wohnungsbau in Schleswig-Holstein werden Wege der Transformation des hiesigen Wohngebäudebestands in Form von machbarkeitsorientierten Leitszenarien beschrieben. Diese zeigen transparent auf, wie das Ziel „klimaneutrales Wohnen“ in Schleswig-Holstein in näherer Zukunft erreichbar ist und welche Anstrengungen für den Zielkorridor 2045³ und welche zusätzlich für den Zielpfad 2040⁴ aufzuwenden sind.

In diesem Zusammenhang wurden sowohl die technischen und ökonomischen Herausforderungen als auch die Aspekte der Machbarkeit bzw. Umsetzungswahrscheinlichkeit sowie der Sozialverträglichkeit betrachtet. Ergänzend sind die Entwicklungsstrategien zusätzlich noch unter Einbeziehung des Themas der Grauen Emissionen – Gesamtbilanz über den Gebäudelebenszyklus – untersucht und bewertet worden. Durch diesen ganzheitlichen Blick auf den Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein lässt sich beispielsweise einschätzen, welche Maßnahmen bezogen auf die eingesetzten Ressourcen besonders effektiv sind und gleichzeitig das Ziel bezahlbarer Warmmieten in Schleswig-Holstein nicht gefährden.

Aufgrund des hohen Detaillierungsgrades und der Komplexität des zu untersuchenden Sachverhaltes wurde die Machbarkeitsstudie in Verbindung mit ergänzenden, weiteren Begleitstudien erstellt. Hierbei liefert die Machbarkeitsstudie auch einen genauen Überblick über den aktuellen Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein und seine Sanierungspotenziale im Hinblick auf den Energieverbrauch sowie die CO₂-Einsparung. In diesem Zusammenhang wurden

³ auf Bundesebene festgelegter Zielzeitpunkt

⁴ angestrebter Zielzeitpunkt auf Landesebene

ebenfalls vertiefende Erkenntnisse zur besonders erhaltenswerten Bausubstanz, zur Umstellung auf leitungsgebundene Wärmeversorgung sowie erneuerbare Energien bzw. klimaneutrale Energieträger berücksichtigt.

Die folgenden Forschungsarbeiten wurden im Rahmen der Machbarkeitsstudie als Master- bzw. als Begleitstudien durchgeführt:

- **Machbarkeitsstudie klimaneutraler Wohnungsbau in Schleswig-Holstein**
Kernfrage: Welche Maßnahmen sind sinnvoll, notwendig sowie umsetzbar und wie hoch sind die Kosten dafür?
➤ Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V., Kiel
- **Potentiale leitungsgebundener Wärmeversorgung in Schleswig-Holstein**
Kernfrage: Welche Möglichkeiten hat das Land Schleswig-Holstein und welche die Kommunen, wenn es um die leitungsgebundene Wärmeversorgung oder die Initiierung und Moderation von Quartierslösungen geht?
➤ IB.SH Energieagentur, Kiel
- **Klimaschutz und Wohnkostenfolgen in Schleswig-Holstein**
Kernfrage: Wie hoch sind die Wohnkosten und wer muss für was zahlen bzw. wer kann sich was leisten?
➤ RegioKontext GmbH, Berlin
- **Graue Emissionen - Herausforderungen und Chancen für das Flächenland Schleswig-Holstein**
Kernfrage: Mit welchen grauen Emissionen ist für die Maßnahmen zu rechnen und welche operativen Emissionen sind damit dauerhaft verbunden?
➤ Werner Sobek AG, Stuttgart

Auf Basis der Ergebnisse aus den einzelnen Studien konnten die drei untersuchten Leitszenarien entsprechend aufgebaut und anhand umfangreicher Simulationen in ihren Entwicklungen und Konsequenzen prognostiziert werden. Dabei wurde beispielsweise auch das reale Sanierungsverhalten der verschiedenen Akteure des Wohnungsmarktes in Schleswig-Holstein implementiert und sorgt in Verbindung mit den Untersuchungen zur grundsätzlichen Umsetzungsfähigkeit energetischer Sanierungsraten und -tiefen für einen überaus praxisnahen Ansatz.

Des Weiteren sind vertiefende Erkenntnisse zur Progressivitätsfolge eingeflossen. Hierdurch konnten die Wohngebäudebestände in Schleswig-Holstein nachvollziehbar identifiziert werden, die aktuell einen überproportional hohen Anteil an den Energieverbräuchen und CO₂-Emissionen aufweisen. Folglich sind diese auch vorrangig in den Fokus von energetischen Sanierungsmaßnahmen zu nehmen. Dementsprechend wurde in den Simulationsberechnungen ein erweiterter „Worst First“-Ansatz im Sinne der Vorgaben der überarbeiteten Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD)⁵ hinterlegt.

Grundsätzlich zeigt sich, dass eine nachhaltige Reduktion des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen nur gelingen kann, wenn die Energieeffizienz der Gebäude – insbesondere der bisher noch nicht wesentlich bzw. nur teilweise sanierten Gebäuden vor 1979 – weiter verbessert wird und dabei ein Niveau erreicht, dass einen möglichst effizienten Einsatz zukunftsfähiger Anlagentechnik auf Basis erneuerbarer Energien sicherstellt.

⁵ Richtlinie (EU) 2024/1275 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24.04.24 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung); am 08.05.24 im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlicht

Hierbei gilt, viele kleine und mittlere Maßnahmen – insbesondere in Verbindung mit einer fossilfreien Wärmeversorgung – haben bereits einen erheblichen Einfluss und bringen sowohl aus ökonomischer Sicht als auch bei Bewertung deren Technik Effizienz und Gesamtbilanz, erheblich mehr als der Versuch einer übermäßigen Steigerung von energetischen Eigenschaften der Gebäude. In diesem Zusammenhang sollten Bauteilsanierungen ausschließlich dann erfolgen, wenn die Bauteile tatsächlich abgängig sind bzw. einer grundlegenden Instandsetzung bedürfen. Hierdurch werden Vorfälligkeiten vermieden und somit die umlagefähigen Kosten auf ein Minimum begrenzt.

Klar ist aber auch, dass trotz aller noch so optimierten Ansätze die Transformation zu einem klimaneutralen Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein eine große Herausforderung und Aufgabe darstellt, welche aus technischer wie auch aus gesellschaftlicher Sicht als vielschichtig und komplex angesehen werden muss. Somit ist es nötig genau zu überlegen, wann man etwas tut, bevor man Fehlallokationen auslöst oder in hektische Betriebsamkeit verfällt und damit möglicherweise das Ziel „klimaneutrales Wohnen“ in Schleswig-Holstein gefährdet.

Die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie und der damit verbundenen Begleitgutachten stellen eine fundierte Grundlage für weiterführende fachliche Diskussionen auf allen Ebenen dar und sollen für die Entscheidungsfindung beispielsweise zu Förderprogrammen, Strategien der Wärmeversorgung sowie für alle politischen Rahmenbedingungen zur Beschleunigung des Weges hin zum klimaneutralen Wohnen in Schleswig-Holstein dienen.

Prof. Dipl.-Ing. Dietmar Walberg

Kiel im September 2024

ARGE//eV

Die Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (ARGE//eV) ist, gegründet am 21. Februar 1946, die dienstälteste bundesdeutsche Bauforschungseinrichtung im öffentlichen Auftrag und als Wohnungsbauinstitut im Landesauftrag Schleswig-Holsteins zur Begleitung und Qualifizierung der Sozialen Wohnraumförderung tätig. Darüber hinaus ist die ARGE//eV Netzwerk des Bauwesens und Fort- und Weiterbildungsträger mit eigenem Fachverlag. Schwerpunkt der Bauforschung ist die permanente Beobachtung der bundesdeutschen Marktsituation im Wohnungsbau hinsichtlich der Bau- und Bauwerkskostenentwicklung sowie der baulichen und qualitativen Standards und deren Angemessenheit. Weiterhin gehören die gemeinnützigen Satzungszwecke, wie Erprobung und Erforschung neuer Bauarten und Baumethoden und die Schaffung von Grundlagen für bezahlbaren Wohnraum zu den Kernaufgaben der ARGE//eV.

Die ARGE//eV ist Rationalisierungsinstitut für den Wohnungsbau auf der Basis des Rationalisierungserlasses des Landes Schleswig-Holstein „Förderung des sozialen Wohnungsbaus in Schleswig-Holstein; hier Förderungsmöglichkeiten von Bauvorhaben, Baukostensenkung, bauwirtschaftliche Überprüfungen, Rationalisierung des Bausehens und Einschaltung eines Rationalisierungsinstituts“ vom 11. Januar 1972 auf der Basis des „Rationalisierungskatalogs“ des Bundesministers für Städtebau und Wohnungswesen vom 2. Juni 1971. Auf dieser Grundlage basieren auch die Tätigkeiten für andere, primär öffentliche Auftraggeber, wie die Bundesregierung oder den Senat der Freien und Hansestadt Hamburg sowie interessenübergreifenden Netzwerke wie Verbändebündnisse im Rahmen der „Impulse für den Wohnungsbau“ etc.

Die ARGE//eV ist eine Konsenseinrichtung, die interessenunabhängig arbeitet und deren ca. 460 weitgehend institutionellen Mitglieder als Architekten und Ingenieure, Rechtsanwälte, die Wohnungsunternehmen Schleswig-Holsteins, Hamburgs und Mecklenburg-Vorpommerns, Kommunen und Landkreise, die Bauwirtschaft und die Verbände der Bau- und Wohnungswirtschaft deutschlandweit, der Bauindustrie, Baustoffindustrie, Baustoffhandel, die Hochschulen, die Verbraucherzentrale, die Investitionsbank Schleswig-Holstein, das gesamte Spektrum des Bauwesens abbilden sollen.

Die ARGE//eV verfolgt satzungsgemäß ausschließlich und unmittelbar gemeinnützige Zwecke im Sinne der Abgabenordnung. Die ARGE//eV ist selbstlos tätig; sie verfolgt nicht in erster Linie wirtschaftliche Zwecke.

1. Machbarkeitsstudie klimaneutraler Wohnungsbau in SH

1.1. Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein

1.1.1. Struktur und Baualter

Der in seiner Struktur sehr heterogene Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein setzt sich aus verschiedenen Gebäudetypen und Baualtersklassen in Verbindung mit diversen Einbausituationen, unterschiedlichsten Sanierungshistorien/-ständen sowie einer Vielzahl von Eigentümern bzw. Eigentumsformen/-gruppen zusammen.

In Schleswig-Holstein gibt es insgesamt 847 Tausend Wohngebäude von denen 742 Tausend auf den Gebäudetyp der Ein- und Zweifamilienhäuser (88 % des Wohngebäudebestandes in Schleswig-Holstein) und 105 Tausend auf den Gebäudetyp der Mehrfamilienhäuser (12 % des Wohngebäudebestandes in Schleswig-Holstein) entfallen.⁶

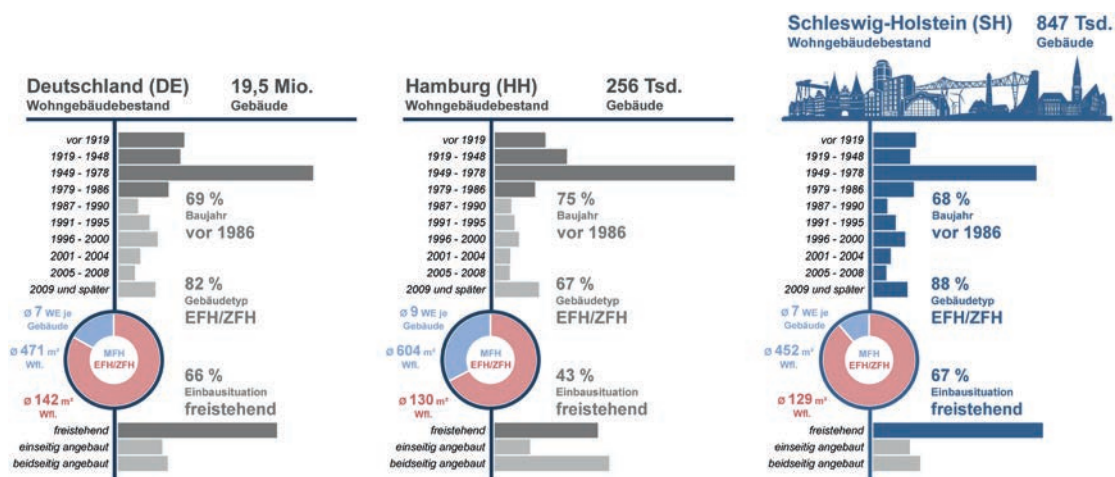


Abbildung 1: Übersichtsdiagramm zur grundsätzlichen Struktur, zum Baualter und zu weiteren signifikanten Rahmendaten des Wohngebäudebestands in Schleswig-Holstein im Vergleich zu den Situationen im Wohngebäudebestand in Hamburg und in Deutschland; betrachtet sind jeweils die zum 15.05.2022 fertiggestellte Anzahl an Wohngebäuden (ohne Wohnheime); Quelle: ZENSUS 2011, ZENSUS 2022 (erste Ergebnisse), DESTATIS 2011-2023, Statistik Nord 2011-2023 sowie eigene Berechnungen und Erhebungen im öffentlichen Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Wohnungswirtschaft, eigene Darstellung

Von den im Wohngebäudebestand vorhandenen insgesamt 331 Tausend Gebäuden der 1950er bis 1970er Jahre (entspricht 39,1 % des Wohngebäudebestandes in Schleswig-Holstein) entfallen 87 % auf den Gebäudetyp der Ein- und Zweifamilienhäuser und dementsprechend 13 % auf den Gebäudetyp der Mehrfamilienhäuser.

Die quantitative Bedeutung der Gebäude aus der Zeit der 1950er bis 1970er Jahre wird besonders bei gesonderter Betrachtung der einzelnen Gebäudetypen deutlich. Bei den Ein- und Zweifamilienhäusern wurden zwischen 1949 und 1978 ca. 288 Tausend Gebäude errichtet, was einem Anteil von 39 % dieses Gebäudetyps entspricht. Auch wenn bei den Mehrfamilienhäusern die absolute Zahl von 43 Tausend Gebäuden niedrig erscheint, liegt deren Anteil auf den betreffenden Gebäudetyp mit 41 % hoch.

⁶ Bestand an Wohngebäuden am 15. Mai 2022 (ohne Wohnheime) nach Daten [ZENSUS 2022]

Bei Berücksichtigung aller Baujahre vor 1979, also den Wohngebäudebeständen, die i.d.R. zum Zeitpunkt ihrer Erstellung nicht den Anforderungen der 1. Wärmeschutzverordnung⁷ entsprachen, ergibt sich ein Anteil von 59,7 %. Diese 506 Tausend Gebäude repräsentieren somit rund drei Fünftel des gesamten Wohngebäudebestandes in Schleswig-Holstein.

Die Tabelle (Abbildung 2) gibt eine zusammenfassende Übersicht über die vorstehend beschriebenen Verhältnismäßigkeiten der Baualtersklassen in Verbindung mit den jeweiligen Gebäudetypen und verdeutlicht somit die heutige Struktur der Wohngebäude in Schleswig-Holstein, welche besonders stark von Altbeständen insbesondere im Bereich der Ein- und Zweifamilienhäuser geprägt ist. Hinzu kommt, dass mit 67 % zwei Drittel der Wohngebäude in Schleswig-Holstein freistehend ausgeführt wurden und somit einen - über die Verhältnismäßigkeiten der Gebäudetypen hinaus - generell noch höheren Hüllflächenanteil aufweisen.

Alterszuordnung der Wohngebäude in Schleswig-Holstein			
[Anzahl / Anteil]	EFH/ZFH	MFH	Wohngebäudebestand
vor 1979	431 Tsd. / 58 %	75 Tsd. / 71 %	506 Tsd. / 60 %
ab 1979	311 Tsd. / 42 %	30 Tsd. / 29 %	341 Tsd. / 40 %
gesamt	742 Tsd. / 100 %	105 Tsd. / 100 %	847 Tsd. / 100 %
50er bis 70er Jahre	288 Tsd. / 39 %	43 Tsd. / 41 %	331 Tsd. / 39 %

Abbildung 2: Tabellenübersicht in Bezug auf die Struktur der Wohngebäude [Gebäude] in Schleswig-Holstein mit zusammengefassten Baualtersklassen in die Zeitabschnitte „vor 1979“ und „ab 1979“ inkl. ergänzender Darstellung der Wohngebäudebestände aus den 50er bis 70er Jahren, Bezug: Bestand an Wohngebäuden am 15.05.2022 (ohne Wohnheime); Quelle: ZENSUS 2011, ZENSUS 2022 (erste Ergebnisse), DESTATIS 2011-2023, Statistik Nord 2011-2023 sowie eigene Berechnungen und Erhebungen im öffentlichen Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Wohnungswirtschaft, eigene Darstellung

Hinsichtlich auf die Nutzfläche im Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein sind die Anteile zwischen dem Gebäudetyp der Ein- und Zweifamilienhäuser und dem Gebäudetyp der Mehrfamilienhäuser gegenüber der vorstehenden Betrachtung - mit Bezug auf die Gebäude - etwas ausgeglichener.

Von den insgesamt 166,6 Millionen Quadratmetern Nutzfläche⁸ in Schleswig-Holstein befinden sich 69,6 % in Ein- und Zweifamilienhäusern und 30,4 % in Mehrfamilienhäusern.⁹

Von den vorhandenen 65,6 Millionen Quadratmetern Nutzfläche aus den 1950er bis 1970er Jahren (entspricht 39,4 % der gesamten Nutzfläche des Wohngebäudebestandes in Schleswig-Holstein) entfallen rund 65 % auf den Gebäudetyp der Ein- und Zweifamilienhäuser und rund 35 % auf den Gebäudetyp der Mehrfamilienhäuser.

Die quantitative Bedeutung der Nutzfläche aus der Zeit der 1950er bis 1970er Jahre wird besonders bei gesonderter Betrachtung der einzelnen Gebäudetypen deutlich. Bei den Ein- und Zweifamilienhäusern wurden zwischen 1949 und 1978 ca. 42,2 Millionen Quadratmetern Nutzfläche errichtet (derzeit im aktuellen Wohnungs-

⁷ Hinweis: Die 1. Wärmeschutzverordnung trat am 1. November 1977 in Kraft

⁸ Gebäudenutzfläche A_N gem. Gebäudeenergiegesetz (GEG) in der aktuell gültigen Fassung

⁹ Nutzfläche in Wohngebäuden am 31.12.2021 (ohne Wohnheime) nach Daten [Statistik Nord 2011-2023], sowie eigene Berechnungen und Erhebungen im öffentlichen Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Wohnungswirtschaft

bestand noch vorhanden), was einem Anteil von 36 % dieses Gebäudetyps entspricht. Die absolute Zahl von 23,5 Millionen Quadratmetern Nutzfläche dieser Baujahre beim Gebäudetyp der Mehrfamilienhäuser übersteigt dieses Niveau sogar nochmals. Dementsprechend fällt auch der Anteil auf den betreffenden Gebäudetyp mit 46 % deutlich höher aus.

Bei Berücksichtigung aller Baujahre vor 1979 ergibt sich für die Nutzfläche in Schleswig-Holstein ein Anteil von 58,8 %. Diese 97,9 Millionen Quadratmeter Nutzfläche repräsentieren somit - wie bei Betrachtung der Gebäude - rund drei Fünftel der gesamten Nutzfläche des Wohngebäudebestandes in Schleswig-Holstein.

Die Tabelle (Abbildung 3) gibt eine zusammenfassende Übersicht über die vorstehend beschriebenen Verhältnismäßigkeiten der Baualtersklassen und verdeutlicht somit die heutige Struktur der Nutzfläche in Schleswig-Holstein, welche ebenfalls besonders stark von Altbeständen insbesondere im Bereich der Ein- und Zweifamilienhäuser geprägt ist (gegenüber der Gebäudebetrachtung mit einem etwas ausgeglicheneren Verhältnis zwischen den Gebäudetypen).

Alterszuordnung der Nutzfläche in Wohngebäuden in Schleswig-Holstein			
[m ² / Anteil]	EFH/ZFH	MFH	Wohngebäudebestand
vor 1979	63,9 Mio. / 55 %	34,0 Mio. / 67 %	97,9 Mio. / 59 %
ab 1979	52,0 Mio. / 45 %	16,7 Mio. / 33 %	68,7 Mio. / 41 %
gesamt	115,9 Mio. / 100 %	50,7 Mio. / 100 %	166,6 Mio. / 100 %
50er bis 70er Jahre	42,2 Mio. / 36 %	23,5 Mio. / 46 %	65,7 Mio. / 39 %

Abbildung 3: Tabellenübersicht in Bezug auf die Struktur der Nutzfläche in Wohngebäuden [m²] in Schleswig-Holstein mit zusammengefassten Baualtersklassen in die Zeitabschnitte „vor 1979“ und „ab 1979“ inkl. ergänzender Darstellung der Wohngebäudebestände aus den 50er bis 70er Jahren, Bezug: Bestand an Wohngebäuden am 31.12.2021 (ohne Wohnheime); Quelle: ZENSUS 2011, ZENSUS 2022 (erste Ergebnisse), DESTATIS 2011-2023, Statistik Nord 2011-2023 sowie eigene Berechnungen und Erhebungen im öffentlichen Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Wohnungswirtschaft, eigene Darstellung

Bei einer ergänzenden Detailbetrachtung zur Wohnnutzung ist festzustellen, dass der Anteil an selbstgenutzten Gebäuden bzw. Wohnungen im Vergleich zum Bundesdurchschnitt in Schleswig-Holstein höher ausfällt. In diesem Zusammenhang liegt in Schleswig-Holstein der Anteil an Wohngebäuden im privaten Eigentum, entweder von Privatpersonen oder von Gemeinschaften von Wohnungseigentümern, mit annähernd 95 % ebenfalls sehr hoch.¹⁰

¹⁰ [ZENSUS 2022] Datenabruf zu Gebäuden mit Wohnraum in Deutschland und in Schleswig-Holstein; unterteilt nach Eigentumsformen

1.1.2. Sanierungszustand (energetisch)

Die Basis der folgenden Auswertungen und Aufstellungen zum aktuellen Sanierungszustand (energetisch) des Wohngebäudebestands in Schleswig-Holstein bilden detaillierte und regionalbezogene Gebäudedatenprofile. Diese spezifischen Daten und Angaben stammen aus Befragungen der Eigentümerinnen und Eigentümer von Wohngebäuden in Schleswig-Holstein unter anderem im Rahmen des Klimapaktes SH, von CCF-Analysen für Wohnungsunternehmen sowie aus dem Controlling der ARGE eV im öffentlichen Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Wohnungswirtschaft und werden im Datenarchiv der ARGE eV gesammelt.¹¹

Aus den für Schleswig-Holstein erhobenen Gebäudedatenprofilen wurden im Schwerpunkt die folgenden Angaben der Wohngebäude verwendet:

- **Bautyp bzw. Gebäudetyp**
- **Baujahr**
- **Einbausituation**
- **Gebäudegrunddaten inkl. Flächenangaben**
- **Art und Alter der Wärmeversorgung**
- **Energieverbrauchskennwert**
- **CO₂-Emissionen (verbrauchsbasiert)**
- **Zeitraum der energetischen Sanierungen** an wesentlichen Bauteilen der Gebäudehülle und der Anlagentechnik in Verbindung mit dessen Ausführungsqualität wie Umfang, Materialien, Komponenten, Ausführungsart, energetischer Standard etc.

Die gebäudespezifischen Sanierungsmaßnahmen (Sanierungshistorie) ergeben hierbei in ihrer Gesamtheit entsprechend ihren Detailangaben einen bestimmten energetischen Sanierungszustand, welcher sich zur Aggregation der Einzeldaten einem der folgenden Sanierungskategorien zuordnen lässt.

Definition: Sanierungskategorien (energetische Ausgangszustände)

Die aktuellen Sanierungszustände im Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein werden zusammenfassend in drei Kategorien dargestellt. Diese drei Kategorien bilden grundlegende Sanierungszustände ab und sind im Folgenden definiert.¹²

nicht/gering saniert bzw. Errichtungszustand: Seit der Errichtung wurden keine energetischen Sanierungen bzw. nur an einzelnen Bauteilen bzw. Bauteilflächen durchgeführt

Detaildefinition: Seit der Errichtung gab es keine wesentlichen energetischen Sanierungen bzw. an einzelnen wesentlichen Bauteilen bzw. Bauteilflächen wurden teilweise energetische Sanierungen durchgeführt, d.h. beispielsweise maximal zwei Maßnahmen an der Gebäudehülle im Flächenumfang von bis zu 100 % des Bauteils im Standard der WSchV 1977/1984 (Zeitraum: 1977 bis 1994) bzw. maximal eine Maßnahme im Flächenumfang von 25 % bis unter 50 % und eine Maßnahme im Flächenumfang von bis zu 100 % im Standard der WSchV

¹¹ Datenarchiv der ARGE eV über den Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein

¹² Die Definitionen beziehen sich vorrangig auf Bestandsgebäude mit einem Baujahr vor 1977. Bei Bestandsgebäuden ab 1977 können insbesondere die Detaildefinitionen nur adaptiv in Ansatz gebracht werden, da hier i.d.R. höhere energetische Standards zum Zeitpunkt der Errichtung vorlagen.

1995 (Zeitraum: 1995 bis 2001) bzw. eine Maßnahme im Flächenumfang von bis zu 100 % im Standard der EnEV 2002/2007 (Zeitraum: 2002 bis 2009) bzw. eine Maßnahme im Flächenumfang von 50 % bis unter 100 % im Standard der EnEV 2009 (Zeitraum: Ab 2010)

teilweise saniert: Energetische Sanierungen wurden an einigen/mehreren Bauteilen bzw. Bauteilflächen durchgeführt

Detaildefinition: An einigen/mehreren wesentlichen Bauteilen bzw. Bauteilflächen wurden größtenteils energetische Sanierungen durchgeführt, d.h. beispielsweise maximal fünf Maßnahmen an der Gebäudehülle im Flächenumfang von bis zu 100 % des Bauteils im Standard der WSchV 1977/1984 (Zeitraum: 1977 bis 1994) bzw. maximal eine Maßnahme im Flächenumfang von 25 % bis unter 50 % und drei Maßnahmen im Flächenumfang von bis zu 100 % im Standard der WSchV 1995 (Zeitraum: 1995 bis 2001) bzw. maximal eine Maßnahme im Flächenumfang von 50 % bis unter 100 % und zwei Maßnahmen im Flächenumfang von bis zu 100 % im Standard der EnEV 2002/2007 (Zeitraum: 2002 bis 2009) bzw. maximal eine Maßnahme im Flächenumfang von 25 % bis unter 50 % und zwei Maßnahmen im Flächenumfang von bis zu 100 % im Standard der EnEV 2009 (Zeitraum: Ab 2010)

umfassend saniert: Energetische Sanierungen wurden an weitestgehend allen Bauteilen bzw. Bauteilflächen durchgeführt

Detaildefinition: An allen wesentlichen Bauteilen bzw. Bauteilflächen wurden umfänglich energetische Sanierungen durchgeführt, d.h. beispielsweise mehr als eine Maßnahme im Flächenumfang von 25 % bis unter 50 % und drei Maßnahmen im Flächenumfang von bis zu 100 % im Standard der WSchV 1995 (Zeitraum: 1995 bis 2001) bzw. mehr als eine Maßnahme im Flächenumfang von 50 % bis unter 100 % und zwei Maßnahmen im Flächenumfang von bis zu 100 % im Standard der EnEV 2002/2007 (Zeitraum: 2002 bis 2009) bzw. mehr als eine Maßnahme im Flächenumfang von 25 % bis unter 50 % und zwei Maßnahmen im Flächenumfang von bis zu 100 % im Standard der EnEV 2009 (Zeitraum: Ab 2010)

Aufgrund der Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten hinsichtlich der in der Praxis vorzufindenden Sanierungsmaßnahmen (Bauteilanzahl, Sanierungsflächenanteile, energetische Quantitäten und Qualitäten der Ausführung etc.), wurde über die vorstehend aufgeführten beispielhaften Beschreibungen der Sanierungskategorien hinaus auch ein Punktesystem¹³ zur Bestimmung des aktuellen Sanierungszustandes in Anlehnung an die Integration energetischer Merkmale in Mietspiegeln¹⁴ unter Berücksichtigung der jeweiligen energetischen Mindeststandards verwendet, welches unter anderem auch besonders kleinteilige und gering- bzw. minimalinvestive Maßnahmen entsprechend der jeweiligen Sanierungseffizienzen anrechnet bzw. bei der Datenzuordnung mit einbezieht.¹⁵

¹³ Sanierungskategorien und Punkteskala: „nicht/gering saniert bzw. Errichtungszustand“ 0 - 4,8 Punkte, „teilweise saniert“ 4,9 - 13,5 Punkte, „umfassend saniert“ 13,6 - 27 Punkte.

¹⁴ [BMVBS 2013]

¹⁵ Das Zuordnungssystem wurde gemeinsam mit dem ALP Institut für Wohnen und Stadtentwicklung GmbH im Rahmen der Grundlagenstudie „Umsetzungsorientierte Machbarkeitsstudie zur Erreichung der Klimaschutzziele im Bereich der Wohngebäude in Hamburg“ [BSW 2023] entwickelt und findet seitdem Anwendung

Aus den Analysen zum energetischen Sanierungszustand ergibt sich, dass der Anteil energetisch bisher nicht oder nur gering sanierter Wohngebäude mit einem Baujahr vor 1979 bei nur noch einem Fünftel des Gesamtbestandes in Schleswig-Holstein liegt.

Die übrigen Bestände – also vier Fünftel - sind entweder bereits energetisch teil- bzw. vollsaniert saniert und/oder erst zu einem späteren Zeitpunkt zwischen 1979 bis heute errichtet worden. Hierzu gehört auch ein Fünftel des Wohngebäudebestandes, das erst nach 1995 - aus energetischer Sicht mindestens nach Wärmeschutzverordnung 1995, im Schwerpunkt nach Energieeinsparverordnung aber auch nach Gebäudeenergiegesetz und in verschiedenen Sonderstandards wie z.B. den verschiedenen Stufen von Effizienzhäusern – errichtet wurde.

Mehrfamilienhäuser in Schleswig-Holstein

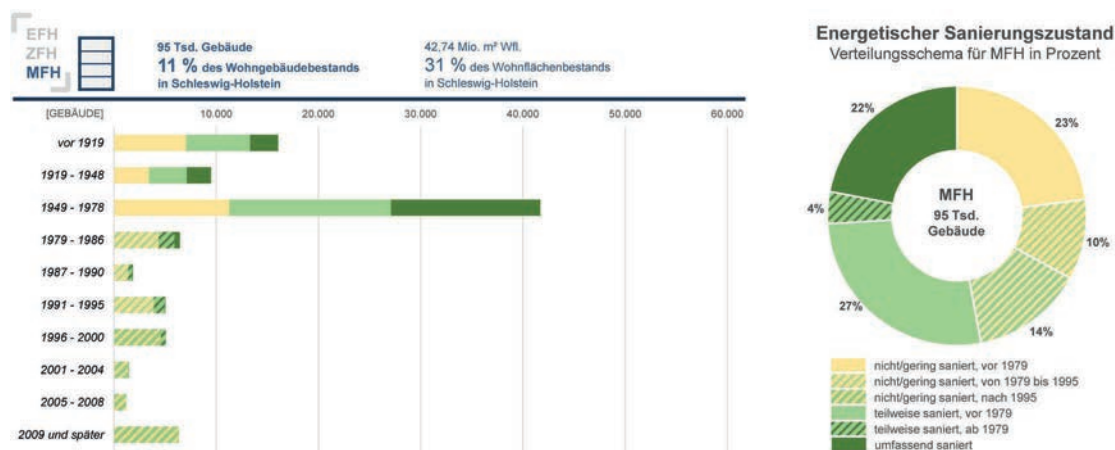


Abbildung 4: Übersichtsdiagramm und Verteilungsschema zum energetischen Sanierungszustand des Gebäudetyps der Mehrfamilienhäuser in Schleswig-Holstein, differenziert nach Baualtersklassen und Sanierungskategorien; Quelle: Ergebnisse aus Befragungen der Eigentümerinnen und Eigentümer von Wohngebäuden in Schleswig-Holstein unter anderem im Rahmen des Klimapaktes SH, von CCF-Analysen für Wohnungsunternehmen sowie aus dem Controlling der ARGE eV im öffentlichen Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Wohnungswirtschaft, eigene Darstellung

Ein- und Zweifamilienhäuser in Schleswig-Holstein

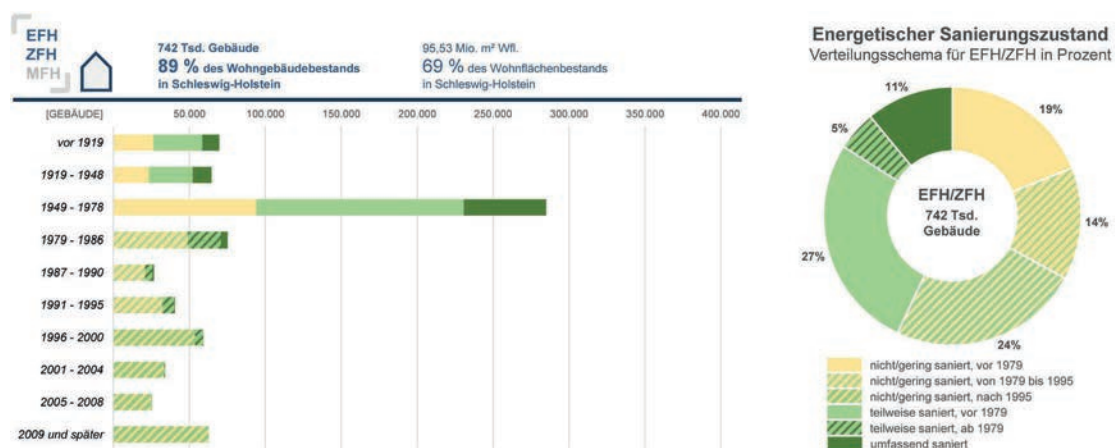


Abbildung 5: Übersichtsdiagramm und Verteilungsschema zum energetischen Sanierungszustand des Gebäudetyps der Ein- und Zweifamilienhäuser in Schleswig-Holstein, differenziert nach Baualtersklassen und Sanierungskategorien; Quelle: Ergebnisse aus Befragungen der Eigentümerinnen und Eigentümer von Wohngebäuden in Schleswig-Holstein unter anderem im Rahmen des Klimapaktes SH, von CCF-Analysen für Wohnungsunternehmen sowie aus dem Controlling der ARGE eV im öffentlichen Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Wohnungswirtschaft, eigene Darstellung

Wie den Abbildungen 4 und 5 zu entnehmen ist, liegt der Anteil, der energetisch noch nicht wesentlich sanierten Gebäude bei den Mehrfamilienhäusern, mit 23 % geringfügig höher, als bei den Ein- und Zweifamilienhäusern mit 19 % (bezogen auf den gesamten Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein). Demgegenüber steht bei den Mehrfamilienhäusern aber ein vergleichsweise höherer Anteil an energetisch bereits umfassend sanierten Gebäuden.

In der quantitativ bedeutenden Baualtersklasse in Schleswig-Holstein mit den Wohngebäuden aus der Zeit der 1950er bis 1970er Jahre wurden bereits über zwei Drittel der Gebäude aus energetischer Sicht teilweise (47 % Gebäudeanteil dieser BAK) bis umfassend (21 % Gebäudeanteil dieser BAK) saniert. Demgegenüber steht ein Anteil an Gebäuden von knapp einem Drittel (32 % Gebäudeanteil dieser BAK) bei dem noch keine bzw. nur geringe energetische Sanierungen erfolgt sind.

Bei differenzierter Betrachtung nach den Gebäudetypen ist festzustellen, dass zwar bei beiden Bautypen in dieser Baualtersklasse bereits über zwei Drittel der Gebäude aus energetischer Sicht saniert wurden, aber der Anteil der umfassend sanierten Gebäude bei den Mehrfamilienhäusern mit 35 % deutlich über dem Anteil der umfassend sanierten Ein- und Zweifamilienhäuser mit nur 19 % liegt. Folglich liegt der Anteil an teilweise sanierten Gebäuden bei den Ein- und Zweifamilienhäusern entsprechend höher als bei den Mehrfamilienhäusern.

In diesen Verhältniszahlen ist unter anderem das grundsätzliche Sanierungsverhalten der Eigentümer an ihren Gebäuden erkennbar. Welches in der Praxis in Schleswig-Holstein bei den Ein- und Zweifamilienhäusern in besonderem Maße von vielen, aber meist kleinteiligen energetischen Einzelmaßnahmen geprägt ist, wohingegen bei den Mehrfamilienhäusern energetische Sanierungen seltener, dafür aber deutlich aufwendiger meist in ganzen Maßnahmenpaketen durchgeführt werden (siehe hierzu Ausführungen unter Punkt 1.2.1 „Energetische Sanierungsaktivitäten“).

1.1.3. Energieverbrauch und CO₂-Emissionen

Für die einzelnen Sanierungskategorien wurden unter Differenzierung der Gebäudetypen und Baualtersklassen jeweils die durchschnittlichen Kennwerte für den Endenergieverbrauch sowie die CO₂-Emissionen (verbrauchsbasiert) aus dem arithmetischen Mittel der erhobenen Einzelwerte bestimmt. Um diese Ergebnisse weiter zu präzisieren und zielführend auf den Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein anwenden zu können, wurden die Kennwerte darüber hinaus separat für die verschiedenen Einbausituationen ermittelt.

In der Abbildung 6 sind die entsprechend analysierten Verbrauchskennwerte¹⁶ für den Bereich der Mehrfamilienhäuser dargestellt, während die Abbildung 7 die Verbrauchskennwerte für den Bereich der Ein- und Zweifamilienhäuser aufzeigt.

Mehrfamilienhäuser in Schleswig-Holstein

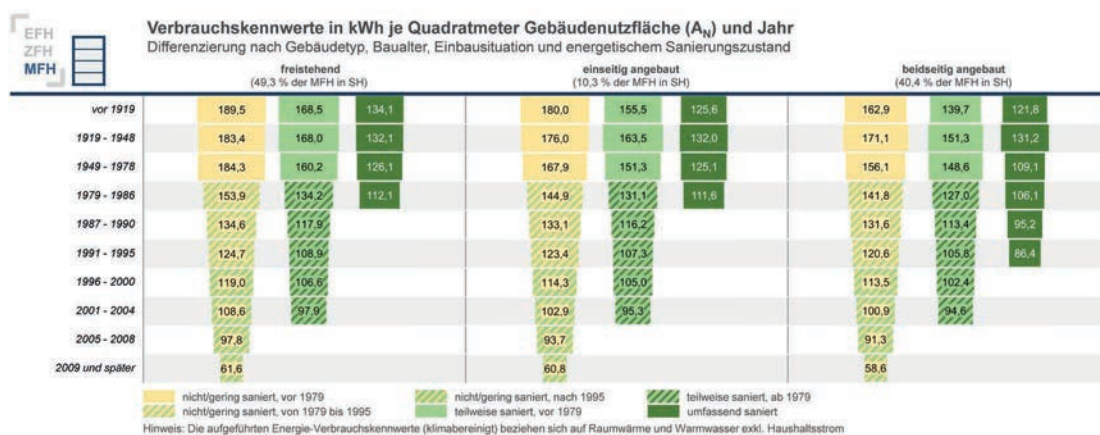


Abbildung 6: Übersichtsdiagramm zu den aktuellen Verbrauchskennwerten des Gebäudetyps der Mehrfamilienhäuser in Schleswig-Holstein, differenziert nach Gebäudetyp, Baualter, Einbausituation und energetischem Sanierungszustand; Quelle: Ergebnisse aus Befragungen der Eigentümerinnen und Eigentümer von Wohngebäuden in Schleswig-Holstein unter anderem im Rahmen des Klimapaktes SH, von CCF-Analysen für Wohnungsunternehmen sowie aus dem Controlling der ARGE eV im öffentlichen Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Wohnungswirtschaft, eigene Darstellung

Ein- und Zweifamilienhäuser in Schleswig-Holstein

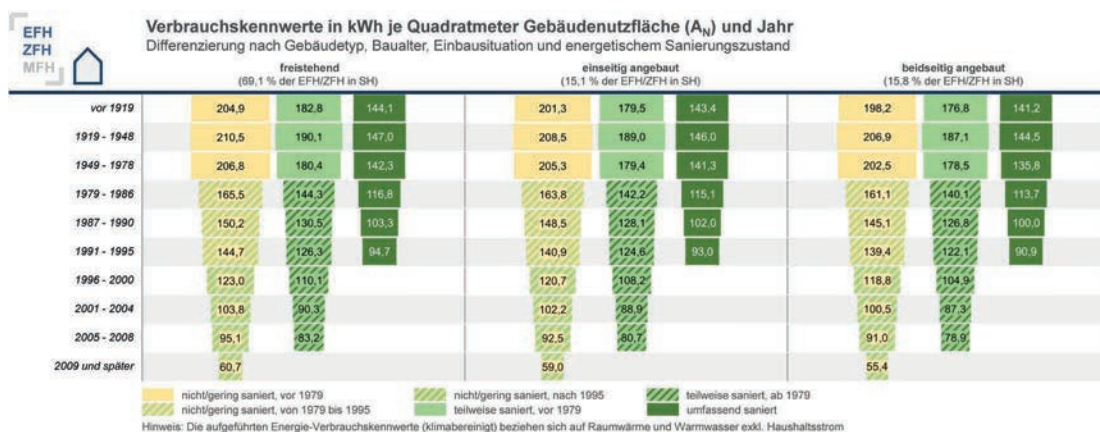


Abbildung 7: Übersichtsdiagramm zu den aktuellen Verbrauchskennwerten des Gebäudetyps der Ein- und Zweifamilienhäuser in Schleswig-Holstein, differenziert nach Gebäudetyp, Baualter, Einbausituation und energetischem Sanierungszustand; Quelle: Ergebnisse aus Befragungen der Eigentümerinnen und Eigentümer von Wohngebäuden in Schleswig-Holstein unter anderem im Rahmen des Klimapaktes SH, von CCF-Analysen für Wohnungsunternehmen sowie aus dem Controlling der ARGE eV im öffentlichen Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Wohnungswirtschaft, eigene Darstellung

¹⁶ Energie-Verbrauchswerte (klimabereinigt) beziehen sich auf Raumwärme und Warmwasser

Aus den detaillierten Betrachtungen für die Wohngebäude in Schleswig-Holstein ist hinsichtlich des Energieverbrauchs grundlegend festzustellen, dass neben dem allgemeinen Nutzerverhalten vor allem der Gebäudetyp, die bauliche Ausführung (energetische Qualität) zum Zeitpunkt der Errichtung des Gebäudes als auch der energetische Sanierungszustand einen signifikanten Einfluss aufweisen. Außerdem ist erkennbar, dass auch die verschiedenen Einbausituationen, durch die damit verbundenen sehr unterschiedlichen Hüllflächenanteile der Gebäude, generell zu stark unterschiedlichen Niveaus bei den Verbrauchskennwerten führen.

Dies ist speziell in Schleswig-Holstein von besonderer Bedeutung, da hier zwei Drittel aller Bestandsgebäude (67 % des Wohngebäudebestandes) freistehend errichtet wurden und somit allein durch diesen Umstand höhere Energieverbräuche generieren. In diesem Zusammenhang ist ebenfalls zu berücksichtigen, dass der im Vergleich überdurchschnittlich hohe Anteil an Ein- und Zweifamilienhäusern in Schleswig-Holstein (89 % des Wohngebäudebestandes) sich ebenfalls stark auf das Verbrauchsniveau auswirkt, d.h. die bei diesem Gebäudetyp grundsätzlich höheren Energieverbrauchskennwerte führen zusammen mit der Vielzahl von in Schleswig-Holstein vorhandenen Ein- und Zweifamilienhäusern zu einem höheren Gesamtverbrauchskennwert als in anderen Bundesländern (selbst bei gleichem oder leicht besserem energetischen Sanierungszustand im Wohngebäudebestand).

In den folgenden beiden Übersichtsdiagrammen sind die entsprechend analysierten CO₂-Emissionskennwerte¹⁷ für den Bereich der Mehrfamilienhäuser (Abbildung 8) und für den Bereich der Ein- und Zweifamilienhäuser (Abbildung 9) aufgeführt.

Mehrfamilienhäuser in Schleswig-Holstein

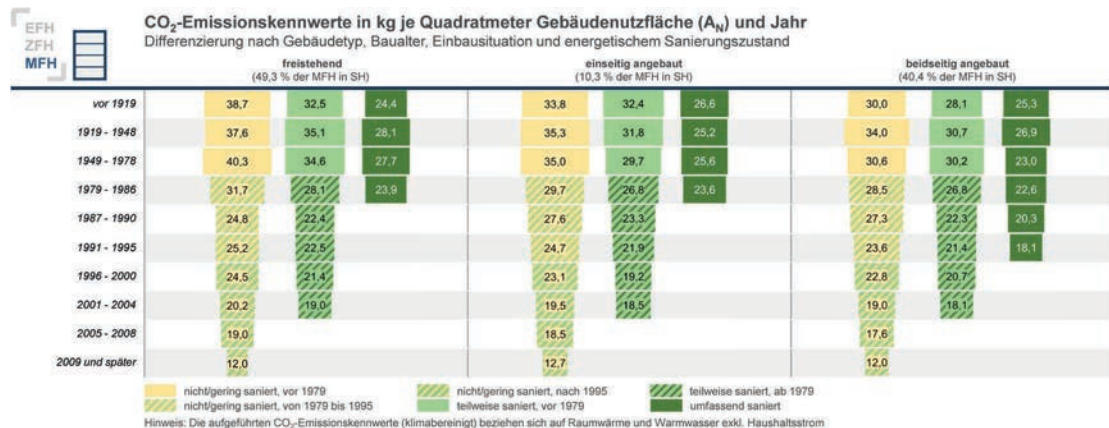


Abbildung 8: Übersichtsdiagramm zu den aktuellen CO₂-Emissionskennwerten des Gebäudetyps der Mehrfamilienhäuser in Schleswig-Holstein, differenziert nach Gebäudetyp, Baualter, Einbausituation und energetischem Sanierungszustand; Quelle: Ergebnisse aus Befragungen der Eigentümerinnen und Eigentümer von Wohngebäuden in Schleswig-Holstein unter anderem im Rahmen des Klimapaktes SH, von CCF-Analysen für Wohnungsunternehmen sowie aus dem Controlling der ARGE eV im öffentlichen Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Wohnungswirtschaft, eigene Darstellung

Die Ergebnisse zu den CO₂-Emissionskennwerten im Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein sind immer auch unter Beachtung der Ergebnisse zu den Energieverbrauchskennwerten zu sehen. Der Grund hierfür ist, dass sich die entsprechenden CO₂-Emissionen immer direkt aus der festgestellten Höhe des

¹⁷ CO₂-Emissionskennwerte (klimabereinigt) beziehen sich auf Raumwärme und Warmwasser

Energieverbrauchs in Verbindung mit dem betreffenden Emissionsfaktor für den verwendeten Energieträger zum aktuellen Zeitpunkt der Betrachtung¹⁸ ergeben.

Ein- und Zweifamilienhäuser in Schleswig-Holstein

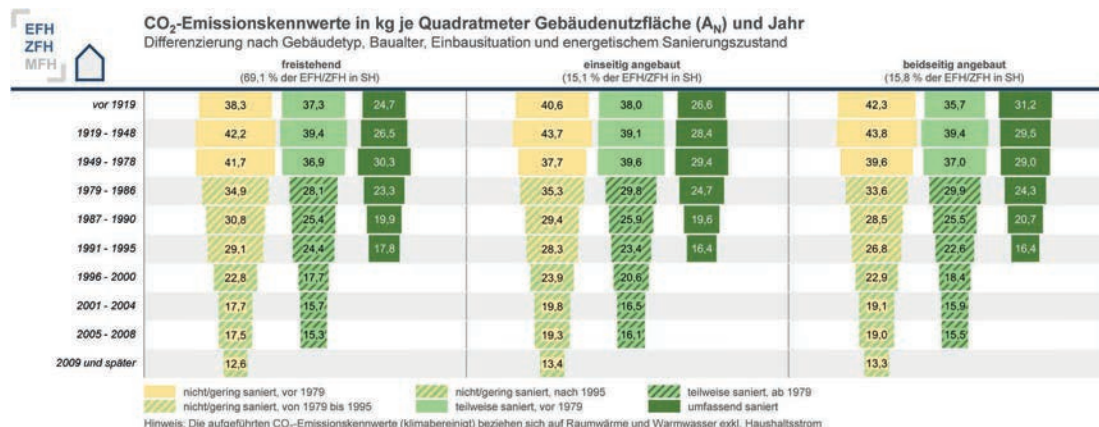


Abbildung 9: Übersichtsdiagramm zu den aktuellen CO₂-Emissionskennwerten des Gebäudetyps der Ein- und Zweifamilienhäuser in Schleswig-Holstein, differenziert nach Gebäudetyp, Baualter, Einbausituation und energetischem Sanierungszustand; Quelle: Ergebnisse aus Befragungen der Eigentümerinnen und Eigentümer von Wohngebäuden in Schleswig-Holstein unter anderem im Rahmen des Klimapaktes SH, von CCF-Analysen für Wohnungsunternehmen sowie aus dem Controlling der ARGE eV im öffentlichen Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Wohnungswirtschaft, eigene Darstellung

Somit führen geringe Energieverbräuche zwar nicht zwangsläufig zu geringeren CO₂-Emissionswerten, allerdings ist dieser Umstand dennoch unter Differenzierung der Gebäudetypen, Baualtersklassen, Sanierungszustände und Einbausituationen im Mittel zu beobachten. Die vorliegenden sehr differenzierten Analysedaten zum Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein, lassen in diesem Zusammenhang überdies erkennen, dass der Anteil an fossilen Energieträgern insbesondere bei den Wohngebäuden vor 1979 relativ hoch ausfällt (siehe hierzu auch Punkt 1.1.4 „Energieträger und Heizungsalter“).

Hier ist insbesondere bei den älteren Gebäudebeständen, die bisher nicht oder nur gering und teilweise energetisch saniert wurden und deshalb noch einen vergleichsweise erhöhten Energieverbrauch aufweisen – neben der Steigerung der Energieeffizienz durch Maßnahmen an der Gebäudehülle - ein besonderer Fokus auf die zielgerichtete Transformation der Wärmeversorgung zu legen.

¹⁸ zukünftige Entwicklungen bzw. avisierte Veränderungen bezüglich der Emissionsfaktoren sind als sogenannte Dekarbonisierungspfade für die jeweiligen Energieträger in den Simulationen zum Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein (bis 2040/2045) hinterlegt; siehe Punkt 1.3.1

Typologische Analyse

Die spezifischen Energieverbrauchs- und CO₂-Emissionsdaten (siehe hierzu auch Punkt 1.1.3) wurden im Rahmen der typologischen Analyse unter Anwendung des sogenannten Bottom-up-Verfahrens in der entsprechenden Differenzierung den aktuellen Strukturdaten zum Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein (siehe hierzu auch Punkt 1.1.1 und Punkt 1.1.2) hinterlegt.

Durch den hiermit schon im Grundsatz verbundenen hohen Detaillierungsgrad bei der Datenzusammenführung ist es unter anderem möglich, die absoluten Niveaus der Energieverbräuche und der CO₂-Emissionen (verbrauchsbasiert) für den gesamten Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein in Abhängigkeit von Gebäudetyp, Baualtersklasse sowie von deren energetischen Sanierungszuständen vollständig abzubilden.

In den Abbildungen 10 und 11 sind die Auswertungsergebnisse zu den jeweils aktuell vorhandenen Endenergieverbräuchen und CO₂-Emissionen im Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein differenziert nach Baualtersklassen und energetischen Sanierungszuständen, für den Gesamtbestand und jeweils getrennt für den Gebäudetyp der Ein- und Zweifamilienhäuser und den Gebäudetyp der Mehrfamilienhäuser, aufgeführt.

Energieverbrauchsbilanz

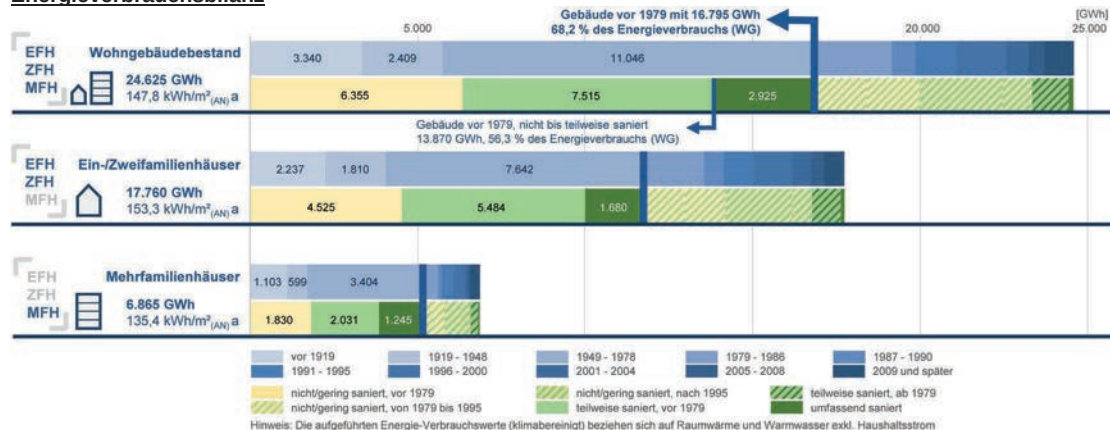


Abbildung 10: Energieverbrauchsbilanz des Wohngebäudebestands in Schleswig-Holstein nach Verursacherprinzip mit Segmentierung nach Baualter und dem aktuellen Sanierungszustand (energetisch) inkl. Ausweisung der separaten Bilanzergebnisse für die jeweiligen Gebäudetypen, Bezug: Bestand an Wohngebäuden in Schleswig-Holstein am 31.12.2021 (ohne Wohnheime); Quelle: ZENSUS 2011, ZENSUS 2022 (erste Ergebnisse), DESTATIS 2011-2023, Statistik Nord 2011-2023 sowie Ergebnisse aus Befragungen der Eigentümerinnen und Eigentümer von Wohngebäuden in Schleswig-Holstein unter anderem im Rahmen des Klimapaktes SH, von CCF-Analysen für Wohnungsunternehmen sowie aus dem Controlling der ARGE eV im öffentlichen Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Wohnungswirtschaft, eigene Darstellung

Nach der vorliegenden Energieverbrauchsbilanz wurde für sämtliche Wohngebäude in Schleswig-Holstein ein Energieverbrauch aus Sicht der Endverbraucher bezogen auf Raumwärme und Warmwasser exkl. Haushaltsstrom in Höhe von 24.625 GWh ermittelt. Hiervon entfallen mit 6.865 GWh ca. 28 % auf den Gebäudetyp der Mehrfamilienhäuser, während mit 17.760 GWh bzw. 72 % der Großteil des Energieverbrauchs auf den Gebäudetyp der Ein- und Zweifamilienhäuser entfällt.

Bei Betrachtung der Gebäude vor 1979 wird darüber hinaus deutlich, dass diese Bestände in Schleswig-Holstein für über zwei Drittel des gesamten Energie-

verbrauchs bei den Wohngebäuden verantwortlich sind. Die dementsprechend vorhandene große Hebelwirkung energetischer Sanierungsmaßnahmen – vor allem bei den bisher noch nicht wesentlich bzw. nur teilweise sanierten Gebäuden vor 1979 – ist bei entsprechenden Priorisierungskonzepten bzw. Entwicklungsstrategien für den Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein in besonderem Maße zu beachten.

Auf Basis der Gebäudenutzfläche¹⁹ lassen sich überdies die Energieverbräuche in Form von Kennwerten vergleichen. Über alle Gebäudetypen hinweg liegt der Energieverbrauchskennwert im Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein bei 147,8 kWh/m² (AN) a. Mehrfamilienhäuser weisen hierbei im Durchschnitt einen kleineren Energiekennwert auf als Ein- und Zweifamilienhäuser. Nach den Bilanzergebnissen sind sie mit durchschnittlich 135,4 kWh/m² (AN) a energieeffizienter als die (meist freistehend und weniger kompakt errichteten) Ein- und Zweifamilienhäuser mit 153,3 kWh/m² (AN) a.

Bei den Wohngebäudebeständen mit einem Baujahr vor 1979 liegt der Energieverbrauchskennwert aktuell bei 171,5 kWh/m² (AN) a und somit noch rund 3-mal höher als bei Wohnungsneubauten mit einem Baujahr ab 2009. Somit zeigt auch diese flächenbezogene Verhältniszahl das nach wie vor überdurchschnittlich hohe Einsparpotential in diesen Altbeständen an.

CO₂-Emissionsbilanz

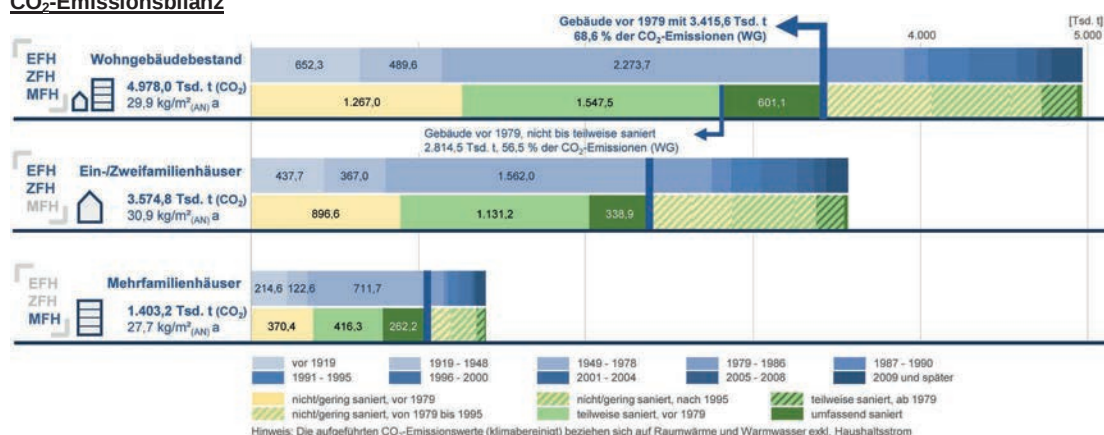


Abbildung 11: CO₂-Emissionsbilanz des Wohngebäudebestands in Schleswig-Holstein nach Verursacherprinzip mit Segmentierung nach Baualter und dem aktuellen Sanierungszustand (energetisch) inkl. Ausweisung der separaten Bilanzergebnisse für die jeweiligen Gebäudetypen, Bezug: Bestand an Wohngebäuden in Schleswig-Holstein am 31.12.2021 (ohne Wohnheime); Quelle: ZENSUS 2011, ZENSUS 2022 (erste Ergebnisse), DESTATIS 2011-2023, Statistik Nord 2011-2023 sowie Ergebnisse aus Befragungen der Eigentümerinnen und Eigentümer von Wohngebäuden in Schleswig-Holstein unter anderem im Rahmen des Klimapaktes SH, von CCF-Analysen für Wohnungsunternehmen sowie aus dem Controlling der ARGE eV im öffentlichen Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Wohnungswirtschaft, eigene Darstellung

Auf Basis der vorliegenden CO₂-Emissionsbilanz ist festzustellen, dass sämtliche Wohngebäude in Schleswig-Holstein aus Sicht der Endverbraucher bezogen auf Raumwärme und Warmwasser exkl. Haushaltsstrom insgesamt 4.978,0 Tausend Tonnen CO₂ pro Jahr emittieren. Während es im Bereich der Mehrfamilienhäuser 1.403,2 Tausend Tonnen CO₂ pro Jahr sind, entfallen demgegenüber mit 3.574,8 Tausend Tonnen CO₂ pro Jahr annähernd drei Viertel der CO₂-Emissionen im Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein auf den Bereich der Ein- und Zweifamilienhäuser.

¹⁹ Flächenbezug zur Kennwertermittlung gemäß GEG 2024

Wie bereits beim Energieverbrauch analysiert, entfällt bei Betrachtung der Gebäude vor 1979, ebenfalls für die CO₂-Emissionen ein Anteil von über zwei Drittel des Gesamtwerts im Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein auf diese Altbestände. Dementsprechend sind die Gebäude mit einem Baujahr vor 1979 bei einer Fokussierung von Sanierungsmaßnahmen inklusive der zielgerichteten Transformation der Wärmeversorgung besonders zu beachten.

Bei der Auswertung der CO₂-Emissionen in Bezug auf die Gebäudenutzfläche ergibt sich für den Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein ein Kennwert in Höhe von 29,9 kg/m² (AN) a. Auch hier befindet sich aktuell der durchschnittliche Wert für die Mehrfamilienhäuser mit 27,7 kg/m² (AN) a unterhalb des Werts für die Ein- und Zweifamilienhäuser, welcher aktuell bei 30,9 kg/m² (AN) a liegt.

Der CO₂-Emissionskennwert für die Gebäude mit einem Baujahr vor 1979 liegt aktuell bei 34,9 kg/m² (AN) a während Wohnungsneubauten mit einem Baujahr ab 2009 im Durchschnitt lediglich 12,6 kg/m² (AN) a emittieren. In diesen Ergebnissen für den Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein macht sich der momentan noch vorhandene hohe Anteil fossiler Energieträger in der Wärmeversorgung deutlich bemerkbar (siehe hierzu auch Punkt 1.1.4). Entsprechend hoch ist das CO₂-Reduktionspotential bei den betreffenden Gebäudebeständen.

1.1.4. Energieträger und Heizungsalter

Ergänzend zu den vorstehend aufgeführten Punkten und Aspekten zum Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein wurden – unter anderem zur praxisnahen Modellierung von Sanierungskonzepten sowie als Ausgangsbasis zur Simulation von machbarkeitsorientierten Entwicklungspfaden – auch die Themen Energieträger und Heizungsalter eingehend betrachtet.

Hierbei wurde in einem ersten Auswertungsschritt vorrangig untersucht, welche Energieträger bzw. Wärmeversorgung bei welchen Gebäudetypen und bei welchen Baualtersklassen aktuell in welchem Umfang eingesetzt werden und wie viel des derzeitigen Energieverbrauchs auf diese entfällt. Aufbauend auf diesen differenzierten Daten zu Energieträgern bzw. Wärmeversorgung wurde in einem zweiten Auswertungsschritt zusätzlich das Alter der im Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein befindlichen Heizungen bzw. Wärmeerzeuger analysiert.

Durch diese Ergebnisse zur Verteilung der Energieträger und zum Heizungsalter lässt sich für die Bestandsgebäude unter anderem die grundsätzliche Notwendigkeit einer Umstellung des Systems bewerten, als auch der technisch sinnvolle Zeitpunkt hierfür eingrenzen, der in Verbindung mit den Erkenntnissen zu technisch-funktionalen Austauschzyklen²⁰ bestimmt werden kann.

Wie bereits anhand der Auswertungsergebnisse zum Energieverbrauch und den CO₂-Emissionen (siehe hierzu Abschnitt X) festgestellt wurde, dominieren im Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein momentan noch fossile Energieträger in der Wärmeversorgung. Über 70 % des Endenergieverbrauchs der Wohngebäudebestände (Raumwärme und Warmwasser exkl. Haushaltsstrom) basieren auf den Energieträgern Erdgas und Erdöl, wovon Erdgas rund zwei Drittel und Erdöl rund ein Drittel ausmachen.

²⁰ nachhaltige Nutzungsdauerbetrachtungen zu Wohngebäuden, Lebensdauern aus der Praxis

Die Abbildungen 12 und 13 zeigen die Verteilung in Bezug auf die verwendeten Energieträger bzw. Wärmeversorgung bei den jeweiligen Gebäudetypen in Schleswig-Holstein unter anderem differenziert nach Baualtersklassen auf. Zusätzlich wird hierzu eine Gesamtbetrachtung in Form eines Segmentdiagramms dargestellt, welche durch ein Verteilungsschema zum Alter der Heizungen bzw. Wärmeerzeuger ergänzt wird.

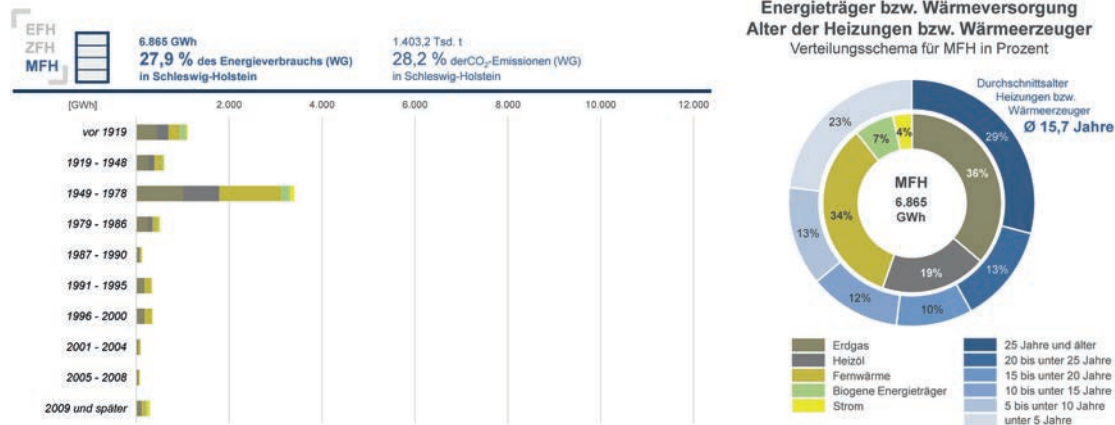


Abbildung 12: Übersichtsdiagramm und Verteilungsschema in Bezug auf die verwendeten Energieträger bzw. Wärmeversorgung beim Gebäudetyp der Mehrfamilienhäuser in Schleswig-Holstein, differenziert nach Baualtersklassen; außerdem Aufschlüsselung der Altersstruktur bei Heizungen bzw. Wärmeerzeugern in Mehrfamilienhäusern in Schleswig-Holstein unter Nennung des Durchschnittsalters; Quelle: Ergebnisse aus Befragungen der Eigentümerinnen und Eigentümer von Wohngebäuden in Schleswig-Holstein unter anderem im Rahmen des Klimapaktes SH, von CCF-Analysen für Wohnungsunternehmen sowie aus dem Controlling der ARGE eV im öffentlichen Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Wohnungswirtschaft, eigene Darstellung

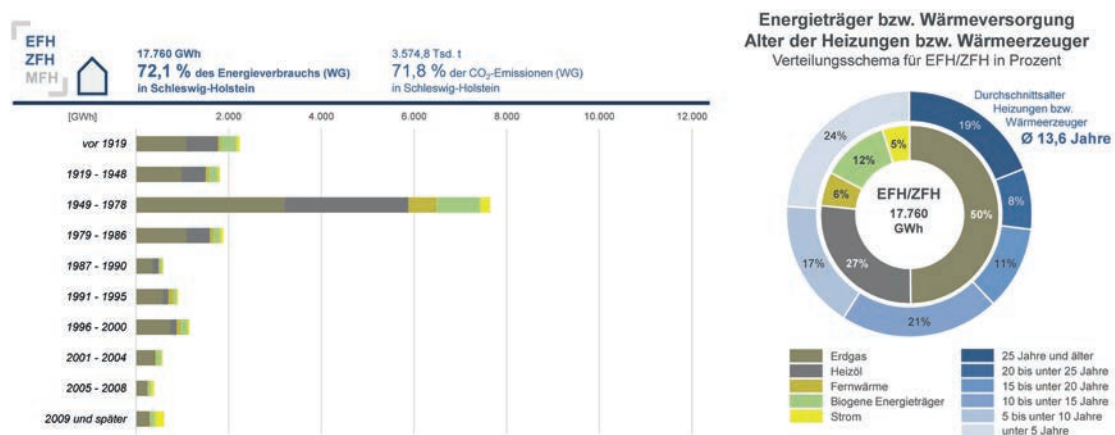


Abbildung 13: Übersichtsdiagramm und Verteilungsschema in Bezug auf die verwendeten Energieträger bzw. Wärmeversorgung beim Gebäudetyp der Ein- und Zweifamilienhäuser in Schleswig-Holstein, differenziert nach Baualtersklassen; außerdem Aufschlüsselung der Altersstruktur bei Heizungen bzw. Wärmeerzeugern in Ein- und Zweifamilienhäusern in Schleswig-Holstein unter Nennung des Durchschnittsalters; Quelle: Ergebnisse aus Befragungen der Eigentümerinnen und Eigentümer von Wohngebäuden in Schleswig-Holstein unter anderem im Rahmen des Klimapaktes SH, von CCF-Analysen für Wohnungsunternehmen sowie aus dem Controlling der ARGE eV im öffentlichen Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Wohnungswirtschaft, eigene Darstellung

Nach den vorstehenden Ergebnissen in Bezug auf die verwendeten Energieträger bzw. Wärmeversorgung ist festzustellen, dass der Anteil an mit Erdgas und Erdöl versorgten Wohngebäude in Schleswig-Holstein beim Gebäudetyp der Ein- und Zweifamilienhäuser höher liegt als beim Gebäudetyp der Mehrfamilienhäuser. Während bei den Ein- und Zweifamilienhäusern 77 % des Energieverbrauchs auf diese fossilen Energieträger entfallen, sind es bei den Mehrfamilienhäusern aktuell

lediglich 55 %. Demgegenüber weisen die Mehrfamilienhäuser aber beispielsweise bei der Fernwärme mit 34 % einen deutlich höheren Anteil auf, als die Ein- und Zweifamilienhäuser mit 6 %.

Anhand dieser Verhältnismäßigkeiten ist vor dem Hintergrund der Klimaschutzziele im Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein nach wie vor ein großer Handlungsbedarf bei der Transformation der Wärmeversorgung hin zur Klimaneutralität zu erkennen. Hierbei ist – unter anderem aufgrund der großen Zahl an Ein- und Zweifamilienhäusern und des in diesen Beständen aktuell noch hohen Anteils von Heizungen bzw. Wärmeerzeugern auf Basis fossiler Energieträger – in Schleswig-Holstein ein spezieller Schwerpunkt auf die Umstellung der dezentralen Wärmeversorgung auf erneuerbare Energien zu legen. Hierbei wird die Wärmepumpe als eine Schlüsseltechnologie bei der dezentralen Wärmeversorgung angesehen.²¹

In diesem Zusammenhang spielt auch das aktuelle Alter der im Bestand befindlichen Heizungen bzw. Wärmeerzeuger eine große Rolle. Durch das Wissen über die Altersstruktur der Heizungen bzw. Wärmeerzeuger können z.B. die Zeitpunkte für eine Umstellung des Systems unter Ausschluss von Vorfälligkeiten²² für die jeweils betreffenden Wohngebäudebestände bestimmt werden.

Das Durchschnittsalter der Heizungen bzw. Wärmeerzeuger in Schleswig-Holstein liegt mit 13,8 Jahren²³ deutlich unterhalb des Bundesdurchschnitts. Nach diesbezüglichen bundesweiten Erhebungen und Auswertungen²⁴ weist Schleswig-Holstein zusammen mit Niedersachsen im Ländervergleich das niedrigste Durchschnittsalter und somit die jüngsten Heizungen bzw. Wärmeerzeuger auf.

Allein der Anteil von Heizungen bzw. Wärmeerzeugern mit einem Alter unter 5 Jahren liegt im Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein bei fast einem Viertel. Auch bei differenzierter Betrachtung nach Gebäudetypen, ergibt sich bei den Ein- und Zweifamilienhäusern mit 24 % und bei den Mehrfamilienhäusern mit 23 % fast der gleiche Anteil an jungen Heizungen bzw. Wärmeerzeugern.

An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass gerade diese in den letzten Jahren erneuerten Heizungsanlagen bzw. Wärmeerzeuger bei Simulationen und Zielsetzungen bis zum Jahr 2040 oder einem früheren Zeitpunkt prinzipiell keinem technisch-funktionalen Austauschzyklus mehr unterliegen. Besonders herausfordernd wird diese Tatsache durch den Umstand, dass von diesen Heizungsanlagen bzw. Wärmeerzeugern noch ein großer Teil auf Basis fossiler Energien (vor allem Erdgas) betrieben werden. Hier müssen konzeptionelle Lösungen gefunden werden, wie auch mit diesen Beständen in der Zukunft umzugehen ist. Beispielsweise könnte eine stufenweise Dekarbonisierung der fossilen Energieträger (z.B. durch den Bezug/Beimischung von lokal erzeugtem Biomethan)²⁵ dazu beitragen, auch diese Gebäude energieeffizient und je nach Geschwindigkeit und Umsetzung der Dekarbonisierung (weitestgehend) klimaneutral zu betreiben.

²¹ Vgl. aktuelle Studie des Ing.-Büros Hausladen GmbH zum Einsatz von Wärmepumpen [Endres 2024] sowie [Endres 2024a]

²² Vermeidung eines Austauschs vor Ablauf der Lebens- und Nutzungsdauer

²³ Bezugszeitpunkt der Betrachtung ist der 31.12.2021

²⁴ Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2022, BDEW 2019, Erhebungen und Auswertungen der ARGE eV (Bottom-up-Verfahren)

²⁵ Vgl. Perspektive gem. GEG zur stufenweisen Einführung einer Grünen-Brennstoff-Quote

1.2. Perspektiven der Transformation

1.2.1. Sanierungsaktivitäten

Die insbesondere in den letzten Jahren vorgenommenen umfangreichen Datenerhebungen in Zusammenarbeit mit der privaten und gewerblichen Wohnungswirtschaft zum Thema Sanierungsaktivitäten und Sanierungserfolge²⁶, deren Datensätze im Datenarchiv der ARGE eV²⁷ zusammengeführt sind, lassen Aussagen zur energetischen Sanierungsrate im Wohngebäudebestand zu.

In Schleswig-Holstein – aber auch in Deutschland insgesamt – werden pro Jahr zwischen 4 und 6 % aller Wohngebäude energetisch saniert. Bei dieser unbewerteten energetischen Sanierungsrate ist zu berücksichtigen, dass nur ca. 6 % aller Maßnahmen Vollsanierungen sind (energetische Ertüchtigung der gesamten Gebäudehülle und Erneuerung der Heizung und Warmwasserversorgung) und ca. 94 % als Teilsanierungen durchgeführt wurden. Auch das BBSR im BBR²⁸ geht davon aus, dass bei Bestandsmaßnahmen die Teilsanierungen mit einem Anteil von in der Regel zwischen 93 % und 95 % aller durchgeführten energetischen Maßnahmen im Wohnungsbau dominieren und dass Vollsanierungen im Wohnungsbau somit eine vergleichsweise untergeordnete Rolle spielen. Folglich werden energetische Sanierungen zwar an einer verhältnismäßig hohen Anzahl von Wohngebäuden vorgenommen, allerdings erfolgen diese meist sehr kleinteilig (überwiegend in Form von Einzelmaßnahmen an Teilflächen) und somit auf einem eher niederschwelligen Niveau. Teilsanierungen haben üblicherweise zum Anlass, dass schadensanfällige Bauteile, zum Beispiel Fenster, erneuert werden, der Austausch und der Einbau neuer Fenster somit automatisch auch zu einem energetischen Mehrwert führt.

Um die energetische Sanierungsrate mit Bezug auf Vollsanierungsäquivalente zu ermitteln, muss bei der unbewerteten energetischen Sanierungsrate die jeweilige Sanierungstiefe, der Sanierungsumfang und der Sanierungserfolg von Einzelmaßnahmen inkl. der Kleinstmaßnahmen im Detail erfasst, analysiert und bewertet werden. Im Ergebnis ergibt sich die kumulative Vollsanierungsäquivalente, also die häufig, insbesondere in der Diskussion um notwendige Klimaschutzmaßnahmen erwähnte, vorhandene energetische Sanierungsrate.

Diese, sich hieraus ergebende energetische Sanierungsrate²⁹, liegt im gesamten Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein bei 0,9 Prozent im Jahr - bezogen auf Vollsanierungsäquivalente (resultierend aus energetischen Teil- und Vollsanierungen).

²⁶ Ergebnisse aus Befragungen der Eigentümerinnen und Eigentümer von Wohngebäuden in Schleswig-Holstein unter anderem im Rahmen des Klimapaktes SH, von CCF-Analysen für Wohnungsunternehmen sowie aus dem Controlling der ARGE eV im öffentlichen Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Wohnungswirtschaft

²⁷ Die ARGE eV ist seit ihrer Gründung im Jahr 1946 kontinuierlich auf dem Gebiet der angewandten und wissenschaftlichen Bauforschung tätig. Hierzu gehören u.a. die Erhebung und Analyse regionaler sowie überregionaler Bau- und Sanierungstätigkeit sowie die Erfassung von bautechnischen und bauwirtschaftlichen Daten und deren Zusammenhänge. Auf dieses umfangreiche Datenarchiv der ARGE eV konnte im Rahmen dieser Untersuchung auch mit dem Regionalschlüssel „Schleswig-Holstein“ zur Bestimmung der aktuellen energetischen Sanierungsrate im Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein zurückgegriffen werden.

²⁸ [BBSR 2011], [BBSR 2017], [BBSR 2020d], [BBSR 2021]

²⁹ Energetische Sanierungsrate (Vollsanierungsäquivalente) im Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein für das Betrachtungsjahr 2022

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurden die Ergebnisse zur aktuellen Sanierungstätigkeit im Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein aber noch wesentlich differenzierter betrachtet, um eine möglichst passgenaue und praxisnahe Ausgangsbasis zur Entwicklung individueller, energetischer Sanierungsraten für die verschiedenen Gebäudetypen und -cluster des Wohngebäudebestandes zu erhalten.

In der folgenden Abbildung 14 werden die Ergebnisse zur aktuellen energetischen Sanierungsrate im Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein differenziert nach Gebäudetypen, Teil- und Vollsanierungen sowie nach Baualtersklassen (zusammengefasst für die Bestände vor 1979 und nach 1979) dargestellt.

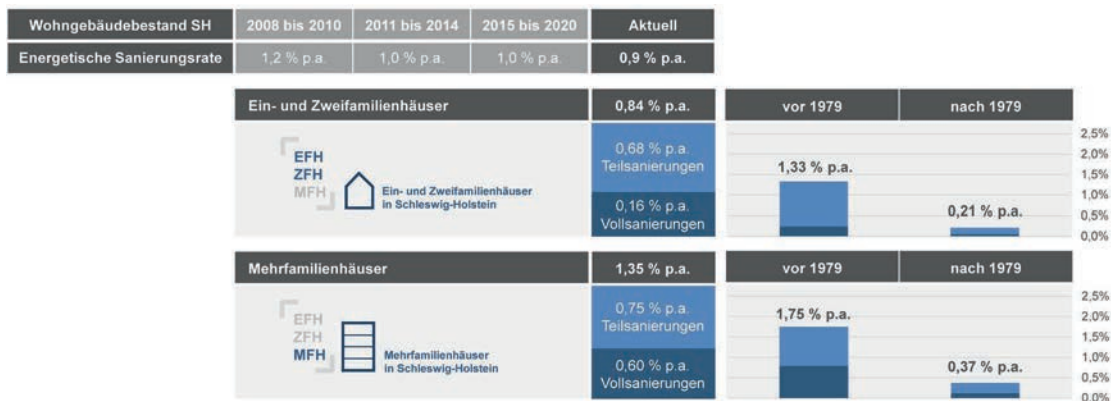


Abbildung 14: Darstellung der Entwicklung bei den energetischen Sanierungsraten im Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein von 2008 bis heute in Form von Vollsanierungsäquivalenten; Differenzierung der aktuellen energetischen Sanierungsrate nach Gebäudetypen, Teil- und Vollsanierungen sowie nach Baualtersklassen (zusammengefasst für die Bestände vor 1979 und nach 1979)

Die energetische Sanierungsrate beim Gebäudetyp der Mehrfamilienhäuser liegt mit 1,35 % p.a. unter anderem aufgrund eines höheren Anteils an Vollsanierungen auf einem vergleichsweise höheren Niveau, als beim Gebäudetyp der Ein- und Zweifamilienhäuser, wo die häufig besonders kleinteiligen, meist in mehreren zeitlich stark versetzten Schritten vorgenommenen Teilsanierungen, zu einer energetischen Sanierungsrate in Höhe von 0,84 % p.a. führen.

MFH werden i.d.R. seltener dafür aber energetisch aufwendiger saniert
(vergleichsweise hoher Anteil an Vollsanierungen und Maßnahmenkombinationen mit hoher Sanierungseffizienz)

EFH/ZFH werden i.d.R. häufiger dafür aber besonders kleinteilig saniert
(vergleichsweise hoher Anteil an Teilsanierungen und Einzelmaßnahmen an Teilflächen mit geringer Sanierungseffizienz)

Hierbei fällt die energetische Sanierungsrate bei den älteren Mehrfamilienhäusern mit einem Baujahr vor 1979 mit 1,75 % p.a. wesentlich höher aus, als mit 0,37 % p.a. bei den Mehrfamilienhäusern, die ab 1979 bis heute errichtet wurden. Diese Konstellation einer stark unterschiedlichen Sanierungstätigkeit in Abhängigkeit zum Baujahr lässt sich auch bei den Ein- und Zweifamilienhäusern feststellen, wobei die Werte für die Gebäude vor 1979 bei 1,33 % p.a. und für die Gebäude ab 1979 bei 0,21 % p.a. liegen.

Bei der Analyse der Tätigkeiten unterschiedlicher Akteursgruppen in der Wohnungswirtschaft wird außerdem deutlich, dass Teilsanierungen überwiegend im Bereich der privaten Wohnungswirtschaft (Hausbesitzer, private Vermieter etc.) durchgeführt werden, die Vollsanierungen hingegen mehrheitlich eher der gewerblichen Wohnungswirtschaft (Genossenschaften, kommunale oder freie Wohnungsunternehmen) zuzuordnen sind.

In weiterführenden Untersuchungen zum real, empirisch erhobenen Sanierungsverhalten der Eigentümer an ihren Gebäuden (Sanierungshistorie, Sanierungsgründe und Sanierungszeitpunkt, Maßnahmen, eingesetztes Budget) in Abhängigkeit zu den verschiedenen Gebäudetypen (Gebäudeart, Baualtersklasse, energetischer Ausgangszustand etc.) ist festzustellen, dass eine kontinuierliche energetische Verbesserung der Wohngebäudebestände in Schleswig-Holstein stattfindet. Insbesondere eine effiziente Anlagentechnik und betriebsoptimierte Gebäudesteuerung stehen hierbei zunehmend im Fokus der energetischen Sanierungsaktivitäten. Gleichzeitig wird damit der effizienteren Hebelwirkung der anlagentechnischen Verbesserungen bezüglich der Treibhausgasminderung Rechnung getragen.

Trotz dieser Entwicklungen ist vor dem Hintergrund der aktuellen energetischen Sanierungsrate und -tätigkeit zu konstatieren, dass die Transformation zu einem klimaneutralen Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein bis möglichst 2040 eine darüberhinausgehende deutliche Steigerung der energetischen Sanierungsaktivitäten sowie eine weitere zielunterstützende Fokussierung vorrangig auf Gebäudebestände mit großem Potential zur Minderung der CO₂-Emissionen und Energieverbräuche bedarf (erweiterter „Worst First“-Ansatz). In diesem Zusammenhang wird außerdem ein entscheidender Faktor für die Erreichung der Klimaschutzziele letztendlich auch beim verstärkten Einsatz grüner bzw. erneuerbarer Energien liegen, da klimarelevante Investitionen an den Einzelgebäuden eine Endlichkeit der Möglichkeiten und auch der Kapazitäten³⁰ bereits absehbar machen.

³⁰ Im Sinne der planetaren Kapazitätsgrenzen sind grundsätzlich Sanierungsstrategien zu empfehlen, welche durch möglichst wenig Materialeinsatz im Verhältnis höhere CO₂-Einsparungen generieren. Maßnahmen sind deshalb zu priorisieren. Darüber hinaus sind die Umstellung der Wärmeversorgung auf nicht-fossile Energieträger und die Dekarbonisierung der leitungsgebundenen Wärme für die Erreichung der Klimaziele entscheidend (siehe Punkt 4 zum Thema Graue Emissionen vom Büro Werner Sobek; vgl. [Sobek 2023], [Sobek 2024])

1.2.2. Progressivitätsfolge

Das Verfahren zur Bestimmung einer zielführenden Progressivitätsfolge³¹ im Wohngebäudebestand wurde erstmalig in der Grundlagenstudie „Umsetzungsorientierte Machbarkeitsstudie zur Erreichung der Klimaschutzziele im Bereich der Wohngebäude in Hamburg“ vorgenommen.³² Unter Anwendung dieser Analyse-methode lassen sich die Wohngebäudebestände nachvollziehbar identifizieren, welche die größten CO₂-Minderungspotentiale bei gleichzeitig schlechtem energetischem Niveau aufweisen.

Auch im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie klimaneutraler Wohnungsbau in Schleswig-Holstein wurde eine entsprechende Progressivitätsfolgeanalyse auf Basis des sich aus der Kombination aktueller statistischer Verhältniszahlen mit den Ergebnissen umfangreicher empirischer Datenerhebungen zum Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein³³ ergebenden Mengengerüsts durchgeführt.

Hierbei wurden jeweils für die einzelnen Ausgangszustände in den Baualtersklassen der einzelnen Gebäudetypen sowohl die Anteile der CO₂-Emissionen als auch die Anteile des Endenergieverbrauchs in Verhältnis zum Anteil der Nutzfläche am Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein gesetzt. Ergibt sich dann sowohl aus dem vorgenannten Verhältnis CO₂-Emissionen zu Nutzfläche und Endenergieverbrauch zu Nutzfläche ein Wert von über eins, so liegt in diesen betrachteten Wohngebäudebeständen ein relativ hohes Minderungspotential vor.

Zur Veranschaulichung dieser Art von Prioritätsfeststellung durch eine Progressivitätsfolgeanalyse werden in den folgenden Abbildungen 15 und 16 die Ergebnisse dieser Detailbetrachtungen zusammenfassend in Form von Diagrammen für die jeweiligen Gebäudetypen differenziert nach Baualtersklassen und Ausgangszuständen dargestellt. Die in diesem Zusammenhang besonders bedeutenden Bestände mit einem Verhältnis bzw. Faktor > 1,0 sind in den Abbildungen mit einer blau gestrichelten Linie als Rahmen versehen und mit ihren Anteilen am Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein kurz beschrieben.

Mehrfamilienhäuser in Schleswig-Holstein

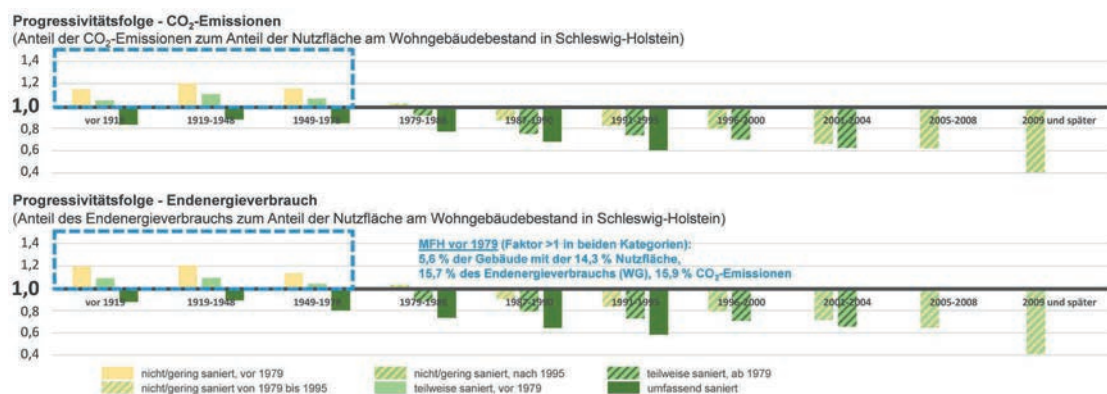


Abbildung 15: Darstellung der Ergebnisse der Progressivitätsfolgeanalyse bezüglich der CO₂-Emissionen und des Endenergieverbrauchs für den Gebäudetyp der Mehrfamilienhäuser in Schleswig-Holstein; differenziert nach Baualtersklassen und Ausgangszuständen

³¹ Progressivitätsfolge ist ein Ranking der Wohngebäudebestände entsprechend ihres relativen Einsparpotenzials an Endenergie und/oder CO₂-Emissionen (durch Maßnahmen an der Gebäudehülle und/oder Energie- bzw. Wärmeversorgung).

³² [BSW 2023], ergänzend [ARGE 2023b]

³³ [ZENSUS 2011], [ZENSUS 2022], [DESTATIS 2011-2023], [Statistik Nord 2011-2023] und eigene Berechnungen und Erhebungen im öffentlichen Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Wohnungswirtschaft

Somit kann durch die Progressivitätsfolgeanalyse konsequent aufgezeigt werden, welche Gebäude aktuell einen überproportional hohen Anteil an den CO₂-Emissionen und den Endenergieverbräuchen des gesamten Wohngebäudebestandes in Schleswig-Holstein aufweisen, d.h. welche Gebäudebestände diesbezüglich über die größte Hebelwirkung verfügen.

Ein- und Zweifamilienhäuser in Schleswig-Holstein

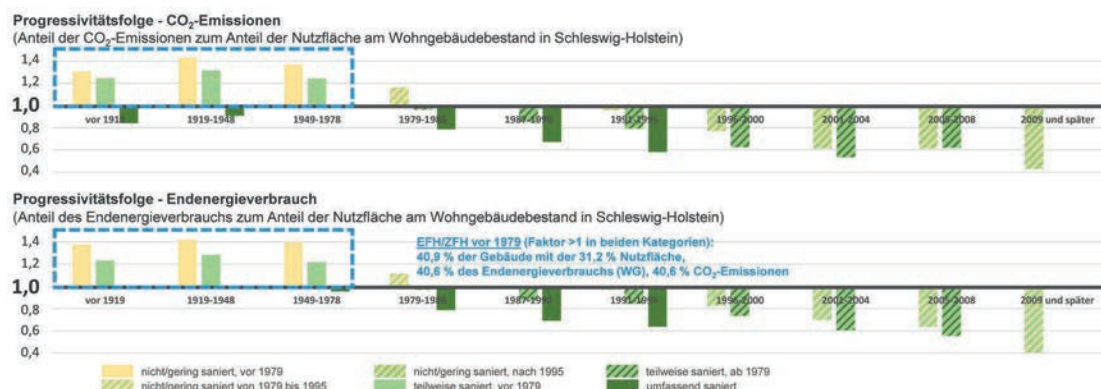


Abbildung 16: Darstellung der Ergebnisse der Progressivitätsfolgeanalyse bezüglich der CO₂-Emissionen und des Endenergieverbrauchs für den Gebäudetyp der Ein- und Zweifamilienhäuser ins Schleswig-Holstein; differenziert nach Baualtersklassen und Ausgangszuständen

Bei diesen Analysen zur Progressivitätsfolge wurden insbesondere die Gebäude vor 1979 identifiziert, die bisher noch nicht oder nur im geringen Umfang energetisch saniert wurden. In der Progressivitätsfolge schließen dann mit etwas Abstand die Gebäude vor 1979 an, die bisher nur in einem mittleren Umfang energetisch saniert wurden. Diese Gebäude sind künftig verstärkt in den Fokus von Sanierungs- und Entwicklungspfaden zu nehmen.

Im Vergleich hierzu sind bei den bereits größtenteils oder umfassend energetisch sanierten Gebäuden vor 1979 (aktuell ca. ein Fünftel der Wohngebäude vor 1979), durch weitere energetische Sanierungsmaßnahmen nur noch geringe Einspareffekte zu erzielen.

Progressivitätsfolge - Bestände mit größter Hebelwirkung in Schleswig-Holstein (Buchstaben A und B geben hierbei die Rangfolge der Prioritätsfeststellung an)

// MFH vor 1979

- A) nicht/gering saniert
B) teilweise saniert

Im Verhältnis zu ihrem Anteil an der Wohn-/Nutzfläche in Schleswig-Holstein ist der Anteil an den CO₂-Emissionen und am Endenergieverbrauch der nicht bis teilweise sanierten Mehrfamilienhäuser der Baualtersklasse vor 1979 relativ höher

// EFH/ZFH vor 1979

- A) nicht/gering saniert
B) teilweise saniert

Im Verhältnis zu ihrem Anteil an der Wohn-/Nutzfläche in Schleswig-Holstein ist der Anteil an den CO₂-Emissionen und am Endenergieverbrauch der nicht bis teilweise sanierten Ein- und Zweifamilienhäuser der Baualtersklasse vor 1979 relativ höher

Abbildung 17: Übersicht zu Hauptergebnissen der Progressivitätsfolgeanalyse für den Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein unter Nennung der Bestände mit größter Hebelwirkung bezüglich der CO₂-Emissionen und des Endenergieverbrauchs; differenzierte Rangfolge nach Gebäudetypen, Baualtersklassen und Ausgangszuständen

1.2.3. Zielstandards

Hinsichtlich der energetischen Zielstandards ist grundsätzlich eine möglichst hohe Energie- und Ressourceneffizienz unter Beachtung von Aspekten der Sozialverträglichkeit sowie der Machbarkeit zu forcieren. Im optimalen Fall führen somit die mit dem Zielstandard verbundenen energetischen Maßnahmen zu einer bestmöglichen Kombination aus geringen Energieverbräuchen, minimalen Gesamtemissionen sowie geringen Wohnkostenfolgen bei gleichzeitig hoher Breitenwirkung bzw. Umsetzungswahrscheinlichkeit.

Der Wahl bezüglich der energetischen Qualität der Gebäudehülle kommt hierbei eine große Bedeutung zu. Unter anderem können durch die Realisierung einer energieeffizienten Gebäudehülle die anfallenden Transmissions- und Lüftungswärmeverluste minimiert und hierdurch in der Regel auch Energieverbräuche und CO₂-Emissionen gemindert werden.

Außerdem hat die energetische Qualität der thermischen Hülle beispielsweise einen direkten Einfluss auf die Effizienz beim Einsatz von Wärmepumpen. Hierbei weisen bereits geringfügige energetische Sanierungsmaßnahmen einen erheblichen Einfluss auf. Vor dem Hintergrund der Präzisierung der Niedertemperaturfähigkeit der Gebäudehülle bei Bestandsgebäuden ist der effiziente Einsatz zukunftsfähiger Anlagentechnik auf Basis erneuerbarer Energien, insbesondere der Einbau von Wärmepumpen, bereits heute in vielen Fällen – bei Geräten auf dem heutigen Stand der Technik – ohne Zusatzsystem und mit hohen Jahresarbeitszahlen möglich.³⁴

Bei Betrachtung der Zielstandards im Wohngebäudebestand (Gebäudehülle) und der damit verbundenen detaillierten Maßnahmen- und Kostenanalysen ist unter anderem besonders zu berücksichtigen, dass es in Schleswig-Holstein bereits sowohl einen großen Anteil an energetisch teilsanierten Gebäuden als auch einen großen Anteil an Gebäuden mit einer energetisch umfassend sanierten bzw. energieeffizienten Gebäudehülle gibt (siehe Ausführungen unter Punkt 1.1.2). Aus diesem Grund wurde im Rahmen der vorliegenden Untersuchung jeder betrachtete Zielstandard immer in Abhängigkeit zum jeweiligen Ausgangszustand analysiert.

Die folgenden energetischen Zielstandards wurden in diesem Zusammenhang so gewählt, dass sie eine möglichst große und zielgerichtete Bandbreite an Sanierungstiefen abbilden. Diese konnten dann in den Simulationsmodellen bis 2040/2045 (siehe Ausführungen unter Punkt 1.3.1) als unterschiedliche Leitstandards in den prognostizierten Entwicklungspfaden in Ansatz gebracht werden.

Zielstandards im Wohngebäudebestand (Gebäudehülle)	
// Gebäudeenergiegesetz (GEG) ³⁵	// Effizienzhaus 115 (E115)
// Effizienzhaus 100 (E100)	// Effizienzhaus 70 (E70)
// Effizienzhaus 55 (E55)	// Effizienzhaus 40 (E40)

Abbildung 18: Übersicht der Festlegungen zu den im Rahmen der vorliegenden Untersuchung betrachteten energetischen Zielstandards im Wohngebäudebestand (Gebäudehülle)

³⁴ siehe hierzu Ergebnisse und Kernaussagen aus der aktuellen Studie des Ing.-Büros Hausladen GmbH zum Einsatz von Wärmepumpen [Endres 2024] sowie [Endres 2024a]

³⁵ 140 %-Regel bei Bestandsgebäuden gemäß GEG 2024

In Zusammenhang mit Festlegungen zu energetischen Zielstandards im Wohngebäudebestand ist des Weiteren zu beachten, dass insbesondere in den noch nicht wesentlich modernisierten Beständen eine große Anzahl an Gebäuden in Schleswig-Holstein – über eingetragene Baudenkmäler hinaus – als schutzwürdig einzuordnen und als besonders erhaltenswerte Bausubstanz zu klassifizieren sind. Diese können vornehmlich aus dem baukulturellen Verständnis zur Identität von Bauwerken und somit zur authentischen Bewahrung von Orts- und Stadtbildern, insbesondere von prägenden Straßenzügen oder Quartieren, bestimmten Sanierungsrestriktionen – beispielsweise im Bereich der Fassaden – unterliegen, welche umfassende energetische Sanierungen teilweise einschränken oder gegebenenfalls hemmen.

Die betreffenden Klassifikations-Kategorien³⁶ D und E mit Sanierungsrestriktionen weisen in Schleswig-Holstein bei den verschiedenen Gebäudetypen und -clustern einen Anteil in Höhe 7,9 % des gesamten Wohngebäudebestandes auf. Der Großteil der Sanierungsrestriktionen entfällt hierbei auf die Gebäude aus den noch nicht wesentlich modernisierten Beständen vor 1979. Der Anteil an denkmalgeschützten Wohngebäuden liegt in diesem Zusammenhang bei 0,39 %.³⁷

Für die betreffenden Gebäudebestände mit Sanierungsrestriktionen wurden im Rahmen der Machbarkeitsstudie klimaneutraler Wohnungsbau in Schleswig-Holstein deshalb zu berücksichtigende Sonderbetrachtungen zu bautechnischen Einschränkungen bei der Ausführung von energetischen Sanierungsmaßnahmen durchgeführt. Hierbei wurde auch geprüft, inwieweit bei den Gebäuden die vorstehend beschriebenen energetischen Zielstandards überhaupt erreichbar sind.

Hierbei zeigt sich grundsätzlich, dass besonders erhaltenswerte Bausubstanz zum Erreichen der Klimaneutralität im Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein immer stärker an Bedeutung gewinnt, je ambitionierter die energetischen Zielstandards bzw. die Klimaschutzziele in der energetischen Sanierung ausgelegt werden. Dieser Umstand resultiert aus der Tatsache, dass die Möglichkeiten der energetischen Erneuerung in den Gebäuden mit besonders erhaltenswerter Bausubstanz vergleichsweise begrenzt sind.³⁸ Aus diesem Wissen heraus ergibt sich, dass der zeitgemäße und adäquate Umgang mit besonders erhaltenswerter Bausubstanz im Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein auch eine zunehmende Relevanz bezüglich der bis 2040/2045 realisierbaren Einsparziele aufweist.

Die Ergebnisse über die energetischen und monetären Auswirkungen in Bezug auf die besonders erhaltenswerte Bausubstanz in Schleswig-Holstein wurden bei den entsprechenden Wohngebäudebeständen auch in den Simulationsberechnungen zum CO₂-Entwicklungspfad (siehe Ausführungen unter Punkt 1.3. „Entwicklungsprozess“) hinterlegt.

³⁶ Kategorien A bis E (A: Keine besonders erhaltenswerte Bausubstanz, kein Denkmal oder Erhaltungsbereich, B: Erhalt der Gestaltungsqualität mit Fassadendämmung möglich, C: Erhalt der Gestaltungsqualität mit Fassadendämmung unter fachlicher Begleitung möglich, D: Erhalt der Gestaltungsqualität nur mit Dämmung der rückwärtigen Fassaden, E: Erhalt der Gestaltungsqualität ohne Fassadendämmung)

³⁷ Ergebnisse der Datenbankabfrage des Landesamts für Denkmalpflege Schleswig-Holstein, Auswertungen und Informationen der Bundesstiftung Baukultur sowie eigener Erhebungen zur Bewertung und Einordnung des Wohngebäudebestandes in Schleswig-Holstein

³⁸ Nach den Ergebnissen der Sonderbetrachtungen zu bautechnischen Einschränkungen bei der Ausführung von Sanierungsmaßnahmen z. B. in besonders erhaltenswerte Bausubstanz der Kategorie E, ist aufgrund der vorhandenen Sanierungsrestriktionen i.d.R. max. das energetische Anforderungsniveau Effizienzhaus Denkmal umsetzbar.

1.2.4. Sanierungskosten

Um die Sanierungskosten (energetisch) für den Wohngebäudebestand zu bestimmen, wurden für die verschiedenen Gebäudetypen und Baualtersklassen umfassende Betrachtungen durchgeführt.

Im Detail wurden die, zum Erreichen verschiedener definierter Zielstandards bei der Sanierung, zu erfolgenden bautechnischen Maßnahmen (Maßnahmen des baulichen Wärmeschutzes) an der Gebäudehülle in Zusammenwirken mit erforderlichen Maßnahmen im Bereich der Wärmeversorgung unter Berücksichtigung der Potentiale zur Nutzung erneuerbarer Energien auf Basis unterschiedlicher Ausgangszustände untersucht.

Die definierten energetischen Ausgangszustände leiten sich hierbei direkt aus den ermittelten Sanierungszuständen des jeweiligen Bautyps in Verbindung mit der entsprechenden Baualtersklasse ab. Des Weiteren wurden zur Präzisierung der Ausgangslagen die Ergebnisse zu den vorhandenen Bauteilzuständen im Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein herangezogen. Durch diese Erkenntnisse über Qualität und Quantität von bauteilbezogenen Sanierungsmaßnahmen konnten allgemeine Ausführungsvarianten bestimmt und auf die untersuchten Gebäudetypen übertragen werden.

Die vorgenannten Betrachtungen wurden grundsätzlich bauteil- und flächenscharf vorgenommen und zusätzlich entsprechend in dieser hohen Detaillierungstiefe mit aktuell erhobenen Ausführungs- und Kostendaten³⁹ hinterlegt. Hierbei erfolgte immer auch eine Unterteilung der Sanierungskosten (Investitionsbedarfe) unter Einbeziehung der tatsächlichen Erforderlichkeiten im Wohngebäudebestand⁴⁰ in energieeffizienzbedingte Kosten bzw. energiebedingte Mehrkosten⁴¹ und Instandsetzungskosten⁴².

Die in der Praxis oftmals in Kombination mit größeren energetischen Sanierungsmaßnahmen erfolgenden wohnwertverbessernden Maßnahmen (Küchen-/Bad-, Treppenhaus-, Balkonsanierung etc.) wurden hingegen im Rahmen der vorgenannten Kostenbetrachtungen zum baulichen Wärmeschutz und zur Gebäudeeffizienz nicht betrachtet, da diese ursächlich nicht auf energetischen Anforderungen zurückzuführen sind.

³⁹ von der ARGE eV erhobene, erfasste und ausgewertete Angaben, Beschreibungen und Werte von im Zeitraum 2015 bis 2024 fertiggestellten und abgerechneten Sanierungsvorhaben in Schleswig-Holstein unter anderem mit gewerkebezogenen Kostenfeststellungen von insgesamt 5.600 Gebäuden mit einem Investitionsvolumen im Gesamtumfang von rund 440 Mio. €

⁴⁰ Die tatsächlichen Erforderlichkeiten bzw. unterschiedlichen Ausgangszustände im Wohngebäudebestand inkl. gegebenenfalls vorhandener Vorfälligkeiten bei den Sanierungen werden bei dieser Methodik entsprechend berücksichtigt. Das sogenannte Kopplungsprinzip kommt demnach nur in den Fällen vollständig zur Anwendung, in denen tatsächlich Instandsetzungsmaßnahmen ohnehin an den Bauteilen erforderlich sind

⁴¹ Kosten zum Erreichen einer Energieeinsparung, die gegenüber einer reinen Instandsetzungsmaßnahme anfallen, das heißt anteilige Kosten für energetisch wirksame Bestandteile und Mehraufwendungen an einem Bauteil – Definition FEBS (Fachportal Energieeffizientes Bauen und Sanieren).

⁴² Kosten für Maßnahmen zur Wiederherstellung des funktionsfähigen Zustands von (technischen) Anlagen, Geräten, Bauelementen und Funktionseinheiten des Gebäudes. Instandsetzung bedeutet oft die Reparatur bzw. den Austausch von Bauteilen. In der Regel wird mit einer energetischen Sanierung das Gebäude auch instandgesetzt – Definition FEBS (Fachportal Energieeffizientes Bauen und Sanieren)

Beispielhaft für die Sanierungskostenniveaus im Gebäudebestand werden im Folgenden die Kosten der in Schleswig-Holstein bedeutendsten Baualtersklasse 1949-1978 (insgesamt 327 Tsd. Gebäude mit einem Anteil in Höhe von 39,0 % am gesamten Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein) am Gebäudetyp der Mehrfamilienhäuser sowie der Ein- und Zweifamilienhäuser aufgezeigt.

In den tabellarischen Aufstellungen und Diagrammen werden die Kosten der energetischen Sanierung immer in Form von spezifischen Kostenkennwerten mit Bezug auf die Wohnfläche (gemäß Wohnflächenverordnung – WoFIV) aufgeführt bzw. dargestellt.

Mehrfamilienhäuser, Baualtersklasse: 1949-1978 (freistehend)			Zielstandards					
Ausgangszustände	nicht/gering saniert bzw. Errichtungszustand	Vollkosten	610 - 880 €/m² Wfl.	680 - 990 €/m² Wfl.	780 - 1.090 €/m² Wfl.	940 - 1.130 €/m² Wfl.	1.170 - 1.310 €/m² Wfl.	1.360 - 1.500 €/m² Wfl.
		Energiebedingte Mehrkosten*	170 - 380 €/m² Wfl.	200 - 430 €/m² Wfl.	260 - 460 €/m² Wfl.	360 - 560 €/m² Wfl.	530 - 730 €/m² Wfl.	730 - 920 €/m² Wfl.
	teilweise saniert	Vollkosten	500 - 680 €/m² Wfl.	550 - 740 €/m² Wfl.	770 - 960 €/m² Wfl.	980 - 1.140 €/m² Wfl.	1.200 - 1.340 €/m² Wfl.	1.390 - 1.530 €/m² Wfl.
		Energiebedingte Mehrkosten*	190 - 390 €/m² Wfl.	220 - 420 €/m² Wfl.	360 - 550 €/m² Wfl.	530 - 680 €/m² Wfl.	710 - 850 €/m² Wfl.	900 - 1.050 €/m² Wfl.
	umfassend saniert	Vollkosten	/	/	300 - 490 €/m² Wfl.	490 - 640 €/m² Wfl.	920 - 1.070 €/m² Wfl.	1.260 - 1.400 €/m² Wfl.
		Energiebedingte Mehrkosten*	/	/	200 - 380 €/m² Wfl.	370 - 520 €/m² Wfl.	750 - 890 €/m² Wfl.	1.070 - 1.200 €/m² Wfl.

* entspricht den umlagefähigen Sanierungskosten gemäß § 559 BGB † 140%-Regel bei Bestandsgebäude gemäß GEG 2024

Abbildung 19: Tabellarische Kostenübersicht (differenziert nach Vollkosten und Energiebedingten Mehrkosten) der energetischen Gebäudesanierung in Abhängigkeit zum Ausgangszustand und zum angestrebten energetischen Zielstandard, Beispiel: Mehrfamilienhäuser der Baualtersklasse 1949-1978; Grundlage: Auswertung durchgeführter und abgerechneter Sanierungsvorhaben in Schleswig-Holstein; Kostenstand: 1. Quartal 2024; Angaben in Form von spezifischen Kostenspannen in Euro je Quadratmeter Wohnfläche, inkl. Mehrwertsteuer (Bruttokosten)

Bei den Mehrfamilienhäusern der Baualtersklasse 1949-1978 fallen die energetischen Sanierungskosten in Abhängigkeit vom jeweils vorliegenden Ausgangszustand und dem avisierten bzw. angestrebten Zielzustand sehr unterschiedlich aus. Dieses gilt sowohl für die Vollkosten als auch für die energiebedingten Mehrkosten.

Bei Betrachtung des Ausgangszustandes „nicht/gering saniert“ (seit der Errichtung wurden keine energetischen Sanierungen bzw. nur an einzelnen Bauteilen bzw. Bauteilflächen durchgeführt) liegen die Vollkosten der energetischen Sanierung bei den Mehrfamilienhäusern z.B. für den Zielstandard nach Gebäudeenergiegesetz (GEG)⁴³ zwischen 610 und 880 €/m² Wfl., während sich die Kosten für die Umsetzung eines Effizienzhaus 55 (E55) mit 1.170 bis 1.310 €/m² Wfl. und für die Umsetzung eines Effizienzhaus 40 (E40) im Bestand mit 1.360 bis 1.500 €/m² Wfl. auf einem erheblich höheren Kostenniveau bewegen.

Die Unterschiede bei den Kostenniveaus in Bezug auf die verschiedenen Zielstandards sind bei den energiebedingten Mehrkosten noch deutlich ausgeprägter. Hier liegen die Kosten bei Betrachtung des gleichen Ausgangszustandes z.B. für den Zielstandard nach Gebäudeenergiegesetz (GEG) zwischen 170 und 380 €/m² Wfl., während diese beim Effizienzhaus 55 (E55) in Höhe von 530 bis 730 €/m² Wfl. und beim Effizienzhaus 40 (E40) im Bestand mit 730 bis 920 €/m² Wfl. anfallen.

⁴³ 140 %-Regel bei Bestandsgebäuden gemäß GEG 2024

Folglich liegt auch der Anteil der energiebedingten Mehrkosten an den Vollkosten bei den Mehrfamilienhäusern in den ambitionierteren Zielstandards vergleichsweise höher. Im Mittel liegt er beim betrachteten Ausgangszustand für den Standard nach Gebäudeenergiegesetz (GEG) bei ca. 37 %, wohingegen der Anteil in den Zielstandards Effizienzhaus 55 (E55) mit ca. 51 % und beim Effizienzhaus 40 (E40) im Bestand sogar mit ca. 58 % zu beziffern ist. Bei den übrigen Ausgangszuständen liegen die Anteile der energiebedingten Mehrkosten aufgrund der bereits erfolgten energetischen Sanierungen noch höher. Beispielsweise liegt der Anteil für den Ausgangszustand „umfassend saniert“ im Zielstandard Effizienzhaus 40 (E40) im Mittel bei ca. 85 % der Vollkosten.

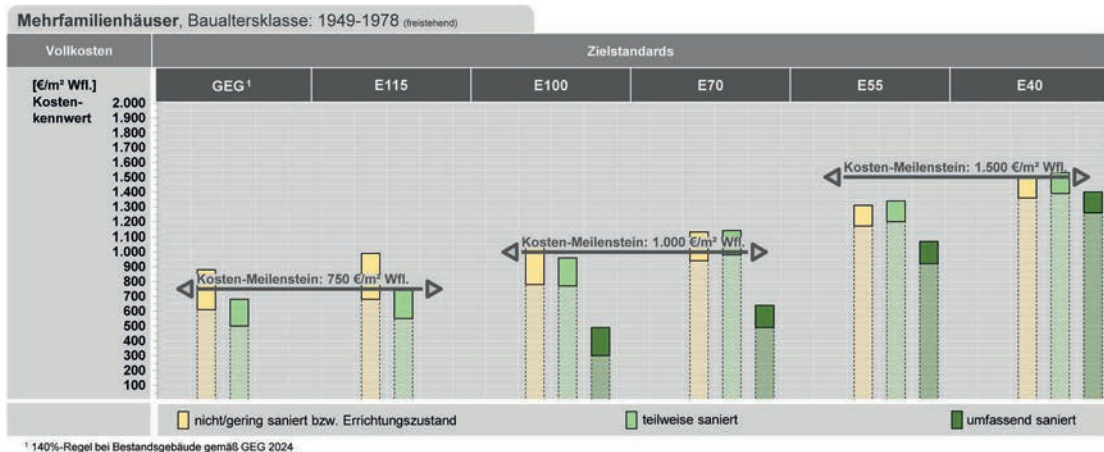


Abbildung 20: Darstellung der unterschiedlichen Kostenniveaus (Vollkosten) der energetischen Gebäudesanierung in Abhängigkeit zum Ausgangszustand und zum angestrebten energetischen Zielstandards, Mehrfamilienhäuser der Baualtersklasse 1949-1978; Grundlage: Auswertung durchgeführter und abgerechneter Sanierungsvorhaben in Schleswig-Holstein; Kostenstand: 1. Quartal 2024; Angaben in Form von spezifischen Kostenspannen in Euro je Quadratmeter Wohnfläche, inkl. Mehrwertsteuer (Bruttokosten)

Im Diagramm der Abbildung 20 sind die jeweiligen Kostenniveaus der energetischen Gebäudesanierung bei Mehrfamilienhäusern der Baualtersklasse 1949-1978 nochmals grafisch aufbereitet. Zur schnelleren Einordnung der Kostenhöhen hinsichtlich der verschiedenen Zielstandards wurden Kosten-Meilensteine bei den Marken 750 €/m² Wfl., 1.000 €/m² Wfl. und 1.500 €/m² Wfl. gesetzt. Anhand dieser können sowohl die Kostenniveaus besser zugeordnet als auch Kostensprünge zwischen den einzelnen Zielstandards schneller erfasst werden.

Zum Beispiel lässt sich für die Mehrfamilienhäuser der Baualtersklasse 1949-1978 erkennen, dass die energetischen Sanierungen auf Basis der Ausgangszustände „nicht/gering saniert“ und „teilweise saniert“ bei den Zielstandards nach Gebäudeenergiegesetz (GEG) und Effizienzhaus 115 (E115) um den Kosten-Meilenstein der Marke 750 €/m² Wfl. liegen, während der Zielstandard Effizienzhaus 40 (E40) mit seiner Kostenspanne den Kosten-Meilenstein der Marke 1.500 €/m² Wfl. erreicht hat.

Im Vergleich zu den Mehrfamilienhäusern der Baualtersklasse 1949-1978 fallen die energetischen Sanierungskosten für die avisierten bzw. angestrebten Zielstandards bei den Ein- und Zweifamilienhäusern dieser Baualtersklasse nochmals deutlich höher aus. Ursächlich hierfür sind unter anderem der geringere Kompaktheitsgrad des Gebäudetyps (EFH/ZFH) als auch die höheren Sanierungskosten (z.B. je Quadratmeter Bauteilfläche) aufgrund geringerer Ausführungsmengen sowie vergleichsweise höherer Logistik- und Nebenkosten etc.

Bei Betrachtung des Ausgangszustandes „nicht/gering saniert“ liegen die Vollkosten der energetischen Sanierung bei den Ein- und Zweifamilienhäusern z.B. für den Zielstandard nach Gebäudeenergiegesetz (GEG) zwischen 1.120 und 1.440 €/m² Wfl., während sich die Kosten für die Umsetzung eines Effizienzhaus 55 (E55) mit 1.870 bis 2.160 €/m² Wfl. und für die Umsetzung eines Effizienzhaus 40 (E40) im Bestand mit 2.060 bis 2.360 €/m² Wfl. auf einem erheblich höheren Kostenniveau bewegen.

Ein-/Zweifamilienhäuser, Baualtersklasse: 1949-1978 (freistehend)			Zielstandards					
			GEG ¹	E115	E100	E70	E55	E40
Ausgangszustände	nicht/gering saniert bzw. Errichtungszustand	Vollkosten	1.120 - 1.440 €/m ² Wfl.	1.230 - 1.570 €/m ² Wfl.	1.340 - 1.650 €/m ² Wfl.	1.560 - 1.880 €/m ² Wfl.	1.870 - 2.160 €/m ² Wfl.	2.060 - 2.360 €/m ² Wfl.
		Energiebedingte Mehrkosten*	340 - 670 €/m ² Wfl.	400 - 750 €/m ² Wfl.	430 - 790 €/m ² Wfl.	580 - 990 €/m ² Wfl.	880 - 1.260 €/m ² Wfl.	1.090 - 1.460 €/m ² Wfl.
	teilweise saniert	Vollkosten	580 - 870 €/m ² Wfl.	700 - 1.020 €/m ² Wfl.	860 - 1.180 €/m ² Wfl.	1.250 - 1.550 €/m ² Wfl.	1.760 - 2.060 €/m ² Wfl.	1.970 - 2.270 €/m ² Wfl.
		Energiebedingte Mehrkosten*	260 - 560 €/m ² Wfl.	340 - 650 €/m ² Wfl.	440 - 750 €/m ² Wfl.	720 - 1.040 €/m ² Wfl.	1.220 - 1.520 €/m ² Wfl.	1.470 - 1.770 €/m ² Wfl.
	umfassend saniert	Vollkosten	/	/	470 - 780 €/m ² Wfl.	710 - 1.020 €/m ² Wfl.	1.740 - 2.040 €/m ² Wfl.	1.940 - 2.230 €/m ² Wfl.
		Energiebedingte Mehrkosten*	/	/	250 - 550 €/m ² Wfl.	450 - 750 €/m ² Wfl.	1.350 - 1.650 €/m ² Wfl.	1.550 - 1.850 €/m ² Wfl.

* entspricht den umlagefähigen Sanierungskosten gemäß § 559 BGB ¹ 140%-Regel bei Bestandsgebäude gemäß GEG 2024

Abbildung 21: Tabellarische Kostenübersicht (differenziert nach Vollkosten und Energiebedingten Mehrkosten) der energetischen Gebäudesanierung in Abhängigkeit zum Ausgangszustand und zum angestrebten energetischen Zielstandard, Beispiel: Ein- und Zweifamilienhäuser der Baualtersklasse 1949-1978; Grundlage: Auswertung durchgeführter und abgerechneter Sanierungsvorhaben in Schleswig-Holstein; Kostenstand: 1. Quartal 2024; Angaben in Form von spezifischen Kostenspannen in Euro je Quadratmeter Wohnfläche, inkl. Mehrwertsteuer (Bruttokosten)

Die Unterschiede bei den Kostenniveaus in Bezug auf die verschiedenen Zielstandards sind bei den energiebedingten Mehrkosten ebenfalls noch deutlich ausgeprägter. Hier liegen die Kosten bei Betrachtung des gleichen Ausgangszustandes z.B. für den Zielstandard nach Gebäudeenergiegesetz (GEG) zwischen 340 und 670 €/m² Wfl., während diese beim Effizienzhaus 55 (E55) in Höhe von 880 bis 1.260 €/m² Wfl. und beim Effizienzhaus 40 (E40) im Bestand mit 1.090 bis 1.460 €/m² Wfl. anfallen.

Folglich liegt auch der Anteil der energiebedingten Mehrkosten an den Vollkosten bei den Ein- und Zweifamilienhäusern in den ambitionierteren Zielstandards vergleichsweise höher. Im Mittel liegt er beim betrachteten Ausgangszustand für den Standard nach Gebäudeenergiegesetz (GEG) bei ca. 39 %, wohingegen der Anteil in den Zielstandards Effizienzhaus 55 (E55) mit ca. 53 % und beim Effizienzhaus 40 (E40) im Bestand sogar bei ca. 58 %. Bei den übrigen Ausgangszuständen liegen die Anteile der energiebedingten Mehrkosten aufgrund der bereits erfolgten energetischen Sanierungen noch höher. Beispielsweise liegt der Anteil für den Ausgangszustand „umfassend saniert“ im Zielstandard Effizienzhaus 40 (E40) im Mittel bei ca. 82 % der Vollkosten.

Im Diagramm der Abbildung 22 sind die jeweiligen Kostenniveaus der energetischen Gebäudesanierung bei Ein- und Zweifamilienhäusern der Baualtersklasse 1949-1978 nochmals grafisch aufbereitet. Zur schnelleren Einordnung der Kostenhöhen hinsichtlich der verschiedenen Zielstandards wurden Kosten-Meilensteine bei den Marken 1.000 €/m² Wfl., 1.250 €/m² Wfl. und 2.000 €/m² Wfl. gesetzt.

Anhand dieser können sowohl die Kostenniveaus besser zugeordnet als auch Kostensprünge zwischen den einzelnen Zielstandards schneller erfasst werden.

Zum Beispiel lässt sich für die Ein- und Zweifamilienhäuser der Baualtersklasse 1949-1978 erkennen, dass die energetischen Sanierungen auf Basis der Ausgangszustände „nicht/gering saniert“ und „teilweise saniert“ bei den Zielstandards nach Gebäudeenergiegesetz (GEG) und Effizienzhaus 115 (E115) um den Kosten-Meilenstein der Marke 1.000 €/m² Wfl. liegen, während der Zielstandard Effizienzhaus 40 (E40) mit seiner Kostenspanne bereits den Kosten-Meilenstein der Marke 2.000 €/m² Wfl. fast vollständig überschritten hat.

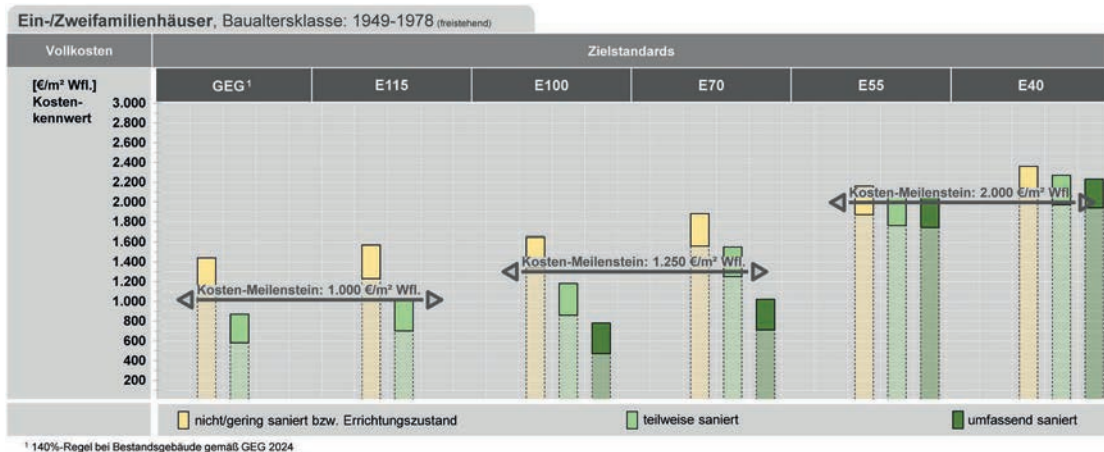


Abbildung 22: Darstellung der unterschiedlichen Kostenniveaus (Vollkosten) der energetischen Gebäudesanierung in Abhängigkeit zum Ausgangszustand und zum angestrebten energetischen Zielstandards, Ein- und Zweifamilienhäuser der Baualtersklasse 1949-1978; Grundlage: Auswertung durchgeführter und abgerechneter Sanierungsvorhaben in Schleswig-Holstein; Kostenstand: 1. Quartal 2024; Angaben in Form von spezifischen Kostenspannen in Euro je Quadratmeter Wohnfläche, inkl. Mehrwertsteuer (Bruttokosten)

1.2.5. Gebäudeeffizienz

Auf Grundlage der detaillierten Maßnahmen- und Kostenanalysen für den Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein wurden ebenfalls für jede der untersuchten Kombinationen umfangreiche energetische Betrachtungen durchgeführt. Zum einen wurde durch entsprechende Berechnungen des baulichen Wärmeschutzes die jeweilige energetische Qualität der Gebäudehülle über den spezifischen Transmissionswärmeverlust bestimmt, zum anderen wurde der grundlegende Energiewärmebedarf aus Heizwärmebedarf und Trinkwasserwärmebedarf ermittelt. Diese Ergebnisse wurden dann mit den entsprechenden Sanierungsvarianten für den jeweiligen Zielstandard verknüpft und unter Ansatz verschiedener Varianten der Anlagentechnik bzw. Wärmeversorgung unter Berücksichtigung der Potentiale zur Nutzung Erneuerbarer Energien bilanziert.

Hierbei kamen auch Kalibrierungsfaktoren⁴⁴ zur Umrechnung von theoretischen Bedarfswerten in praxisnahe Verbrauchswerte zum Einsatz, damit Effekte, Einsparungen baulicher und technischer Maßnahmen aber auch die damit verbundenen Auswirkungen, beispielsweise auf die von der RegioKontext GmbH⁴⁵ untersuchte Mieten- und Wohnkostenentwicklung möglichst realitätsnah abgebildet werden können (siehe hierzu auch Ausführungen unter Punkt 3 „Klimaschutz und Wohnkostenfolgen in SH“).

Mit diesem kombinierten und sehr differenzierten Vorgehen wurden somit ausgehend von den untersuchten und festgestellten Ausgangszuständen des Wohngebäudebestands in Schleswig-Holstein für die verschiedenen möglichen Sanierungsvarianten in den einzelnen Zielstandards die sich hieraus ergebenden Energie- und CO₂-Einsparungen (als Bedarfs- und als Verbrauchsbetrachtung) sowie die Sanierungskosten (differenzierte Kostenbetrachtung) im Detail untersucht.

In diesem Zusammenhang wurde durch die Aggregation der Vielzahl untersuchter Sanierungsvarianten ein hohes Maß an Transparenz über Möglichkeiten und Kosten energetischer Sanierungen hergestellt. Auf dieser Basis konnten dann in einem iterativen Prozess fundierte Festlegungen (siehe hierzu auch Ausführungen unter Punkt 1.3 „Entwicklungsprozess“) zu Umsetzungsvarianten mit den besten Effekten zur Unterstützung des Erreichens der Klimaneutralität im aktuellen Wohngebäudebestand und Wohnungsneubau in Schleswig-Holstein bei möglichst effektivem Mittel- und Ressourceneinsatz sowie bei gleichzeitig bestmöglicher bautechnischer Umsetzbarkeit auch unter Berücksichtigung von Wohnkostenfolgen getroffen werden.

⁴⁴ [ARGE 2021a], Kalibrierung über Tabellen-/Intervallwerte bzw. über logarithmische Funktion

⁴⁵ Gutachterinnen und Gutachter für das Thema „Klimaschutz und Wohnkostenfolgen“

1.3. Entwicklungsprozess

1.3.1. CO₂-Entwicklungspfad (Szenarien)

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie klimaneutraler Wohnungsbau in Schleswig-Holstein und der ergänzenden Begleitgutachten wurden auf Grundlage der differenzierten Informationen zur baulichen Struktur, zum Baualter, zu den energetischen Sanierungszuständen, zu den verwendeten Energieträgern und zur derzeitigen Wärmeversorgung sowie zu den aktuellen Energieverbräuchen und den CO₂-Emissionen verschiedene Szenarien entwickelt, die auf Basis der erhobenen und festgestellten Daten die Machbarkeit zum Erreichen der Klimaneutralität im aktuellen Wohngebäudebestand und Wohnungsneubau in Schleswig-Holstein untersuchen.

Diese Szenarien beinhalten unter anderem verschiedene und spezifische Ansätze zu energetischen Sanierungsraten, Sanierungstiefen sowie zu den energetischen Standards im Wohnungsneubau. Des Weiteren sind vertiefende Erkenntnisse zur Progressivitätsfolge (Bestände mit der größten Hebelwirkung), zur besonders erhaltenswerten Bausubstanz, zur Umstellung der Wärmeversorgung sowie zu Potentialen leitungsgebundener Wärmeversorgung im städtischen und ländlichen Raum (siehe hierzu auch Ausführungen unter Punkt 2) in Schleswig-Holstein eingeflossen. Die Aspekte der Bezahlbarkeit des Wohnens und die Wirtschaftlichkeit der Investitionskosten werden bei den Szenarien ebenfalls berücksichtigt.

An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass es sich bei den Szenarienbetrachtungen grundsätzlich um Prognosen zukünftiger Entwicklungen handelt. Insofern ging es bei den Festlegungen für die unterschiedlichen Szenarien darum, strategische Leitplanken zu ermitteln, welche die Bandbreite möglicher Maßnahmen, in Bezug auf Sanierungstätigkeit, bautechnische Standards und Energieversorgung im Sinne eines „moderat-realistischen-Szenarios“ (Szenario 1), eines „ambitioniert-realistischen-Szenarios“ (Szenario 2) sowie eines „sehr ambitionierten Szenarios“ (Szenario 3) als Benchmarks aufzeigen (siehe hierzu Abbildung 23). Alle drei untersuchten Szenarien bilden dabei Wege ab, die eine zukünftige Steigerung der energetischen Sanierungstätigkeit sowie der Sanierungstiefe vorsehen. Hierbei unterscheiden sich allerdings sowohl das Tempo als auch die Intensität der Sanierungsmaßnahmen – und der damit verbundene Ausführungsumfang – stark voneinander.

Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
verstärktes Effektivitäts-Szenario	ambitioniertes Effizienz-Szenario	extremes EffizienzPlus-Szenario
moderat-realistisch (praxisnah)	ambitioniert-realistisch	sehr ambitioniert
moderate Fortschreibung des aktuellen Geschehens in der Bauwirtschaft inkl. der damit verbundenen energetischen Sanierungsaktivitäten	deutliche Steigerung der energetischen Sanierungsaktivitäten und ambitionierten energetischen Standards	erhebliche Beschleunigung der energetischen Sanierungsaktivitäten und sehr ambitionierten energetischen Standards
ca. 40-prozentige Steigerung der Sanierungstätigkeit bis 2030	ca. 75-prozentige Steigerung der Sanierungstätigkeit bis 2030	ca. 110-prozentige Steigerung der Sanierungstätigkeit bis 2030
Keine Vorfälligkeiten (Beachtung von Lebens- und Nutzungsdauern)	Keine Vorfälligkeiten (Beachtung der Lebens- und Nutzungsdauern)	Vorfälligkeiten (teilweise Erneuerung vor Ablauf der Lebens- und Nutzungsdauern)
durchschnittliche Sanierungsrate in Höhe von 1,4 % p.a. (von heute bis 2045)	durchschnittliche Sanierungsrate in Höhe von 1,8 % p.a. (von heute bis 2045)	durchschnittliche Sanierungsrate in Höhe von 2,1 % p.a. (von heute bis 2045)
Kumulierter Anteil der energetisch sanierten Wohngebäude steigt um zusätzlich ca. 30 % im Jahr 2045	Kumulierter Anteil der energetisch sanierten Wohngebäude steigt um zusätzlich ca. 40 % im Jahr 2045	Kumulierter Anteil der energetisch sanierten Wohngebäude steigt um zusätzlich ca. 50 % im Jahr 2045
Leitstandard: 140%-Regel GEG 2024 (Bestand) , GEG 2024 (Neubau)	Leitstandard: Effizienzhaus 115 (Bestand) , GEG 2024 (Neubau)	Leitstandard: Effizienzhaus 55 (Bestand und Neubau)

Abbildung 23: Kurzbeschreibung von Hauptaspekten zu den im Rahmen der Machbarkeitsstudie und der ergänzenden Studien unter anderem auf Basis von Sozialverträglichkeits- und Machbarkeitsanalysen entwickelten Szenarien für den Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein bis 2040/2045

Folgende Grundannahmen gelten für alle drei Szenarien:

- Der Anteil der errichteten Wohnungsneubauten wird in Schleswig-Holstein nach aktueller Wohnungsmarktprognose der IB.SH⁴⁶ sowie den darauf aufbauenden Schätzungen und Berechnungen der ARGE eV bis 2040 ca. 5 % und bis 2045 ca. 6 % des zum jeweiligen Zeitpunkt vorhandenen Wohngebäudebestands in Schleswig-Holstein betragen
- Den integrierten Maßnahmenmodellen der Machbarkeitsstudie klimaneutraler Wohnungsbau in Schleswig-Holstein liegen die erhobenen und festgestellten Erkenntnisse zum aktuellen Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein zu Grunde (bauliche Struktur, Baualter, energetische Sanierungszustände, verwendete Energieträger, Energieverbrauch, CO₂-Emissionen etc.)
- Ansatz variierender Abgangsquoten in Abhängigkeit zum Baualter der Wohngebäude auf Grundlage von Ergebnissen zu vorhandenen Potentialen für einen sinnvollen Bestandsersatz (überwiegend in den noch nicht wesentlich modernisierten Beständen vor 1979, die oftmals auch erhebliche konstruktive, funktionale und gestalterische Mängel aufweisen)⁴⁷
- Integration der Ergebnisse aus umfassenden Progressivitätsfolgenanalysen zur Umsetzung eines erweiterten „Worst First“-Ansatzes mit einem Fokus auf Gebäude, die aktuell einen überproportional hohen Anteil an den Energieverbräuchen und CO₂-Emissionen des Gesamtwohngebäudebestandes in Schleswig-Holstein aufweisen
- Ansatz minimalinvestiver Maßnahmen zur Energie- und Emissionseinsparung bei min. 5 % des Bestandes bis 2030 (Einbau von smarten Heizungsthermostaten, hydraulischer Abgleich des Heizungssystems, Einbau von Hocheffizienzpumpen, Kopplung von Fensteröffnungen und Heizkörpersteuerung etc.)
- Umsetzung serieller Sanierungen mit hohem Vorfertigungsgrad insbesondere zur Effizienz- und Produktivitätssteigerung unter anderem auch bauausführender Prozesse (insbesondere von Bedeutung für Regionen mit einer hohen Anzahl von zum Beispiel ERP-Typengebäuden/-häusern/-wohnungen und/oder SH-Kleinsiedlungstypen⁴⁸)
- Hohe Geschwindigkeit bei der Umsetzung des Auf- und Ausbaus der leitungsgebundenen Wärmeversorgung in Schleswig-Holstein – hierbei u.a. Berücksichtigung der vorhandenen Potentiale unter Einbeziehung der technisch-wirtschaftlichen und organisatorischen Machbarkeiten im ländlichen Raum. Ansatz des mittleren Szenarios (siehe hierzu Ausführungen unter Punkt 2)
- Betrachtungen über die THG-Emissionsstruktur u.a. auf Basis aktueller Informationen des MEKUN in Abstimmung mit dem Statistikamt Nord sowie ergänzender Prognosen des UBA in Verbindung mit Festlegungen gem. EWKG zur Entwicklung von CO₂-Emissionsfaktoren für Strom und leitungsgebundene Wärme in Schleswig-Holstein sowie den Vorgaben bzw. der Perspektive gem. GEG zur stufenweisen Einführung einer Grünen-Brennstoff-Quote

⁴⁶ Wohnungsmarktprognose 2035 für Schleswig-Holstein auf Landesebene, IB.SH

⁴⁷ [ARGE 2022]; siehe Punkt 1.6 „Problematische Bausubstanz im Bestand“.

⁴⁸ [ARGE 1952], [ARGE 1952a], [ARGE 1973], [ARGE 1978] Bauen in Schleswig-Holstein

Die Szenarienbetrachtungen wurden anhand des SGMS-Modells (Statische-Gebäude-Matrix-Simulation) durchgeführt. Dieses Modell nutzt die erhobenen Erkenntnisse zum aktuellen Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein und simuliert mit den Daten der Machbarkeitsstudie und der ergänzenden Studien verschiedene Entwicklungsprozesse und -perspektiven für eine zielgerichtete Transformation. Dabei wurde beispielsweise auch das reale Sanierungsverhalten der verschiedenen Akteure des Wohnungsmarktes in Schleswig-Holstein (inkl. individueller Teil- und Vollsanierraten; gebäudetypen- und baujahrspezifisch) implementiert und sorgt in Verbindung mit den Untersuchungen zur grundsätzlichen Umsetzungsfähigkeit ambitionierter, energetischer Sanierraten und -tiefen für einen überaus praxisnahen Ansatz. Im Ergebnis lässt sich auf diese Weise unter anderem der Einfluss auf den Endenergieverbrauch, die CO₂-Emissionen, die Wohnkosten sowie den Investitionsbedarf sowohl für einzelne Gebäudetypen und -cluster als auch zusammenfassend für den gesamten Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein realitätsnah ermitteln.

Die Szenarien zeigen dabei transparent die Bandbreite der technischen Erfordernisse für die nachhaltige Erreichung der Klimaziele, die dafür entsprechend notwendigen Maßnahmen sowie deren Effekte und monetären Auswirkungen auf. Sie können somit als modellhafter Leitfaden bzw. Benchmark unter anderem für Kommunen, Wohnungswirtschaft und Wohngebäudeeigentümer in Schleswig-Holstein herangezogen werden. Außerdem sollen sie als Grundlage für die Entscheidungsfindung beispielsweise zu Förderprogrammen, Strategien der Wärmeversorgung sowie für alle politischen Rahmenbedingungen zur Beschleunigung des Weges hin zum klimaneutralen Wohnen in Schleswig-Holstein dienen.

Sanierungsaktivitäten und Zielstandards in den untersuchten Szenarien

Auf Basis der Analysen und Ergebnisse zur aktuellen Progressivitätsfolge, zu den derzeit von der Wohnungswirtschaft durchgeführten Sanierungsaktivitäten sowie zur grundsätzlichen Umsetzungsfähigkeit einer praxisnahen und zielgerichteten energetischen Sanierrate und -tiefe im Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein, ist es möglich, individuelle energetische Sanierraten für Gebäudetypen und Baualtersklassen in Abhängigkeit zu den jeweiligen Ausgangszuständen festzulegen, durch die möglichst große CO₂-Minderungspotentiale gehoben und Energieverbräuche deutlich reduziert werden können.

Ausgehend von diesen grundlegenden Erkenntnissen zum Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein wurden unterschiedliche Ansätze für dessen weitere Entwicklung im Zeitablauf bis 2040 und zusätzlich 2045 untersucht. Hierbei wurden unter anderem die Auswirkungen verschiedenartiger Annahmen zu Maßnahmen des baulichen Wärmeschutzes, zur Gebäudeeffizienz sowie zur diesbezüglichen Umsetzungsgeschwindigkeit in umfangreichen Simulationsmodellen anhand der vorgenannten Szenarien betrachtet. Durch diese Vorgehensweise lassen sich sowohl Problem- als auch Lösungsbereiche, trotz der teilweise äußerst komplexen Sachverhalte und Zusammenhänge, für den Wohngebäudebestand und Wohnungsneubau in Schleswig-Holstein aufzeigen und voneinander abgrenzen.

Der CO₂-Entwicklungspfad zur Klimaneutralität berücksichtigt beim Ansatz der energetischen Sanierrate im Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein den Umstand, dass sich die Sanierrate unter anderem aufgrund begrenzter Baukapazitäten im Bestand sowie des allgemeinen Fachkräftemangels und eines

nach wie vor vorhandenen nicht zu vernachlässigenden Preisanstieges bei den Bauleistungen inkl. der aktuellen Energiekosten etc. nur langfristig (und nicht ab sofort), dafür aber nachhaltig erhöhen lässt.

In Szenario 1 dem „verstärkten Effektivitäts-Szenario“ wird im Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein trotz der vorgenannten Problematiken eine moderate, aber nachdrückliche Fortentwicklung des aktuellen Geschehens in der Bauwirtschaft hinterlegt. Die sich aus dieser Annahme ergebende durchschnittliche energetische Sanierungsrate ausgedrückt in Vollsaniierungsäquivalente von 1,4 % p.a. bis zum Jahr 2045 wird als realistisch umsetzbar und praxisnah erachtet.

Hierfür ist die energetische Sanierungsrate bis zum Jahr 2030 auf ca. 1,3 % p.a. und bis 2040 auf min. 1,6 % p.a. zu steigern. Bei dieser Umsetzungsgeschwindigkeit kumuliert sich der rechnerische Anteil der sanierten Wohngebäude in Schleswig-Holstein - über die bereits bis 2022 energetisch sanierten Gebäude hinaus (siehe Ausführungen unter Punkt 1.1.2. „Sanierungszustand (energetisch)“) - auf zusätzlich 26 % im Jahr 2040 und 33 % im Jahr 2045.⁴⁹

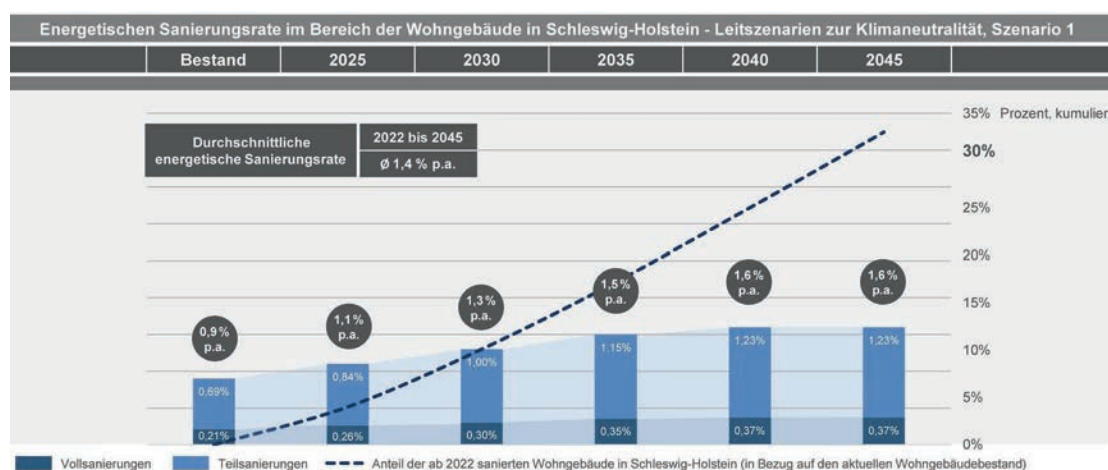


Abbildung 24: Entwicklung der energetischen Sanierungsrate im Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein - Szenario 1 „verstärktes Effektivitäts-Szenario“ - in Form von Vollsaniierungsäquivalenten (resultierend aus energetischen Teil- und Vollsaniierungen)

Parallel zur Steigerung der energetischen Sanierungsrate ist die Sanierungstiefe in Szenario 1 unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus den Wirtschaftlichkeits- und Sozialverträglichkeitsanalysen (siehe hierzu Ausführungen unter Punkt 3) auf dem aktuellen Anforderungsniveau nach Gebäudeenergiegesetz (GEG) in der aktuell gültigen Fassung zu verstetigen, d.h. bei Teilsaniierungen ist der GEG-Mindeststandard (Bauteilnachweis) und bei Vollsaniierungen mindestens die 140 %-Regel bei Bestandsgebäuden (Gebäudenachweis) einzuhalten.

Dieser Ansatz einer moderaten Sanierungstiefe steht ebenfalls im Einklang mit den Erkenntnissen der Untersuchungen zu Grauen Emissionen und der damit einhergehenden Tatsache einer begrenzten Verfügbarkeit von Ressourcen. Nur wenn eine Umstellung auf fossilfreie Energieträger nicht möglich ist, sollte demnach die Sanierungstiefe gesteigert werden (siehe hierzu Ausführungen unter Punkt 4 „Graue Emissionen - Herausforderungen und Chancen für das Flächenland SH“. Entscheidend für eine gute Klimabilanz ist die Wahl des Energieträgers,

⁴⁹ In Bezug auf den zum jeweiligen Zeitpunkt vorhandenen Wohngebäudebestands in Schleswig-Holstein inkl. Abriss, Bestandsersatz und Neubau

wobei fossilfreie Energieversorgungen die beste Gesamtbilanzen über den Lebenszyklus ermöglichen.⁵⁰

In Szenario 2, dem „ambitionierten Effizienz-Szenario“, wurde abweichend hiervon eine höhere energetischen Sanierungsrate und -tiefe in Ansatz gebracht. Diese Ansätze werden zwar noch als realistisch aber vor dem Hintergrund einer eingeschränkten Umsetzungswahrscheinlichkeit als nicht mehr praxisnah und zielgerecht bewertet. Aus den ambitionierten Vorgaben in Szenario 2 resultiert – gegenüber Szenario 1 – ein höherer kumulierter, rechnerischer Anteil sanierter Wohngebäude in Schleswig-Holstein. Dieser Anteil liegt hier bei zusätzlich 32 % im Jahr 2040 und 41 % im Jahr 2045 - ausgedrückt in Vollsanierungsäquivalenten. Des Weiteren ergibt sich durch diese deutliche Steigerung der energetischen Sanierungsaktivitäten in Verbindung mit ambitionierten Zielstandards in diesem Szenario in den Jahren 2040/45 folglich auch ein – gegenüber Szenario 1 – geringerer Energieverbrauch.

Hingegen ergibt sich in Szenario 3 dem „extremen EffizienzPlus-Szenario“ durch die Annahme einer erheblichen Beschleunigung der energetischen Sanierungsaktivitäten in Verbindung mit sehr ambitionierten energetischen Zielstandards ein noch geringerer Energieverbrauch in den Jahren 2040/2045 als in Szenario 2. Allerdings wird deren Umsetzungswahrscheinlichkeit in der Praxis unter den derzeitigen Gegebenheiten und Aussichten als überaus gering eingeschätzt.⁵¹ Der kumulierte, rechnerische Anteil sanierter Wohngebäude in Schleswig-Holstein würde in Szenario 3 auf zusätzlich 37 % im Jahr 2040 und 49 % im Jahr 2045 - ausgedrückt in Vollsanierungsäquivalenten - bei gleichzeitig deutlich höheren energetischen Zielstandards ansteigen.

1.3.2. Klimaneutraler Wohngebäudebestand

Im Folgenden werden die Hauptergebnisse für die drei vorstehend beschriebenen Szenarien näher ausgeführt. Antizipierend sei aber bereits an dieser Stelle erwähnt, dass alle drei Szenarien so angelegt wurden, dass Sie den Vorgaben der überarbeiteten Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD)⁵² entsprechen bzw. diese übertreffen, welche darauf abzielen, den Gebäudebestand in der gesamten Europäischen Union zu dekarbonisieren. Hierbei ist der in der Machbarkeitsstudie vorgesehene erweiterte „Worst First“-Ansatz von besonderer Bedeutung, da dieser auf Basis der durchgeführten Progressivitätsfolgeanalyse die Wohngebäude im Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein identifiziert und in den Fokus von energetischen Sanierungsmaßnahmen nimmt, welche die schlechteste Gesamtenergieeffizienz aufweisen und darüber hinaus für die höchsten Gesamtemissionen verantwortlich sind.

⁵⁰ Siehe Kernaussagen der Gutachterinnen und Gutachter für das Thema „Graue Emissionen“ unter dem Punkt 4

⁵¹ Vgl. [S&B STRATEGY 2024]; Einschätzungen zu Wahrscheinlichkeiten von Szenarien für Deutschland auf Basis eines Bottom-Up-Ansatzes je Gewerk, z.B. Utopia-Szenario: Mit einer vollständigen Umsetzung der Sanierungsziele insbesondere in Bezug auf den baulichen Wärmeschutz (Ziel der CO₂-neutralen Gebäudehülle bis 2045) wird vor dem Hintergrund unzureichender Ressourcen und Produktivität als äußerst unwahrscheinlich und als realistischerweise nicht zu schaffen eingestuft

⁵² Richtlinie (EU) 2024/1275 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24.04.24 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung); am 08.05.24 im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlicht

Auf Grundlage der in den Szenarien hinterlegten Annahmen (siehe Ausführungen unter Punkt 1.3.1.), beispielsweise zur Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes, zum effizienten Einsatz zukunftsfähiger Anlagentechnik sowie zum Ausbau der leitungsgebundenen Wärmeversorgung und zur Nutzung erneuerbarer Energien, ergibt sich für den Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein in den Szenarien

1, 2 und 3 eine deutliche Reduzierung des Energieverbrauchs (vgl. Abbildung 25).

In Szenario 1 mit dem Leitstandard „GEG“ reduziert sich durch die vorgesehenen Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen der Energieverbrauch gegenüber dem heutigen Niveau bis 2030 um 15 % bzw. 3,8 TWh, bis 2035 um 24 % bzw. 6,0 TWh, bis 2040 um 34 % bzw. 8,4 TWh und bis 2045 um 43 % bzw. 10,6 TWh. Bei alleiniger Betrachtung des durchschnittlichen Energieverbrauchs in Form von Kennwerten [kWh je m²_{AN} im Jahr] für Raumwärme und Warmwasser (ohne Haushaltsstrom) liegt die Einsparung zwischen dem heutigen und dem (zukünftigen) Bestand in den jeweiligen Betrachtungszeiträumen sogar noch höher. Die entsprechenden Durchschnittsverbräuche weisen eine Reduktion im Jahr 2030 von 17 %, im Jahr 2035 von 26 %, im Jahr 2040 von 35 % und im Jahr 2045 von 44 % auf.

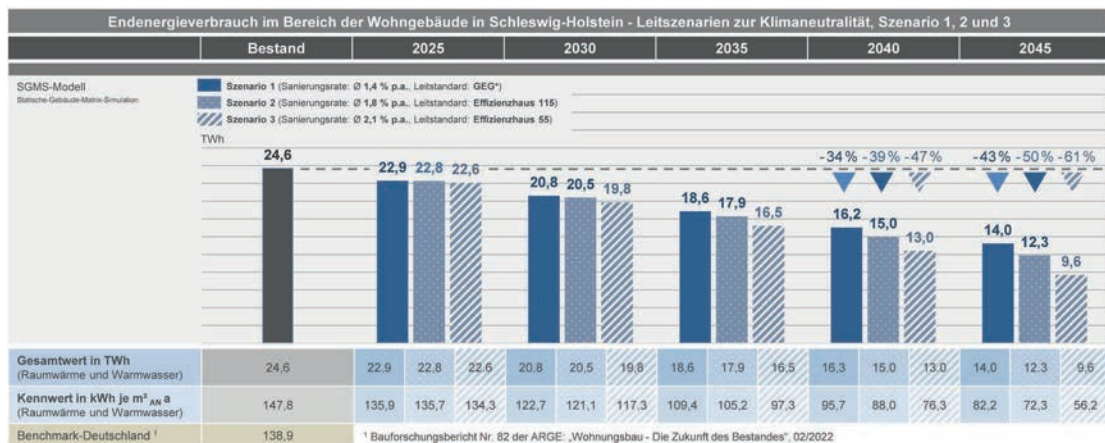


Abbildung 25: Entwicklung des Energieverbrauchs im Bereich der Wohngebäude in Schleswig-Holstein von heute bis 2040/2045 in 5-Jahresschritten (Hinweis: Die Gesamtwerte beziehen sich auf den Energieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser exklusive Haushaltsstrom)

Quelle: Ergebnisse aus den Simulationsberechnungen nach dem SGMS-Modell

Aufgrund der gegenüber Szenario 1 ambitionierteren Festlegungen in Szenario 2 insbesondere zur Umsetzungsgeschwindigkeit energetischer Sanierungen und zu deren Sanierungstiefe, ergibt sich hier eine vergleichsweise höhere Energieeinsparung.

Bis 2030 fällt in Szenario 2 der Energieverbrauch gegenüber dem heutigen Niveau um 17 % bzw. 4,1 TWh. Bis 2035 sind es Einsparungen von 27 % bzw. 6,7 TWh, bis 2040 von 39 % bzw. 9,6 TWh und bis 2045 von 50 % bzw. 12,3 TWh. Auch in diesem Szenario liegt die Einsparung bei alleiniger Betrachtung des durchschnittlichen Energieverbrauchs in Form von Kennwerten [kWh je m²_{AN} im Jahr] für Raumwärme und Warmwasser (ohne Haushaltsstrom) zwischen dem heutigen und dem (zukünftigen) Bestand in den jeweiligen Betrachtungszeiträumen noch deutlich über der vorstehend beschriebenen Entwicklung. Die entsprechenden Durchschnittsverbräuche weisen eine Reduktion im Jahr 2030 von 18 %, im Jahr 2035 von 29 %, im Jahr 2040 von 40 % und im Jahr 2045 von 51 % auf.

In Szenario 3 – welches mit dem Leitstandard „Effizienzhaus 55“ in besonderem Maße auf die Steigerung des baulichen Wärmeschutzes und der Gebäudeeffizienz ausgelegt ist – wird gegenüber den anderen beiden Szenarien nochmals von einer erheblichen Beschleunigung der energetischen Sanierungsaktivitäten bei gleichzeitig sehr ambitionierter Sanierungstiefe ausgegangen. Folglich liegen auch die Energieeinsparungen in Szenario 3 höher als in Szenario 1 und Szenario 2.

Die in Szenario 3 vorgesehenen Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen senken den Energieverbrauch gegenüber dem heutigen Niveau bis 2030 um 20 % bzw. 4,8 TWh, bis 2035 um 33 % bzw. 8,1 TWh, bis 2040 um 47 % bzw. 11,6 TWh und bis 2045 um 61 % bzw. 15,0 TWh. Bei alleiniger Betrachtung des durchschnittlichen Energieverbrauchs in Form von Kennwerten [kWh je m²_{AN} im Jahr] für Raumwärme und Warmwasser (ohne Haushaltsstrom) liegt die Einsparung – gegenüber dem heutigen Bestand – im Jahr 2030 bei 21 %, im Jahr 2035 von 34 %, im Jahr 2040 von 48 % und im Jahr 2045 von 62 %.

Bei allen drei Szenarien macht sich über den baulichen Wärmeschutz hinaus eindeutig der grundlegende Transformationsprozess im Bereich der Wärmeversorgung bemerkbar. Hierbei leistet insbesondere die Umstellung von fossiler Wärmeversorgung auf erneuerbare Energien – auch bei den bereits umfassend modernisierten Wohngebäuden – einen zentralen Beitrag. Dieser ist auch auf die effiziente und zielorientierte Mischung bei der Wärmeversorgung (bestehend aus Wärmepumpen, klimaneutraler leitungsgebundener Wärme inkl. entsprechender Quartierslösungen⁵³ sowie dem grundsätzlichen Einsatz von erneuerbaren bzw. klimaneutralen Energieträgern) zurückzuführen, bei welcher sich die Wärmepumpe nach aktuellem Stand als Schlüsseltechnologie für die zukünftige dezentrale Wärmeversorgung auszeichnet.⁵⁴

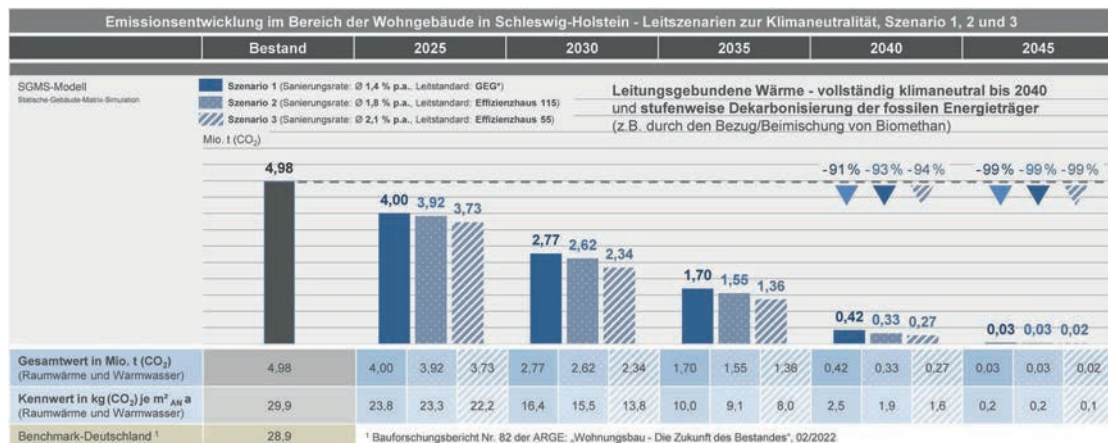


Abbildung 26: Entwicklung der CO₂-Emissionen im Bereich der Wohngebäude in Schleswig-Holstein von heute bis 2040/2045 in 5-Jahresschritten (Hinweis: Die Gesamtwerte beziehen sich auf die CO₂-Emissionen für Raumwärme und Warmwasser exklusive Haushaltsstrom)

Quelle: Ergebnisse aus den Simulationsberechnungen nach dem SGMS-Modell

Aus der Umstellung der Wärmeversorgung hin zu erneuerbaren Energien können unter anderem durch die Nutzung von Umweltwärme durch Wärmepumpen und den Einsatz selbsterzeugten Photovoltaik-Stroms (PV) größere Energiever-

⁵³ siehe Ausführungen unter Punkt 2

⁵⁴ siehe Ausführungen unter Punkt 3 und Punkt 4 sowie in der aktuellen Studie des Ing.-Büros Hausladen GmbH zum Einsatz von Wärmepumpen [Endres 2024] und [Endres 2024a]

brauchspositionen reduziert werden. Darüber hinaus hat diese aber einen noch stärkeren Einfluss auf die CO₂-Emissionen. Die Veränderungen bei den Energieträgern in Verbindung mit den jeweiligen Dekarbonisierungspfaden führen zu einer deutlichen Beschleunigung der Wärmewende im Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein. Die Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes spielt auch hier eine bedeutende Rolle. Diese ist aber neben dem direkten Energie- und Ressourcenschutz eher dergestalt, dass sie den effizienten Einsatz zukunftsfähiger Anlagentechnik auf Basis erneuerbaren Energien unterstützt, ohne dabei die Potentiale der erneuerbaren Energien in Schleswig-Holstein zu überfordern.

Durch die vorgesehenen Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen sowie die Veränderungen bei den Energieträgern bzw. bei der Wärmeversorgung in Verbindung mit den jeweiligen Dekarbonisierungspfaden ergibt sich in Szenario 1 gegenüber dem heutigen Niveau bis 2030 eine Reduktion der CO₂-Emissionen in Höhe von 44 % bzw. 2,21 Mio. t CO₂, bis 2035 von 66 % bzw. 3,28 Mio. t CO₂, bis 2040 von 91 % bzw. 4,56 Mio. t CO₂ und bis 2045 von 99 % bzw. 4,95 Mio. t CO₂. Somit ergeben sich in Szenario 1 sowohl für das Jahr 2040 als auch für das Jahr 2045 noch geringe Restemissionen. In Szenario 1 sind es im Jahr 2040 noch 0,42 Mio. t CO₂, während im Jahr 2045 nur noch 0,03 Mio. t CO₂ verbleiben.

In Szenario 2 resultiert aus den gegenüber Szenario 1 ambitionierteren Festlegungen zum baulichen Wärmeschutz und zum Transformationsprozess im Bereich der Wärmeversorgung eine vergleichsweise etwas höhere bzw. schnellere Reduktion an CO₂-Emissionen. In Szenario 2 ergibt sich gegenüber dem heutigen Niveau bis 2030 eine Reduktion der CO₂-Emissionen in Höhe von 47 % bzw. 2,36 Mio. t CO₂, bis 2035 von 69 % bzw. 3,43 Mio. t CO₂, bis 2040 von 93 % bzw. 4,65 Mio. t CO₂ und bis 2045 von 99 % bzw. 4,95 Mio. t CO₂. Die Restemissionen im Jahr 2040 liegen bei Szenario 2 mit 0,33 Mio. t CO₂ etwas niedriger als in Szenario 1, wohingegen im Jahr 2045 das gleiche Niveau erreicht wird und somit gegenüber Szenario 1 keine weitere Reduktion an CO₂-Emissionen erzielt werden kann.

Das Szenario 3, in welchem von einer eheblichen Beschleunigung der energetischen Sanierungstätigkeit bei gleichzeitig sehr ambitionierter Sanierungstiefe ausgegangen wird, resultiert aus den entsprechenden Festlegungen zum baulichen Wärmeschutz und zum Transformationsprozess im Bereich der Wärmeversorgung eine gegenüber Szenario 1 und 2 noch etwas höhere bzw. schnellere Reduktion an CO₂-Emissionen. In Szenario 3 ergibt sich gegenüber dem heutigen Niveau bis 2030 eine Reduktion der CO₂-Emissionen in Höhe von 53 % bzw. 2,64 Mio. t CO₂, bis 2035 von 73 % bzw. 3,62 Mio. t CO₂, bis 2040 von 94 % bzw. 4,71 Mio. t CO₂ und bis 2045 von 99 % bzw. 4,96 Mio. t CO₂.

Somit weist das Szenario 3 im Jahr 2040 mit 0,27 Mio. t CO₂ ein noch etwas geringeres CO₂-Emissionsniveau auf als in Szenario 1 und Szenario 2. Allerdings wird im Jahr 2045 aufgrund der in allen Szenarien hinterlegten Dekarbonisierung im Bereich der Wärmeversorgung kein wesentlicher Unterschied mehr zu den Ergebnissen der anderen beiden Szenarien erzielt.

Die in den Szenarien insbesondere für 2040 ermittelten Restemissionen sind hierbei zum überwiegenden Teil auf den noch im Bestand befindlichen geringen Anteil von Heizungen bzw. Wärmeerzeugern zurückzuführen, die aus heutiger Sicht in den nächsten 16 Jahren keinem technisch-funktionalen Austauschzyklus mehr unterliegen (siehe hierzu auch Abschnitt 2.4). Außerdem ergeben sich ferner noch gewisse Restemissionen durch den in den Szenarien verwendeten individuellen Ansatz für den Bereich der erhaltenswerten Bausubstanz insbesondere

bei den denkmalgeschützten Wohngebäuden in Schleswig-Holstein (siehe hierzu auch Abschnitt 3.3).

Um das Ziel eines vollständig klimaneutralen Wohngebäudebestandes in Schleswig-Holstein zu erreichen, sind die verbleibenden Emissionen sowohl durch nationale als auch landesbezogene Senkenleistungen (z.B. Aufbau natürlicher und technischer Senken) auszugleichen.

Hinsichtlich der Investitionsbedarfe kommt es bei den drei untersuchten Szenarien aufgrund der hinterlegten, teilweise sehr unterschiedlichen Annahmen (beispielsweise zum baulichen und anlagentechnischen Aufwand bzw. Mehraufwand im Wohngebäudebestand und Wohnungsneubau sowie zur grundsätzlichen Umsetzungsgeschwindigkeit) zu deutlich unterschiedlichen Ergebnissen.

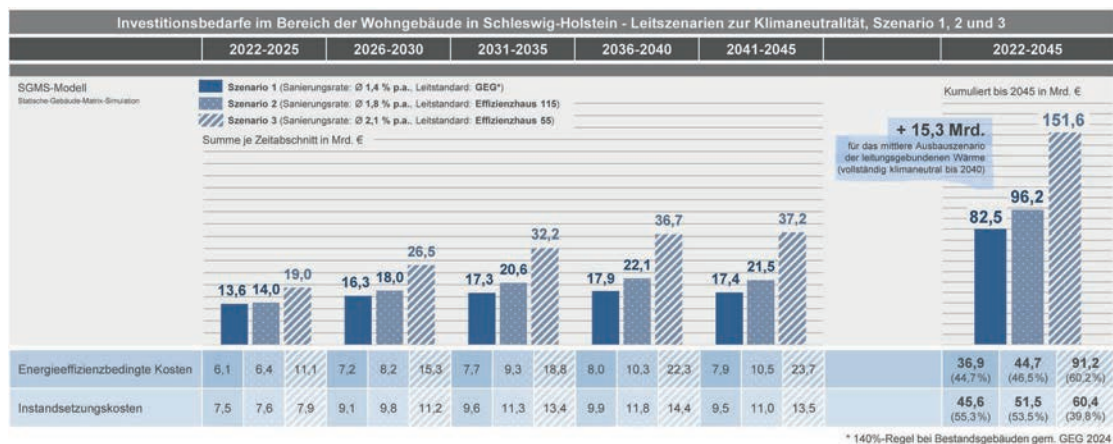


Abbildung 27: Entwicklung der Investitionsbedarfe im Bereich der Wohngebäude in Schleswig-Holstein von heute bis 2040/2045 in 5-Jahresschritten (Hinweis: Die Gesamtwerte für die Investitionsbedarfe setzen sich aus den energieeffizienzbedingten Kosten und den Instandsetzungskosten zusammen)
Quelle: Ergebnisse aus den Simulationsberechnungen nach dem SGMS-Modell

Der bis 2045 kumulierte Investitionsbedarf⁵⁵ in Szenario 1, das mit einer moderaten Fortschreibung des aktuellen Geschehens in der Bauwirtschaft verbunden ist, beläuft sich auf 82,5 Mrd. €.

Demgegenüber fällt der entsprechende Investitionsbedarf in Szenario 2, welches mit einer deutlichen Steigerung der Sanierungsaktivitäten und ambitionierter energetischer Sanierungstiefe einhergeht, mit 96,2 Mrd. € um ca. 17 % höher aus als in Szenario 1.

Mit einem kumulierten Investitionsbedarf in Höhe von mit 151,6 Mrd. € wird in Szenario 3, bei Umsetzung der im Wesentlichen sehr ambitionierten Annahmen zu Sanierungsaktivitäten zur Sanierungstiefe, ein gegenüber Szenario 1 um ca. 84 % und gegenüber Szenario 2 um ca. 58 % höheres Kostenniveau generiert.

Zusätzlich zu diesen vorgenannten Investitionsbedarfen im Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein kommen in den Szenarien für die Umsetzung des mittleren Ausbauszenarios der leitungsgebundenen Wärmeversorgung inkl. entsprechender Quartierslösungen⁵⁶ nochmals ca. 15,3 Mrd. € hinzu.

In diesem Zusammenhang wurden die Investitionsbedarfe für die einzelnen Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen in den Szenarien auch differenziert nach energieeffizienzbedingten Kosten und den Instandsetzungskosten im Zeitablauf

⁵⁵ Investitionsbedarfe beziehen sich auf den Kostenstand zum 1. Quartal 2024, Angaben in Mrd. €, inkl. Mehrwertsteuer (Bruttokosten)

⁵⁶ siehe hierzu Ausführungen unter Punkt 2

bis 2040/2045 untersucht (vgl. Abbildung 27). Kosten für wohnwertverbessernde Maßnahmen waren hingegen nicht Bestandteil dieser Betrachtungen.

Da bei den Szenarien 1 und 2 die Umsetzungsgeschwindigkeiten unter anderem so ausgelegt wurden, dass Vorfälligkeiten bei der Erneuerung von Bauteilen der Gebäudehülle und/oder Komponenten der Anlagentechnik grundsätzlich vermieden werden⁵⁷, ergeben sich kumuliert mit 36,9 Mrd. € in Szenario 1 bzw. 44,7 Mrd. € in Szenario 2 – gegenüber Szenario 3 – wesentlich geringere energieeffizienzbedingte Kosten bis 2045. Das heißt, die Transformation zum klimaneutralen Wohngebäudebestand erfolgt in Szenario 1 und in Szenario 2 konzeptionell unter Wahrung allgemeiner Sanierungszyklen der Gebäude bzw. Gebäudeteile.

Aufgrund der hohen Umsetzungsgeschwindigkeiten in Szenario 3 kommt es indes zu entsprechenden Vorfälligkeiten im Bestand. Gebäude bzw. Gebäudeteile müssen somit auch außerhalb ihrer allgemeinen Sanierungszyklen saniert und energetisch verbessert werden, wodurch die energieeffizienzbedingten Kosten kumuliert mit 91,2 Mrd. € bis 2045 gegenüber den anderen beiden Szenarien um mehr als 100 % (im Vergleich zu Szenario 2) bzw. um knapp 150 % (im Vergleich zu Szenario 1) höher ausfallen.

Zwar liegen auch die Instandsetzungskosten kumuliert mit 60,4 Mrd. Euro in Szenario 3 über den entsprechenden Kosten in Szenario 1 (45,6 Mrd. €) und in Szenario 2 (51,5 Mrd. €), allerdings ist hier der Unterschied mit annähernd 20 % (im Vergleich zu Szenario 2) bzw. etwas über 30 % (im Vergleich zu Szenario 1) höheren Kosten deutlich geringer als bei Betrachtung der energieeffizienzbedingten Kosten und ausschließlich auf die hinterlegte vergleichsweise höhere Sanierungsaktivität zurückzuführen.

⁵⁷ Vermeidung eines Austauschs vor Ablauf der Lebens- und Nutzungsdauer

1.4. Zusammenfassung

Mit der Machbarkeitsstudie klimaneutraler Wohnungsbau in Schleswig-Holstein wurde untersucht, was notwendig ist, um Klimaneutralität im aktuellen Wohngebäudebestand und Wohnungsneubau in Schleswig-Holstein, möglichst noch fünf Jahre vor dem auf Bundesebene festgelegten Zielzeitpunkt, zu erreichen.

Hierfür wurde zunächst auf Grundlage von statistischen Daten, neuesten Erhebungen sowie weiteren Sonderauswertungen ein entsprechendes Mengengerüst entwickelt, dass neben den baulichen Strukturen auch den aktuellen energetischen Sanierungszustand der Wohngebäude in Schleswig-Holstein abbildet.

In diesem Zusammenhang konnten die – basierend auf Befragungen der Eigentümerinnen und Eigentümer von Wohngebäuden in Schleswig-Holstein unter anderem im Rahmen des Klimapaktes SH, von CCF-Analysen für Wohnungsunternehmen sowie aus dem Controlling der ARGE eV im öffentlichen Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Wohnungswirtschaft – erhobenen Daten und Angaben⁵⁸ beispielsweise zu baulichen Parametern und Rahmendaten, zur Sanierungshistorie der Gebäude, zur aktuellen Sanierungstätigkeit etc. in einem außerordentlich hohen Differenzierungsgrad (Gebäudetyp, Baualtersklassen, Einbausituationen etc.) in verschiedenen Kategorien von energetischen Ausgangszuständen angewendet werden. Die erfassten Aspekte zur Wärmeversorgung (Energieträger, Heizungsalter etc.) wurden hierbei ebenfalls im Detail den Betrachtungen hinterlegt. Die Informationen zum Energieverbrauch und den CO₂-Emissionen wurden ausschließlich im Bottom-up-Verfahren nach Verursacherprinzip ermittelt und den für Schleswig-Holstein erhobenen Gebäudedatenprofilen zugeordnet.

Auf Grundlage der auf diese Weise generierten Gebäudedatenprofile für signifikante Wohngebäudetypen in Schleswig-Holstein sind differenzierte Maßnahmen- und Kostenanalysen für verschiedene Ausgangszustände (energetisch nicht bis vollständig saniert) und eine Vielzahl von Zielstandards (Gebäudeenergiegesetz (GEG) bis Effizienzhaus 40 (E40)) in Verbindung mit unterschiedlichen Varianten der Wärmeversorgung vorgenommen worden. Ferner sind auch Energieverbrauchs- und CO₂-Emissionsanalysen zum Wohnungsneubau für unterschiedlich ambitionierte Zielstandards in Verbindung mit unterschiedlichen Wärmeversorgungsvarianten erfolgt.

Bei den Festlegungen zu energetischen Zielstandards im Wohngebäudebestand wurde beachtet, dass insbesondere in den noch nicht wesentlich modernisierten Beständen eine große Anzahl an Gebäuden in Schleswig-Holstein – über eingetragene Baudenkmäler hinaus – als schutzwürdig einzuordnen und als besonders erhaltenswerte Bausubstanz zu klassifizieren sind.⁵⁹ Diese können bestimmten Sanierungsrestriktionen – beispielsweise im Bereich der Fassaden – unterliegen, welche umfassende energetische Sanierungen teilweise einschränken oder gegebenenfalls hemmen. Für die betreffenden Gebäudebestände mit Sanierungsrestriktionen wurden Sonderbetrachtungen zu bautechnischen Einschränkungen bei der Ausführung von Sanierungsmaßnahmen durchgeführt. Die Ergebnisse über die energetischen und monetären Auswirkungen in Bezug auf die besonders erhaltenswerte Bausubstanz in Schleswig-Holstein wurden bei den entsprechenden Wohngebäudebeständen in den Simulationsberechnungen hinterlegt.

⁵⁸ Primärdaten/-details über den Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein; Datenarchiv der ARGE eV

⁵⁹ Anteil in Höhe von 7,9 % des gesamten Wohngebäudebestandes (siehe Punkt 1.2.3. „Zielstandards“)

Auf Grundlage der differenzierten Informationen zum Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein hinsichtlich der baulichen Struktur, des Baualter, der energetischen Sanierungszustände, der verwendeten Energieträger und der derzeitigen Wärmeversorgung sowie der aktuellen Energieverbräuche und der CO₂-Emissionen, wurden im Rahmen der Studie verschiedene Szenarien entwickelt, die auf Basis der erhobenen und festgestellten Daten die Machbarkeit zum Erreichen der Klimaneutralität im Bereich der Wohngebäude in Schleswig-Holstein untersuchen und darstellen.

Diese Szenarien beinhalten unter anderem verschiedene und spezifische Ansätze zu energetischen Sanierungsraten, Sanierungstiefen sowie zu den energetischen Standards im Wohnungsneubau. Des Weiteren sind vertiefende Erkenntnisse zur Progressivitätsfolge (Bestände mit der größten Hebelwirkung)⁶⁰, zur besonders erhaltenswerten Bausubstanz, zur Umstellung der Wärmeversorgung sowie zu Potentialen leitungsgebundener Wärmeversorgung im städtischen und ländlichen Raum⁶¹ in Schleswig-Holstein eingeflossen. Die Aspekte der Bezahlbarkeit des Wohnens und die Wirtschaftlichkeit der Investitionskosten werden bei den Szenarien ebenfalls berücksichtigt.

An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass es sich bei den Szenarienbetrachtungen grundsätzlich um Prognosen zukünftiger Entwicklungen handelt. Insofern ging es bei den Festlegungen für die unterschiedlichen Szenarien darum, strategische Leitplanken zu ermitteln, welche die Bandbreite möglicher Maßnahmen, in Bezug auf Sanierungstätigkeit, bautechnische Standards und Energieversorgung im Sinne eines „**moderat-realistischen-Szenarios**“ (**Szenario 1**), eines „**ambitioniert-realistischen-Szenarios**“ (**Szenario 2**) sowie eines „**sehr ambitionierten Szenarios**“ (**Szenario 3**) als Benchmarks aufzeigen. Alle drei untersuchten Szenarien bilden dabei Wege ab, die eine zukünftige Steigerung der energetischen Sanierungstätigkeit sowie der Sanierungstiefe vorsehen. Hierbei unterscheiden sich allerdings sowohl das Tempo als auch die Intensität der Sanierungsmaßnahmen – und der damit verbundene Ausführungsumfang – stark voneinander.

Die Szenarienbetrachtungen wurden anhand des SGMS-Modells (Statische-Gebäude-Matrix-Simulation) durchgeführt. Dieses Modell nutzt die erhobenen Erkenntnisse zum aktuellen Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein und simuliert mit den Daten der Machbarkeitsstudie und der ergänzenden Studien verschiedene Entwicklungsprozesse und -perspektiven für eine zielgerichtete Transformation. Dabei wurde beispielsweise auch das reale Sanierungsverhalten der verschiedenen Akteure des Wohnungsmarktes in Schleswig-Holstein (inkl. individueller Teil- und Vollsanierungsraten; gebäudetypen- und baujahrspezifisch) implementiert und sorgt in Verbindung mit den Untersuchungen zur grundsätzlichen Umsetzungsfähigkeit ambitionierter, energetischer Sanierungsraten und -tiefen für einen überaus praxisnahen Ansatz.

Im Ergebnis lässt sich auf diese Weise unter anderem der Einfluss auf den Endenergieverbrauch, die CO₂-Emissionen, die Wohnkosten sowie den Investitionsbedarf sowohl für einzelne Gebäudetypen und -cluster als auch zusammenfassend für den gesamten Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein realitätsnah ermitteln.

⁶⁰ Wohngebäudebestände mit dem größten CO₂-Minderungspotential bei gleichzeitig schlechtem energetischem Niveau

⁶¹ siehe hierzu Ausführungen unter Punkt 2

Die Szenarien zeigen dabei transparent den Umfang der technischen Erfordernisse für die nachhaltige Erreichung der Klimaziele, die dafür entsprechend notwendigen Maßnahmen sowie deren Effekte und monetären Auswirkungen auf. Sie können somit als modellhafter Leitfaden unter anderem für Kommunen, Wohnungswirtschaft und Wohngebäudeeigentümer in Schleswig-Holstein herangezogen werden. Außerdem sollen sie als Grundlage für die Entscheidungsfindung zu beispielsweise Förderprogrammen, Strategien der Wärmeversorgung sowie für alle politischen Rahmenbedingungen zur Beschleunigung des Weges hin zum klimaneutralen Wohnen in Schleswig-Holstein dienen.

Kernergebnisse

- **Alle drei untersuchten Szenarien** – mit ihren unterschiedlichen Festlegungen und spezifischen Ansätzen z.B. zu energetischen Sanierungsraten, Sanierungstiefen sowie zu den energetischen Standards im Wohnungsneubau – **erreichen unter der Voraussetzung einer 100 Prozent emissionsfreien leitungsgebundenen Wärmeversorgung das Ziel der Klimaneutralität im Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein im Jahr 2045**
- **Im Jahr 2040 sind hingegen** selbst beim ambitioniertesten der Szenarien auch unter Verwendung von extremen Ansätzen bei der Gebäudeeffizienz **noch bestimmte Restemissionen im Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein vorhanden**
- Als eine der **Hauptursachen für diese Restemissionen** sind die zu diesem Zeitpunkt noch im Bestand befindlichen Heizungen bzw. Wärmeerzeuger zu benennen, die aus heutiger Sicht in den nächsten 16 Jahren keinem technisch-funktionalen Austauschzyklus mehr unterliegen. Des Weiteren resultieren noch gewisse Restemissionen durch individuelle Ansätze bzw. Lösungen bei der energetischen Gebäudesanierung für den Bereich der erhaltenswerten Bausubstanz insbesondere bei den denkmalgeschützten Wohngebäuden in Schleswig-Holstein
- Um das **Ziel eines vollständig klimaneutralen Wohngebäudebestandes in Schleswig-Holstein bereits im Jahr 2040 zu erreichen**, sind die verbleibenden Restemissionen sowohl durch nationale als auch landesbezogene Senkenleistungen (z.B. Aufbau natürlicher und technischer Senken) auszugleichen

Szenarienbetrachtungen

- Bei allen drei Szenarien macht sich über den baulichen Wärmeschutz hinaus eindeutig der grundlegende Transformationsprozess im Bereich der Wärmeversorgung bemerkbar. Hierbei leistet insbesondere die Umstellung von fossiler Wärmeversorgung auf erneuerbare Energien – auch bei den bereits umfassend modernisierten Wohngebäuden – einen zentralen Beitrag. Dieser ist auch auf die effiziente und zielorientierte Mischung bei der Wärmeversorgung zurückzuführen, bei welcher sich nach aktuellem Stand die Wärmepumpe als Schlüsseltechnologie für die zukünftige dezentrale Wärmeversorgung auszeichnet.⁶²

⁶² siehe Ausführungen unter Punkt 3 und Punkt 4 sowie in der aktuellen Studie des Ing.-Büros Hausladen GmbH zum Einsatz von Wärmepumpen [Endres 2024] und [Endres 2024a]

- Das **Szenario 1** beschreibt mit seinen Annahmen eine moderate, aber nachdrückliche Fortentwicklung des aktuellen Geschehens in der Bauwirtschaft und wird mit seinen Ansätzen zur durchschnittlichen energetischen Sanierungsrate und einem Leitstandard auf Basis des aktuellen Gebäudeenergiegesetzes (GEG) als realistisch umsetzbar und praxisnah erachtet. Darüber hinaus weist dieses Szenario mit Abstand den geringsten Investitionsbedarf (82,5 Mrd. €, kumuliert bis 2045) bei einem gleichzeitig geringen Anteil an umlagefähigen Sanierungskosten (44,7 %) auf.
- Abweichend hiervon wurde in **Szenario 2** eine höhere energetischen Sanierungsrate und -tiefe in Ansatz gebracht. Diese Ansätze werden zwar noch als realistisch aber vor dem Hintergrund einer eingeschränkten Umsetzungswahrscheinlichkeit als nicht mehr praxisnah und zielgerecht bewertet. Gegenüber Szenario 1 ergeben sich durch die deutliche Steigerung der energetischen Sanierungsaktivitäten in Verbindung mit ambitionierten Zielstandards in diesem Szenario zwar geringere Energieverbräuche und nur leicht geringere CO₂-Emissionen, allerdings bei gleichzeitig höherem Investitionsbedarf (96,2 Mrd. €, kumuliert bis 2045) und einem höheren Anteil an umlagefähigen Sanierungskosten (46,5 %).
- Anhand des **Szenarios 3** – in welchem von einer erheblichen Beschleunigung der energetischen Sanierungstätigkeit bei gleichzeitig sehr ambitionierter Sanierungstiefe ausgegangen wird – lässt sich (im Vergleich zu den anderen beiden Szenarien) aufzeigen, dass der Zeitstrahl zur Erreichung der Klimaschutzziele im Wesentlichen von der Geschwindigkeit der Umstellung der Energie- und Wärmeversorgung auf erneuerbare Energien sowie der Dekarbonisierung der Energieträger bestimmt wird. Die energetische Sanierungsrate und -tiefe ist weniger ausschlaggebend, führt aber zu deutlich höheren Investitionskosten (151,6 Mrd. €, kumuliert bis 2045) und einem deutlich höheren Anteil an umlagefähigen Sanierungskosten (60,2 %). Hinzu kommt, dass deren Umsetzungswahrscheinlichkeit in der Praxis unter den derzeitigen Gegebenheiten und Aussichten als überaus gering eingeschätzt wird. Auch ist aller Voraussicht nach die Akzeptanz und das Engagement der Eigentümerinnen und Eigentümer von Wohngebäuden in Schleswig-Holstein bezüglich energetischer Sanierungsmaßnahmen aufgrund der bei diesem Szenario entstehenden Vorfälligkeiten⁶³ bei der Erneuerung von Bauteilen der Gebäudehülle und/oder Komponenten der Anlagentechnik nicht gegeben bzw. nur eingeschränkt vorhanden.
- Abschließend ist hierzu resümierend festzustellen, dass die in **Szenario 1** vergleichsweise moderaten und machbarkeitsorientierten Festlegungen im Einklang sowohl mit den Ergebnissen aus den Wirtschaftlichkeits- und Sozialverträglichkeitsanalysen, als auch mit den Erkenntnissen der Untersuchungen zu Grauen Emissionen und der damit einhergehenden Tatsache einer begrenzten Verfügbarkeit von Ressourcen stehen.⁶⁴ Aus diesen Gründen sollte sich die strategische Ausrichtung und Gestaltung der politischen und fördertechnischen Rahmenbedingungen für den Wohngebäudebestand und Wohnungsneubau in Schleswig-Holstein somit auf dem Niveau der Leitlinien von Szenario 1 bewegen.

⁶³ Austausch vor Ablauf der Lebens- und Nutzungsdauer

⁶⁴ siehe Ausführungen unter Punkt 3 und Punkt 4 und vgl. [DV 2023]

2. Potentiale leitungsgebundener Wärmeversorgung in SH

2.1. Zielsetzung

Die Umstellung der Wärmeversorgung von fossiler Erzeugung auf erneuerbare Energien kann dezentral i.d.R. über Wärmepumpentechnologien und Einzelfeuerungsanlagen oder zentral über leitungsgebundene Wärme entsprechend der Regelungen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) erfolgen. Die leitungsgebundene Wärmeversorgung ist je nach technischen, wirtschaftlichen und standortspezifischen Voraussetzungen nicht immer die effizienteste Lösung, sodass davon auszugehen ist, dass in Schleswig-Holstein nicht alle Wohngebäude über leitungsgebundene Wärme versorgt werden. Bisher bieten erstellte Quartiers- und Klimaschutzkonzepte sowie begonnene kommunale Wärmeplanungen eine erste Grundlage für die Einschätzung, wie viel Prozent der Wohngebäude in Schleswig-Holstein zukünftig über leitungsgebundene Wärmeversorgung gedeckt werden. Dies ist neben der Einschätzung von Sanierungsraten, zum Ausbau von Erneuerbaren Energien und zur Einschätzung des Finanzierungs- und Förderungsbedarfes relevant.

Ziel dieser Szenarienbetrachtung ist es daher herzuleiten, welche Potentiale leitungsgebundener Wärmeversorgung Schleswig-Holstein 2030, 2040 und 2045 hat. 2030 ist dabei als Zwischenziel für den Auf- und Ausbau treibhausgasneutraler Wärmeversorgung zu sehen, während in 2040, spätestens 2045, die vollständig treibhausgasneutrale Wärmeversorgung angestrebt ist. In Schleswig-Holstein spielt der ländliche Raum dabei eine entscheidende Rolle, sodass dieser in dieser Studie in Hinblick auf seine Eignung für leitungsgebundene Wärme analysiert und typologisiert wird. Die Studie unterscheidet nicht zwischen Fernwärme und Nahwärme bzw. Insellösungen. Die Studie nimmt an, dass leitungsgebundene Wärme in Schleswig-Holstein bis auf wenige Ausnahmen in den Städten, ausschließlich in Quartierslösungen und Nahwärme- bzw. Inselnetzen umgesetzt wird.

2.2. Methode

Die hergeleiteten Potentiale basieren auf der Analyse von Langfriststudien, Meta- und Szenario-Analysen zur Entwicklung leitungsgebundener Wärmeversorgung in Deutschland, welche zwischen 2016 und 2023 veröffentlicht wurden. Dabei wurden die Studien einbezogen, die Zahlen zu Wohnflächen, angeschlossenen Gebäuden sowie zu Wärmebedarfen und Wärmeverbräuchen liefern. Abbildung 28 zeigt einen Auszug der in die Analyse einbezogenen Studien.

Die auf Bundesebene prognostizierten Werte zur leitungsgebundenen Wärmeversorgung in 2030, 2040 und 2045 lassen sich aufgrund spezifischer Ländervoraussetzungen nicht unangepasst in Schleswig-Holstein verwenden. Deshalb wurden zur Herleitung der Potentiale folgende Kriterien einbezogen:

- Siedlungsstruktur, insbesondere Verteilung zwischen ländlichem und städtischem Raum
- Bevölkerungsstruktur des Landes, insbesondere Verteilung zwischen ländlichem und städtischem Raum
- Derzeitiger Ausbaustand der leitungsgebundenen Wärmeversorgung in Schleswig-Holstein
- Derzeitiger Ausbaustand der leitungsgebundenen Wärmeversorgung im Nachbarland Dänemark

- Quartierstypologie im ländlichen Raum nach eigener Auswertung über die Kreditanstalt für Wiederaufbau Programm 432 geförderte Projekte der energetischen Stadtsanierung⁶⁵

In Schleswig-Holstein entfallen 70 % der Wohngebäude auf den ländlichen Raum.⁶⁶ Für den Ausbau der leitungsgebundenen Wärmeversorgung ist der ländliche Raum daher nicht zu vernachlässigen. Zusätzlich wird der ländliche Raum in bisherigen Typologien als solches nicht weiter aufgeschlüsselt. Die KfW-Begleitforschung grenzt bspw. ländliche Siedlungen von anderen Quartierstypen ab⁶⁷, während die ARGE eV das Referenzquartier ländlicher Raum definiert⁶⁸. Weitere Typologien zeigen unter anderem die Eigentümerstruktur auf, wie die überwiegende Wohnnutzung in heterogener Eigentümerschaft.⁶⁹ Die Quartierstypologie schließt somit an bestehende Typologien an. Aus den nach KfW 432 geförderten Quartieren wurden die Quartiere analysiert, die nach zentralörtlichem System Schleswig-Holsteins in keines der Ober-, Mittel-, und Unterzentren fallen, um eine realistische Abbildung des ländlichen Raums zu gewährleisten. Die 41 relevanten Quartiere wurden daraufhin qualitativ in Hinblick auf aktuelle und zukünftige Wärmeversorgungsoptionen und deren Rahmenbedingungen ausgewertet.

Studie	Auftraggeber	Jahr
Abschlussbericht dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität	Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)	2021
Analyse des wirtschaftlichen Potentials für eine effiziente Wärme- und Kälteversorgung <i>Institut für Energie- und Umweltforschung</i>	Umweltbundesamt	2016
Ariadne Analyse - Kopernikus Projekte <i>Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK)</i>	Bundesministerium Bildung und Forschung	2023
Bottom-Up Studie zu Pfadoptionen einer effizienten und sozialverträglichen Dekarbonisierung des Wärmesektors <i>Fraunhofer für Solare Energiesysteme ISE Fraunhofer für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE</i>	Nationaler Wasserstoffrat	2022
Grüne Fernwärme für Deutschland <i>Hamburg Institut</i>	Bund Deutscher Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW)	2021
Integrierte Klimaschutz und Energiewendeszenarien für Schleswig-Holstein 2030-2050 <i>Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI</i>	Gesellschaft für Energie und Klimaschutz Schleswig-Holstein (EKSH)	2020
Klimaneutrales Deutschland 2045 <i>Öko-Institut eV; Wuppertal Institut; Prognos</i>	Stiftung Klimaneutralität Agora Energiewende	2021
Klimapfade 2.0 - Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft <i>Boston Consulting Group</i>	Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI)	2021
Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland	Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)	2022
Roll-Out von Großwärmepumpen in Deutschland <i>Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG</i>	Agora Energiewende	2023
Stellungnahme zur Höhe des Investitionsvolumens der wärmeseitigen Energiewende in Schleswig-Holstein <i>bbh Consulting</i>	Verband der Schleswig-Holsteinischen Energie- und Wasserwirtschaft (VSHEW)	2023

Abbildung 28: Auszug der analysierten Studien zu leitungsgebundener Wärmeversorgung

⁶⁵ [KfW 2023]

⁶⁶ [Statistik Nord 2020]

⁶⁷ [BMWSB 2022]

⁶⁸ [ARGE 2023c]

⁶⁹ [DENA 2021b]

2.3. Ergebnisse

Zunächst lässt sich feststellen, dass 70 % der Wohngebäude⁷⁰ und 78 % der Bevölkerung⁷¹ in Schleswig-Holstein im ländlichen Raum sind, was 97 % der Landesfläche entspricht. Dies unterstreicht die Relevanz des ländlichen Raums für die leitungsgebundene Wärmeversorgung, in welchem sich sechs unterschiedliche Quartierstypen ableiten lassen (s. Abbildung 29):

- Typ 1: Nutzung von Wärmepotentialen wie aus Erneuerbaren Energien und Abwärme
- Typ 2: Vorhandene Netzinfrastruktur wie bei bestehendem Inselnetz, gespeist durch bspw. eine Biogasanlage
- Typ 3: Kommunale Liegenschaften mit hohem Wärmebedarf
- Typ 4: Regionalunternehmerisches Engagement in Form von regionalen Unternehmen und Genossenschaften
- Typ 5: Insellösungen wie Großwärmepumpen
- Typ 6: Potential bisher ungenutzt, obwohl Siedlungsstruktur und Siedlungsdichte leitungsgebundene Wärmeversorgung unterstützen

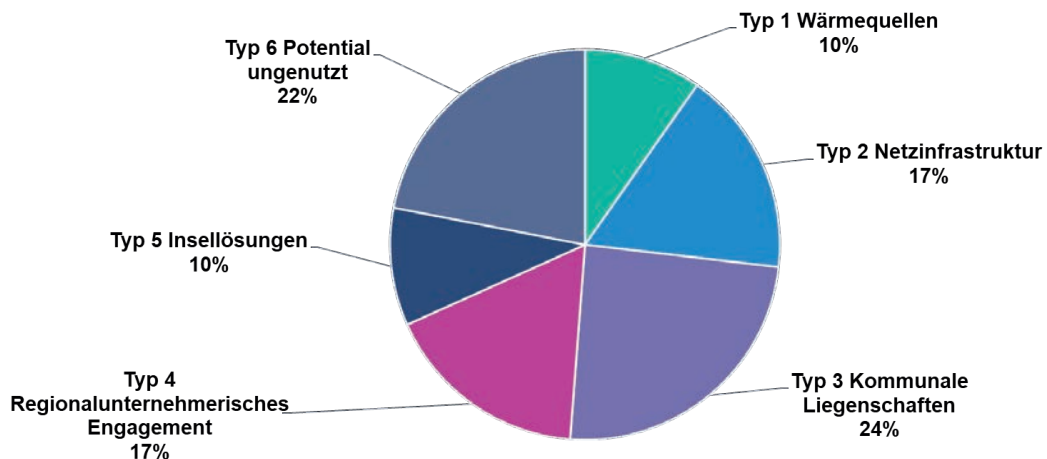


Abbildung 29: Verteilung der Quartierstypen nach qualitativer Analyse von 41 Energetischen Quartierskonzepten des ländlichen Raums in SH.

Die Machbarkeit der leitungsgebundenen Wärmeversorgung lässt sich dabei auf technisch-wirtschaftliche (Typ 1 und 2) und organisatorische (Typ 3 und 4) Treiber zurückführen. Eine günstige Wärmequelle senkt die Wärmegestehungskosten und kann zur wirtschaftlichen Umsetzbarkeit führen. Schleswig-Holstein hat durch die große Verfügbarkeit erneuerbarer Energien sowie die hohe Dichte von Biogasanlagen in diesem Bereich erhebliches Potential. Ebenfalls gibt es im ländlichen Raum häufig Inselnetze, welche mit geeigneter Wärmequelle unter geringeren Investitionskosten ausgebaut werden können. Ebenfalls können Akteure den Auf- und Ausbau von leitungsgebundener Wärmeversorgung vorantreiben. Kommunen haben in ihren Liegenschaften einen hohen Wärmebedarf, welcher ein Wärmenetz technisch darstellbar werden lässt. Die intrinsische Motivation von regionalunternehmerischen Initiativen kann weiterhin zu einer Wärmenetzlösung führen. In der Praxis zeigt sich dies bspw. über die Gründung von Genossenschaften aus Bürgerengagement und großen Wärmeabnehmern in privater Hand. Somit sind in

⁷⁰ [Statistik Nord 2020]

⁷¹ [MLLEV 2022]

zwei Drittel des ländlichen Raums Wärmenetze darstellbar, in etwa 20 % wäre weiteres Potential vorhanden. Lediglich in 10 % der Quartiere im ländlichen Raum lassen sich aufgrund der Siedlungsstruktur nur Inselnetze umsetzen.

Die Literaturanalyse ergab für die Jahre 2030, 2040 und 2045 jeweils Minimal- und Maximalwerte an leitungsgebundener Wärmeversorgung in Deutschland (s. Abbildung 30). In Schleswig-Holstein waren im Jahr 2021 bereits 11 % der Haushalte⁷² an ein Wärmenetz angeschlossen. Im Jahr 2021/2022 wurden 13,9 % des Wärmeverbrauchs für Heizung und Warmwasser über Wärmenetze gedeckt⁷³. Damit ist Schleswig-Holstein bereits im Jahr 2021 über den in den Studien prognostizierten Minimalwerten. Die Nähe zu Dänemark, in welchem in 2021 bereits 63 % der Haushalte mit leitungsgebundener Wärme versorgt wurden⁷⁴, stärkt das Wärmepotential in Schleswig-Holstein.

Analyse Minimal- und Maximalwerte leitungsgebundener Wärme in Deutschland

	2030	2040	2045
Minimum	11	15	15
Maximum	25	32	35
Mittelwert	18	24	23

Abbildung 30: Spannweite der prozentualen Wärmebedarfe gedeckt über leitungsgebundene Wärmeversorgung in Deutschland

Abbildung 31 zeigt die prognostizierten Potentiale für leitungsgebundene Wärmeversorgung in Schleswig-Holstein in drei Szenarien (pessimistisch, mittel, optimistisch) für die drei Zieljahre 2030, 2040 und 2045. Ebenfalls wurde nach Auf- und Ausbaupotential in städtischem und ländlichem Raum unterschieden. Unter Einbezug der Quartierstypen und der fördernden Rahmenbedingungen aufgrund der Nähe zum Nachbarland Dänemark lassen sich im optimistischen Szenario deutlich höhere Werte als auf Bundesebene ableiten.

Szenario pessimistisch (in % der mit leitungsgebundener Wärme versorgten Gebäude in SH)

	2030	2040	2045
Stadt	28	40	45
ländl. Raum	14	19	25
Mittelwert für SH gesamt	18	25	30

Szenario mittel (in % der mit leitungsgebundener Wärme versorgten Gebäude in SH)

	2030	2040	2045
Stadt	30	48	56
ländl. Raum	18	29	33
Mittelwert für SH gesamt	22	35	40

⁷² [VZSH 2021]

⁷³ Siehe hierzu Ausführungen unter Punkt 1.1.4

⁷⁴ [AEE 2021]

Szenario optimistisch (in % der mit leitungsgebundener Wärme versorgten Gebäude in SH)			
	2030	2040	2045
Stadt	35	55	70
ländl. Raum	20	34	41
Mittelwert für SH gesamt	25	40	50

Abbildung 31: Potentiale leitungsgebundener Wärme in Schleswig-Holstein in drei Szenarien.

2.4. Zusammenfassung

Die Szenarienbetrachtung zeigt die Potentiale für eine leitungsgebundene Wärmeversorgung in Schleswig-Holstein im ländlichen und städtischen Raum auf Basis unterschiedlicher Quartierstypen. Dabei wird das Potential im ländlichen Raum aufgrund der Siedlungsstrukturen und der damit voraussichtlichen Höhe der Wärmelinien dichten trotz spezifischer Vorteile wie günstigerer Flächenverfügbarkeit und Standorte erneuerbarer Energien, als niedriger als im städtischen Raum angesehen. Im ländlichen Raum lassen sich hinsichtlich der Wärmeversorgung sechs unterschiedliche Quartierstypen ableiten.

Im optimistischen Szenario wird angenommen, dass im Jahr 2045 70 % der Gebäude im städtischen Raum mit leitungsgebundener Wärme versorgt werden, während im pessimistischen Szenario 40 % der Gebäude im städtischen Raum an leitungsgebundene Wärme angeschlossen werden könnten. Im ländlichen Raum wird im optimistischen Szenario von 41 % an leitungsgebundene Wärme angeschlossene Gebäude ausgegangen, während dies im pessimistischen Szenario 25 % der Gebäude sein könnten. Damit wird optimistisch von insgesamt 50 % an leitungsgebundene angeschlossene Gebäude in Schleswig-Holstein im Jahr 2045 ausgegangen, pessimistisch von 30 % der Gebäude.

Im mittleren Szenario könnten im Jahr 2045 40 % aller Gebäude in Schleswig-Holstein über leitungsgebundene Wärme versorgt werden. Dabei wären dies 56 % der an Wärmenetze angeschlossene Gebäude im städtischen Raum und 33 % der Gebäude im ländlichen Raum.

Aufgrund des hohen Anteils des ländlichen Raums in Schleswig-Holstein wird diesem eine große Rolle im Bereich leitungsgebundener Wärmeversorgung beigemessen. Die Analyse der Quartierstypologien zeigt, dass sich das Potential leitungsgebundener Wärme im ländlichen Raum auf technische und organisatorische Treiber zurückführen lassen. Neben Flächenverfügbarkeit, günstigerer Infrastrukturerschließungsmöglichkeiten und potentiellen Wärmequellen und bestehender Wärmeinfrastruktur unterstützen kommunale Liegenschaften und das Engagement aus privater Hand wie über Genossenschaften den Aufbau leitungsgebundener Wärmeversorgung.

Implikationen

- Schleswig-Holstein hat gute Voraussetzungen für leitungsgebundene Wärmeversorgung im städtischen und ländlichen Raum auch aufgrund der hohen Verfügbarkeit erneuerbarer Energien.
- Ausbau leitungsgebundener Wärmeversorgung in Schleswig-Holstein in 2021 mit knapp 14 % der Wohngebäude über Minimum der in Studien prognostizierten Anteile über leitungsgebundene Wärme versorgten Gebäude.
- Ländlicher Raum dominiert in Schleswig-Holstein, weshalb dieser Einfluss auf den Anteil leitungsgebundener Wärmeversorgung hat; hier lassen sich hinsichtlich der Wärmeversorgung sechs unterschiedliche Quartierstypen ableiten.
- Integrierte und individuelle Betrachtung von Gemeinden im ländlichen Raum notwendig, um potentielle technische und organisatorische Treiber zu identifizieren.
- Besonders im ländlichen Raum werden Quartierslösungen in der leitungsgebundenen Wärmeversorgung eine Rolle spielen.
- Daher werden spezifische und quartiersindividuelle Konzepte der Wärmeversorgung entwickelt werden.
- Großer Anteil der Gebäude wird nicht im ländlichen Raum und nicht über leitungsgebundene Wärme versorgt werden können, daher ist es notwendig für diese Gebäude ebenfalls Lösungen zu entwickeln.
- Das Thema „Wärmeversorgung“ sollte in allen Planungsprozessen der Gemeinden im Sinne der Daseinsvorsorge mitgedacht werden, um eine zukunftsfähige Wärmeversorgung zu gewährleisten.

3. Klimaschutz und Wohnkostenfolgen in SH

3.1. Executive Summary

Im vorliegenden Gutachten wird dargestellt, wie sich die Klimaziele der Bundesregierung auf das Handlungsfeld „Wohnen“ auswirken. Deutlich wird dies in den Wirtschaftsrechnungen unterschiedlicher Akteure, seien es Wohnungsunternehmen, Mieterinnen und Mieter oder auch im selbstgenutzten Eigentum. Die Gesamteffekte zeigen sich insbesondere bei den Wohnkosten einzelner Haushalte. Die veränderten Wohnkosten werden in diesem Gutachten modellhaft anhand verschiedener Haushalts- und Gebäudetypen simuliert.

Die Kernaussagen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Der Gebäudetyp (inkl. Ausgangszustand und Baualter) und die Nutzungsform (Miete oder Wohneigentum) sind zentral für die Frage danach, wie stark sich die Wohnkostenfolgen für nutzende Haushalte verändern
- Die kalten Betriebskosten steigen in allen Beispielhaushalten – teilweise moderat, teilweise stark. Verantwortlich dafür sind hohe Investitionskosten und gestiegene Kosten bei der Wartung, Bedienung, Personalkosten u.a.
- Bei der Mehrheit der Haushalte können die durch veränderte kalte Betriebskosten ausgelösten Kostensteigerungen nicht von sinkenden Heizkosten aufgewogen werden
- Die Wohnkostenfolgen der im Einfamilienhaus lebenden Haushalte sind am höchsten – unabhängig davon, ob zur Miete oder im Eigentum gewohnt wird
- Für die Wärmeversorgung mit Fernwärme zeigt sich gegenüber der Wärmepumpe ein durchschnittlicher Kostenvorteil von ca. 0,5 bis 2,0 % für alle Gebäudetypen und Haushaltstypen
- Der Kostenunterschied zwischen den Varianten Wärmepumpe und Fernwärme ist in den Mehrfamilienhäusern geringer als in Ein- und Zweifamilienhäusern
- Die Anpassung an den GEG-Standard ist im Vergleich zu dem Standard EH 115 stets günstiger, wenn auch teilweise nur geringfügig. Durchschnittlich führt der GEG-Standard zu einem Anstieg der warmen Wohnkosten von 4 bis 38 %
- EH 115 gilt als geringerer energetischer Effizienzhausstandard (im Vergleich zu EH 55) und führt im Durchschnitt zu einer Steigerung der warmen Wohnkosten von 5 bis 40 %
- Der Standard EH 55 ist gegenüber den Standards GEG und EH 115 stets teurer und führt zu einer Kostensteigerung der warmen Wohnkosten von 20 bis 53 %
- Die ermittelten Kostenvorteile zwischen GEG und Effizienzhaus 115 sind im Lichte einer etwas höheren Volatilität hinsichtlich sich ändernder Energiepreise zu sehen. Dies würde insbesondere bei starken Steigerungen der Beschaffungspreise für den Energieträger ins Gewicht fallen
- Die Höhe der Veränderung der Wohnkostenfolgen sagt nicht zwangsläufig etwas darüber aus, wie stark ein Haushalt von den Veränderungen betroffen sein wird. Das grundsätzliche Haushaltseinkommen und die Gesamtsituation spielen hierbei eine genauso große Rolle
- Ohne eine gut ausgebaute Förderung wird die erforderliche energetische Erhöhung von Wohngebäuden sowohl für mietende als auch selbstnutzende Haushalte eine schmerzhafteste Steigerung der warmen Wohnkosten bedeuten

3.2. Einleitung

Die Klimaziele der Bundesregierung stellen eine wichtige Determinante für zahlreiche Politikfelder dar. Dies gilt auch für das besondere Handlungsfeld „Wohnen“, das auf unterschiedlichen Ebenen von dieser tiefgreifenden Rahmensetzung betroffen ist – sowohl bei Fragen von Investitionen und Bau, als auch im Kontext des Betriebs von Wohnobjekten. Dies wirkt sich in den Wirtschaftsrechnungen unterschiedlicher Akteure aus, seien es Wohnungsunternehmen, Mieterinnen und Mieter oder auch im selbstgenutzten Eigentum. Am deutlichsten sichtbar wird die Gesamtheit der Effekte in den jeweiligen Wohnkosten.

Welche Auswirkungen haben die Maßnahmen des Klimaschutzes und die Vorgaben der anstehenden Anpassungen des Wohngebäudesektors auf die Wohnkosten verschiedener Haushalte in Schleswig-Holstein? Wie viel mehr Miete zahlt etwa ein Single-Haushalt in einem Mehrfamilienhaus gegenüber einer mehrköpfigen Familie im Einfamilienhaus? Und wie unterscheiden sich diese Kosten in verschiedenen Regionen von Schleswig-Holstein?

Diesen Fragen geht das vorliegende Gutachten nach, indem es die Veränderung von Wohnkosten modellhaft simuliert. Diese setzen sich zusammen aus den Investitionskosten von Maßnahmenpaketen für den Klimaschutz (verschiedene Kombinationen von Gebäude- und Anlagentechnik), den Veränderungen der kalten und warmen Betriebskosten, und den Möglichkeiten der finanziellen Umlage auf die Mieter:innen.

Je nach Gebäudetyp ergeben sich unterschiedliche Maßnahmenpakete zur Anpassung an den Klimaschutz – und damit am Ende unterschiedliche Kosten für mietende Haushalte oder unterschiedliche Mehrkosten im selbstgenutzten Wohneigentum. Diese Kosten sind abhängig vom Ausgangszustand des Wohngebäudes, dem angestrebten Effizienzhausstandard⁷⁵ (GEG⁷⁶, EH) und dem Wärmenetz, an welches dieses angeschlossen ist oder an das es angeschlossen werden kann.

Die Betrachtung blickt vor allem auf die Veränderung von Komponenten der Wohnkosten. Unberücksichtigt bleibt die Ausgangssituation, in der mögliche Mieten und Wohnkosten sehr vielfältig ausgeprägt sein können und sich bisweilen sogar innerhalb desselben Gebäudes deutlich unterscheiden. In den einzelnen Betrachtungen wurde daher jeweils nur die Veränderung gegenüber der bisherigen Miete berechnet. Es kann damit v.a. aufgezeigt werden, welche zusätzlichen Kosten pro m² auf Mieter:innen im Rahmen einer energetischen Sanierung zukommen.

⁷⁵ Der Begriff Effizienzhaus bezeichnet einen Energiestandard für Wohngebäude. Die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) hat diesen Begriff geprägt. Effizienzhäuser zeichnen sich durch eine besonders energieeffiziente Bauweise und Gebäudetechnik aus und werden in verschiedenen Energiestandards klassifiziert. Für diese Standard gibt es verschiedene Stufen wie bspw. Effizienzhausstufe 40 (EH 40). Die Kennzahl 40 gibt dabei an, dass das Effizienzhaus maximal 40% Primärenergie benötigt, verglichen mit einem Referenzgebäude (nach Gebäudeenergiegesetz) (2024 KfW, Frankfurt am Main).

⁷⁶ Das Gebäude-Energie-Gesetz (GEG) legt energetische Anforderungen an beheizte oder klimatisierte Gebäude fest. Zudem sind Vorgaben zu Heizungs- und Klimatechnik sowie zum Wärmedämmstandard und Hitzeschutz von Gebäuden enthalten und es bestehen Vorgaben zu der Erstellung und Verwendung von Energieausweisen, und zum Einsatz erneuerbarer Energien bei der Wärmeversorgung des Gebäudes. Je nachdem, um welchen Gebäudetyp es sich handelt sind Übergangsfristen und weitere Schritte zur Erfüllung der formulierten Standards vorgegeben (2024, Havlat, O., 2024, Vuletiv, V. Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen)

Dasselbe kann im selbstgenutzten Eigentum dargestellt werden (Wohnkostenfolgen aufgrund entsprechender Klimaanpassungsmaßnahmen).

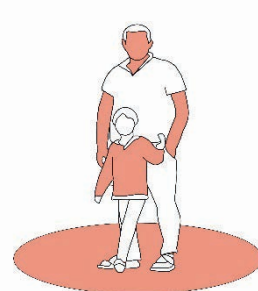
Anhand der fünf häufigsten Gebäudetypen in Schleswig-Holstein (Baujahre vor 1919, 1919-48, 1949-78, 1979-86, 1991-95) wurden beispielhafte Berechnungen für unterschiedliche Haushaltstypen in Ein- und Mehrfamilienhäusern angefertigt. Um zu zeigen, wie sich die Wohnkosten durch den Umbau in einen höheren Effizienzhausstandard (GEG, EH 115 und EH 55) verändern, wurden besonders typische Haushaltskonstellationen ausgewählt und diesen ein passender Wohnort in unterschiedlichen Regionen Schleswig-Holsteins zugeordnet. Für die folgenden Haushaltskonstellationen wurde eine Wohnkostenveränderung berechnet:



Berufstätiges Paar



Berufstätig (alleinstehend)



Alleinerziehend



Starterhaushalt



Familie



Zwei Senior:innen

3.3. Berechnung

Ausgangspunkt der Wohnkostenfolgenberechnung für Mietwohnungen (oder für Wohneigentum) ist eine **Investitionsrechnung**, bei der die anstehenden Investitionen für die Gebäudehülle und Wärmeversorgungsvarianten pro m² Wohnfläche berechnet werden. Durch bessere energetische Standards entstehen Einspareffekte bei den Nebenkosten (v.a. Heizkosten), weshalb bei der Gesamtberechnung jeweils „unterm Strich“ die warmen Wohnkosten betrachtet werden. Nicht alle Aufwendungen, die in diesem Zusammenhang entstehen, dürfen auf die Nettokaltmiete umgelegt werden. Vielmehr ist zwischen Kosten, die für die Modernisierung anfallen, und solchen, die für die Instandhaltung anfallen, zu differenzieren. Nach dem deutschen Mietrecht ist letztere bereits mit der Zahlung der Kaltmiete, also des Mietzinses für die Abnutzung der Mietsache, abgegolten. Die Wohnkostenfolgen im selbstgenutzten Eigentum können nach demselben Prinzip berechnet werden. Hier muss jedoch berücksichtigt werden, dass weitere Kosten wie die der Instandhaltung, Reparaturen und weitere hinzukommen.

Einen weiteren Teil der Berechnung stellt die Kalkulation der **Finanzierung** dar. Die kalkulatorische Investitionssumme wird dabei einer marktüblichen Finanzierungsrechnung unterzogen. Ein Eigenkapitalanteil von 20 % wird getrennt abgerechnet, zu eigenen Konditionen verzinst und annuitätisch getilgt. 80 % der Finanzierung erfolgt über Fremdkapital. In der Summe wird anschließend der Gesamtkapitaldienst ermittelt.

Die **kalkulatorische Umlage** auf die Kaltmiete (netto) bildet den nächsten Schritt der Berechnung. Diese Umlage stellt den wirtschaftlich erforderlichen Betrag für eine nachhaltige Finanzierung der Maßnahmen dar und wird in eine kalkulatorisch erforderliche Modernisierungsumlage überführt (monatlich). Es wird also abgebildet, was an wirtschaftlicher Umlage mindestens nötig ist, um die höheren Kosten zu kompensieren bzw. nachhaltig und sozialverträglich zu refinanzieren (nicht hingegen, was im Rahmen der 8 %-Umlage gemäß § 559 (1) BGB zulässig wäre). Dieser Betrag entspricht der **Veränderung der Nettokaltmiete** je Quadratmeter.

Auch weitere Komponenten der warmen Wohnkosten sind von den ergriffenen Maßnahmen kostenmäßig betroffen:

Die **kalten Betriebskosten** beinhalten veränderte Kosten bei technischer Hilfsenergie, Hausstrom, Kosten für Bedienung, Wartung. Die aufwändigere neue Haustechnik erfordert mehr Einsatz von Betriebs- und Hilfsenergie (z.B. für Lüftungsanlagen). Die entsprechenden Zuschläge sind meist nur gering, müssen aber trotzdem von nutzenden Haushalten durch Umlage getragen werden und sind damit für eine ganzheitliche Betrachtung wichtig.

Veränderungen bei den **warmen Betriebskosten** ergeben sich durch geringere Wärmeaufwendungen (Bedarfe bzw. Verbräuche) im Vergleich zur Ausgangssituation. Hier können nennenswerte Kostenvorteile zu Buche schlagen, denn die höhere Energieeffizienz des Gebäudes sorgt dafür, dass ohne Komfortverlust weniger Heizenergie verbraucht wird. So können höhere Aufwendungen an anderer Stelle zumindest teilweise aufgewogen werden.

Während also über die höhere Nettokaltmiete die eigentlichen Investitionen zu refinanzieren sind, gibt es bei kalten und warmen Betriebskosten unterschiedlich starke Auswirkungen auf weitere Kostenpositionen sowohl im positiver als auch negativer Hinsicht.

Die Veränderung der Wohnkosten wurde zudem anhand von **beispielhaften Haushaltstypen** berechnet. Hierbei wurde der Umbau vom nicht modernisierten Ausgangszustand hin zum GEG-Standard und hin zu EH 115 berechnet, und es wurden jeweils zwei verschiedene Wärmeversorgungsoptionen (Wärmepumpe Luft-Wasser und Fernwärme) berücksichtigt. Der Ausgangszustand aller Gebäude entspricht der Definition „gering modernisiert“, als Energiequelle wird Erdgas bezogen (Gas-Standardkessel 1977-1995). Darüber hinaus wurde bei zwei Haushaltstypen (*Zwei Senior:innen* und *Alleinerziehend*) zusätzlich der Umbau zu EH 55 aufgeführt, ebenfalls mit den Wärmeversorgungsvarianten Wärmepumpe (Luft-Wasser) und Fernwärme. Die entsprechenden Ergebnisse wurden auf typische regionale Konstellationen gespiegelt: *Zwei Senior:innen* wurde dabei für ein Einfamilienhaus in Eckernförde dargestellt, für den Haushaltstyp *Alleinerziehend* wurde diese Veränderung in einem Mehrfamilienhaus in Kiel simuliert. Diese Konstellationen wurden ausgewählt, da beide Haushaltstypen in der in Schleswig-Holstein am häufigsten vertretenen Gebäudealtersklasse (1949-78) „leben“. Die *Zwei*

Senior:innen wurden einem Einfamilienhaus zugeordnet, da diese Gebäudeart den größten Anteil in Schleswig-Holstein ausmacht (nahezu 45 %). Zudem ist besonders für beide Haushaltstypen eine starke Wohnkostenveränderung finanziell schwieriger auszugleichen als für andere betrachtete Haushaltstypen.

3.4. Bestimmung der Grundannahmen und Variablen

Die Berechnungen und zugehörigen Variablen beruhen auf gemittelten Annahmen. Besonderheiten wie individuelle Aspekte der Finanzierungsmöglichkeiten oder Ähnliches wurden nicht abgebildet. Mögliche Förderoptionen wurden aus Gründen der Vergleichbarkeit nicht betrachtet, können aber eine deutliche Unterstützung bei der Finanzierung und damit auch für die Wohnkostenfolgen bedeuten.

Zur Berechnung der Ausgangsmiete und der Mietkostenveränderung in den Steckbriefen, wurden verschiedene Variablen vorab bestimmt: Die Grundlage für die unterstellten kalten Betriebskosten bildet der Mikrozensus Wohnen 2022 (durchschnittliche Netto- und Bruttokaltmieten Schleswig-Holstein). Da es sich bei den in den Steckbriefen abgebildeten Haushalten immer um solche handelt, die entweder in Großstädten oder Mittelstädten leben, wurde ein einheitlicher Wert von 1,40 Euro pro qm angenommen. Die Grundlage für die Annahmen zu den warmen Nebenkosten bildet eine Analyse des Instituts der deutschen Wirtschaft und der Value AG 2022⁷⁷. Bei den Kaltmieten für Haushalte in Mehrfamilienhäusern unterstützte die Investitionsbank Schleswig-Holstein IB.SH mit einer Ableitung aus dem Mietenmonitoring (Marktmiete 2013-2017 + 10 %), genauso bei der Zuordnung der Region. Hierzu wurden zusätzlich die von der IB.SH gelieferten Werte mit – soweit vorhanden – den jeweiligen Mietspiegeln abgeglichen. Die Kaltmieten in den Einfamilienhäusern wurden ebenfalls von der IB.SH angegeben und mittels einer Überprüfung von Mietangeboten von EFHs in den jeweiligen Regionen zum entsprechenden Zeitpunkt der Vermietung (vor 8-9 Jahren) der Value AG bestätigt. Auch die Wohnflächenangaben sind mit Unterstützung der Facheinschätzungen aus der Wohnungsmarktbeobachtung der IB.SH entstanden. Die Fremdkapitalverzinsung wurde bei 4 % angesiedelt, womit der aktuelle Stand und Wert im 4. Quartal 2023 abgebildet ist⁷⁸.

Die genannten Maßnahmenpakete bestehen aus den Komponenten Gebäudehülle und Wärmeversorgungsvariante unter Berücksichtigung der jeweiligen Anlagentechnik. Beim Umbau in einen höheren Effizienzstandard wird die – in der Praxis sehr übliche – Gleichzeitigkeit von Instandsetzung und Modernisierung unterstellt (sogenanntes Kopplungsprinzip), was in der Regel zu erheblichen Kostenvorteilen in der Umsetzung führt.

⁷⁷ [Handelsblatt 2023] *Nebenkosten treiben auch 2023 die Gesamtmiete*

⁷⁸ [Statista 2023] *Entwicklung der Bauzinsen in Deutschland von Januar 2011 bis Dezember 2023*

3.5. Beispielhafte Haushaltstypen

Zur Veranschaulichung der Ergebnisse finden sich im Folgenden exemplarisch sechs Haushaltstypen und Wohnsituationen als Steckbriefe dargestellt. Sie zeigen zum Kostenstand 4. Quartal 2023 eine Bandbreite von häufig vorkommenden Haushaltskonstellationen in unterschiedlichen Gebäudetypen auf. Im oberen Abschnitt finden sich Informationen zum jeweiligen Haushalt und die in der Ausgangssituation aktuell zu zahlenden warmen Wohnkosten, aufgeteilt in die Miete nettokalt (Grundmiete ohne Nebenkosten), kalte Betriebskosten (beinhalten Ausgaben wie Müllabfuhr, Gartenpflege oder Reinigung der gemeinschaftlichen Flächen) und Heizkosten. Im unteren Abschnitt finden sich die monatlichen Kosten nach energetischer Modernisierung, die bei der Sanierung auf den GEG-Standard und auf den Effizienzhausstandard EH 115 bzw. EH 55 auf den Haushalt zukommen. Die Kosten teilen sich wiederum auf in Miete nettokalt, Betriebskosten kalt und Heizkosten und ergeben sich aus den dargestellten Berechnungen anhand der jeweiligen Wohnflächen. Dargestellt werden jeweils zwei technische Sanierungsvarianten: Anschluss an das Fernwärmenetz und Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe. Unterschieden wird die Darstellung im Folgenden nach Haushalten, die in Mehr- oder Einfamilienhäusern wohnen.

3.5.1. Haushalte in Mehrfamilienhäusern

Die Mehrheit der Haushalte deutschlandweit lebt in Mehrfamilienhäusern⁷⁹. Auch in Schleswig-Holstein befinden sich rund 44% des Wohnungsbestands in Mehrfamilienhäusern⁸⁰. Aus diesem Grund ist die Mehrzahl der berechneten Haushaltskonstellationen einer Wohnung in einem Mehrfamilienhaus zugeordnet. Die folgenden Haushaltstypen bilden einen Querschnitt an typischen Haushalten, die in Mehrfamilienhäusern wohnen: *Berufstätiges Paar*, *Berufstätig (alleinstehend)*, *Alleinerziehend* und *Starterhaushalt*. In allen Fällen ist der Umbau des Objekts, in dem sich die jeweilige Wohnung befindet, hin zu GEG-Standard und hin zu EH 115 abgebildet. Bei dem Haushaltstyp *Alleinerziehend* ist zusätzlich der Umbau zum ambitionierten Standard EH 55 dargestellt.

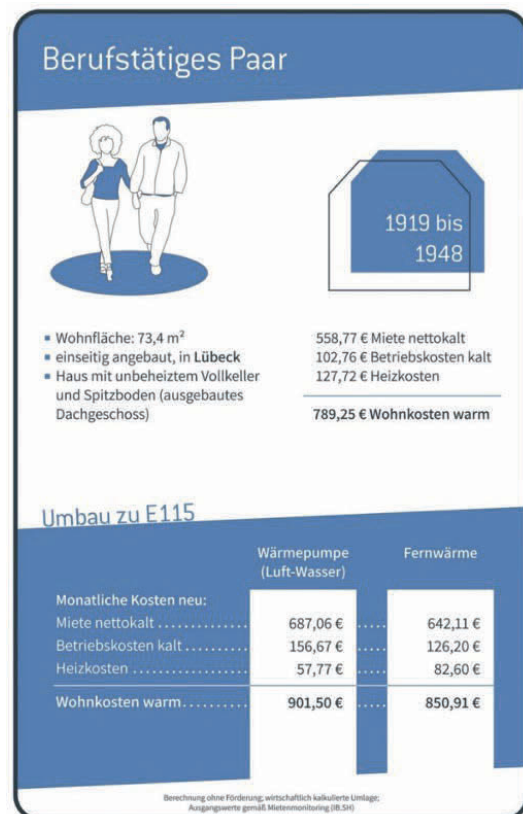
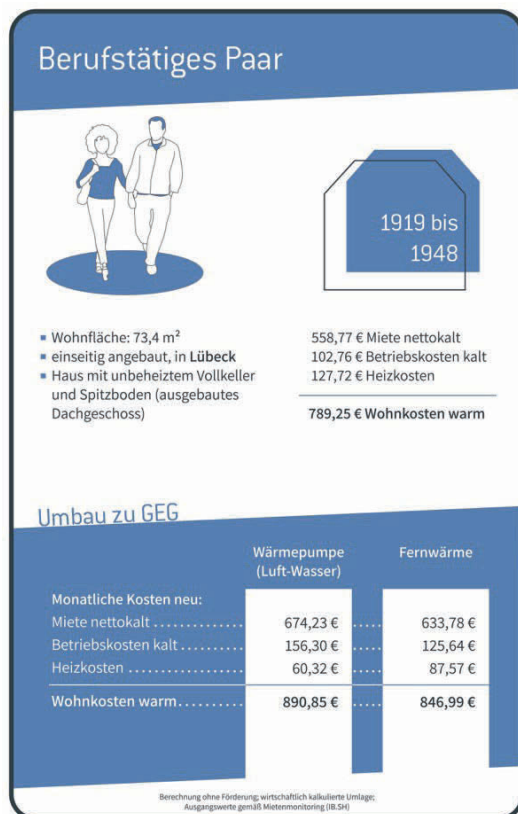
Berufstätiges Paar

Eine klassische Wohnkonstellation in Lübeck beschreibt das Beispiel eines berufstätigen Paares in einem zwischen 1919 und 1948 erbauten Mehrfamilienhaus mit unbeheiztem Vollkeller und Spitzboden (mit ausgebautem Dachgeschoss). Auf rund 73 m² zahlen sie 789 Euro monatlich bruttowarm.

Beim Umbau des bislang gering modernisierten Gebäudes auf den GEG-Standard fallen bei der Versorgung mittels einer Wärmepumpe (Luft-Wasser) insgesamt rund 890 € monatlich an, was eine Kostensteigerung von ca. 100 € monatlich bedeutet. Wird das Gebäude mittels Fernwärme versorgt, belaufen sich die Mehrkosten in der Modellberechnung auf lediglich 58€ monatlich. Die Heizkosten sinken bei der Version mit der Versorgung über eine Wärmepumpe um gut die Hälfte.

⁷⁹ 2024, Destatis

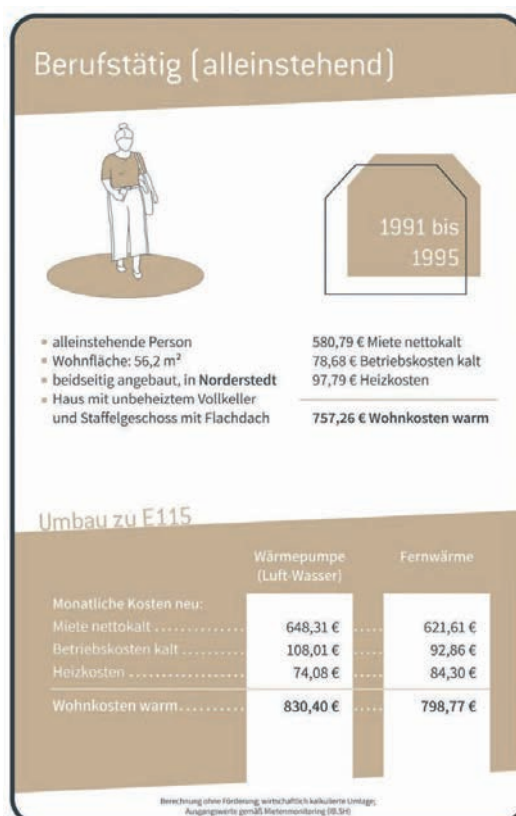
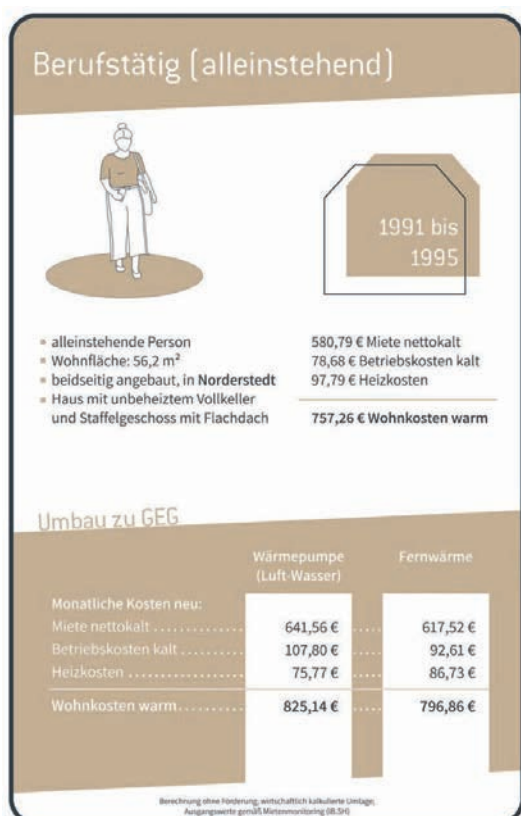
⁸⁰ 2024, Wohnungsmarktprofil 2023. (IB.SH)



Wird das Gebäude auf den E115-Standard angepasst, stiegen bei der Version mit Wärmepumpe (Luft-Wasser) die warmen Wohnkosten um circa 112 Euro an (insgesamt 901,50 Euro). Bei einer Energieversorgung mit Fernwärme fällt die Erhöhung der warmen Wohnkosten mit 62 Euro monatlich zusätzlich geringer aus. Die Kostensteigerungen sind bei dem EH 115-Standard also sehr vergleichbar mit den Kosten für den GEG-Standard. Die Heizkosten verringern sich bei einer energetischen Sanierung, wobei bei einer Versorgung mit Wärmepumpen eine stärkere Verringerung erreicht wird, als bei dem Anschluss an die Fernwärme. Auch hier ergeben sich ähnliche Effekte wie bei den Kostenveränderungen bei dem Umbau zum GEG-Standard.

Berufstätig (alleinstehend)

Vielfach wohnen Menschen allein in einer Wohnung, wie auch in unserem Beispiel einer alleinstehenden Berufstätigen in Norderstedt. Diese Haushalte verfügen nur über ein einzelnes Einkommen, zugleich sind die Anforderungen an den Wohnraum andere als beispielsweise bei Familien. Der betrachtete prototypische Ein-Personen-Haushalt zahlt in der Ausgangssituation für seine Wohnung mit 56,2 m² Wohnfläche in einem Gebäude, das 1991 bis 1995 erbaut wurde, rund 757 Euro bruttowarm monatlich.



Bei Sanierung des bislang gering modernisierten beidseitig angebauten Wohngebäudes (mit unbeheiztem Vollkeller und Staffelgeschoss mit Flachdach) nach dem GEG-Standard führt dies zu zusätzlichen Wohnkosten: Bei Nutzung einer Wärmepumpe (Luft-Wasser) ergibt sich eine Kostensteigerung von 68 € monatlich, bei Nutzung der Fernwärme lediglich eine Steigerung von 39 Euro. Die Heizkosten sinken bei beiden versorgungsvarianten, die kalten Betriebskosten steigen hingegen deutlich an.

Bei der Sanierung auf den Standard EH 115 verändern sich die Wohnkosten ebenfalls: Bei Einsatz einer Wärmepumpe (Luft-Wasser) erhöhen sich die Wohnkosten um 73 Euro, beim Anschluss an das Fernwärmenetz müssen hingegen zusätzliche Wohnkosten von knapp 42 Euro aufgebracht werden. Auch in diesem Beispiel erweist sich der Anschluss ans Fernwärmenetz als dämpfend für die Höhe der Wohnkostenfolgen (sofern die infrastrukturellen Voraussetzungen dafür bestehen). Aufgrund des besseren Energiestandards sinken auch in diesen beiden Fällen rechnerisch die Heizkosten leicht. Es ergeben sich zudem wieder ähnliche Wohnkostenveränderungen wie beim Umbau zum GEG-Standard.

Alleinerziehend

In diesem Beispiel wird die Wohnsituation einer alleinerziehenden Person in Kiel dargestellt. Diese lebt mit einem Kind in einem freistehenden Mehrfamilienhaus auf einer Wohnfläche von rund 62 m². Das zwischen 1949 und 1978 errichtete Gebäude verfügt über einen unbeheizten Vollkeller und einen Dachboden. Die monatliche Miete beträgt in der Ausgangssituation circa 467 Euro nettokalt. Die Betriebskosten belaufen sich auf rund 87 Euro. Die Heizkosten des bis dato gering sanierten Gebäudes betragen 108 Euro. Zusammen ergeben diese Kosten eine Gesamtmiete von 662 Euro warm.



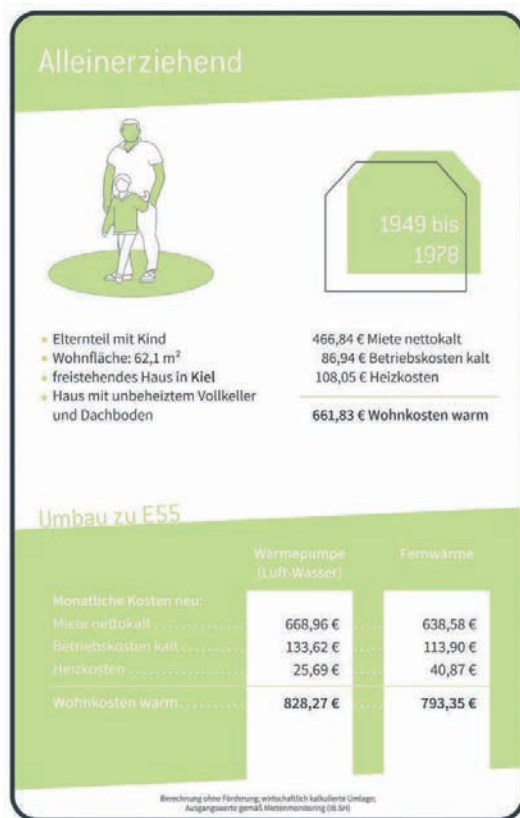
Bei einer energetischen Sanierung nach dem GEG-Standard mit einer Versorgung einer Wärmepumpe (Luft-Wasser) steigen die kalten Betriebskosten um rund 40 Euro monatlich, die Heizkosten sinken deutlich (um die Hälfte), sodass insgesamt eine monatliche Wohnkostensteigerung von 77 € entsteht. Bei der Versorgung mittels Fernwärme steigen die kalten Betriebskosten nicht so stark, die Heizkosten dafür etwas deutlicher, sodass sich insgesamt eine etwas geringere monatliche Kostensteigerung von 46 € ergibt.

Im Vergleich erhöhen sich bei der Sanierung auf den Standard EH 115 die monatlichen Wohnkosten für den Einsatz einer Wärmepumpe (Luft-Wasser) um rund 85 Euro, wobei sich hier die kalten Betriebskosten und die Miete nettokalt erhöhen und die Heizkosten sich mehr als halbieren. Die Sanierung unter Einbezug von Fernwärme fällt auch hier durchschnittlich kostengünstiger aus, mit einer Erhöhung der warmen Wohnkosten von rund 49 Euro monatlich. Die Veränderung der Nettokaltmiete und der Betriebskosten ist weniger hoch im Vergleich zur Wärmepumpenversorgung, doch auch die Heizkosten zeigen eine geringere Einsparung auf mit 70 Euro pro Monat.

Alleinerziehend (Umbau zu EH 55)

In diesem Beispiel wird die gleiche ursprüngliche Wohnsituation wie im vorherigen Beispiel einer alleinerziehenden Person in Kiel in einer Variante näher betrachtet. Die monatliche Grundmiete beläuft sich auf etwa 662 Euro warm.

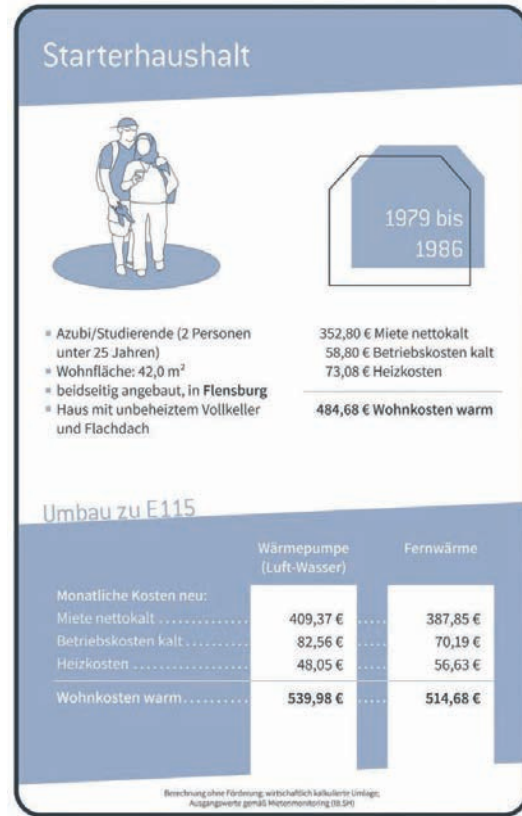
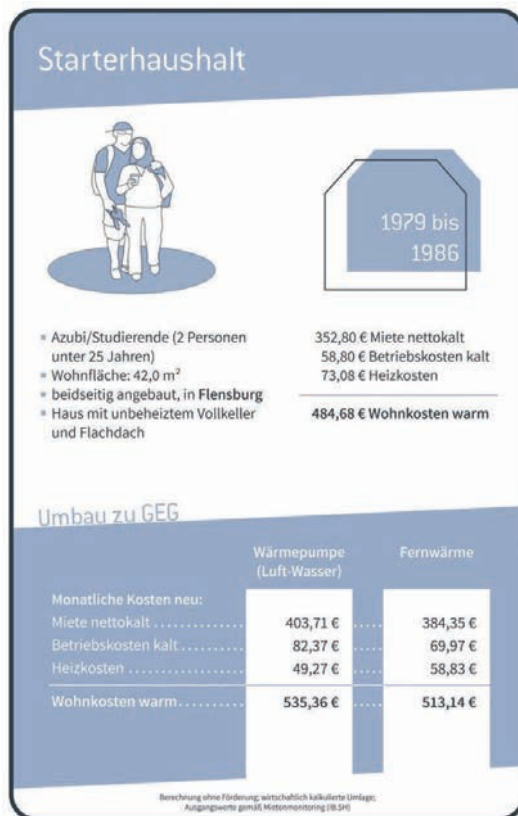
Anders als beim vorherigen Fall wird die energetische Sanierung des Gebäudes nach dem deutlich höheren Standard EH 55 betrachtet. Hierbei steigen die monatlichen Wohnkosten bei Einsatz einer Wärmepumpe (Luft-Wasser) um etwa 166 Euro auf 828 Euro – also rund 82 Euro teurer als bei dem E115-Gebäudestandard. Die Heizkosten entsprechen aufgrund des höheren energetischen Standards nur noch einem Viertel der unsanierten Kosten. Hierbei erhöhen sich jedoch sowohl die kalten Betriebskosten als v.a. auch die Nettokaltmiete. Eine Sanierung unter Einbeziehung von Fernwärme zeigt abermals vergleichsweise geringere Kostensteigerungen von etwa 132 Euro pro Monat für die warmen Wohnkosten (rund 83 Euro teurer als der E115-Gebäudestandard). Die Heizkosten sinken in dieser Variante auf 41 Euro im Monat.



Der direkte Vergleich der beiden Varianten zeigt eindrucksvoll, dass die höheren Effizienzhaus-Standards unter den aktuellen Bedingungen zu deutlich höher Wohnkosten führen, obwohl die Heizkosten signifikant sinken. Hierbei ist jedoch zu bedenken, dass mit steigenden Energiekosten der rechnerische Vorsprung des niedrigeren Standards abnimmt. Der höhere Effizienzhausstandard macht die Wohnkostenrechnung mithin resilienter gegenüber sich ändernden Energiepreisen.

Starterhaushalt

Typischerweise sind gerade junge Haushalte von hohen Wohnkostenbelastungen betroffen. Als Starterhaushalte werden hier Haushalte bezeichnet, in denen Menschen unter 25 Jahren wohnen. In unserem Beispiel leben zwei Personen in einer ca. 42 m² großen Wohnung in einem beidseitig angebauten Wohngebäude mit unbeheiztem Vollkeller und Flachdach in Flensburg für rund 485 Euro Miete bruttowarm.



Die Sanierung zum GEG-Standard bedeutet für den Starterhaushalt gestiegene Wohnkosten von 29 Euro monatlich bei einem Anschluss an das Fernwärmenetz. Bei dem Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe steigen die Kosten um rund 20 Euro zusätzlich monatlich an. Bei beiden Versorgungsvarianten steigen die kalten Betriebskosten, die Heizkosten sinken hingegen.

Nach der EH 115 -Sanierung steigen die warmen Wohnkosten beim Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe um rund 55 Euro, beim Anschluss an das Fernwärmenetz um 30 Euro. Menschen mit einer ersten eigenen Wohnung befinden sich meistens noch in einer Ausbildungssituation und haben dementsprechend nur wenig Geld zur Verfügung. Die mittlere Mietbelastung bei den unter 25-Jährigen liegt deutschlandweit bei ca. 38 Prozent. Die beschriebenen Erhöhungen der Wohnkosten sind daher auch vor dem Hintergrund zu sehen, dass in dieser Gruppe bereits heute jeder Zehnte mindestens 50 Prozent für die Miete aufwendet. Die Erhöhung der Mietkosten ist im Vergleich nicht so hoch wie in anderen Beispielen, schlägt aber mit Blick auf die individuellen Budgets deutlich stärker zu Buche.

Die verschiedenen Beispiele zeigen, dass es bei der Umsetzung energetischer Sanierungen teilweise zu moderaten, teilweise aber auch zu hohen zusätzlichen Wohnkosten kommt. Auf jeden Fall steigen die Wohnkosten. Insgesamt stellt der

Anschluss an die Fernwärme in der Regel die für die Warmmiete kostengünstigste Variante dar. Es zeigt sich außerdem, dass der Umbau hin zum GEG-Standard im Vergleich stets die geringsten Wohnkostensteigerungen zur Folge hat. Deutlich wird auch, dass nur eine ganzheitliche Betrachtung von Kosten und Einsparungen zu Lösungen führt, die der Maßgabe von Bezahlbarkeit und Sozialverträglichkeit am ehesten gerecht wird.

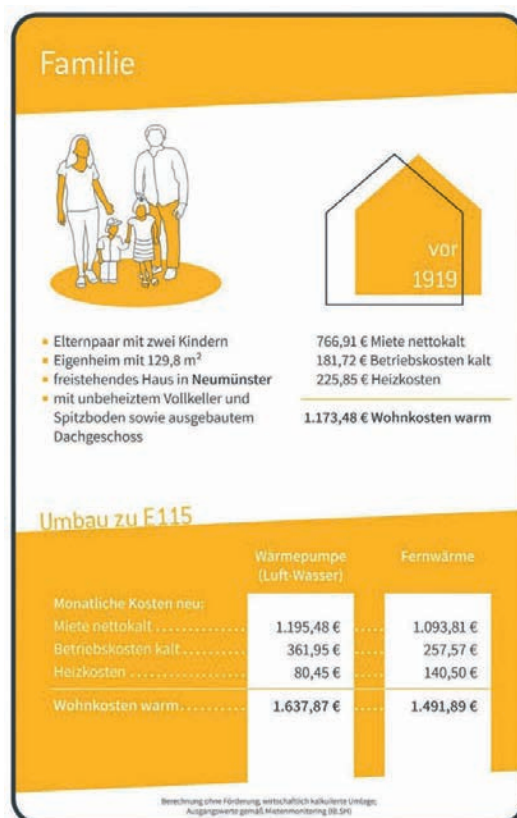
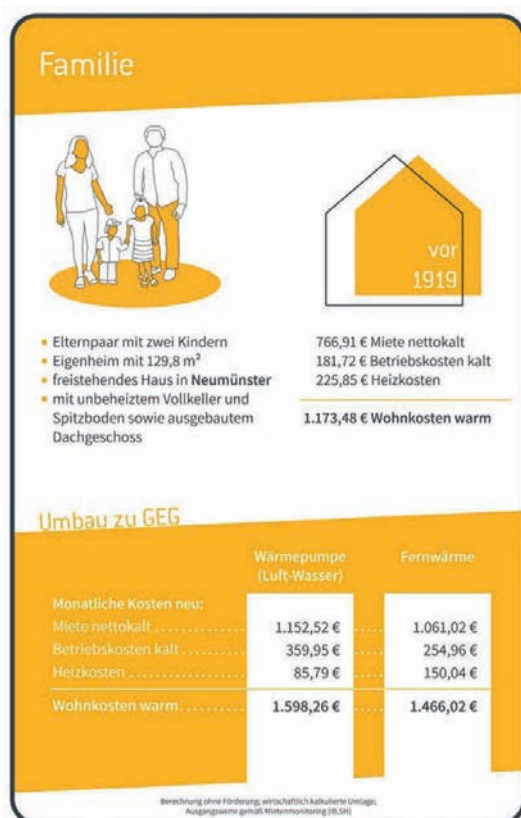
3.5.2. Haushalte in Einfamilienhäusern

In Schleswig-Holstein machen Einfamilienhäuser fast die Hälfte des Bestands aus (44,7 %). Je nach Ausgangssituation und Anpassungsbedarf werden auch die Haushalte in solchen Gebäuden von spürbaren Kostenanpassungen in den kommenden Jahren betroffen sein.

Im Folgenden wird daher zunächst das vermietete Eigenheim für die Konstellation *Familie* betrachtet und anschließend um Aspekte für selbstnutzende Eigentümer:innen ergänzt. Hierbei ist zu beachten, dass bei selbstgenutztem Wohneigentum ggf. die gesamten Sanierungskosten kalkulatorisch aufgebracht werden müssen (sofern keine Rücklagen gebildet wurden) – also auch die Kosten der Instandsetzung, die meist bei 35-65 % der Modernisierungskosten liegen.

Familie

In diesem Beispiel wird die Lebenssituation einer Familie dargestellt, die in einem vor 1919 erbauten Einfamilienhaus zur Miete wohnt. Hier wohnen zwei Erwachsene mit zwei Kindern auf rund 130 m² Wohnfläche in einem gering modernisierten freistehenden Haus in Neumünster.



Die monatlichen Aufwendungen durch die energetische Sanierung stiegen bei Nutzung von Fernwärme um 318 Euro auf 1.492 Euro. Während die Betriebskosten sowohl für die Version mit Wärmepumpe als auch für die mit Fernwärme steigen (sich bei der Versorgung mit Wärmepumpe sogar verdoppeln!), sinken die Heizkosten von 226 Euro auf 80 Euro bzw. 140 Euro. Die Heizkosteneinsparungen können die erhöhten Gesamtkosten also nur teilweise ausgleichen.

Baut man das Gebäude entsprechend des GEG-Standards um, ergeben sich beim Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe monatliche Kostensteigerungen von bis zu 425 Euro insgesamt. Beim Anschluss an die Fernwärme steigen die warmen Wohnkosten auf rund 293 Euro monatlich.

Ein Umbau nach dem EH 115-Standard würde bei Einbau einer Wärmepumpe (Luft-Wasser) eine monatliche Steigerung der warmen Wohnkosten um ca. 464 Euro bedeuten. Damit handelt es sich im Vergleich um die teuerste energetische Sanierung in dieser Untersuchung. Die eingesparten Heizkosten betragen rund 145 Euro im Monat, können die deutlich erhöhten Betriebskosten (+ 180 Euro) trotz einer energetisch besseren Ertüchtigung aber nicht abmildern.

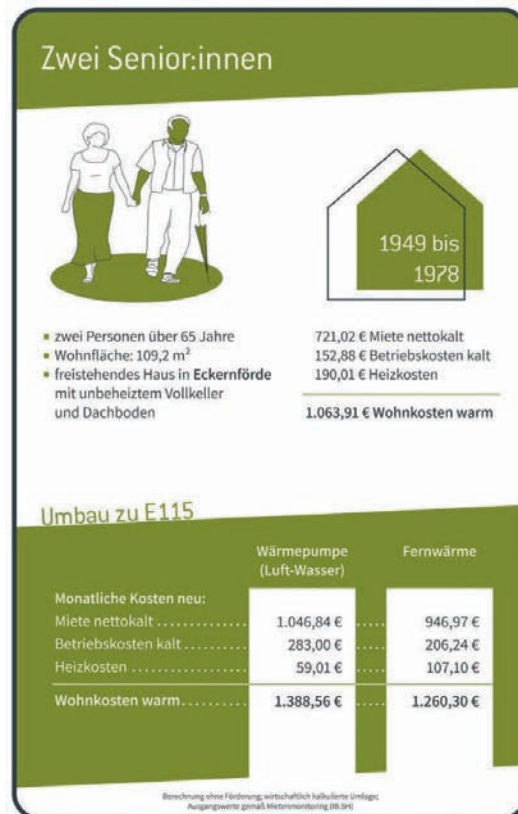
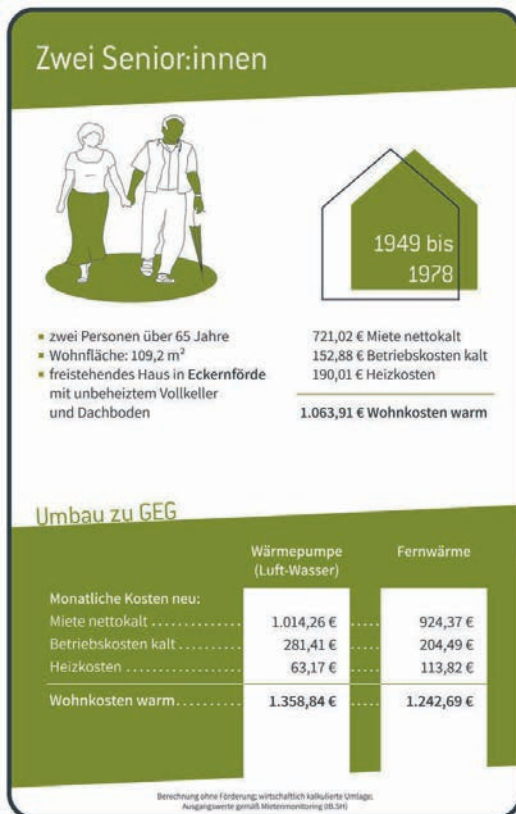
Unterstellt man für die gleiche Konstellation einen selbstnutzenden Eigentümerhaushalt, spielen weitere, mitunter stark individuelle Faktoren in die Berechnung hinein. Die finanziellen Spielräume hängen schon in der Ausgangssituation z.B. auch von bestehenden Kreditverbindlichkeiten und Kapitaldienstverpflichtungen ab. Diese können sehr unterschiedlich ausfallen, je nachdem wie lange der Kauf her ist bzw. wie das Objekt erworben wurde (Kauf, Erbe). Hinzu kommen Betriebskosten und – im Idealfall – die Bildung von Rücklagen für Instandsetzungen und Reparaturen. Zu diesen höchst individuell ausgeprägten Wohnkosten der Ausgangssituation kommen dann die Folgekosten einer energetischen Sanierung hinzu. Der Wohnkostenaufschlag der energetischen Modernisierung ist beim gewählten Beispiel einer Familie, jedoch im selbstgenutzten Eigentum, aufgrund der wirtschaftlichen Berechnung zunächst genauso hoch wie bei einem mietenden Haushalt. Hierzu können sich jedoch zusätzlich die Kosten der Instandhaltung addieren – in Teilen oder komplett. Je höher beispielsweise die individuellen Konditionen der Tilgung zusätzlich sind, desto höher ist auch die gesamte Summe der Wohnkosten, die aufgebracht werden muss, und kann demnach insgesamt deutlich über den Belastungen liegen, die auf einen mietenden Haushalt zukommen.

Zwei Senior:innen

Im Folgenden wird die Wohnsituation von *Zwei Senior:innen* dargestellt, welche in einem Einfamilienhaus in Eckenförde zur Miete wohnen. Dieser Haushaltstyp hat durch den demographischen Wandel zunehmende Relevanz, insbesondere in kleineren Städten nimmt der Anteil an Senior:innen stetig zu. Die zwei Personen wohnen in einem zwischen 1949 und 1978 erbauten, gering modernisierten freistehenden Haus mit unbeheiztem Vollkeller und Dachboden. Bei einer Wohnfläche von circa 109 m² zahlen sie monatliche warme Wohnkosten von 1.064 Euro im Monat.

Würde man das Gebäude an den GEG-Standard anpassen, ergibt sich anhand der gebäudespezifischen Modellrechnung ein absoluter Betrag von 1.358 Euro an monatlichen warmen Wohnkosten (Wärmepumpe Luft-Wasser).

Die Heizkosten sinken in diesem Fall um 127 Euro, die kalten Betriebskosten steigen hingegen um 158 Euro, sodass sich insgesamt eine deutlich höhere Wohnkostenbelastung von einem Mehr an 295 Euro ergibt. Der Anschluss an die Fernwärme würde zu keiner so hohen Steigerung der Betriebskosten führen (+52 Euro), dafür deutlich höhere Heizkosten (+ 50 Euro mehr als bei dem Einsatz der Wärmepumpe) erzeugen und insgesamt zu einer Kostensteigerung von rund 179 Euro monatlich führen.



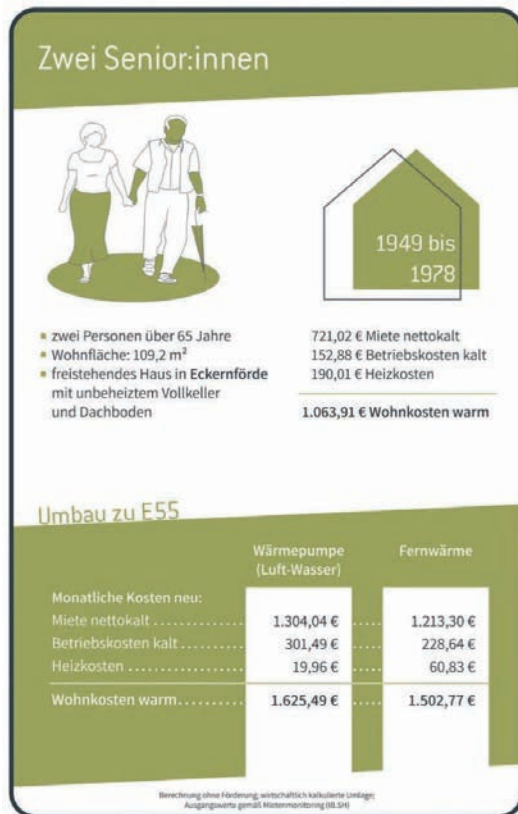
Durch eine energetische Modernisierung und den Einbau einer Wärmepumpe (Luft-Wasser) würden sich die warmen Wohnkosten auf 1.389 Euro erhöhen, die Heizkosten sinken auf 59 Euro. Die Energieversorgung durch Fernwärme ist auch in diesem Fall kostensparender mit nur 1.260 Euro Bruttowarmmiete und Heizkosten von 107 Euro, welche dennoch nahezu das Doppelte der Kosten durch eine Wärmepumpe darstellen. Der Kostenunterschied zwischen der Sanierungsvariante mit Wärmepumpe und derjenigen mit Fernwärmeanschluss beträgt monatlich rund 120 Euro insgesamt. Neben der Sanierung des Einfamilienhauses, das vor 1919 erbaut wurde, stellt diese Sanierungsform eine der im Vergleich teuren Varianten dar.

Zwei Senior:innen (Umbau zu EH 55)

Die Ausgangssituation ist in diesem Beispiel die gleiche wie im vorigem, mit einem Einfamilienhaus in Eckernförde zur Miete bewohnt von *Zwei Senior:innen*. Sie zahlen bei einer Wohnfläche von circa 109 m² eine monatliche warme Miete von 1.064 Euro im Monat.

Durch den Umbau zu einem EH 55 entspricht das Einfamilienhaus sehr hohen energetischen Standards. Die Heizkosten liegen bei einer Energieversorgung

durch eine Wärmepumpe nur noch bei 20 Euro. Die Wohnkosten (bruttowarm) inklusive Betriebskosten belaufen sich auf 1.625 Euro und erhöhen sich damit um rund 561 Euro pro Monat. Im Vergleich zum EH 115 liegen die Kosten pro Monat hier nochmals um 237 Euro höher. Die Energiezufuhr mit Fernwärme bietet hier eine etwas kostengünstigere Alternative mit einer bruttowarmen Miete von 1.503 Euro im Monat. Im Vergleich zum EH 115 sind dies insgesamt immer noch rund 300 Euro mehr im Monat, die es zusätzlich aufzuwenden gilt.



Im Vergleich zu allen anderen Haushalten sind die Kostenveränderungen bei der Miete bei den Konstellationen einer *Familie* und bei *Zwei Senior:innen*, die im Einfamilienhaus leben, für eine Sanierung zum GEG-Standard oder zu EH 115 am höchsten. Die Wohnkostenfolgen liegen dabei ca. 13-14 % höher als zuvor. Bei einem Umbau zu EH 55 entstehen für *Zwei Senior:innen* sogar um die 15 % Mehrkosten. Das liegt nicht zuletzt daran, dass die *Zwei Senior:innen* in einem freistehenden Einfamilienhaus leben und die Investitionskosten für eine energetische Erhöhung im Vergleich zu den Kosten für Mehrfamilienhäuser häufig deutlich höher ausfallen. Mit den höchsten Kostensteigerungen müssen demzufolge insbesondere Haushalte rechnen, die in Einfamilienhäusern leben. Führt man sich zudem vor Augen, dass viele dieser Haushalte gleichzeitig im selbstgenutzten Eigentum leben, lohnt sich ein Blick auf die anfallenden Veränderungen der Wohnkosten. Hier addieren sich zusätzlich noch die Mehrkosten, die für die Instandhaltung anfallen, wobei dies auch von den bereits gebildeten Rücklagen abhängt. Zusätzlich fallen die Kosten für bestehende Kreditverbindlichkeiten und Kapitaldienstverpflichtungen an.

3.6. Fazit

Zentral für die Frage, wie stark sich die Wohnkostenfolgen für nutzende Haushalte verändern sind der Gebäudetyp (inkl. Ausgangszustand und Baualter) und die Nutzungsform. Im Wohneigentum stellt sich die energetische Ertüchtigung bspw. deutlich kostenintensiver dar als für einen mietenden Haushalt in einem Mehrfamilienhaus. Durch das Wohneigentum müssen bspw. die gesamten Sanierungskosten kalkulatorisch aufgebracht werden, also auch die Kosten der Instandsetzung. Je nach Ausgangszustand und Baualter spielen Kopplungseffekte ebenfalls eine große Rolle.

Im Vergleich sind die Wohnkostenfolgen bei den Haushalten am höchsten, die im Einfamilienhaus leben, unabhängig davon, ob dies zur Miete oder im selbstgenutzten Eigentum ist. Dies bedeutet jedoch nicht zwangsläufig, dass diese Haushalte auch finanziell am stärksten von den Veränderungen der Wohnkosten betroffen sein werden. So machen auch im Vergleich geringere Kostensteigerungen bei Starterhaushalten oder Alleinerziehenden, unter Berücksichtigung der Gesamtsituation und des grundsätzlichen Haushaltseinkommen, einen deutlich größeren Unterschied.

Für die Wärmeversorgung mit Fernwärme zeigt sich gegenüber der Wärmepumpe ein durchschnittlicher Kostenvorteil von ca. 0,5-2,0 % für alle Gebäudearten und Haushaltstypen. Generell ist der Unterschied zwischen den Varianten Wärmepumpe und Fernwärme in den Mehrfamilienhäusern geringer als in Ein- und Zweifamilienhäusern.

Die Gegenüberstellung von GEG-Standard und EH 115 zeigt, dass die zusätzlichen Kosten für einen Umbau zum GEG-Standard geringer ausfallen als für einen EH 115 oder EH 55 Standard, wenn auch teilweise nur sehr geringfügig günstiger als EH115. Die ermittelten Kostenvorteile zwischen GEG und Effizienzhaus 115 sind im Lichte einer etwas höheren Volatilität hinsichtlich sich ändernder Energiepreise zu sehen. Dies würde insbesondere bei starken Steigerungen der Beschaffungspreise für den Energieträger ins Gewicht fallen.

Der Vergleich von EH 115 und EH 55 zeigt außerdem, dass EH 115 als geringerer energetischer Effizienzhausstandard gilt und im Durchschnitt zu einem Anstieg der Kosten von circa 5-40 % führt. Für EH 115 bei den betrachteten Mehrfamilienhäusern liegen die Werte bei rund 5 bis 14 Prozent. Im Vergleich ist der Standard EH 55 gegenüber dem Standard EH 115 stets teurer und führt zu Kostensteigerungen im Mehrfamilienhaus von rund 20 % (Fernwärme) und 25 % (Wärmepumpe). Im betrachteten Ein- und Zweifamilienhaus liegen die Kostensteigerungen bei 41 % (Fernwärme) und 53 % (Wärmepumpe).

Beim Vergleich aller Beispielhaushalte zeigt sich zudem sehr deutlich, dass die kalten Betriebskosten überall steigen, mitunter sogar stark. Können in einigen Fällen diese Kostensteigerungen von sinkenden Heizkosten teilweise aufgewogen werden, ist dies bei der Mehrheit der Beispiele nicht der Fall. Verantwortlich für die gestiegenen Betriebskosten sind neben hohen Investitionskosten (an deren Kosten sich auch der Betrieb prozentual orientiert) auch gestiegene Kosten bei der Wartung, Bedienung, Personalkosten u.a.

In Bezug auf Bezahlbarkeit und Klimaschutz bedeutet dies, dass in Folge der erforderlichen energetischen Ertüchtigung der Wohngebäude – ohne eine massive

Förderung – sowohl für mietende als auch selbstnutzende Haushalte eine Steigerung der Wohnkostenfolgen nicht zu vermeiden sein wird. Die Frage des Ausmaßes und damit auch der Bezahlbarkeit für bestimmte Haushalte zeigt jedoch deutlich, dass es einen großen Unterschied machen kann, auf welchen Effizienzhausstandard am Ende modernisiert wird. Um die Bestrebungen für den Klimaschutz sozialverträglich umsetzen zu können und die steigenden Wohnkostenfolgen abzumildern, wird ein konsequenter und zielgenauer Einsatz entsprechender Fördermittel unvermeidbar sein.

4. Graue Emissionen - Herausforderungen und Chancen für das Flächenland SH

4.1. Executive Summary

Der vorliegende Bericht behandelt die Einbeziehung der Grauen Emissionen in die ökologische Bewertung von Sanierungsmaßnahmen für die bauliche Situation Schleswig-Holsteins.

Aufgrund der vergleichbaren baulichen Struktur zwischen Hamburg und Schleswig-Holstein sind die Kernergebnisse der Grundlagenstudie⁸¹ „Einbeziehung der CO₂-Amortisationsdauern von Energieeffizienzmaßnahmen in die Hamburger Machbarkeitsstudie“ für die BSW Hamburg, 2023, grundsätzlich übertragbar. Auch bei größeren Abweichungen des A/V-Verhältnisses einzelner Gebäudetypen (1 und 5) bleiben die qualitativen Aussagen gültig, da sich der Anteil der Grauen Emissionen an den Gesamtemissionen nur geringfügig ändert und eine größere Energieeinsparung den baulichen Mehraufwendungen durch die vergrößerte Hüllfläche gegenübersteht.

Die Kernaussagen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Entscheidend für eine gute Klimabilanz ist die Wahl des Energieträgers, wobei fossilfreie Energieversorgungen die besten Gesamtbilanzen über den Gebäudelebenszyklus ermöglichen
- Das größte Potenzial bilden dezentrale Systeme bestehend aus Wärmepumpen mit PV-Anlagen
- Die Versorgung mit Fernwärme bietet sich eher für urbane Ballungszentren sowie bei besonderen Synergieeffekten mit Industrieanlagen an
- Auf Öl- und Erdgasheizungen sollte aufgrund der verbrennungsbasierten operativen Emissionen verzichtet werden
- Ältere Baualtersklassen mit schlechten energetischen Ausgangszuständen sind bei der Sanierung zu priorisieren, auf vorfällige Sanierungen sollte verzichtet werden
- Die Sanierungstiefe ist in Abhängigkeit zum Energieträger zu wählen und sollte aufgrund des hohen Einflusses der Grauen Emissionen sowie der begrenzten Verfügbarkeit von Ressourcen moderat gewählt werden. Hierbei ist sicherzustellen, dass die technische Umsetzbarkeit von Niedertemperatursystemen gewährleistet ist
- Nur wenn eine Umstellung auf fossilfreie Energieträger z.B. aus technischen Gründen nicht möglich ist, sollte die Sanierungstiefe gesteigert werden
- Bei der Wahl der Konstruktion gilt es die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft zu berücksichtigen; hierfür sind trennbare Konstruktionen zu wählen
- Graue Emissionen sollten durch die Verwendung von nachwachsenden bzw. wiederverwertbaren Materialien minimiert werden
- Bei der Wahl der Dämmstoffe sind biogenen Materialien Vorrang zu geben, wo erforderlich sollten mineralische Dämmstoffe eingesetzt werden und roh-ölbasierte Werkstoffe sollten vermieden werden

⁸¹ [Sobek 2023], vgl. [Sobek 2024]

4.2. Einleitung

Zur Erreichung der deutschen Klimaschutzziele kommt dem Bau- und Immobilien-sektor und insbesondere der energetischen Sanierung von Bestandsgebäuden eine Schlüsselrolle zu. In den letzten Jahrzehnten führten gesetzliche Vorgaben bzgl. des Energiestandards von Gebäuden zu deutlichen Einsparungen der operativen Emissionen, also diejenigen Emissionen, die während der Nutzungsphase beispielsweise durch Heizen und Warmwasserbereitung anfallen. Die Grauen Emissionen, also die Emissionen, die im Zusammenhang mit der Errichtung oder konstruktiven Modernisierung von Gebäuden anfallen, blieben allerdings unverändert oder nahmen teilweise sogar zu. Daher ist an dieser Stelle ein Umdenken erforderlich, das neben der reinen Fokussierung auf die Energieeffizienz auch eine Bewertung der Grauen Emissionen einbezieht.

Der Fokus des Berichtes liegt dementsprechend auf der Auswertung des Einflusses der Grauen Emissionen der Konstruktionsmodernisierung im Verhältnis zu den dadurch möglichen operativen Emissionseinsparungen über den gesamten Gebäudelebenszyklus.

Untersuchungsrahmen

Die Ergebnisse des vorliegenden Berichtes wurden aufbauend auf den Erkenntnissen der im Vorfeld erstellten Machbarkeitsstudie⁸² „Umsetzungsorientierte Machbarkeitsstudie zur Erreichung der Klimaschutzziele im Bereich der Wohngebäude in Hamburg“ der Freien Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen (BSW), Hamburg, 2023 ermittelt. Durch das Büro Werner Sobek AG wurde der Studienbestandteil⁸³ „Einbeziehung der CO₂-Amortisationsdauern von Energieeffizienzmaßnahmen in die Hamburger Machbarkeitsstudie“, 2023 für die BSW Hamburg erarbeitet. Im Folgenden wird diese Studie als „Grundlagenstudie“ bezeichnet.

Anknüpfend an die darin erarbeiteten umfangreichen Ergebnisse wurden bestimmte Parameter an die spezifische bauliche Struktur Schleswig-Holsteins angepasst. Dazu wurde die Verhältnismäßigkeit bezüglich der Grauen Emissionen abgeschätzt, sowie eine Zusammenstellung der damit verbundenen Herausforderungen und Chancen für das Flächenland Schleswig-Holstein erarbeitet.

Im Rahmen der Studie wurden verschiedene Baualtersklassen, Anbausituationen, Gebäudetypen und Gebäudegrößen in Verbindung mit unterschiedlichen energetischen Ausgangszuständen sowie verschiedenen Sanierungs-Zielzuständen untersucht. Dabei wurden vier unterschiedliche Energieversorgungsvarianten (V1: Erdgas, V2: Wärmepumpe (Geothermie) und PV, V3: Wärmepumpe (Luft) und PV, V4: Fernwärme) einbezogen. Im vorliegenden Bericht wurde die Anwendbarkeit der Erkenntnisse für den Gebäudebestand Schleswig-Holsteins aus der Grundlagenstudie überprüft.

Bzgl. Begriffsdefinitionen und methodischen Grundlagen wird auf den oben genannten Abschlussbericht verwiesen. Die wichtigsten Grundlagen sollen nachfolgend dennoch kurz wiedergegeben werden.

⁸² [BSW 2023]

⁸³ [Sobek 2023], vgl. [Sobek 2024]

Graue Emissionen

Graue Emissionen sind die Treibhausgasemissionen, die im Zusammenhang mit der Errichtung von Bauwerken anfallen. Sie umfassen den Abbau von Rohstoffen, die Herstellung von Bauteilen, den Transport von Menschen, Maschinen, Bauteilen und Materialien zur Baustelle, den Einbau von Bauteilen in das Gebäude, den Abriss des Gebäudes, den Transport des Abbruchs zu Verwertungsstationen sowie die Aufbereitung bzw. zur Entsorgung. Neben den Emissionen, die aufgrund des Einsatzes von Energieträgern (Graue Energie) anfallen, umfasst der Begriff Graue Emissionen auch Prozessemissionen, die nicht durch den Einsatz erneuerbarer Energie reduziert werden können, wie beispielsweise in der Zementproduktion. Die Wirkung der Grauen Emissionen wird im vorliegenden Bericht hinsichtlich ihres Treibhauspotentials (GWP – Global Warming Potential) in kgCO₂-Äquivalent (CO₂-Äq.) angegeben, hierbei erfolgt eine Mengenbilanzierung, keine Wirkungsbilanzierung. Das CO₂-Äquivalent bezieht alle relevanten Treibhausgase (z.B. Kohlendioxid, Methan, Lachgas) ein und skaliert diese auf die Bezugs-einheit CO₂. Das Treibhausgaspotential ist eine von vielen Umweltwirkungskategorien; es hat jedoch die stärkste Auswirkung auf den Klimawandel.

Methodik

Die Ermittlung der Grauen Emissionen der Sanierung erfolgt auf Grundlage der DIN EN 15978 für die KG300⁸⁴. Für den Neueinsatz der bilanzierten Bauprodukte wurden die Module A1-A3 sowie C3-C4 zugrunde gelegt. Ein anderer Ansatz wurde für die Bilanzierung vorfälliger Entsorgungen, zum Beispiel durch den frühzeitigen Austausch von Fenstern, gewählt. Hierbei werden die Lebenszyklusphasen C3–C4 sowie Modul D in die Bilanz eingeschlossen. Entsprechend der jeweiligen Sanierungstiefe wurden folgende bauliche Maßnahmen bilanziert:

- Ersatz der Fenster (Entsorgung der Altfenster, Neueinsatz 2- oder 3-fach Verglasung)
- Dämmung der Außenwände (WDVS mit Klinkerriemchen)
- Dämmung der obersten Geschossdecke (oberseitig, Dachraum nicht begehbar)
- Dämmung des EG-Fußbodens (oberseitig, inkl. Estrich + Bodenbelag)
- Dämmung der KG-Decke (unterseitig)
- Dämmung Schrägdach (inkl. Ziegeleindeckung)
- Dämmung Flachdach (inkl. Dachbekiesung)

Zunächst wurden die Grauen Emissionen durch die Sanierungsmaßnahmen für drei unterschiedliche Dämmmaterialien ermittelt (EPS, Mineralwolle und Holzfaserdämmung), aus denen dann ein Durchschnittswert errechnet wurde. Den somit ermittelten Grauen Emissionen wurde ein Sicherheitszuschlag in Höhe von 10 % zugeschlagen. Dieser bildet näherungsweise die im Zuge der Sanierung anfallenden weiteren konstruktiven Maßnahmen ab, wie zum Beispiel eine Erweiterung des Dachüberstandes aufgrund einer Veränderung der Außenwanddicke durch Dämmmaßnahmen. Die KG400⁸⁵ wird entsprechend des jeweiligen Energieträgers ebenfalls über prozentuale Zuschläge näherungsweise abgebildet.

Der Bilanzierungszeitraum beträgt 40 Jahre, da es sich bei der Bewertung um eine Sanierung handelt und sie sich an der Lebensdauer des maßgeblichen Bauteils (WDVS Fassade gem. BBSR Kennwerte: Nutzungsdauern von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen nach Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)) orientiert.

⁸⁴ Kostengruppe 300 „Bauwerk – Baukonstruktionen“ nach DIN 276

⁸⁵ Kostengruppe 400 „Bauwerk – Technische Anlagen“ nach DIN 276

Abkürzungen

Im Folgenden werden Schleswig-Holstein mit SH und Hansestadt Hamburg mit HH abgekürzt, Mehrfamilienhäuser mit MFH und Einfamilienhäuser mit EFH.

4.3. Abgleich der baulichen Ausgangslage Hansestadt Hamburg und Schleswig-Holstein

Zunächst wurde die bauliche Bestandssituation zwischen den zugrunde liegenden Daten und den Berechnungsergebnissen HHs mit der SHs abgeglichen, vgl. Abbildung 32. Hierbei wurden die vorgenommenen Clusterungen nach Gebäudetypen gegenübergestellt. Die Unterschiede wurden anhand der Kenngrößen Wohnfläche, Anzahl der Wohneinheiten sowie A/V Verhältnis näher betrachtet. Ziel ist es, Aussagen über notwendige Anpassungen und Besonderheiten zur Übertragung der Ergebnisse des Hamburger Gutachtens auf die spezifische Situation SHs vornehmen zu können.

Für die Bewertung des Einflusses der Grauen Emissionen ist das A/V-Verhältnis eine entscheidende Größe. Es gibt das Verhältnis der Gebäudehülle zum beheizten Gebäudevolumen an. Je niedriger der Wert, desto kompakter die Gebäudeform und desto weniger Transmissionswärmeverluste fallen im Verhältnis über die Gebäudehülle an. Da die energetischen Sanierungsmaßnahmen über eine konstruktive Verbesserung der Gebäudehülle erzielt werden, hat der verhältnismäßige Anteil der Hüllfläche einen erheblichen Einfluss auf die Bilanz der Grauen Emissionen.

Es zeigt sich, bezogen auf die Wohnfläche der EFH (Typ 1 – Typ 4), ein sehr ähnliches Verhältnis zwischen HH und SH. Die Abweichung beträgt nur rund 10 %, tendenziell sind die innerhalb der Cluster zusammengefassten Gebäude in SH leicht größer bei gleichbleibender Anzahl der Wohneinheiten. Die MFH in SH sind merklich kleiner (Verhältnis 0,6 – 0,8) und weisen im Schnitt auch weniger Wohneinheiten auf (Faktor 0,7 - 0,9). Hieran ist erkennbar, dass die Wohneinheiten innerhalb der MFH durchschnittlich größer sind als in HH.

Der Regelfall zeigt, dass bei den EFH nur geringfügige Abweichungen bezogen auf das A/V Verhältnis vorliegen, bei den MFH im Regelfall ein leicht ungünstigeres Verhältnis (Faktor 1,1) in SH vorkommt, die Gebäude also weniger kompakt sind. Das ist auf die insgesamt geringere Größe der MFH zurückzuführen. Zwei deutliche Abweichungen liegen allerdings vor: Typ 1 und Typ 5, hier beträgt die Abweichung im Verhältnis 1,5. Das bedeutet, dass die beiden Gebäudetypen im Schnitt in HH um 50 % „kompakter“ sind als in SH, also im Verhältnis weniger wärmeübertragende Hüllfläche besitzen. Dies ist auf die veränderte Anbausituation dieser beiden Gebäudetypen zurückzuführen. In HH wurden beide Typen als beidseitig angebaut angenommen, in SH sind sie als freistehend zusammengefasst. Somit ergibt sich eine verhältnismäßig größere Fläche der zu sanierenden Gebäudehülle.

Allerdings resultiert daraus auf der anderen Seite auch eine höhere Einsparung der operativen Emissionen durch die Sanierungstätigkeit, da es vor der Sanierung höhere Energieverluste über die großflächigere Gebäudehülle gibt. In Bezug auf die ökologische Gesamtbewertung müssen eingesparte operative Emissionen den Mehraufwendungen der Grauen Emissionen gegenübergestellt werden.

Ausgangssituation GGE Hansestadt Hamburg									
Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4	Typ 5	Typ 6	Typ 7	Typ 8	Typ 9	Typ 10
1949-1978	1919-1948	1979-1986	vor 1919	1949-1978	vor 1919	1919-1948	1979-1986	1996-2000	1991-1995
134 m² (AN)	140 m² (AN)	155 m² (AN)	163 m² (AN)	678 m² (AN)	497 m² (AN)	423 m² (AN)	1.178 m² (AN)	782 m² (AN)	1.363 m² (AN)
112 m² (WF)	116 m² (WF)	129 m² (WF)	136 m² (WF)	560 m² (WF)	400 m² (WF)	350 m² (WF)	980 m² (WF)	650 m² (WF)	1.140 m² (WF)
1 WE	1 WE	1 WE	1 WE	9 WE	5 WE	5 WE	15 WE	9 WE	18 WE
0,55 (A/V)	0,82 (A/V)	0,71 (A/V)	0,81 (A/V)	0,36 (A/V)	0,50 (A/V)	0,52 (A/V)	0,34 (A/V)	0,45 (A/V)	0,34 (A/V)

Ausgangssituation GGE Schleswig-Holstein									
Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4	Typ 5	Typ 6	Typ 7	Typ 8	Typ 9	Typ 10
1949-1978	1919-1948	1979-1986	vor 1919	1949-1978	vor 1919	1919-1948	1979-1986	1996-2000	1991-1995
122 m² (WF)	123 m² (WF)	133 m² (WF)	144 m² (WF)	474 m² (WF)	356 m² (WF)	333 m² (WF)	700 m² (WF)	550 m² (WF)	820 m² (WF)
1 WE	1 WE	1 WE	1 WE	8 WE	4 WE	4 WE	11 WE	8 WE	13 WE
0,80 (A/V)	0,82 (A/V)	0,71 (A/V)	0,81 (A/V)	0,54 (A/V)	0,55 (A/V)	0,57 (A/V)	0,38 (A/V)	0,50 (A/V)	0,38 (A/V)

Vergleich Verhältnis der Kennzahlen Hansestadt Hamburg und Schleswig Holstein									
Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4	Typ 5	Typ 6	Typ 7	Typ 8	Typ 9	Typ 10
WF	WF	WF	WF	WF	WF	WF	WF	WF	WF
1,1	1,1	1,0	1,1	0,7	0,7	0,8	0,6	0,7	0,6
WE	WE	WE	WE	WE	WE	WE	WE	WE	WE
1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,9	0,7
A/V	A/V	A/V	A/V	A/V	A/V	A/V	A/V	A/V	A/V
1,5	1,0	1,0	1,0	1,5	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1

Abbildung 32: Gegenüberstellung der unterschiedlichen Gebäudetypen in der Hansestadt Hamburg und Schleswig-Holstein mit Ausweisung des Verhältnis der Wohnfläche sowie des A/V Verhältnisses

Sowohl in HH als auch in SH repräsentieren die Gebäudetypen 1 und 5 aus den Baualtersklassen 1949 – 1978 den mit Abstand größten Teil des Gebäudebestandes, vgl. Abbildung 33. Zusätzlich ist diese Baualtersklasse für einen großen Anteil der operativen Emissionen verantwortlich, wie Abbildung 34 zeigt. Aus diesem Grund wurde die Auswirkung der größeren Abweichung des A/V-Verhältnisses auf die daraus abgeleiteten Kernaussagen des Grundlagegutachtens näher untersucht.

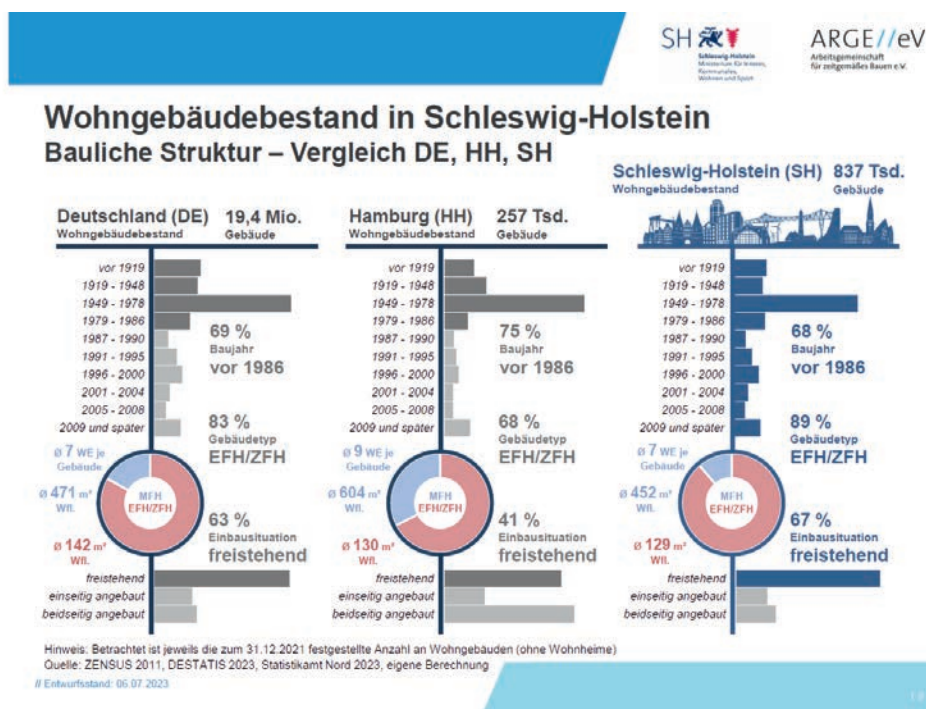


Abbildung 33: Darstellung der baulichen Struktur als Vergleich zwischen DE, HH und SH. Autor: ARGE//eV. Auszug aus: Zwischenergebnisse Machbarkeitsstudie SH_2023-07-06

Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein Aktueller Modernisierungszustand, energetisch (Wohngebäude)

Bezug: Bestand an Wohngebäuden
am 31.12.2021 (ohne Wohnheime)

Wohngebäude (EFH/ZFH und MFH)		vor 1919	1919- 1948	1949- 1978	1979- 1986	1987- 1990	1991- 1995	1996- 2000	2001- 2004	2005- 2008	2009 und später
nicht/gering modernisiert bzw. Errichtungszustand	Anteil Gebäude	4,0 %	3,2 %	12,6 %	6,4 %	2,7 %	4,3 %	7,0 %	4,1 %	3,1 %	8,2 %
	Anteil Nutzfläche	4,5 %	2,9 %	12,2 %	6,2 %	2,3 %	4,4 %	6,8 %	3,8 %	2,9 %	8,9 %
	Anteil Endenergieverbrauch	5,9 %	3,9 %	16,0 %	6,7 %	2,3 %	4,1 %	5,6 %	2,6 %	1,8 %	3,6 %
	Anteil CO ₂ -Emissionen	5,7 %	3,9 %	15,6 %	7,0 %	2,3 %	4,1 %	5,3 %	2,3 %	1,8 %	3,8 %
	Endenergieverbrauch [GWh]	1.462	963	3.990	1.657	568	1.010	1.872	648	456	895
	CO ₂ -Emissionen [Tsd. t]	282,2	196,1	788,7	347,5	114,0	201,8	264,7	116,3	87,8	187,8
teilweise modernisiert	Anteil Gebäude	4,6 %	3,9 %	18,2 %	2,8 %	0,6 %	1,0 %	0,7 %	0,1 %	0,0 %	
	Anteil Nutzfläche	4,9 %	3,5 %	17,5 %	2,6 %	0,6 %	1,1 %	0,7 %	0,1 %	0,0 %	
	Anteil Endenergieverbrauch	5,9 %	4,3 %	20,8 %	2,5 %	0,5 %	0,9 %	0,5 %	0,1 %	0,0 %	
	Anteil CO ₂ -Emissionen	5,9 %	4,4 %	20,8 %	2,5 %	0,5 %	0,8 %	0,4 %	0,0 %	0,0 %	
	Endenergieverbrauch [GWh]	1.448	1.055	5.012	613	117	215	121	12	3	
	CO ₂ -Emissionen [Tsd. t]	292,2	218,4	1.036,9	124,1	23,1	41,8	21,6	2,1	0,6	
umfassend modernisiert	Anteil Gebäude	1,7 %	1,8 %	6,2 %	0,6 %	0,1 %	0,1 %				
	Anteil Nutzfläche	1,9 %	1,7 %	9,7 %	0,6 %	0,1 %	0,1 %				
	Anteil Endenergieverbrauch	1,8 %	1,6 %	8,5 %	0,5 %	0,1 %	0,0 %				
	Anteil CO ₂ -Emissionen	1,6 %	1,5 %	9,0 %	0,5 %	0,1 %	0,0 %				
	Endenergieverbrauch [GWh]	430	391	2.104	115	20	8				
	CO ₂ -Emissionen [Tsd. t]	77,9	75,1	448,1	73,6	4,0	1,6				

Hinweis: Datenerhebung zum Endenergieverbrauch und den CO₂-Emissionen für Raumwärme und Warmwasser inkl. Hilfsenergie in Wohngebäuden (Klimabereitigt) im Bottom-up-Verfahren nach Verursacherprinzip

Quelle: ZENSUS 2011, ZENSUS 2022 (Vorab-Analysen), DESTATIS 2023, Statistikamt Nord 2023 sowie Berechnungen und Erhebungen der ARGE eV im öffentlichen Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Wohnungswirtschaft

Entwurfsstand: 06.07.2023

159

Abbildung 34: Darstellung des energetischen Ausgangszustandes nach Baualtersklasse mit Ausweisung des Anteils der CO₂-Emissionen an den gesamten operativen Emissionen. Autor: ARGE//eV. Auszug aus: Zwischenergebnisse Machbarkeitsstudie SH_2023-07-06

4.4. Exemplarische Untersuchung: Einfluss A/V-Verhältnis

Die Detailuntersuchung wurde mithilfe der anknüpfend und im Abgleich mit den Berechnungen der Hamburger Machbarkeitsstudie durchgeführt. Hierfür wurden für Typ 5 (MFH 1949-1978) die Anbausituation freistehend und beidseitig angebaut gegenübergestellt. Verglichen wurden die Grauen Emissionen [kg CO₂-Äq.], der Energiewärmebedarf gesamt [kWh/m²(AN) a] sowie der Anteil der Grauen Emissionen an den kumulierten Gesamtemissionen [%]. Vgl. hierzu Übersicht 1 unter Punkt 4.6.

Die wärmeübertragende Umfassungsfläche beträgt bei der freistehenden Variante 1.012m² mit A/V = 0,48 und bei der beidseitig angebauten Variante 770m² mit A/V = 0,36. Die Gebäudenutzfläche (AN) sowie die Wohnfläche bleiben gleich. Somit ergibt sich gerundet eine Zunahme des A/V-Verhältnis um den Faktor 1,3.

Zunächst wurden die Grauen Emissionen ergänzend für die freistehende Variante bilanziert, da diese in der Grundlagenstudie nicht Teil des Untersuchungsrahmens war. Die Ermittlung zeigt, dass die Zunahme der Grauen Emissionen in den meisten Fällen zwischen 20-30 % schwankt, Einzelwerte liegen zwischen 0-48 %. Das bedeutet, dass die durch die Sanierung verursachten Grauen Emissionen bei identischer Nutzfläche aber größerer Hüllfläche um etwa 20-30 % höher ausfallen. Die Zunahme der Grauen Emissionen liegt somit im Durchschnitt in einer ähnlichen Größenordnung wie die Zunahme des A/V Verhältnisses. Das ist darin begründet, dass eine größere Fassadenfläche saniert werden und die dafür notwendigen Dämmstoffe den größten Teil der Grauen Emissionen ausmachen. Je höher die emittierten Grauen Emissionen ausfallen, desto größer die atmosphärische Schädigungswirkung und desto länger dauert die energetische Amortisation über die Einsparung der Operativen Emissionen, vgl. Abbildung 35.

Sanierungsvariante		Typ 5: Beidseitig angebaut: A/V = 0,36				Typ 5: Freistehend: A/V = 0,48				Vergleich
		Graue Emissionen				Graue Emissionen				Beidseitig angebaut vs. Freistehend
		Emissionen V1: EPS	Emissionen V2: MWo	Emissionen V3: HoFa	Durchschnitt EPS MWo, HoFa	Emissionen V1: EPS	Emissionen V2: MWo	Emissionen V3: HoFa	Durchschnitt EPS MWo, HoFa	Differenz Graue Emissionen
Ausgangszustand	Zielstandard	kg CO ₂ /q _q	kg CO ₂ /q _q	kg CO ₂ /q _q	kg CO ₂ /q _q	kg CO ₂ /q _q	kg CO ₂ /q _q	kg CO ₂ /q _q	kg CO ₂ /q _q	%
nicht mod.	E115	26.175,66	21.134,37	23.896,72	23.735,58	34.497,10	26.595,07	30.868,00	30.653,39	29%
nicht mod.	E100	29.642,83	22.997,00	26.706,98	26.448,94	37.964,28	28.457,70	33.678,26	33.366,75	26%
nicht mod.	E70	34.466,05	25.724,71	30.106,01	30.098,92	43.670,59	31.659,82	37.614,12	37.648,18	25%
nicht mod.	E55	36.587,84	26.864,58	31.395,85	31.616,09	47.558,57	33.748,52	39.977,62	40.428,24	28%
nicht mod.	E40	51.070,09	40.301,36	45.492,01	45.621,16	63.807,01	49.082,96	56.221,11	56.370,36	24%
gering mod.	E115	17.612,24	10.966,41	14.676,38	14.418,34	25.933,68	16.427,10	21.647,66	21.336,15	48%
gering mod.	E100	22.719,57	16.073,74	19.783,71	19.525,67	29.111,58	19.605,00	24.825,55	24.514,04	26%
gering mod.	E70	24.730,53	18.084,70	21.794,67	21.536,63	31.761,83	22.255,25	27.475,81	27.164,30	26%
gering mod.	E55	30.008,37	23.362,54	27.072,51	26.814,47	38.329,81	28.823,23	34.043,79	33.732,28	26%
gering mod.	E40	51.140,49	40.371,76	45.562,41	45.691,55	63.877,40	49.153,36	56.291,50	56.440,75	24%
mittel mod.	E115	11.932,81	7.005,35	9.807,96	9.582,04	16.931,26	10.285,43	13.995,41	13.737,37	43%
mittel mod.	E100	17.351,84	10.706,01	14.415,99	14.157,94	25.952,89	16.446,31	21.666,86	21.355,35	51%
mittel mod.	E70	25.209,96	18.564,13	22.274,11	22.016,06	32.520,87	23.014,29	28.234,85	27.923,33	27%
mittel mod.	E55	37.137,67	27.414,41	31.945,68	32.165,92	48.388,00	34.577,95	40.807,05	41.257,67	28%
mittel mod.	E40	51.619,92	40.851,19	46.041,84	46.170,98	64.636,44	49.912,39	57.050,54	57.199,79	24%
E115	E115									
E115	E100	3.467,18	2.173,07	3.161,54	2.933,93	3.467,18	2.173,07	3.161,54	2.933,93	0%
E115	E70	13.493,98	9.883,75	11.664,63	11.680,78	14.197,69	10.587,46	12.368,34	12.384,50	6%
E115	E55	25.079,54	20.667,04	22.570,44	22.772,34	35.011,99	26.616,93	30.436,44	30.688,46	35%
E115	E40	49.168,36	40.117,77	44.077,03	44.454,38	59.250,91	46.272,62	52.121,59	52.548,37	18%

Abbildung 35: Gegenüberstellung der Grauen Emissionen für zwei unterschiedliche Anbausituationen zum Vergleich der Grauen Emissionen anhand des unterschiedlichen A/V-Verhältnisses

Sanierungsvariante		Typ 5: Beidseitig angebaut: A/V = 0,36			Typ 5: Freistehend: A/V = 0,48			Vergleich
		Energiewärmebedarf gesamt			Energiewärmebedarf gesamt			Beidseitig angebaut vs. Freistehend
		Ausgangszustand	Zielzustand	prozentuale Einsparung	Ausgangszustand	Zielzustand	prozentuale Einsparung	Differenz Einsparung Energiewärmebedarf
Ausgangszustand	Zielstandard	kWh/ m²(AN)a	kWh/ m²(AN)a	%	kWh/ m²(AN)a	kWh/ m²(AN)a	%	%
nicht mod.	E115	120,84	57,61	52%	158,21	64,96	59%	7%
nicht mod.	E100	120,84	46,22	62%	158,21	53,34	66%	5%
nicht mod.	E70	120,84	43,15	64%	158,21	49,43	69%	4%
nicht mod.	E55	120,84	40,76	66%	158,21	46,21	71%	5%
nicht mod.	E40	120,84	36,18	70%	158,21	40,04	75%	5%
gering mod.	E115	117,50	56,79	52%	155,14	64,69	58%	7%
gering mod.	E100	117,50	49,11	58%	155,14	58,31	62%	4%
gering mod.	E70	117,50	41,70	65%	155,14	47,98	69%	5%
gering mod.	E55	117,50	40,76	65%	155,14	46,21	70%	5%
gering mod.	E40	117,50	36,18	69%	155,14	40,04	74%	5%
mittel mod.	E115	101,26	57,32	43%	128,25	67,22	48%	4%
mittel mod.	E100	101,26	50,15	50%	128,25	58,74	54%	4%
mittel mod.	E70	101,26	41,70	59%	128,25	47,98	63%	4%
mittel mod.	E55	101,26	40,76	60%	128,25	46,21	64%	4%
mittel mod.	E40	101,26	36,18	64%	128,25	40,04	69%	5%
E115	E115							
E115	E100	57,61	46,22	20%	64,96	53,34	18%	-2%
E115	E70	57,61	41,25	28%	64,96	47,64	27%	-2%
E115	E55	57,61	40,57	30%	64,96	46,01	29%	0%
E115	E40	57,61	36,24	37%	64,96	40,17	38%	1%

Abbildung 36: Gegenüberstellung des Energiewärmebedarfes für zwei unterschiedliche Anbausituationen zum Vergleich der erzielbaren prozentualen Einsparungen anhand des unterschiedlichen A/V-Verhältnisses

Anschließend wurde die Veränderung des Energiewärmebedarfes als repräsentative Größe für den Energieverbrauch verglichen, da hierfür alle erforderlichen Ausgangsdaten der Variantenuntersuchung zur Verfügung standen. Die Energieeinsparung gemessen anhand des Energiewärmebedarfs nimmt mit steigendem A/V-Verhältnis ebenfalls zu: Im Wesentlichen zwischen 4-7 %, Einzelwerte erreichen allerdings auch einen negativen Wert von -2 %, was bedeutet, dass die Energieeinsparungen bei größerem A/V-Verhältnis in diesen Ausnahmefällen bei

Ausgangszustand E115 geringer ausfallen. Dass die Energieeinsparung größtenteils zunimmt, liegt darin begründet, dass bei einer größeren wärmeübertragenden Hüllfläche auch die energetische Verbesserung stärkere Auswirkungen auf den gesamten Energiewärmebedarf hat und somit mehr Einsparungen erzielt werden können.

Sanierungsvariante		V0_Erdgas							
Ausgangszustand	Zielstandard	Operative Emissionen kumuliert bis 2060		Gesamtemissionen kumuliert bis 2060		Anteil Graue Emissionen an Gesamtemissionen			
		Beibehalten angebaut	freistehend *	Beibehalten angebaut	freistehend *	Beibehalten angebaut	freistehend *	Differenz	
		kg CO ₂ -Äq.	kg CO ₂ -Äq.	kg CO ₂ -Äq.	kg CO ₂ -Äq.	%	%	%	
nicht mod.	E115	430.599,92	459.085,22	454.335,50	489.738,61	5%	6%	1%	
nicht mod.	E100	362.454,67	378.889,24	388.903,61	412.255,99	7%	8%	1%	
nicht mod.	E70	338.710,57	353.834,31	368.809,50	391.482,48	8%	10%	1%	
nicht mod.	E55	236.686,17	247.390,40	268.302,27	287.818,63	12%	14%	2%	
nicht mod.	E40	195.072,99	204.109,32	240.694,15	260.479,68	19%	22%	3%	
gering mod.	E115	392.283,81	418.308,29	406.702,15	439.644,43	4%	5%	1%	
gering mod.	E100	356.122,37	371.116,32	375.648,04	395.630,37	5%	6%	1%	
gering mod.	E70	314.856,07	329.221,24	336.392,70	356.385,54	6%	8%	1%	
gering mod.	E55	219.859,42	230.639,92	246.673,89	264.372,20	11%	13%	2%	
gering mod.	E40	181.516,35	190.560,48	227.207,90	247.001,23	20%	23%	3%	
mittel mod.	E115	378.819,67	394.705,47	388.401,71	408.442,84	2%	3%	1%	
mittel mod.	E100	347.688,54	360.639,26	361.846,49	381.994,61	4%	6%	2%	
mittel mod.	E70	303.469,07	314.909,28	325.485,14	342.832,62	7%	8%	1%	
mittel mod.	E55	203.169,79	211.746,86	235.335,71	253.004,52	14%	16%	3%	
mittel mod.	E40	167.942,95	175.516,40	214.113,94	232.716,18	22%	25%	3%	
E115	E115								
E115	E100	293.111,73	287.592,61	296.045,66	290.526,54	1%	1%	0%	
E115	E70	274.421,16	269.659,17	286.101,94	282.043,66	4%	4%	0%	
E115	E55	185.829,64	185.074,43	208.601,98	215.762,88	11%	14%	3%	
E115	E40	167.708,04	169.498,64	212.162,42	222.047,02	21%	24%	3%	
* Abgeleitet aus Verhältniswert Energiewärmebedarf									
Sanierungsvariante		V3_WP/Luft + PV							
Ausgangszustand	Zielstandard	Operative Emissionen kumuliert bis 2060		Gesamtemissionen kumuliert bis 2060		Anteil Graue Emissionen an Gesamtemissionen			
		Beibehalten angebaut	freistehend *	Beibehalten angebaut	freistehend *	Beibehalten angebaut	freistehend *	Differenz	
		kg CO ₂ -Äq.	kg CO ₂ -Äq.	kg CO ₂ -Äq.	kg CO ₂ -Äq.	%	%	%	
nicht mod.	E115	80.924,73	86.278,11	104.660,31	116.931,50	23%	26%	4%	
nicht mod.	E100	72.535,68	75.824,62	98.984,62	109.191,37	27%	31%	4%	
nicht mod.	E70	68.205,06	71.250,47	98.303,98	108.898,65	31%	35%	4%	
nicht mod.	E55	45.131,90	47.173,01	76.747,99	87.601,24	41%	46%	5%	
nicht mod.	E40	41.778,74	43.714,05	87.399,90	100.084,41	52%	56%	4%	
gering mod.	E115	80.825,73	86.187,79	95.244,08	107.523,94	15%	20%	5%	
gering mod.	E100	77.665,48	80.935,46	97.191,15	105.449,50	20%	23%	3%	
gering mod.	E70	67.212,74	70.279,29	88.749,37	97.443,59	24%	28%	4%	
gering mod.	E55	46.184,99	48.449,61	72.999,47	82.181,89	37%	41%	4%	
gering mod.	E40	42.916,46	45.054,79	88.608,01	101.495,54	52%	56%	4%	
mittel mod.	E115	81.539,99	84.959,37	91.122,03	98.696,73	11%	14%	3%	
mittel mod.	E100	79.132,53	82.080,06	93.290,47	103.435,41	15%	21%	5%	
mittel mod.	E70	67.212,74	69.746,54	89.228,81	97.669,87	25%	29%	4%	
mittel mod.	E55	46.184,99	48.134,75	78.350,91	89.392,42	41%	46%	5%	
mittel mod.	E40	42.916,46	44.851,79	89.087,44	102.051,58	52%	56%	4%	
E115	E115								
E115	E100	75.168,41	73.753,03	78.102,34	76.686,96	4%	4%	0%	
E115	E70	68.157,60	66.974,87	79.838,39	79.359,37	15%	16%	1%	
E115	E55	47.496,61	47.303,59	70.268,96	77.992,04	32%	39%	7%	
E115	E40	44.714,48	45.191,89	89.168,86	97.740,26	50%	54%	4%	
* Abgeleitet aus Verhältniswert Energiewärmebedarf									
Sanierungsvariante		V4_Fernwärme							
Ausgangszustand	Zielstandard	Operative Emissionen kumuliert bis 2060		Gesamtemissionen kumuliert bis 2060		Anteil Graue Emissionen an Gesamtemissionen			
		Beibehalten angebaut	freistehend *	Beibehalten angebaut	freistehend *	Beibehalten angebaut	freistehend *	Differenz	
		kg CO ₂ -Äq.	kg CO ₂ -Äq.	kg CO ₂ -Äq.	kg CO ₂ -Äq.	%	%	%	
nicht mod.	E115	278.660,75	297.094,88	302.396,33	327.748,27	8%	9%	2%	
nicht mod.	E100	238.590,73	249.409,01	265.039,67	282.775,75	10%	12%	2%	
nicht mod.	E70	223.230,49	233.197,93	253.329,41	270.846,11	12%	14%	2%	
nicht mod.	E55	136.207,10	142.367,11	167.823,19	182.795,35	19%	22%	3%	
nicht mod.	E40	122.395,62	128.065,34	168.016,78	184.435,69	27%	31%	3%	
gering mod.	E115	275.747,25	294.040,58	290.165,59	315.376,73	5%	7%	2%	
gering mod.	E100	254.103,46	264.802,08	273.629,14	289.316,12	7%	8%	1%	
gering mod.	E70	217.028,75	226.930,59	238.565,38	254.094,89	9%	11%	2%	
gering mod.	E55	137.260,19	143.990,55	164.074,66	177.722,83	16%	19%	3%	
gering mod.	E40	123.533,34	129.688,44	169.224,89	186.129,20	27%	30%	3%	
mittel mod.	E115	278.280,63	289.950,33	287.862,67	303.687,70	3%	5%	1%	
mittel mod.	E100	259.306,93	268.965,61	273.464,88	290.320,96	5%	7%	2%	
mittel mod.	E70	217.028,75	225.210,32	239.044,81	253.133,65	9%	11%	2%	
mittel mod.	E55	137.260,19	143.054,80	169.426,11	184.312,47	19%	22%	3%	
mittel mod.	E40	123.533,34	129.104,12	169.704,33	186.303,91	27%	31%	3%	
E115	E115								
E115	E100	241.223,46	236.681,37	244.157,39	239.615,30	1%	1%	0%	
E115	E70	216.356,89	212.602,47	228.037,67	224.986,97	5%	6%	0%	
E115	E55	137.889,20	137.328,81	160.661,54	168.017,27	14%	18%	4%	
E115	E40	125.564,24	126.904,88	170.018,63	179.453,25	26%	29%	3%	
* Abgeleitet aus Verhältniswert Energiewärmebedarf									

Abbildung 37: Gegenüberstellung des Anteils der Grauen Emissionen an den kumulierten Gesamtemissionen für zwei unterschiedliche Anbausituationen zum Vergleich des Einflusses des unterschiedlichen A/V-Verhältnisses anhand Typ 5

Um abschließend eine Aussage über den Einfluss der Grauen Emissionen im Verhältnis zu den Energieeinsparungen treffen zu können, wurde der Anteil der Grauen Emissionen an den Gesamtemissionen ermittelt. Als Gesamtemissionen werden die über 40 Jahre kumulierten operativen Emissionen zzgl. der Grauen Emissionen der Sanierung verstanden. Für die freistehende Variante werden die Operativen Emissionen anhand der Verhältniswertes des Energiewärmebedarfes abgeschätzt. Das Ergebnis in Abbildung 37 zeigt, dass der Anteil der Grauen Emissionen stark von der gewählten Energieversorgungsvariante sowie dem gewählten Zielzustand abhängig ist, was den Kernaussagen der Grundlagenstudie entspricht. Interessant für die Übertragbarkeit der Ergebnisse ist, dass die Differenz zwischen den beiden Anbausituationen im Mittelwert nur bei 3 % liegt, der Schwankungsbereich liegt zwischen 0-7 %. Die Differenz im Anteil der Grauen Emissionen ist

durchschnittlich bei den fossilfreien Energieversorgungsvarianten größer (4 %) als bei den fossilen bzw. teilweise fossilen Energieversorgungsvarianten (2 %).

Da es sich bei der Detailuntersuchung nur um eine geringe Datenmenge handelt, müsste die Untersuchung zur Entwicklung eines detaillierten Korrekturfaktors weiter ausgedehnt werden. Die exemplarische Untersuchung lässt dennoch die Schlussfolgerung zu, dass bei einer Vergrößerung des A/V-Verhältnisses, also bei einer Vergrößerung der wärmeübertragenden Hüllfläche, sowohl der Absolutwert der Grauen Emissionen wie auch die kumulierten operativen Energieeinsparungen zunehmen. Durch die Vergrößerung der A/V-Verhältnisses verändert sich der Anteil der Grauen Emissionen an den kumulierten Gesamtemissionen nur geringfügig, sodass die qualitativen Aussagen der Grundlagenstudie auch für die veränderten Anbausituationen der Gebäudetypen 1 und 5 in SH ihre Gültigkeit behalten.

4.5. Übertragung der Kernergebnisse

Entsprechend der Grundlagenstudie wurde die Reduktion der CO₂-Emissionen infolge der energetischen Sanierungsmaßnahmen durch den reduzierten Endenergiebedarf den Grauen Emissionen gegenübergestellt, die durch die Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen entstehen. Dabei wurden verschiedene Varianten der Energieversorgung und unterschiedliche Zeithorizonte (2018, 2030, 2045/2050) einbezogen.

Die Ergebnisse zeigen, dass eine fossilfreie Energieversorgung klar gegenüber fossilen Energieträgern zu bevorzugen ist und die effektivste Maßnahme darstellt, die CO₂-Emissionen über den gesamten Lebenszyklus betrachtet zu senken. Hier bietet sich ein großes Potenzial für SH, da aufgrund der baulichen Situation als Flächenland mehr Grundstückfläche zur Verfügung steht als in den dicht besiedelten Ballungsräumen HHs. Somit lassen sich Wärmepumpensysteme sowohl mit Erdsonden als auch mit Luftkompressoren realisieren.

Bezüglich des Fernwärmenetzes sind vor allem in ländlichen Gebieten die vorgeannten dezentrale Anlagen gegenüber zentralen Wärmenetzen zu bevorzugen, da die baulichen Aufwendungen zur Bereitstellung eines solchen Fernwärmenetzes je Abnehmer deutlich höher ausfallen würden als in urbanen Ballungsgebieten. Ausnahmen bilden in SH ebenfalls urbane Ballungsgebiete sowie besondere Situationen im Umfeld von Industrieanlagen, in denen sich eine Abwärmenutzung anbietet. Um diesbezüglich spezifischer Aussagen treffen zu können, müsste die Zusammensetzung und Verfügbarkeit der lokalen Fernwärmenetze SHs in die Untersuchung einbezogen werden.

Die angestrebte Sanierungstiefe ist in Abhängigkeit der Energieversorgung zu wählen. Insbesondere bei Energieträgern, die bei der Wärmeerzeugung keine Operativen Emissionen verursachen (= fossilfreie Energieträger wie Wärmepumpen in Kombination mit PV-Stromerzeugung), sind die Grauen Emissionen der entscheidende Faktor zur Beurteilung der Ökobilanz der Gesamtmaßnahme. In der Mehrheit der Fälle erreicht der Anteil der Grauen Emissionen schon bei einem niedrigen energetischen Zielzustand ca. 30 % der Gesamtemissionen, dieser steigt sich beim höchsten Energiezustand mehrheitlich bis zu 60 %, in Ausnahmefällen bestimmter Gebäudetypen erreicht er sogar einen Wert von knapp 90 %. Im Durchschnitt liegt er bei 43 %. Hierin zeigt sich die enorme Bedeutung der Grauen Emissionen an den Gesamtemissionen bei fossilfreier Energieversorgung. Zur Erreichung der Klimaschutzziele muss eine fossilfreie Energieversorgung in Kombination mit einer maßvollen Sanierungstiefe wo möglich priorisiert werden, die im Einzelfall anhand technischer Rahmenparameter zu bestimmen ist.

Zudem gilt es bei der Gesamtbeurteilung zu berücksichtigen, dass die Grauen Emissionen durch den Herstellungsprozess ihre atmosphärische Schädigungswirkung bereits zu Beginn des Gebäudelebenszyklus in vollem Umfang entfalten und ihnen deshalb eine besondere Relevanz zukommt [3]. Des Weiteren wurden innerhalb des Studienaufbaus keine Transportemissionen berücksichtigt, also Emissionen, die durch den Transport von Baustoffen auf die Baustelle verursacht werden. Diese würden bei Einbezug in die Bilanzierung den Anteil an der Gesamtbilanz, insbesondere durch die langen Transportwege in einem Flächenland weiter erhöhen.

Die Berechnungen zeigen für den Einsatz fossils freier Energieträger, dass eine sehr große Sanierungstiefe durchschnittlich nicht zu einer besseren Gesamtbilanz der kumulierten Emissionen führt. Im Gegenteil: Insbesondere moderate Sanierungstiefen sind hier zu bevorzugen. Bei einigen Varianten verschlechtern sich die kumulierten Gesamtemissionen aufgrund des hohen Einflusses der Grauen Emissionen mit steigender Sanierungstiefe sogar. Vgl. hierzu die Zeilen V2 und V3 aus Abbildung 38, größere Abbildung unter Punkt 4.6 in Übersicht 4.

Maßnahme	Energiebedarf	Ausgangszustand / modernisiert	Typ 1 1949/1978 134 m² (AN)										Typ 2 1919/1998 140 m² (AN)										Typ 3 1974/1998 155 m² (AN)										Typ 4 1919 165 m² (AN)									
			Sanierungsgrade										Sanierungsgrade										Sanierungsgrade										Sanierungsgrade									
V1	Emission	Graue Emissionen	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
			720	660	600	540	480	420	360	300	240	180	120	60	840	780	720	660	600	540	480	420	360	300	240	180	120	60	960	900	840	780	720	660	600	540	480	420	360	300	240	180
V2	Emission	Graue Emissionen	648	588	528	468	408	348	288	228	168	108	48	720	660	600	540	480	420	360	300	240	180	120	60	36	840	780	720	660	600	540	480	420	360	300	240	180	120	60	36	
			648	588	528	468	408	348	288	228	168	108	48	48	720	660	600	540	480	420	360	300	240	180	120	60	36	840	780	720	660	600	540	480	420	360	300	240	180	120	60	36
V3	Emission	Graue Emissionen	648	588	528	468	408	348	288	228	168	108	48	48	720	660	600	540	480	420	360	300	240	180	120	60	36	840	780	720	660	600	540	480	420	360	300	240	180	120	60	36
			648	588	528	468	408	348	288	228	168	108	48	48	720	660	600	540	480	420	360	300	240	180	120	60	36	840	780	720	660	600	540	480	420	360	300	240	180	120	60	36
V4	Emission	Graue Emissionen	648	588	528	468	408	348	288	228	168	108	48	48	720	660	600	540	480	420	360	300	240	180	120	60	36	840	780	720	660	600	540	480	420	360	300	240	180	120	60	36
			648	588	528	468	408	348	288	228	168	108	48	48	720	660	600	540	480	420	360	300	240	180	120	60	36	840	780	720	660	600	540	480	420	360	300	240	180	120	60	36

Maßnahme	Energiebedarf	Ausgangszustand / modernisiert	Typ 5 1949/1978 678 m² (AN)										Typ 6 1919 497 m² (AN)										Typ 7 1919/1998 423 m² (AN)										Typ 8 1974/1998 1.176 m² (AN)										Typ 9 1996/2000 782 m² (AN)										Typ 10 1993/1995 1.363 m² (AN)									
			Sanierungsgrade										Sanierungsgrade										Sanierungsgrade										Sanierungsgrade										Sanierungsgrade										Sanierungsgrade									
V1	Emission	Graue Emissionen	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%																				
			670	570	540	510	480	450	420	390	360	330	300	270	670	570	540	510	480	450	420	390	360	330	270	670	570	540	510	480	450	420	390	360	330	270	670	570	540	510	480	450	420	390	360	330	270															
V2	Emission	Graue Emissionen	600	500	480	460	440	420	400	380	360	340	320	600	500	480	460	440	420	400	380	360	340	320	600	500	480	460	440	420	400	380	360	340	320	600	500	480	460	440	420	400	380	360	340	320																
			600	500	480	460	440	420	400	380	360	340	320	320	600	500	480	460	440	420	400	380	360	340	320	320	600	500	480	460	440	420	400	380	360	340	320	600	500	480	460	440	420	400	380	360	340	320														
V3	Emission	Graue Emissionen	600	500	480	460	440	420	400	380	360	340	320	600	500	480	460	440	420	400	380	360	340	320	600	500	480	460	440	420	400	380	360	340	320	600	500	480	460	440	420	400	380	360	340	320																
			600	500	480	460	440	420	400	380	360	340	320	320	600	500	480	460	440	420	400	380	360	340	320	320	600	500	480	460	440	420	400	380	360	340	320	600	500	480	460	440	420	400	380	360	340	320														
V4	Emission	Graue Emissionen	600	500	480	460	440	420	400	380	360	340	320	600	500	480	460	440	420	400	380	360	340	320	600	500	480	460	440	420	400	380	360	340	320	600	500	480	460	440	420	400	380	360	340	320																
			600	500	480	460	440	420	400	380	360	340	320	320	600	500	480	460	440	420	400	380	360	340	320	320	600	500	480	460	440	420	400	380	360	340	320	600	500	480	460	440	420	400	380	360	340	320														

Abbildung 38: Vergleich der kumulierten Gesamtemissionen (Graue Emissionen + Operative Emissionen) der Sanierungsmaßnahmen für unterschiedliche Gebäudetypen und Ausgangszustände. Angaben in kg CO₂-Äq /m² (AN); Hinweis: Die rote Umrandung zeigt diejenige Sanierungstiefe, die bilanziell die niedrigsten Gesamtemissionen verursacht

Maßnahme	Energiebedarf	Ausgangszustand / modernisiert	Typ 1 1949/1978 134 m² (AN)										Typ 2 1919/1998 140 m² (AN)										Typ 3 1974/1998 155 m² (AN)										Typ 4 1919/1998 165 m² (AN)											
			Sanierungsgrade										Sanierungsgrade										Sanierungsgrade										Sanierungsgrade											
V1	Emission	Graue Emissionen	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%		
			1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
V2	Emission	Graue Emissionen	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
			1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
V3	Emission	Graue Emissionen	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
			1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
V4	Emission	Graue Emissionen	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
			1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

Maßnahme	Energiebedarf	Ausgangszustand / modernisiert	Typ 5 1949/1978 678 m² (AN)										Typ 6 ca 1919 497 m² (AN)										Typ 7 1919/1948 423 m² (AN)										Typ 8 1978/1988 1.178 m² (AN)										Typ 9 1990/2000 782 m² (AN)										Typ 10 1991/1999 1.363 m² (AN)									
			Sanierungsgrade										Sanierungsgrade										Sanierungsgrade										Sanierungsgrade										Sanierungsgrade										Sanierungsgrade									
V1	Emission	Graue Emissionen	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%																				
			1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000																	
V2	Emission	Graue Emissionen	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000																	
			1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000																	
V3	Emission	Graue Emissionen	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000																	
			1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000																	
V4	Emission	Graue Emissionen	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000																	
			1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000																	

Abbildung 39: Vergleich der eingesparten kumulierten Operativen Emissionen für den Betrachtungszeitraum 2020-2060 abzüglich der Grauen Emissionen der Sanierungsmaßnahmen für unterschiedliche Gebäudetypen und Ausgangszustände. Angaben in kg CO₂-Äq /m² (AN); Hinweis: Die rote Umrandung zeigt diejenige Sanierungstiefe, durch die sich bilanziell die größten Emissionseinsparungen erzielen lassen

Um ein möglichst effizientes Verhältnis von eingesetzten Grauen Emissionen zu eingesparten Operativen Emissionen zu erzielen, ist die Sanierungstiefe entscheidend: Die Sanierungstiefe sollte bei fossilfreien Energieträgern nur so tief gewählt werden, wie für eine effiziente Auslegung der Energieversorgung mit Niedertemperatursystemen im Zusammenhang mit Wärmepumpen und einem ansprechenden Komfortniveau für die Bewohner:innen zwingend erforderlich ist. Vgl. hierzu die Zeilen V2 und V3 aus Abbildung 39, größere Abbildung unter Punkt 4.6 in Übersicht 5.

Es zeigt sich, dass die erzielbaren Mehreinsparungen durch mehr Sanierungsmaßnahmen teilweise nur sehr gering im Bereich weniger Kilogramm CO₂ über einen Zeitraum von 40 Jahren ausfallen. Da diese Maßnahmen stets mit Mehrkosten und zusätzlichen Ressourcenverbräuchen in Verbindung stehen, sollte stets im Einzelfall geprüft werden, ob die Verhältnismäßigkeit gegeben ist und ob nicht eine effiziente Auslegung der Anlagentechnik bereits durch eine niedrige energetische Sanierungstiefe in ausreichendem Umfang realisiert werden kann.

Kann eine Umstellung auf fossilfreie Energieträger nicht erfolgen, sollte eine höhere Sanierungstiefe gewählt werden, um die jährlich anfallenden Operativen Emissionen so weit wie möglich zu reduzieren, da sich hierbei ein größerer Einfluss auf die kumulierten Gesamtemissionen ergibt, wobei es auch dabei im Einzelfall aufgrund der konstruktiven Mehraufwände abzuwägen gilt. Vgl. hierzu die Zeilen V0 und V4 aus Abbildung 32 und 33.

Die Autor:innen möchten an dieser Stelle noch einmal auf die Relevanz des Emissionszeitpunkts bzgl. Schädigungswirkung verweisen. Getätigte Graue Emissionen werden ab dem Zeitpunkt der Maßnahme schädigend in der Atmosphäre wirksam und sind daher bei einer wirkungsbilanziellen Betrachtung nicht 1:1 mit langsam kumulierten operativen Emissionen vergleichbar.

Bezüglich der Priorisierung eines Bestandportfolios zeigt sich, dass vor allem ältere Baualtersklassen in schlechten energetischen Ausgangszuständen zu bevorzugen sind, da sich hier die höchsten Einsparungen je Quadratmeter Bezugsfläche (AN) erzielen lassen. Unter Berücksichtigung der Begrenztheit der materiellen, monetären sowie zeitlichen Ressourcen und den durch die Sanierungsmaßnahmen anfallenden Grauen Emissionen sollte von einer vorfälligen Sanierung von intakten Bauteilen abgesehen werden.

Ergänzend hierzu wurde der Einfluss der Konstruktion und Materialwahl bei Sanierungsmaßnahmen qualitativ untersucht. Besonderen Einfluss aufgrund des großen Flächenanteils kommt dabei der Wahl des Dämmstoffes zu. Insgesamt sind Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen ressourcen- und klimaschonender als solche, für die endliche Rohstoffe verwendet werden. Entscheidend ist hierbei die dauerhafte Nutzung der nachwachsenden Dämmstoffe. Eine kurzzeitige Verwendung mit anschließender thermischer Verwertung ist nicht zielführend in Bezug auf die Klimaschonung.

Entscheidend ist in allen Fällen die Schließung von Stoffkreisläufen, sodass die mit der Produktion verbundenen Emissionen nicht erneut anfallen. Vorteilhaft ist dafür die Ausführung als hinterlüftete Fassade. Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) sind aufgrund ihrer schlechten Trennbarkeit nicht zielführend.

Aufgrund des Studiendesigns der Grundlagenstudie, das eine sehr grobe Clustering der Bestandsgebäude und Sanierungsmaßnahmen erforderte, sind die hier getroffenen Aussagen stets im Einzelfall zu prüfen und abzuwägen.

4.6. Detailuntersuchungen und Vergleiche

Übersicht 1: Detailuntersuchung Einfluss des A/V-Verhältnisses auf Bilanz der Grauen Emissionen und der Einsparung des Energiewärmebedarfes anhand zweier Anbausituationen für Gebäudetyp 5

Senergievariante		Typ 5 HH: Bräutig angebaut: A/V = 0,36										Typ 5 HH: Freistehend: A/V = 0,48										Vergleich	
		Graue Emissionen					Energiewärmebedarf gesamt					Graue Emissionen					Energiewärmebedarf gesamt						
		Emissionen V2: MIMO	Emissionen V3: HfA	Durchschnitt EPS: MIMO, HfA	Ausgangszustand	Zielzustand	prozentuale Einsparung	Emissionen V2: MIMO	Emissionen V3: HfA	Durchschnitt EPS: MIMO, HfA	Ausgangszustand	Zielzustand	prozentuale Einsparung	Differenz Graue Emissionen	%	Differenz Graue Emissionen	%						
Ausgangszustand	Zielzustand	kg CO ₂ -Äq.	kg CO ₂ -Äq.	kg CO ₂ -Äq.	kWh/m ² (A)/a	kWh/m ² (A)/a	%	kg CO ₂ -Äq.	kg CO ₂ -Äq.	kg CO ₂ -Äq.	kWh/m ² (A)/a	kWh/m ² (A)/a	%										
neht mod.	E115	26.175,66	21.134,37	23.896,72	23.735,58	120,84	57,61	52%	34.497,10	25.595,07	30.868,00	30.553,39	158,21	64,96	59%	29%	7%						
neht mod.	E100	29.642,83	22.997,00	26.706,98	24.448,94	120,84	48,22	62%	37.964,28	28.457,70	33.678,26	33.366,75	158,21	53,34	66%	25%	5%						
neht mod.	E70	34.465,05	25.724,71	30.106,01	30.098,92	120,84	43,15	64%	43.670,59	31.659,82	37.614,12	37.648,18	158,21	49,43	69%	25%	4%						
neht mod.	E55	36.587,84	26.864,58	31.955,85	31.621,09	120,84	40,76	66%	47.588,57	33.748,52	39.977,62	40.428,24	158,21	46,21	71%	28%	5%						
neht mod.	E40	51.070,09	40.301,36	45.492,01	45.621,91	120,84	36,18	70%	63.807,01	49.082,96	56.221,11	56.370,36	158,21	40,04	74%	24%	5%						
gering mod.	E115	17.612,24	10.966,41	14.676,38	14.418,34	117,50	56,79	52%	25.933,68	16.427,10	21.647,66	21.336,15	155,14	64,69	58%	48%	7%						
gering mod.	E100	22.719,57	16.073,74	19.783,71	19.525,67	117,50	49,11	58%	29.111,58	19.605,00	24.825,55	24.514,04	155,14	58,31	62%	28%	4%						
gering mod.	E70	24.730,53	18.084,70	21.794,67	21.536,63	117,50	41,70	65%	31.761,83	22.255,25	27.475,81	27.164,30	155,14	47,96	69%	25%	5%						
gering mod.	E55	30.008,37	23.362,54	27.072,51	26.814,47	117,50	40,76	65%	38.329,81	28.823,23	34.043,79	33.732,28	155,14	46,21	70%	26%	5%						
gering mod.	E40	51.140,49	40.371,76	45.562,41	45.691,55	117,50	36,18	69%	63.877,40	49.153,36	56.291,50	56.440,75	155,14	40,04	74%	24%	5%						
mittel mod.	E115	11.932,81	7.005,35	9.807,96	9.582,04	101,26	57,32	43%	16.931,26	10.285,43	13.995,41	13.737,37	128,25	67,22	48%	43%	4%						
mittel mod.	E100	17.351,84	10.706,01	14.415,99	14.157,94	101,26	50,15	50%	25.952,89	16.446,31	21.666,86	21.355,35	128,25	58,74	54%	51%	4%						
mittel mod.	E70	25.209,96	18.564,13	22.274,11	22.016,06	101,26	41,70	59%	32.520,87	23.014,29	28.234,85	27.923,33	128,25	47,98	63%	27%	4%						
mittel mod.	E55	37.137,67	27.414,41	31.945,68	32.165,92	101,26	40,76	60%	48.388,00	34.577,95	40.807,05	41.257,67	128,25	46,21	64%	28%	4%						
mittel mod.	E40	51.619,92	40.851,19	46.041,84	46.170,98	101,26	36,18	64%	64.636,44	49.912,39	57.050,54	57.199,79	128,25	40,04	69%	24%	5%						
E115	E115																						
E115	E100	3.467,18	2.173,07	3.161,54	2.933,93	57,61	46,22	20%	3.467,18	2.173,07	3.161,54	2.933,93	64,96	53,34	18%	0%	-2%						
E115	E70	13.493,98	9.883,75	11.664,63	11.680,78	57,61	41,25	28%	14.197,69	10.587,46	12.368,34	12.384,50	64,96	47,64	27%	6%	-2%						
E115	E55	25.079,54	20.667,04	22.570,44	22.772,34	57,61	40,57	30%	35.011,99	26.616,83	30.436,44	30.688,46	64,96	46,01	29%	35%	0%						
E115	E40	49.168,36	40.117,77	44.077,03	44.454,29	57,61	36,24	37%	59.250,91	46.272,62	52.121,59	52.549,27	64,96	40,17	38%	19%	0%						

Übersicht 2: Detailuntersuchung Einfluss des A/V-Verhältnisses auf Anteil der Grauen Emissionen an den Gesamtemissionen für die Energieträger V0 Erdgas und V2 Wärmepumpe Geothermie und PV

Seriierungsvariante		V0_Erdgas										V2_WP Geothermie + PV										
		Operative Emissionen kumuliert bis 2060					Gesamtemissionen kumuliert bis 2060					Operative Emissionen kumuliert bis 2060					Gesamtemissionen kumuliert bis 2060					
		Beitragig angebaut	freistehend *	kg CO2Äq.	kg CO2Äq.	kg CO2Äq.	Beitragig angebaut	freistehend *	kg CO2Äq.	kg CO2Äq.	Beitragig angebaut	freistehend *	kg CO2Äq.	kg CO2Äq.	Beitragig angebaut	freistehend *	kg CO2Äq.	kg CO2Äq.	Beitragig angebaut	freistehend *	Differenz	
Ausgangszustand	Zielstandard																					
nicht mod.	E115	430.599,92	459.085,22	454.335,50	489.738,61	430.599,92	459.085,22	454.335,50	489.738,61	430.599,92	459.085,22	454.335,50	489.738,61	430.599,92	459.085,22	454.335,50	489.738,61	430.599,92	459.085,22	454.335,50	489.738,61	1%
nicht mod.	E100	362.454,67	378.889,24	388.903,61	412.255,99	362.454,67	378.889,24	388.903,61	412.255,99	362.454,67	378.889,24	388.903,61	412.255,99	362.454,67	378.889,24	388.903,61	412.255,99	362.454,67	378.889,24	388.903,61	412.255,99	1%
nicht mod.	E70	338.710,57	353.834,31	368.809,50	391.482,48	338.710,57	353.834,31	368.809,50	391.482,48	338.710,57	353.834,31	368.809,50	391.482,48	338.710,57	353.834,31	368.809,50	391.482,48	338.710,57	353.834,31	368.809,50	391.482,48	1%
nicht mod.	E55	236.686,17	247.390,40	268.302,27	287.818,63	236.686,17	247.390,40	268.302,27	287.818,63	236.686,17	247.390,40	268.302,27	287.818,63	236.686,17	247.390,40	268.302,27	287.818,63	236.686,17	247.390,40	268.302,27	287.818,63	2%
nicht mod.	E40	195.072,99	204.109,32	240.694,15	260.479,68	195.072,99	204.109,32	240.694,15	260.479,68	195.072,99	204.109,32	240.694,15	260.479,68	195.072,99	204.109,32	240.694,15	260.479,68	195.072,99	204.109,32	240.694,15	260.479,68	3%
gering mod.	E115	392.283,81	418.308,29	406.702,15	439.644,43	392.283,81	418.308,29	406.702,15	439.644,43	392.283,81	418.308,29	406.702,15	439.644,43	392.283,81	418.308,29	406.702,15	439.644,43	392.283,81	418.308,29	406.702,15	439.644,43	1%
gering mod.	E100	356.122,37	371.116,32	375.648,04	395.630,37	356.122,37	371.116,32	375.648,04	395.630,37	356.122,37	371.116,32	375.648,04	395.630,37	356.122,37	371.116,32	375.648,04	395.630,37	356.122,37	371.116,32	375.648,04	395.630,37	1%
gering mod.	E70	314.856,07	329.221,24	336.392,70	356.385,54	314.856,07	329.221,24	336.392,70	356.385,54	314.856,07	329.221,24	336.392,70	356.385,54	314.856,07	329.221,24	336.392,70	356.385,54	314.856,07	329.221,24	336.392,70	356.385,54	1%
gering mod.	E55	219.859,42	230.639,92	246.673,89	264.372,20	219.859,42	230.639,92	246.673,89	264.372,20	219.859,42	230.639,92	246.673,89	264.372,20	219.859,42	230.639,92	246.673,89	264.372,20	219.859,42	230.639,92	246.673,89	264.372,20	2%
gering mod.	E40	181.516,35	190.560,48	227.207,90	247.001,23	181.516,35	190.560,48	227.207,90	247.001,23	181.516,35	190.560,48	227.207,90	247.001,23	181.516,35	190.560,48	227.207,90	247.001,23	181.516,35	190.560,48	227.207,90	247.001,23	3%
mittel mod.	E115	378.819,67	394.705,47	388.401,71	408.442,84	378.819,67	394.705,47	388.401,71	408.442,84	378.819,67	394.705,47	388.401,71	408.442,84	378.819,67	394.705,47	388.401,71	408.442,84	378.819,67	394.705,47	388.401,71	408.442,84	1%
mittel mod.	E100	347.688,54	360.639,26	361.846,49	381.994,61	347.688,54	360.639,26	361.846,49	381.994,61	347.688,54	360.639,26	361.846,49	381.994,61	347.688,54	360.639,26	361.846,49	381.994,61	347.688,54	360.639,26	361.846,49	381.994,61	2%
mittel mod.	E70	303.469,07	314.909,28	325.485,14	342.832,62	303.469,07	314.909,28	325.485,14	342.832,62	303.469,07	314.909,28	325.485,14	342.832,62	303.469,07	314.909,28	325.485,14	342.832,62	303.469,07	314.909,28	325.485,14	342.832,62	1%
mittel mod.	E55	203.169,79	211.746,86	235.335,71	253.004,52	203.169,79	211.746,86	235.335,71	253.004,52	203.169,79	211.746,86	235.335,71	253.004,52	203.169,79	211.746,86	235.335,71	253.004,52	203.169,79	211.746,86	235.335,71	253.004,52	3%
mittel mod.	E40	167.942,95	175.516,40	214.113,94	232.716,18	167.942,95	175.516,40	214.113,94	232.716,18	167.942,95	175.516,40	214.113,94	232.716,18	167.942,95	175.516,40	214.113,94	232.716,18	167.942,95	175.516,40	214.113,94	232.716,18	3%
E115	E115	293.111,73	287.592,61	296.045,66	290.526,54	293.111,73	287.592,61	296.045,66	290.526,54	293.111,73	287.592,61	296.045,66	290.526,54	293.111,73	287.592,61	296.045,66	290.526,54	293.111,73	287.592,61	296.045,66	290.526,54	0%
E115	E100	274.421,16	269.659,17	286.101,94	282.043,66	274.421,16	269.659,17	286.101,94	282.043,66	274.421,16	269.659,17	286.101,94	282.043,66	274.421,16	269.659,17	286.101,94	282.043,66	274.421,16	269.659,17	286.101,94	282.043,66	0%
E115	E70	185.829,64	185.074,43	208.601,98	215.762,88	185.829,64	185.074,43	208.601,98	215.762,88	185.829,64	185.074,43	208.601,98	215.762,88	185.829,64	185.074,43	208.601,98	215.762,88	185.829,64	185.074,43	208.601,98	215.762,88	3%
E115	E55	167.708,04	169.498,64	212.162,42	222.047,02	167.708,04	169.498,64	212.162,42	222.047,02	167.708,04	169.498,64	212.162,42	222.047,02	167.708,04	169.498,64	212.162,42	222.047,02	167.708,04	169.498,64	212.162,42	222.047,02	3%
E115	E40																					

* Abgeleitet aus Verhältniswert Energiewärmebedarf

* Abgeleitet aus Verhältniswert Energiewärmebedarf

Übersicht 3: Detailuntersuchung Einfluss des A/V-Verhältnisses auf Anteil der Grauen Emissionen an den Gesamtemissionen für die Energieträger V3 Wärmepumpe Luft und PV und V4 Fernwärme

	V4_Fernwärme						Anteil Graue Emissionen an Gesamtemissionen			
	Operative Emissionen kumuliert bis 2060			Gesamtemissionen kumuliert bis 2060			freistehend *		Differenz	
	Badseitig angebaut		freistehend *	Badseitig angebaut		freistehend *	Badseitig angebaut		freistehend *	
	kg CO ₂ -Äq.	kg CO ₂ -Äq.	kg CO ₂ -Äq.	kg CO ₂ -Äq.	kg CO ₂ -Äq.	kg CO ₂ -Äq.	%	%	%	%
	278.660,75	297.094,88	302.396,33	327.748,27	8%	9%	2%			
	238.590,73	249.409,01	265.039,67	282.775,75	10%	12%	2%			
	223.230,49	233.197,93	253.329,41	270.846,11	12%	14%	2%			
	136.207,10	142.367,11	167.823,19	182.795,35	19%	22%	3%			
	122.395,62	128.065,34	168.016,78	184.435,69	27%	31%	3%			
	275.747,25	294.040,58	290.165,59	315.376,73	5%	7%	2%			
	254.103,46	264.802,08	273.629,14	289.316,12	7%	8%	1%			
	217.028,75	226.930,59	238.565,38	254.094,89	9%	11%	2%			
	137.260,19	143.990,55	164.074,66	177.722,83	16%	19%	3%			
	123.533,34	129.688,44	169.224,89	186.129,20	27%	30%	3%			
	278.280,63	289.950,33	287.862,67	303.687,70	3%	5%	1%			
	259.306,93	268.965,61	273.464,88	290.320,96	5%	7%	2%			
	217.028,75	225.210,32	239.044,81	253.133,65	9%	11%	2%			
	137.260,19	143.054,80	169.426,11	184.312,47	19%	22%	3%			
	123.533,34	129.104,12	169.704,33	186.303,91	27%	31%	3%			
	241.223,46	236.681,37	244.157,39	239.615,30	1%	1%	0%			
	216.356,89	212.602,47	228.037,67	224.986,97	5%	6%	0%			
	137.889,20	137.328,81	160.661,54	168.017,27	14%	18%	4%			
	125.564,24	126.904,88	170.018,63	179.453,25	26%	29%	3%			

* Abgeleitet aus Verhältniswert Energiewärmebedarf

	V3_WP Luft + PV						Anteil Graue Emissionen an Gesamtemissionen			
	Operative Emissionen kumuliert bis 2060			Gesamtemissionen kumuliert bis 2060			freistehend *		Differenz	
	Badseitig angebaut		freistehend *	Badseitig angebaut		freistehend *	Badseitig angebaut		freistehend *	
	kg CO ₂ -Äq.	kg CO ₂ -Äq.	kg CO ₂ -Äq.	kg CO ₂ -Äq.	kg CO ₂ -Äq.	kg CO ₂ -Äq.	%	%	%	%
	80.924,73	86.278,11	104.660,31	116.931,50	23%	26%	4%			
	72.535,68	75.824,62	98.984,62	109.191,37	27%	31%	4%			
	68.205,06	71.250,47	98.303,98	108.898,65	31%	35%	4%			
	45.131,90	47.173,01	76.747,99	87.601,24	41%	46%	5%			
	41.778,74	43.714,05	87.399,90	100.084,41	52%	56%	4%			
	80.825,73	86.187,79	95.244,08	107.523,94	15%	20%	5%			
	77.665,48	80.935,46	97.191,15	105.449,50	20%	23%	3%			
	67.212,74	70.279,29	88.749,37	97.443,59	24%	28%	4%			
	46.184,99	48.449,61	72.999,47	82.181,89	37%	41%	4%			
	42.916,46	45.054,79	88.608,01	101.495,54	52%	56%	4%			
	81.539,99	84.959,37	91.122,03	98.696,73	11%	14%	3%			
	79.132,53	82.080,06	93.290,47	103.435,41	15%	21%	5%			
	67.212,74	69.746,54	89.228,81	97.669,87	25%	29%	4%			
	46.184,99	48.134,75	78.350,91	89.392,42	41%	46%	5%			
	42.916,46	44.851,79	89.087,44	102.051,58	52%	56%	4%			
	75.168,41	73.753,03	78.102,34	76.686,96	4%	4%	0%			
	68.157,60	66.974,87	79.838,39	79.359,37	15%	16%	1%			
	47.496,61	47.303,59	70.268,96	77.992,04	32%	39%	7%			
	44.714,48	45.191,89	89.168,86	97.740,26	50%	54%	4%			

* Abgeleitet aus Verhältniswert Energiewärmebedarf

Sanierungsvariante		Ausgangszustand	Zielstandard
nicht mod.	E115		
nicht mod.	E100		
nicht mod.	E70		
nicht mod.	E55		
nicht mod.	E40		
gering mod.	E115		
gering mod.	E100		
gering mod.	E70		
gering mod.	E55		
gering mod.	E40		
mittel mod.	E115		
mittel mod.	E100		
mittel mod.	E70		
mittel mod.	E55		
mittel mod.	E40		
E115	E115		
E115	E100		
E115	E70		
E115	E55		
E115	E40		

Übersicht 5: Vergleich der eingesparten kumulierten Operativen Emissionen für den Betrachtungszeitraum 2020 - 2060 abzüglich der Grauen Emissionen der Sanierungsmaßnahmen für unterschiedliche Gebäudetypen und Ausgangszustände. Angaben in kg CO₂-Äq /m² (AN)

Die rote Umrandung zeigt diejenige Sanierungstiefe, durch die sich bilanziell die größten Emissionseinsparungen erzielen lassen.

Variante	Energieträger	Ausgangszustand / modernisiert?	Typ 1 1040-1078 134 m ² (AN)										Typ 2 1910-1948 140 m ² (AN)										Typ 3 1970-1986 155 m ² (AN)										Typ 4 vor 1910 163 m ² (AN)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
			Sanierungstiefe					Sanierungstiefe					Sanierungstiefe					Sanierungstiefe					Sanierungstiefe					Sanierungstiefe					Sanierungstiefe																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
V0	Erdgas	nicht mod.	625	702	737	895	929	711	794	866	1.018	1.057	316	398	470	612	652	808	846	925	1.052	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777	844	962	1.027	844	925	1.121	1.121	710	777

Quellen und Literatur

[AEE 2021] Agentur für Erneuerbare Energien e.V. "Die dänische Wärmewende" (abrufbar: <https://www.waermewende.de/daenischewaermewende>)

[ARGE 2024b] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): "Regelstandard Erleichtertes Bauen – Der Förderstandard der Sozialen Wohnraumförderung in Schleswig-Holstein"; Mitteilungsblatt Nr. 263; Entwurfsfassung, Kiel 06/2024

[ARGE 2024a] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): Walberg, Dietmar; Gniechwitz, Timo; Schulze, Thorsten; Paare, Klaus: "Wohnungsbau 2024 in Deutschland: Kosten - Bedarf - Standards – Die Krise als Einbahnstraße?"; Bauforschungsbericht Nr. 88, Kiel 04/2024

[ARGE 2024] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): Walberg, Dietmar; Gniechwitz, Timo; „Herstellungs- und Grundstückskosten in Schleswig-Holstein, aktuelles Kostenniveau“; Präsentationsfolien, Kiel 04/2024

[ARGE 2023c] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): Walberg, Dietmar; Schulze, Thorsten; Vollert Sören; Koeppen, Juri – KApplus Ingenieurbüro: "Bausteine für die Wärmewende"; Bauen in Schleswig-Holstein, Band 49, Kiel 04/2023

[ARGE 2023b] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): Walberg, Dietmar; Gniechwitz, Timo; Schulze, Thorsten; Herrmann, Joachim, Kempe, Markus; Paare, Klaus: "Machbarkeitsstudie Klimaneutrales Wohnen 2045 in Hamburg"; Bauforschungsbericht Nr. 84, Kiel 04/2023

[ARGE 2023a] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): Walberg, Dietmar; Gniechwitz, Timo; Schulze, Thorsten; Paare, Klaus: "Status und Prognose: So baut Deutschland – so wohnt Deutschland. Der Chancen-Check für den Wohnungsbau"; Bauforschungsbericht Nr. 86, Kiel 04/2023

[ARGE 2023] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): Walberg, Dietmar; Paare, Klaus: „Baukostenentwicklung - Lohn und Material 2022“, Arbeits- und Informationsblatt Nr. 26, Kiel 03/2023

[ARGE 2022b] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): Walberg, Dietmar; Gniechwitz, Timo: „Wohngebäudebestand des BFW Bundesverbandes Freier Immobilien- und Wohnungsunternehmen e.V. – Energetischer und klimaschutzrelevanter Zustand im Jahr 2020“; Kurzbericht, Bauforschungsbericht Nr. 83, Kiel 11/2022

[ARGE 2022a] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): „684. Baugespräch: „Zukunft Wohnen, Bauen, Arbeiten – Lernen aus der Krise“; Mitteilungsblatt Nr. 262; Kiel 02/2022

[ARGE 2022] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): Walberg, Dietmar; Gniechwitz, Timo; Paare, Klaus; Schulze, Thorsten: „Wohnungsbau: Die Zukunft des Bestandes - Studie zur aktuellen Bewertung des Wohngebäudebestands in Deutschland und seiner Potenziale, Modernisierungs- und Anpassungsfähigkeit“; Bauforschungsbericht Nr. 82, Kiel 02/2022

[ARGE 2021a] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): Walberg, Dietmar; Gniechwitz, Timo: „Energiebedarf und tatsächlicher Energieverbrauch bei

Wohngebäuden – Verbrauchsbenchmarks für Intervalle des Norm-Energiebedarfs“, Arbeits- und Informationsblatt Nr. 24, Kiel 05/2021

[ARGE 2021] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): Walberg, Dietmar; Kempe, Markus: „Gutachten: Berechnung von Typengebäuden in Kiel – Kosten und Maßnahmen bei Neubau und Modernisierung mit und ohne Fernwärmeversorgung“, Bauforschungsbericht Nr. 80, Kiel 03/2021

[ARGE 2020] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): Walberg, Dietmar; Gniechwitz, Timo: „Bezahlbarer Wohnraum 2021: Herausforderungen - Belastungen - Notwendigkeiten - Potenziale“, Kurzgutachten im Auftrag des Verbändebündnisses „Soziales Wohnen“, Kiel 12/2020

[ARGE 2019b] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): Walberg, Dietmar; Gniechwitz, Timo: „Auswirkungen energetischer Standards auf die Bauwerkskosten und die Energieeffizienz im Geschosswohnungsneubau in Deutschland“, Bauforschungsbericht Nr. 78, Kiel 09/2019

[ARGE 2016b] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): Walberg, Dietmar; Gniechwitz, Timo; Selk, Michael; Brosius, Oliver; Schulze, Thorsten; Depner, Jürgen; Herrmann, Joachim; Fischer, Carsten: „666. Baugespräche – Kostengünstiger Wohnungsbau“, Mitteilungsblatt Nr. 254, Kiel 12/2016

[ARGE 2016a] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): „Wohngebäude – Fakten 2016. Eine Analyse des Gebäudezustandes in Deutschland.“, Mitteilungsblatt Nr. 253; Kiel 04/2016

[ARGE 2016] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): Walberg, Dietmar; Gniechwitz, Timo: „Bestandsersatz 2.0 - Potenziale und Chancen - Studie zur aktuellen Bewertung des Wohngebäudezustandes in Deutschland unter Berücksichtigung von Neubau, Sanierung und Bestandsersatz“, Bauforschungsbericht Nr. 69, Kiel 02/2016

[ARGE 2015] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): Walberg, Dietmar; Gniechwitz, Timo; Halstenberg, Michael: „Kostentreiber für den Wohnungsbau - Untersuchung und Betrachtung der wichtigsten Einflussfaktoren auf die Gesteungskosten und die aktuelle Kostenentwicklung von Wohnraum in Deutschland“, Bauforschungsbericht Nr. 67, Kiel 04/2015

[ARGE 2014] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): Walberg, Dietmar; Gniechwitz, Timo; Schulze, Thorsten; Cramer, Antje: „Optimierter Wohnungsbau – Untersuchung und Umsetzungsbetrachtung zum bautechnischen und kostenoptimierten Wohnungsbau in Deutschland“, Bauforschungsbericht Nr. 66, Kiel 08/2014

[ARGE 2013] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): Walberg, Dietmar; Gniechwitz, Timo: „Kostensteigernde Effekte im Wohnungsbau“, Bauforschungsbericht Nr. 65 (Auftrag: Bundesverband Freier Immobilien- und Wohnungsunternehmen e.V. (BFW), Kiel 08/2013

[ARGE 2012] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): Walberg, Dietmar; Gniechwitz, Timo; Schulze, Thorsten; Fischer, Carsten: „Modellstudie als Grundlage für einen Sanierungsfahrplan in Bezug auf den Wohngebäudebestand des BFW Bundesverband Freier Immobilien- und Wohnungsunternehmen e.V. – Gebäudezustandsbewertung und Leitfaden für wirtschaftliche und energieeffiziente Sanierungen

verschiedener Baualtersklassen sowie Berücksichtigung des Ersatzneubaus; Bauforschungsbericht Nr. 62, Kiel 04/2012

[ARGE 2011a] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): „Gebäudetypologie Kreis Nordfriesland“; Mitteilungsblatt Nr. 243; Kiel 10/2011

[ARGE 2011] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): Walberg, Dietmar; Holz, Astrid; Gniechwitz, Timo; Schulze, Thorsten: „Wohnungsbau in Deutschland - 2011 - Modernisierung oder Bestandsersatz“, Studie zum Zustand und der Zukunftsfähigkeit des deutschen „Kleinen Wohnungsbaus“; Band I + II; Bauforschungsbericht Nr. 59; Kiel 04/2011

[ARGE 2010b] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): Walberg, Dietmar; Gniechwitz, Timo: „Kosten und Nutzen von Modernisierungsmaßnahmen in der Praxis – Betrachtung ökologischer und ökonomischer Auswirkungen von typenhaften Modernisierungsvarianten bzw. Sanierungsmodellen bei Bestandsgebäuden“, Kiel 2010

[ARGE 2010a] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): Walberg, Dietmar; Gniechwitz, Timo: „Passivhaus, Effizienzhaus, Energiesparhaus & Co – Aufwand, Nutzen und Wirtschaftlichkeit“, Bauforschungsbericht Nr. 58, Kiel 11/2010

[ARGE 2010] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): Mitteilungsblatt Heft Nr. 239: „Unsere neuen Häuser verbrauchen mehr als sie sollten“, Kiel 01/2010

[ARGE 2009] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): Mitteilungsblatt Heft Nr. 238: „Unsere alten Häuser sind besser als ihr Ruf“, Kiel 06/2009

[ARGE 2008-2020] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.: Auswertungen der Quartierszenarien in Schleswig-Holstein und mehrstufige Evaluation des Klimapaktes Schleswig-Holstein; Berichte an die Landesregierung; Kiel 2008 bis 2020

[ARGE 2007b] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): Holz, Astrid; Walberg, Dietmar; et al: „Siedlungen der 50er Jahre - Modernisierung oder Abriss?“, Methodik zur Entscheidungsfindung über Abriss, Modernisierung oder Neubau in Wohnsiedlungen der 50er Jahre; Endbericht (im Auftrag des BBSR), Bauforschungsbericht Nr. 56, Kiel 06/2007

[ARGE 2007a] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): „Innovative Dämmtechniken“; Mitteilungsblatt Nr. 235; Kiel 09/2007

[ARGE 1989] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): „Ökologisches Bauen – Umweltverträgliche Baustoffe, Heft I, II, III“, Mitteilungsblatt der Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V., Kiel 1989-1991

[ARGE 1978] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): „Kleinsiedlungsentwürfe SH – KS“ Bauen in Schleswig-Holstein, Band 39, Kiel 1978

[ARGE 1973] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): „Kleinsiedlungsentwürfe SH – KS“ Bauen in Schleswig-Holstein, Band 38, Kiel 1973

[ARGE 1952a] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): „Breite Grundrissbeispiele für den Wohnungsbau“ Bauen in Schleswig-Holstein, Band 20, Kiel 1952

[ARGE 1952] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): „Wohnungstypen für das Schwerpunktprogramm 1952“ Bauen in Schleswig-Holstein, Band 17, Kiel 1952

[ARGE 1950] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): „Gedanken zur Typenentwicklung für das Wohnungsbauprogramm 1951, Mitteilungsblatt der Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V., Heft 25, Kiel 1950

[ARGE et al 2023] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. / ALP Institut für Wohnen und Stadtentwicklung GmbH / Ingenieurgesellschaft mbH / RegioKontext GmbH / complan Kommunalberatung GmbH (Hrsg.): „Umsetzungsorientierte Machbarkeitsstudie zur Erreichung der Klimaschutzziele im Bereich der Wohngebäude in Hamburg“; im Auftrag des Senats der Freien und Hansestadt Hamburg, vertreten durch die Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen; Hamburg 03/2023

[ARGE/IB-EA 2014] Landesinitiative Wärmeschutz Schleswig-Holstein (Hrsg.): „Thesen zur Wärmewende in Schleswig-Holstein - Memorandum der Energieagentur Schleswig-Holstein und der Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.“; Im Rahmen der Landesinitiative Wärmeschutz Schleswig-Holstein - Gefördert durch das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein; Kiel 04/2014

[ARGE/LCEE/Pestel 2022] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V./Life Cycle Engineering Experts/Pestel Institut für Systemforschung (Hrsg.): „Wohnungsneubau – THG-Emissionen, Energieverbrauch und Kosten im Lebenszyklus“; Kiel/Darmstadt/Hannover 12/2022

[ARGE/MEGAWATT 2020] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V./MEGAWATT Ingenieurgesellschaft/SAGA Unternehmensgruppe/HANSA Baugenossenschaft (Hrsg.): „iQk – Intelligentes Quartierskonzept- Modellprojekt Horner Geest in Hamburg“, Hamburg 01/2020

[BAFA 2019] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (Hrsg.): „Leitfaden Wirtschaftlichkeit - Betrachtung energetischer Sanierungen in Ein- und Zweifamilienhäusern“, Eschborn 12/2019

[Bauindustrie 2024] Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e. V. (Hrsg.): „Klimaziele mit Wirtschaftlichkeit verbinden; EU-Entscheidung zur Gebäudeeffizienz-Richtlinie: Klimaziele müssen bezahlbar sein“; Pressemitteilung, Berlin 03/2024

[BBSR 2024b] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.): „Bestandsinvestitionen 2022 – Struktur der Investitionstätigkeit in den Wohnungs- und Nichtwohnungsbeständen“; Bonn 05/2024

[BBSR 2024a] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.): „Bezahlbares und zukunftsfähiges Bauen und Wohnen – Rahmenbedingungen und Determinanten für die Vereinbarkeit bezahlbarer Mieten und nachhaltiger Qualitäten durch eine Begrenzung der Bau- und Lebenszykluskosten“; BBSR-online-Publikation Nummer 17/2024; Bonn 2024

[BBSR 2024] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.): „Geringfügige Aktivitäten am

Transaktionsmarkt mit Bestandswohnungsportfolios in 2023“; BBSR-online-Publikation Nummer 03/2024; Bonn 2024

[BBSR 2023a] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.): „Zukunft im Bestand – Kommunale Handlungsspielräume und Entwicklungsperspektiven bei der Aktivierung stadtbildprägender historischer Gebäude“; BBSR-Einzelpublikation; Bonn 2023

[BBSR 2023] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.): „Strukturdaten zur Produktion und Beschäftigung im Baugewerbe – Berechnungen für das Jahr 2022“; BBSR-online-Publikation Nummer 32/2021; Bonn 2023

[BBSR 2019] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.): „Berücksichtigung des Nutzerverhaltens bei energetischen Modernisierungen“ - Metastudie des Instituts Wohnen und Umwelt GmbH (IWU); BBSR-Online-Publikation Nr. 04/2019; Bonn 03/2019

[BBSR 2018] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.): „Effizienzhaus Plus – Planungsempfehlungen“; Zukunft Bauen, Forschung für die Praxis, Band 15, Bonn 2018

[BBSR 2016] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.): „Datenbasis zum Gebäudebestand - Zur Notwendigkeit eines besseren Informationsstandes über die Wohn- und Nichtwohngebäude in Deutschland“; BBSR-Analysen KOMPAKT 09/2016; Bonn 12/2016

[BBSR 2015] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR): „Einfluss von typisierten und vorgefertigten Bauteilen oder Bauteilgruppen auf die Kosten von Neubauten und Bestandsmodernisierungen. Abschlussbericht“; Aktenzeichen AZ 10.08.17.7-14.54; 2015

[BCG 2021] Boston Consulting Group im Auftrag des BDI; „Klimapfade 2.0 - Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft“; 10/2021

[BCG/Prognos 2018] Boston Consulting Group und Prognos AG im Auftrag des BDI; „Klimapfade für Deutschland“; 01/2018

[BDA | DIE ARBEITGEBER 2024] Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände (Hrsg.): „Bei der Bekämpfung des Fach- und Arbeitskräftemangels ist breites Handeln gefordert“; Berlin 02/2024

[BDA | DIE ARBEITGEBER 2022] Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände (Hrsg.): „Damit und die Arbeitskräfte nicht ausgehen: Wie wir eine der größten Herausforderungen der Zukunft bewältigen – Zehn Kernpunkte für die Arbeits- und Fachkräftesicherung“; Berlin 12/2022

[BDEW 2023a] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (Hrsg.): „Handlungsbedarf zur Erreichung der Klimaschutzziele – Was konkret in Schleswig-Holstein gemacht werden muss, um die Klimaschutzziele zu erreichen – Studie gemeinsam mit der FFE“, Präsentationsfolien des BDEW – Landesgruppe Norddeutschland, Hamburg 2023

[BDEW 2023a] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (Hrsg.): „Wie heizt Schleswig-Holstein?“ (2023) – BDEW-Regionalbericht, Studie zum Heizungsmarkt, Berlin 11/2023

[BDEW 2023] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (Hrsg.): „Wie heizt Deutschland?“ (2023) – mit regionalisierten Angaben zu den Bundesländern, Studie zum Heizungsmarkt, Langfassung, Berlin 11/2023

[BDEW 2019] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (Hrsg.): „Wie heizt Deutschland?“ (2019) – mit regionalisierten Angaben zu den Bundesländern, Studie zum Heizungsmarkt, Berlin 09/2019

[Bienert et al 2022] Prof. Dr. Sven Bienert, Alexander M. Groh am IRE|BS Institut für Immobilienwirtschaft Universität Regensburg im Auftrag des Bundesverbandes deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e.V. (GdW): „Klimaneutralität – Vermieter – Mehrfamilienhäuser – aber wie?“; Finale Version; Regensburg 03/2022

[Bienert et al 2021] Prof. Dr. Sven Bienert, Alexander M. Groh am IRE|BS Institut für Immobilienwirtschaft Universität Regensburg im Auftrag des Verbands der Südwestdeutschen Wohnungswirtschaft e.V. (VdW): „Wissenschaftliche Plausibilitätsprüfung und Studie zur Herleitung der öffentlichen Förderlücke zur Erreichung der Klimaziele auf Landesebene im Marktbereich des VdW Südwest (Hessen und Rheinland-Pfalz)“; Finale Fassung; Regensburg 09/2021

[BINE 2017] BINE Informationsdienst ein Service von FIZ Karlsruhe GmbH, Leibniz-Institut für Informationsinfrastruktur GmbH (Hrsg.): „Wirtschaftlichkeit energieoptimierter Gebäude – Berechnungsmethoden und Benchmarks für Wohnungsbau und Immobilienwirtschaft“; Energieforschung kompakt, Themeninfo III/2017, Bonn 2017

[Blazejczak/Edler 2021] Blazejczak, Jürgen/Edler, Dietmar: „Arbeitskräftebedarf nach Sektoren, Qualifikationen und Berufen zur Umsetzung der Investitionen für ein klimaneutrales Deutschland“ (Kurzstudie im Auftrag der Bundestagsfraktion Bündnis 90/Die Grünen), Berlin 05/2021

[B+L 2021] B+L Marktdaten GmbH (Hrsg.) für den Verband Fenster + Fassade (VFF): „Lösungsansätze zur Deckung des Kapazitätsbedarfes bei Erhöhung der Sanierungsrate“; Bonn 06/2021

[BMRBS 1967] Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Hrsg.): Grundrißsammlungen von Wohnungen (Teil I – Mehrfamilienhäuser, Teil II Einfamilienhäuser, Teil III Mehrfamilienhäuser – neue und ausgewählte Beispiele, Teil IV Einfamilienhäuser – ausgewählte und neue Beispiele), Bonn 1967 – 1976

[BMU 2021] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (Hrsg.): „Klimaschutzbericht 2021 nach § 10 Absatz 1 des Bundes-Klimaschutzgesetzes“, Berlin 26. Oktober 2021

[BMU 2020] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (Hrsg.): „Nationaler Asbestdialog – 5. Dialogforum, Sachstandsbericht“, Dr. Michael Siemann, Referatsleiter WR II 8 – Schadstoffe, mineralische Abfälle, Deponierung, Berlin 26. März 2020

[BMU 2018] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (Hrsg.): „Klimaschutz in Zahlen - Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik Ausgabe 2018“; Berlin 05/2018

[BMUB 2016] Klimaschutzplan 2050. Klimapolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf

[BMUB 2015] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.): „Bericht der Baukostensenkungskommission“; Endbericht, Berlin 11/2015

[BMUV 2021] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) (Hrsg.): „Klimaschutz in Zahlen - Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik Ausgabe 2021“; Berlin 06/2021

[BMVBS 2013] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (Hrsg.): „Hinweise zur Integration der energetischen Beschaffenheit und Ausstattung von Wohnraum in Mietspiegeln, Tabelle 3: Muster eines Berechnungsschemas zur Bildung einer Bewertungsgröße aus Einzelmaßnahmen“, unter wissenschaftlicher Beratung des BBSR, IWU und F+B GmbH, Berlin 06/2013

[BMVBS 2011] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung; Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.): "Möglichkeiten und Grenzen des Ersatzneubaus", Forschungen, Heft 147, Bearbeitung: Kuratorium Deutsche Altenhilfe (KDA), Berlin 05/2011

[BMWK 2024] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (Hrsg.): „Monitoringbericht der Expertenkommission zum Energiewende-Monitoring“, Berlin 06/2024

[BMWK 2023] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (Hrsg.): „Wärmewende im Gebäudebereich – Effiziente Gebäude – Wärme aus erneuerbarer Energie“; Online-Artikel, Berlin 10/2023

[BMWK 2022] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (Hrsg.): „Klimaschutzbericht 2022“; Berlin 09/2022

[BMWK 2022a] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (Hrsg.): „65 Prozent erneuerbare Energien beim Einbau von neuen Heizungen ab 2024 - Konzeption zur Umsetzung“, Berlin 06/2022

[BMWK 2022] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (Hrsg.): „Eröffnungsbilanz Klimaschutz – Kernaussagen“; Berlin 01/2022

[BMWK 2020] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (Hrsg.): „Analyse von spezifischen Dekarbonisierungsoptionen zur Erreichung der Energie- und Klimaziele 2030 und 2050 bei unterschiedlichen Wohn- und Nichtwohngebäudetypologien Betrachtungen zur Energieeffizienz, erneuerbaren Energien und weiterer Dekarbonisierungsoptionen mit Blick auf die CO₂-Vermeidungskosten“, Berlin 2020

[BMWi 2020a] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.): „Langfristige Renovierungsstrategie der Bundesregierung - Gemäß Artikel 2a der Richtlinie 2018/844/EU des Europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Energy performance of buildings directive, EPBD 2018)“; Berlin 08/2020

[BMWi 2020] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.): „Handbuch für Energieberaterinnen und Energieberater - Anleitung mit Tipps und Tricks zur Umsetzung“; Berlin 01/2020

[BMWi 2019] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.): „Vorbereitende Untersuchungen zur Erarbeitung einer Langfristigen Renovierungsstrategie nach Art 2a der EU-Gebäuderichtlinie RL 2018/844 (EPBD)“; Berlin 08/2019

[BMWi 2014] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.): „Sanierungsbedarf im Gebäudebestand - Ein Beitrag zur Energieeffizienzstrategie Gebäude“, Berlin 12/2014

[BMWSB 2022] Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen „Energetische Stadtsanierung in der Praxis V“ (abrufbar unter https://www.energetische-stadtsanierung.info/wp-content/uploads/2022/09/Energetische_Stadtsanierung_Leitfaden-zum-Einsatz-des-Foerderbausteins-Sanierungsmanagement_final.pdf)

[Böll 2021] Heinrich-Böll-Stiftung e.V. (Hrsg.): „Besser wohnen mit Klimaschutz – 17 Fakten zur Wärmewende“; böll-FAKTEN, Berlin 2021

[Bodelschwingh 2021] Arnt von Bodelschwingh, Katharina Enders, Jochen Lang, Dirk Löhr: „Bezahlbare Wohnungen sichern - Sozialer Wohnungsbau, Wohnungsgemeinnützigkeit und Gemeinwohlwohnungen“; FES diskurs; Friedrich-Ebert-Stiftung (Hrsg.); Bonn 2021

[BRUNATA-METRONA 2011] BRUNATA-METRONA-Gruppe: Schröder, Franz; Boegelein, Tobias; Papert, Olaf; Altendorf, Lars; Greller, Martin; Hundt Volker; Mundry, Bernhard; Güttler, Peter: „Universelle Energiekennzahlen für Deutschland“ (Teil I bis IV), Sonderdruck aus Bauphysik 33, Heft 4, 2011

[BSW 2023] Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen (BSW) der Freien und Hansestadt Hamburg (Hrsg.): „Umsetzungsorientierte Machbarkeitsstudie zur Erreichung der Klimaschutzziele im Bereich der Wohngebäude in Hamburg – Ergebnisbericht der projektbeteiligten Gutachterinnen und Gutachter“; Hamburg 03/2023

[David, K. 2021] David, Dr.-Ing. Kirsten: „Funktionales Kostensplitting bei energetischen Modernisierungen als Beitrag zur Nachhaltigen Entwicklung von Mietwohnungsbeständen“, Bauphysik 43, Heft 3, Seiten 186-194, Berlin 2021

[DB Research 2024] Deutsche Bank AG, Deutsche Bank Research (Hrsg.): „Ausblick auf den deutschen Wohnungsmarkt 2024/2025“; Deutschland-Monitor, Frankfurt am Main 07/2024

[DB Research 2023] Deutsche Bank AG, Deutsche Bank Research (Hrsg.): „Ein Wohngebäude-Klima-Modell für Deutschland“; Deutschland-Monitor, Frankfurt am Main 07/2023

[DB Research 2022] Deutsche Bank AG, Deutsche Bank Research (Hrsg.): „Ausblick auf den deutschen Wohnungsmarkt 2022 ff.“; Deutschland-Monitor, Frankfurt am Main 04/2022

[DENA 2022a] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (Hrsg.): „dena-GEBÄUDEREPORT 2023 – Zahlen, Daten, Fakten zum Klimaschutz im Gebäudebestand“; Berlin 10/2022

[DENA 2022] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (Hrsg.): „dena-STUDIE Modellierung sektorintegrierter Energieversorgung im Quartier“; Berlin 04/2022

[DENA 2021c] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (Hrsg.): „dena-GEBÄUDEREPORT 2022 – Zahlen, Daten, Fakten“; Berlin 10/2021

[DENA 2021b] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). (Hrsg.): „dena-Abschlussbericht Klimaneutrale Quartiere und Areale“, Berlin 09/2021

[DENA 2021a] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (Hrsg.): „dena-STUDIE Green & Sustainable Finance mit Fokus auf den Immobilienbereich Eine Grundlagenanalyse zum bestehenden Rechtsrahmen und Einordnung wichtiger Marktakteure sowie Erfolgsfaktoren für die Operationalisierung“; Berlin 07/2021

[DENA 2021] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (Hrsg.): „dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität“; Berlin 10/2021

[DENA 2019] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (Hrsg.): „dena-GEBÄUDEREPORT KOMPAKT 2019 - Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand“; Berlin 10/2019

[DENA 2016a] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (Hrsg.): „dena-Studie. Auswertung von Verbrauchskennwerten energieeffizienter Wohngebäude.“; Berlin 06/2016

[DENA 2016] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (Hrsg.): „dena-GEBÄUDEREPORT - Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand“; Berlin 2016

[DENA 2010] dena-Sanierungsstudie. Teil 1: Wirtschaftlichkeit energetischer Modernisierung im Mietwohnungsbestand. Begleitforschung zum dena-Projekt „Niedrigenergiehaus im Bestand“; Berlin 12/2010

[DESTATIS 2011-2023] DESTATIS - Statistisches Bundesamt: „Fortschreibung Wohngebäude- und Wohnungsbestand“; Code: 31231; abrufbar auf der unter GENESIS-Online Datenbank von DESTATIS

[DESTATIS 2022] DESTATIS - Statistisches Bundesamt: „Gebäude und Wohnungen – Bestand an Wohnungen und Wohngebäuden – Bauabgang von Wohnungen und Wohngebäuden“, Lange Reihen ab 1969-2021, Wiesbaden 28.07.2022

[DESTATIS 2019] DESTATIS - Statistisches Bundesamt: „Dienstleistungen – Strukturerhebung im Dienstleistungsbereich: Architektur- und Ingenieurbüros 2017“, Wiesbaden 2019

[DESTATIS 2000] DESTATIS - Statistisches Bundesamt: „50 Jahre Wohnen in Deutschland: Ergebnisse aus Gebäude- und Wohnungszählungen, -stichproben, Mikrozensus-Ergänzungserhebungen und Bautätigkeitsstatistiken“, Wiesbaden 10/2000

[Deutscher Bundestag 2021] Deutscher Bundestag, Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Hagen Reinhold, Frank Sitta, Grigorios Aggelidis, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der FDP – zum Stand der Gebäudesanierung in Deutschland; Drucksache 19/30298, Berlin 06/2021

[DIW 2024] DIW Berlin - Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e.V. (Hrsg.): Wochenbericht 19/2024 „Sanierung sehr ineffizienter Gebäude sichert hohe Heizkostenrisiken ab“; Berlin 2024

[DIW 2023a] DIW Berlin - Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e.V. (Hrsg.): Wochenbericht 39/2023 „Wärmemonitor 2022: Private Haushalte sparen fünf Prozent Heizenergie und CO₂-Emissionen ein“, Berlin 2023

[DIW 2023] DIW Berlin - Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e.V. (Hrsg.): Wochenbericht 33/2023 „Investitionen in die energetische Gebäudesanierung auf Tal-fahrt“, Berlin 2023

[DIW et al 2022] DIW Berlin/ ifo Institut/ KOF der ETH Zürich/IfW Kiel/IWH/RWI/ Institut für Höhere Studien Wien: „Von der Pandemie zur Energiekrise – Wirtschaft und Politik im Dauerstress“, 04/2022

[DIW 2022] DIW Berlin - Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e.V. (Hrsg.): „Wo-chenbericht 1+2 2022“, Bauvolumenrechnung; Berlin 2022

[DIW 2021] DIW Berlin - Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e.V. (Hrsg.): „Preiseffekte für Neubau- und Bestandsleistungen - Expertenworkshop“, Präsentati-onsfolien, Berlin 06/2021

[DIW 2019] DIW Berlin - Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e.V. (Hrsg.): Wo-chenbericht 36/2019 „Wärmemonitor 2018: Steigender Heizenergiebedarf, Sanie-rungsrate sollte höher sein“, Berlin 2019

[DMB/DV/GdW 2019] DMB Deutscher Mieterbund / DV Deutscher Verband für Woh-nungswesen, Städtebau und Raumordnung e.V. / GdW Spitzenverband der Woh-nungswirtschaft (Hrsg.): „Wohngebäude: Klimaziele sozialverträglich erreichen“ (Ge-meinsames Papier); Berlin 10.09.2019

[DUH 2017] Deutsche Umwelthilfe e.V. (Hrsg.): „Energetische Gebäudesanierung - Fragen und Antworten zur Wirtschaftlichkeit“, Hintergrundpapier, Radolfzell/Berlin 10/2017

[DV 2023] DV - Deutscher Verband für Wohnungswesen, Städtebau und Raumord-nung e.V. (Hrsg.): „Klimaschutz im Gebäudesektor praxisnah ausgestalten“, Abschnitt unter „Themenschwerpunkte und Aktivitäten“ im Jahresbericht, Berlin 05/2023

[DV 2022] DV - Deutscher Verband für Wohnungswesen, Städtebau und Raumord-nung e.V. (Hrsg.): „Sofortprogramm Klimaschutz räumlich integriert und sektorenüber-greifend ausgestalten Empfehlungen der Arbeitsgruppe Energie des Deutschen Ver-bandes für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung e.V. (DV) zum Entwurf des Sofortprogramms Klimaschutz“, Berlin 06/2022

[DV 2021] DV - Deutscher Verband für Wohnungswesen, Städtebau und Raumord-nung e.V. (Hrsg.): „Runder Tisch – Räumlich integriert und sektorübergreifend zu treib-hausgasneutralen Quartieren“ - Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen des Run-den Tisches „Neue Impulse zu nachhaltigem Klimaschutz im Gebäudebestand“, Berlin 06/2021

[DV 2019] DV - Deutscher Verband für Wohnungswesen, Städtebau und Raumord-nung e.V.; B.&S.U. Beratungs- und Service-Gesellschaft Umwelt mbH, Hochschule für Technik Stuttgart (Hrsg.): „3 %plus – Das Quartier als Schlüssel zur Steigerung der Sanierungsrate“ – Erkenntnisse aus dem „3 % Projekt – energieeffizienter Sanierungs-fahrplan für kommunale Quartiere 2050“, Berlin 06/2019

[DW 2020] DW Die Wohnungswirtschaft, Haufe-Lexware GmbH & Co. KG (Hrsg. und Verlag), Artikel von Prof. Dr. Norbert Raschper (EBZ Business School, iwB Beratung Braunschweig): „Klimapfad 2030/2050 für Immobilienunternehmen“, Hamburg 09/2020

[DW 2017] DW Die Wohnungswirtschaft, Haufe-Lexware GmbH & Co. KG (Hrsg. und Verlag), Artikel von Nagel, Reiner (Bundesstiftung Baukultur): „Bezahlbares Wohnen durch Baukultur“, Hamburg 07/2017

[Edinger 2003] Edinger, Susanne: „Sind die Bestandsgrundrisse noch zeitgemäß? Ziele und Möglichkeiten baulicher Änderungen in Geschossbauten der 50er Jahre“; in Fachzeitschrift: wohnen, Jg. 93 (2003), Nr.1, S.10-16

[Edinger 2001] Edinger, Susanne; Lerch, Helmut; Wolff-Böhme; Nagel, Karl: „Was passiert in Zukunft mit den Siedlungen der 50er Jahre?“ Interview von Katja Reich in Fachzeitschrift: bausubstanz, Jg. 17, 2001, Nr.8, S.6-9

[Endres 2024a] Prof. Dipl.-Ing. (Univ.) Elisabeth Endres, Technische Universität Braunschweig/Ingenieurbüro Hausladen: „Energiewende – Chancen der Herausforderungen im Gebäudebestand“; Braunschweig/München/Neumünster (Foliensatz zum 696. Schleswig-Holsteinischen Baugespräch), März 2024

[Endres 2024] Prof. Dipl.-Ing. (Univ.) Elisabeth Endres, Ing.-Büros Hausladen GmbH (Hrsg.): „Präzisierung der Niedertemperaturfähigkeit der Gebäudehülle von Bestandsgebäuden beim Einsatz von Wärmepumpen“; Kirchheim, Endbericht vom 27. März 2024

[E.ON 2023] E.ON Energie Deutschland GmbH (Hrsg.): Interaktive Wärmekarte Deutschland – Kennzahlen, Heiztechnologieverteilung und Sanierungsstatus für Schleswig-Holstein (abrufbar unter <https://www.eon.com/de/c/waermewende/waermekarte.html>)

[EWI/ITG/FIW/ef.Ruhr 2021] dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität. Klimaneutralität 2045 - Transformation der Verbrauchssektoren und des Energiesystems. Zusammenfassung. Herausgegeben von der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena), 10/2021

[EWKG 2021] Energiewende- und Klimaschutzgesetz Schleswig-Holstein; novellierte Fassung; am 17. Dezember 2021 in Kraft getreten

[F+B 2022] F+B Forschung und Beratung für Wohnen, Immobilien und Umwelt GmbH (Hrsg.): „Energiekennwerte Analyse von Eigentums-, Mietwohnungen und Eigenheimen - in Schleswig-Holstein (+ Deutschland)“, Hamburg 02/2022

[FIW et al 2019] Forschungsinstitut für Wärmeschutz (FIW) und Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) (Hrsg.): „Energieeffizienzsteigerung durch Innendämmsysteme: Anwendungsbereiche, Chancen und Grenzen“; München/Holzkirchen 04/2019

[Fraunhofer IRB 2018] Fraunhofer IRB Verlag, Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB (Hrsg. und Verlag) im Auftrag des Bauherren-Schutzbund e. V. (BSB): „Wirtschaftlichkeit baulicher Investitionen bei Erhöhung energetischer gesetzlicher Anforderungen – Metastudie“; Stuttgart 2018

[Fraunhofer ISE 2020] Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (Hrsg.): „Wärmepumpen in Bestandsgebäuden - Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt: WP_{SMART} im Bestand“; Abschlussbericht; Freiburg 07/2020

[GdW 2021] Bundesverbanddeutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen (GdW) (Hrsg.): „Sieben Argumente, warum ein Effizienzhaus 40 als gesetzlicher Mindeststandard im Mehrfamilienhaus nicht zielführend zur Erreichung des Klimaschutzes ist.“; GdW kompakt, Berlin 08/2021

[GALVIN 2014] Galvin, Ray: "Warum deutsche Hauseigentümer ungern energetisch sanieren"; Research Paper, Aachen 2014

[GEG 2024] Gebäudeenergiegesetz (GEG) – Gesetz zur Änderung des Gebäudeenergiegesetzes, zur Änderung des Bürgerlichen Gesetzbuches, zur Änderung der Verordnung über Heizkostenabrechnung, zur Änderung der Betriebskostenverordnung und zur Änderung der Kehr- und Überprüfungsordnung – in der im Bundesgesetzblatt vom 19. Oktober 2023 verkündeten Fassung (Inkrafttreten: 01. Januar 2024)

[GermanZero 2020] GermanZero e.V. (Hrsg.): „Der 1,5-Grad-Klimaplan für Deutschland – Gemeinsamer Aufbruch gegen die Klimakrise“; 2. Auflage, Berlin 04/2020

[GRAF 2015] Graf, Alicia – Bachelor-Thesis am Institut für Massivbau der TU Darmstadt; betreut von Graubner, Prof. Dr.-Ing. Carl-Alexander: „Analyse des Energieverbrauchs wärmetechnisch modernisierter Mehrfamilienhäuser – Entwicklung von Verbrauchsbenchmarks zur Beurteilung der Energieeffizienz“, Publikationsfassung, Darmstadt 2015

[Handelsblatt 2023] Handelsblatt, Artikel von Silke Kersting: „Nebenkosten treiben auch 2023 die Gesamtmiete“; Onlineartikel aus dem Politikbereich vom 16.01.2023

[Horschler et al 2021a] Dipl.-Ing. Architekt Stefan Horschler, Dipl.-Ing. (FH) Oliver Solcher, RA Elke Schmitz (Hrsg.): „Merkblatt zum Lüften im Wohnungsbau“; Hannover/Berlin/Bremen 05/2021

[Horschler et al 2021] Dipl.-Ing. Architekt Stefan Horschler, Dipl.-Ing. (FH) Oliver Solcher, RA Elke Schmitz (Hrsg.): „Studie zum Lüften im Wohnungsbau: Hintergründe – Regelungen – Beispiele“; Hannover/Berlin/Bremen 05/2021

[ifeu 2021a] Uta Weiß, ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH (Hrsg.): „Wie können wir klimaneutrale Technologien in den Markt bringen und welche Hebel haben wir hierfür?“; 2. Sitzung des Stakeholder-Dialogs „Klimaneutrale Wärme“, Videokonferenz, Präsentationsfolien vom 13.04.2021

[ifeu 2021] Peter Mellwig, ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH (Hrsg.): „Gebäude mit der schlechtesten Leistung (Worst performing Buildings) - Klimaschutzpotenzial der unsanierten Gebäude in Deutschland“; Berlin, Heidelberg 2021

[ifeu 2019] Peter Mellwig, Martin Pehnt; ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH (Hrsg.): „Sozialer Klimaschutz in Mietwohnungen - Kurzgutachten zur sozialen und klimagerechten Aufteilung der Kosten bei energetischer Modernisierung im Wohnungsbestand“; Heidelberg 09/2019

[ifeu 2015] Martin Pehnt et al.; ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH et al. (Hrsg.): „Weiterentwicklung des bestehenden Instrumentariums

für den Klimaschutz im Gebäudebereich“; Heidelberg, Darmstadt, Köln, Bielefeld
04/2015

[InWIS 2017] InWIS Forschung & Beratung GmbH (Hrsg.) in Kooperation mit der Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.: Neitzel, Michael (InWIS); Walberg, Dietmar; Gniechwitz, Timo (ARGE): „Baukosten und Energieeffizienz - Nachweis des Einflusses von Energieeffizienzstandards auf die Höhe von Baukosten“; Bochum
01/2017

[IW 2021] Institut der deutschen Wirtschaft Köln e.V. (Hrsg.): „IW-Gutachten: Wohnnebenkosten in Deutschland - Eine Analyse der zeitlichen Entwicklung und der regionalen Unterschiede“; Köln 09/2021

[IWU 2024] Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) (Hrsg.): „Klimaschutzkosten und sozialer Ausgleich im Wohngebäudebestand: Modellentwicklung und Analysen“, Einzelpublikation, Darmstadt 01/2024

[IWU 2022a] Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) (Hrsg.): „Was hat der Energieverbrauch von Mehrfamilienhäusern mit dem Dämmstandard zu tun?“, Schlaglicht 02/2022, Darmstadt 2022

[IWU 2022] Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) (Hrsg.): „Auf dem Weg zu einem klimaneutralen Gebäudebestand“, Schlaglicht 01/2022, Darmstadt 2022

[IWU 2021] Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) (Hrsg.): „Von der Beobachtung über die Analyse zu den Maßnahmen: Elemente einer Klimaschutzstrategie für den Wohngebäudebestand“, Schlaglicht 01/2021, Darmstadt 2021

[IWU 2019] Institut für Wohnen und Umwelt GmbH (Hrsg.): „Modellprojekt Energieverbrauchsbenchmarks, Soll-/Ist-Vergleich des Energieverbrauchs zur Evaluierung und Steigerung der Effizienz von Energiesparmaßnahmen im Praxisalltag eines Wohnungsunternehmens“, Darmstadt 06/2019

[IWU 2018] Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) (Hrsg.): „Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016 - Datenerhebung zu den energetischen Merkmalen und Modernisierungsraten im deutschen und hessischen Wohngebäudebestand“, Darmstadt 04/2018

[IWU 2015a] Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) (Hrsg.): „Kosten energierelevanter Bau- und Anlagenteile bei der energetischen Modernisierung von Altbauten Endbericht“, Darmstadt 08/2015

[IWU 2015] Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) (Hrsg.): „Deutsche Wohng Gebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden - zweite erweiterte Auflage“, Darmstadt 02/2015

[IWU 2013] Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) (Hrsg.): „Akteursbezogene Wirtschaftlichkeitsberechnungen von Energieeffizienzmaßnahmen im Bestand Berechnungen mit dem Vollständigen Finanzplan“, Darmstadt 07/2013

[IWU 2010] Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) (Hrsg.): „Datenbasis Gebäudebestand. Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand“, Darmstadt 12/2010

[KEAN 2020] Klimaschutz- und Energieagentur Niedersachsen GmbH: „Neues Bauen für bezahlbares Wohnen - Planungsanregungen für die energieeffizienten und kostenoptimierten Neubauten der 2020er Jahre“, Hannover 06/2020

[KfW 2023] Kreditanstalt für Wiederaufbau „Zuschuss Energetische Stadtsanierung“ (abrufbar unter [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/F%C3%B6rderprodukte/Energetische-Stadtsanierung-Zuschuss-Kommunen-\(432\)/?redirect=74128](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/F%C3%B6rderprodukte/Energetische-Stadtsanierung-Zuschuss-Kommunen-(432)/?redirect=74128))

[KSG 2024] Bundes-Klimaschutzgesetz 2024, am 17. Mai 2024 gebilligt

[McKinsey 2007] McKinsey&Company (Hrsg.): „Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland – Sektorperspektive Industrie“; Eine Studie von McKinsey&Company, Inc., erstellt im Auftrag von „BDI Initiative – Wirtschaft für Klimaschutz“, Berlin 2007

[MEKUN 2024c] Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes Schleswig-Holstein (MEKUN) (Hrsg.): Monitoringbericht Energiewende und Klimaschutz in Schleswig-Holstein 2024; Kiel, Kurzfassung vom 2. Juli 2024

[MEKUN 2024b] Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes Schleswig-Holstein (MEKUN) (Hrsg.): Energiebilanz und CO₂-Bilanzen für Schleswig-Holstein: 2012 bis 2022; Kiel, Berechnungsstand 02/2024

[MEKUN 2024a] Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes Schleswig-Holstein (MEKUN) (Hrsg.): Monitoringbericht Energiewende und Klimaschutz in Schleswig-Holstein 2023 – Tabellen und Abbildungen, Kiel, letzte Aktualisierung 01/2024

[MEKUN 2024] Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes Schleswig-Holstein (MEKUN) (Hrsg.): „Klimaschutzprogramm 2030“; Kiel, Entwurfssfassung vom 30. Januar 2024

[MEKUN 2023] Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes Schleswig-Holstein (MEKUN) (Hrsg.): Monitoringbericht Energiewende und Klimaschutz in Schleswig-Holstein 2023 – Kurz- und Langfassung, Kiel, letzte Aktualisierung 07/2023

[MICHELSEN et al. 2010] Michelsen, Claus; Müller-Michelsen, Silke: „Energieeffizienz im Altbau: Werden die Sanierungspotenziale überschätzt? Ergebnisse auf Grundlage des ista-iwh-Energieeffizienzindex“, Wirtschaft im Wandel 09/2010, S. 447-455

[MIKWS 2023] Ministerium für Inneres, Kommunales, Wohnen und Sport des Landes Schleswig-Holstein (MEKUN) (Hrsg.): „Maßnahmenfahrplan für den Sektor Gebäude für das Klimaschutzprogramm 2030 der Landesregierung“; Kiel, Fassung vom 20. Juli 2023

[MLLEV 2022] Ministerium für Landwirtschaft, ländliche Räume, Europa und Verbraucherschutz „Ländliche Räume“ (abrufbar unter https://www.schleswig-holstein.de/DE/landesregierung/themen/landwirtschaft/laendliche-raeume/laendliche-raeume_node.html)

[NABU 2017] NABU-Bundesverband Naturschutzbund Deutschland (NABU) e.V. (Hrsg.): „Klimaneutraler Gebäudebestand 2050 NABU-Stellungnahme zum Referentenentwurf des BMWi und des BMUB des Gesetzes zur Einsparung von Energie und

zur Nutzung Erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung von Gebäuden vom 23. Januar 2017“; Berlin 2017

[NABU 2012] NABU-Bundesverband Naturschutzbund Deutschland (NABU) e.V. (Hrsg.) „Strategie für eine wirkungsvolle Sanierung des deutschen Gebäudebestandes“; Berlin 2012

[Pestel et al 2022] Eduard Pestel Institut e.V. (Pestel Institut), Life Cycle Engineering Experts GmbH (LCEE) und Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (ARGE) (Hrsg.): „Wohnungsneubau: THG-Emissionen, Energieverbrauch und Kosten im Lebenszyklus“; München/Darmstadt/Hannover/ Kiel 12/2022

[Pestel/ARGE 2022] Eduard Pestel Institut e.V. / Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): Günther, Matthias; Walberg, Dietmar: „Bezahlbarer Wohnraum 2022 – Neubau – Umbau – Klimaschutz“, im Auftrag vom „Verbändebündnis Soziales Wohnen“, Hannover/Kiel 14. Januar 2022

[Pfnür 2016] Prof. Dr. Andreas Pfnür (Hrsg.) Institut für Betriebswirtschaftslehre Fachgebiet Immobilienwirtschaft und Baubetriebswirtschaftslehre: „Wirtschaftlichkeitsberechnungen bei verschärften energetischen Standards für Wohnungsneubauten aus den Perspektiven von Eigentümern und Mietern - Methodisches Vorgehen und Fallbeispiel“; Arbeitspapiere zur immobilienwirtschaftlichen Forschung und Praxis, Band Nr. 32, 11/2016

[Pohl 2006] Wolf-Hagen Pohl (Hrsg.): „Bauen im Bestand, Umsetzung der EnEV im Bereich bestehender Gebäude“, u.a. Abschnitt 4.2.7 „Wärmeschutztechnische Sanierung einer Außenwand mit einer Innendämmung“; 2006

[Pöschk 2011-2018] Pöschk, Jürgen (Hrsg.): „Energieeffizienz in Gebäuden“. Jahrbuch 2011 bis Jahrbuch 2018“; VME Verlag und Medienservice Energie, Berlin 2011 bis 2018

[Prognos et al 2020] Prognos AG/Fraunhofer ISI/Wuppertal Institut/ifeu (Hrsg.): „Roadmap Energieeffizienz – zweite Sitzung der Arbeitsgruppe Fachkräfte und Qualifikation“, Berlin, München 16. September 2020

[Prognos et al 2015] Prognos AG//ifeuIWU (Hrsg.): „Hintergrundpapier zur Energieeffizienzstrategie Gebäude - Erstellt im Rahmen der Wissenschaftlichen Begleitforschung zur Erarbeitung einer Energieeffizienzstrategie Gebäude“, Berlin, Heidelberg, Darmstadt 12/2015

[Prognos, NKI, Nextra Consulting 2021] Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) (Hrsg.): „Beitrag von Green Finance zum Erreichen von Klimaneutralität in Deutschland“; erweiterte Fassung 06/2021

[Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut 2021] Stiftung Klimaneutralität (Hrsg.): „Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann“ Zusammenfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende, 06/2021

[RWI 2023] RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung (Hrsg.): „Erstellung der Anwendungsbilanzen 2022 für den Sektor der Privaten Haushalte und den Verkehrssektor in Deutschland“ (Forschungsprojekt im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V.); Endbericht; Essen 10/2023

[SBTi 2021] Science Based Targets Initiative: „SBTi Corporate Net-Zero Standard“; Versios 1.0, 10/2021

[S&B STRATEGY 2024] S&B Strategy GmbH: „Klimaneutralität erst 2075+?“; München 06/2024

[S&B STRATEGY 2021] S&B Strategy GmbH: „Klimaneutralität 2045 oder politische Utopie“; München 09/2021

[Sobek 2024] Werner Sobek AG (Hrsg.): „Ergänzende Szenarienbetrachtung zu: Einbeziehung der CO₂-Amortisationsdauer von Energieeffizienzmaßnahmen in die Hamburger Machbarkeitsstudie“; Stuttgart, Bearbeitungsstand vom 13. März 2024

[Sobek 2023a] Werner Sobek, non nobis II - über die Randbedingungen des Zukünftigen; Print-Ausgabe, Stuttgart 2023

[Sobek 2023] Werner Sobek AG (Hrsg.): „Einbeziehung der CO₂-Amortisationsdauer von Energieeffizienzmaßnahmen in die Hamburger Machbarkeitsstudie“; Stuttgart, Endbericht vom 24. August 2023

[Sobek 2022] Werner Sobek, non nobis I - über das Bauen in der Zukunft; Print-Ausgabe, Stuttgart: 2022

[Statista 2023] Statista GmbH: „Entwicklung der Bauzinsen in Deutschland von Januar 2011 bis Dezember 2023“ (abrufbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1347565/umfrage/entwicklung-der-bauzinsen-in-deutschland>)

[Statistik Nord 2011-2023] Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein; „Wohnungsbestand in Schleswig-Holstein“, Statistische Berichte, Kennziffer: F II 4 - j 10 SH bis F II 22 SH, herausgegeben 2011 bis 2023

[Statistik Nord 2020] Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (Hrsg.) „Kreise und Städte in Schleswig-Holstein im Vergleich – Bautätigkeit, Wohnen 2019“, Hamburg 09/2020

[TECHEM 2022] Techem Energy Services GmbH, „Techem Verbrauchskennwerte 2022 – Erhebungen und Analysen zum Energieverbrauch und zur CO₂-Emission für Heizung und Warmwasser in deutschen Mehrfamilienhäusern“, Eschborn 2022

[Technologiestiftung Berlin 2020] Technologiestiftung Berlin (Hrsg.): „Vernetzte Energie im Quartier – Lösungen für die Energiewende 2017-2019“; Berlin 08/2020

[UBA 2024b] Umweltbundesamt: „Emission der von der UN-Klimarahmenkonvention abgedeckten Treibhausgase.“ <https://www.umweltbundesamt.de/indikator-emission-von-treibhausgasen#die-wichtigsten-fakten>

[UBA 2024a] Umweltbundesamt: Nationale Treibhausgas-Inventare 1990 bis 2022 (Stand EU-Berichterstattung 01/2024) und Vorjahresschätzung für 2023 (UBA Pressemitteilung Nr. 11/2024)

[UBA 2024] Umweltbundesamt: Emissionsdaten nach KSG (2023) – Emissionsübersicht KSG-Sektoren 1990-2023 (Stand 03/2024)

[UBA 2023b] Umweltbundesamt: „Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger“ Reihe: Climate Change 49/2023, Dessau-Roßlau 12/2023

[UBA 2023a] Umweltbundesamt: „Projektionsbericht 2023 für Deutschland“ Reihe: Climate Change 39/2023, Dessau-Roßlau 08/2023

[UBA 2023] Umweltbundesamt: „Dekarbonisierung von Energieinfrastrukturen“ Reihe: Climate Change 08/2023, Dessau-Roßlau 02/2023

[UBA 2021] Umweltbundesamt: „Treibhausgasminderung um 70 Prozent bis 2030: So kann es gehen!“, Dessau-Roßlau 09/2021

[UBA 2016] Umweltbundesamt: „Klimaneutraler Gebäudebestand 2050“, Dessau-Roßlau 02/2016

[WELT 2024] Die Welt: „Schleswig-Holstein bringt Klimaschutzgesetz auf neuen Stand“; Onlineartikel aus dem Regionalbereich Hamburg & Schleswig-Holstein 18.06.2024

[WELT 2023] Die Welt: „Schleswig-Holstein will Energiesektor hierzulande neu ordnen“; Onlineartikel aus dem Regionalbereich Hamburg & Schleswig-Holstein 21.03.2023

[VDPM 2023] Verband für Dämmsysteme, Putz und Mörtel e.V. (Hrsg.): „Historischer Einbruch bei der Fassadendämmung“; Pressemitteilung vom 28.11.2023

[VFF et al 2021] Verband Fenster + Fassade und Bundesverband Flachglas e. V. (Hrsg.): „Mehr Energie sparen mit neuen Fenstern - Aktualisierung Mai 2021 der Studie „Im neuen Licht: Energetische Modernisierung von alten Fenstern“; Frankfurt am Main/Troisdorf 05/2021

[Vogler 2014] Vogler, Dr. Ingrid – Dissertation an der Universität Kassel, betreut von Maas, Prof. Dr.-Ing. Anton: „Untersuchung von mittel- und langfristigen Auswirkungen verschiedener Energie-Einsparstrategien von Wohnungsunternehmen auf die Wohnkosten“ Kassel 2014

[VZBV 2021] Verbraucherzentrale Bundesverband (Hrsg.): „Spezifische Kosten für die energietechnische Modernisierung im Gebäudebestand in Abhängigkeit des Effizienzstandards“; Endbericht, Berlin 08/2021

[VZSH 2021] Verbraucherzentrale Schleswig-Holstein: „Durchblick Energiewende – Was ist Fernwärme?“ (abrufbar unter <https://www.durchblick-energiewende.de/energie/was-ist-fernwaerme>)

[Wolff et al. 2007] Wolff, Dr. Dieter und Jagnow, Dr. Kati: „Optimus – Optimierung von Heizanlagen unter Berücksichtigung der Contractingrelevanten Fakten“, Hannover 2007

[Wuppertal Institut 2020] Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH (Hrsg.): „CO₂-neutral bis 2035: Eckpunkte eines deutschen Beitrags zur Einhaltung der 1,5-°C-Grenze“; Bericht, Wuppertal 10/2020

[ZDB 2021] Zentralverband Deutsches Baugewerbe: „Beschäftigungseffekte der Klima-/Energiewende auf die Bauwirtschaft“; W 040/2021 vom 15.10.2021, Berlin 2021

[ZENSUS 2022] Zensus, Vollerhebung, Großprojekt der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder in enger Zusammenarbeit mit den Erhebungsstellen in den

Kommunen zur Erhebung von Zahlen zum Leben, Wohnen und Arbeiten in Deutschland; Zensusstichtag 15. Mai 2022, Veröffentlichung erster Ergebnisse, ausgewählte Zensusergebnisse zu Gebäuden und Wohnungen, regionale Datenabfrage für den Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein bei der Zensusdatenbank am 25.06.2024

[ZENSUS 2011] Zensus, Vollerhebung, Großprojekt der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder in enger Zusammenarbeit mit den Erhebungsstellen in den Kommunen zur Erhebung von Zahlen zum Leben, Wohnen und Arbeiten in Deutschland; Zensusstichtag 9. Mai 2011, regionale Datenabfrage für den Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein bei der Zensusdatenbank am 28.02.2024

Anlage: Zentrale Handlungsempfehlungen

Im Folgenden sind die aus der umsetzungsorientierten Machbarkeitsstudie und den ergänzenden Begleitgutachten⁸⁶ ableitbaren zentralen Handlungsempfehlungen gelistet, welche von entscheidender Bedeutung zur Erreichung der Klimaschutzziele im Bereich der Wohngebäude in Schleswig-Holstein sind:

- **Der energetischen Sanierung besonders ineffizienter Wohngebäude in Schleswig-Holstein ist aufgrund der in diesen Beständen vorhandenen Einsparpotentiale zukünftig eine noch stärkere Beachtung zu schenken, wobei sowohl das Leitbild der individuellen Gebäudesanierung als auch der strategische Umgang mit dieser Bausubstanz am Gesamtoptimum aus Ökologie, Wirtschaftlichkeit und Sozialverträglichkeit (unter Wahrung von erhaltenswerten Gestaltungsqualitäten) auszurichten sind.** Der erweiterte „Worst First“-Ansatz stellt diesbezüglich eine erfolgsversprechende Methode zur Ausrichtung der Sanierungsstrategie im Wohngebäudebestand dar. Hierbei werden vor allem die Gebäude für die Umsetzung von energetischen Maßnahmen vorgesehen, welche aktuell einen überproportional hohen Anteil an den Energieverbräuchen und CO₂-Emissionen aufweisen. Nach den durchgeführten Progressivitätsfolgeanalysen sind dies in Schleswig-Holstein vor allem die bisher noch nicht wesentlich bzw. nur teilweise sanierten Gebäude, die vor 1979 errichtet wurden. Ziel insbesondere bei sukzessiven Sanierungen an diesen Gebäuden (i.d.R. Teilsanierungen im Investitionszyklus der Bauteile/Komponenten) sollte eine beschleunigende Herstellung eines realistisch umsetzbaren und praxisnahen Gebäudestands (der einen effizienten Einsatz zukunftsfähiger Anlagentechnik auf Basis erneuerbarer Energien ermöglicht) sein, der auch mit einer deutlichen Minderung des Energieverbrauchs einhergeht. In diesem Zusammenhang sollte durch eine gezielte Ausrichtung von Finanzierungs- und Förderinstrumenten – insbesondere ausgerichtet auf die spezifische Eigentümerstruktur in Schleswig-Holstein – die energetische Sanierung der sehr ineffizienten Gebäude gestärkt werden. Die Sozialverträglichkeit der Maßnahmen speziell in Bezug auf einkommensschwache Nutzerinnen und Nutzer ist hierbei zu gewährleisten, da ansonsten z.B. die Akzeptanz für die energetische Gebäudesanierung oder die zeitnahe Umsetzung der Maßnahmen grundsätzlich nicht gegeben sein wird
- **Da die energetische Sanierung von Gebäuden mit hohem Hüllflächenanteil zu einem größeren Volumen an Bauleistungen und i.d.R. zu hohen finanziellen Belastungen führt, sollte dies unter anderem bei der Festlegung der jeweiligen Sanierungstiefe berücksichtigt werden.** Ein- und Zweifamilienhäuser besitzen mit annähernd 90 % der Wohngebäude in Schleswig-Holstein einen im Bundesvergleich überdurchschnittlich hohen Anteil. Da dieser Gebäudetyp in Schleswig-Holstein darüber hinaus meist freistehend ist und dementsprechend über einen hohen Hüllflächenanteil verfügt, sind Sanierungsmaßnahmen an den Außenbauteilen in Bezug auf einen Quadratmeter Wohnfläche vergleichsweise mit einem größeren Volumen an Bauleistungen, einem hohen Ressourcenverbrauch und einem meist deutlich höheren Aufwand verbunden. Dieses schlägt sich folglich in einem erhöhten

⁸⁶ 1. Potentiale leitungsgebundener Wärmeversorgung in Schleswig-Holstein (IB.SH Energieagentur, Kiel); 2. Klimaschutz und Wohnkostenfolgen in Schleswig-Holstein (RegioKontext GmbH, Berlin); 3. Graue Emissionen - Herausforderungen und Chancen für das Flächenland Schleswig-Holstein (Werner Sobek AG, Stuttgart)

Investitionsbedarf, hohen Kosten, die (anteilig) umgelegt werden können, und somit teils erheblich höheren Wohnkostenfolgen (und auch Mieten) nieder. Die energetische Sanierungstiefe sollte sich aus diesen Gründen bei den betreffenden Gebäuden unter Vermeidung von Lock-in-Effekten in einem besonderen Maße an einem leistbaren Niveau orientieren.

- **Geringinvestive Maßnahmen zur Erreichung schnell umsetzbarer Energie- und CO₂-Einsparungen sollten kurzfristig in den Blick von strategischen Ausrichtungen genommen werden.** Ein entsprechendes Förderangebot sollte diese energetischen, meist Kleinstmaßnahmen unterstützen und im Schwerpunkt auf die bisher mäßig modernisierten Gebäude ausgerichtet werden. In diesen sind in der Regel die höchsten Einsparungen zu erzielen. Allerdings sollten auch Gebäude Berücksichtigung finden, die bereits einen besseren energetischen Sanierungszustand aufweisen, um bei diesen insbesondere die Heizungsanlagen und die Wärmeübergabe weiter zu optimieren und die entsprechenden Erfolge ggf. durch ein kontinuierliches Monitoring mit wiederkehrendem bzw. automatischem Hydraulischen Abgleich auf Dauer aufrecht zu erhalten oder auszuweiten. Vorbild einer solchen Unterstützung der Eigentümerinnen und Eigentümer von Wohngebäuden in Schleswig-Holstein könnte der mittlerweile ausgelaufene Modernisierungszuschuss für Selbstnutzerinnen und -nutzer und privat Vermietende darstellen, bei dem das Land Schleswig-Holstein durch ein entsprechendes Förderprogramm die Wohnungs- und Hausbesitzer auf einfacher Art und Weise u.a. bei der Umsetzung kleinerer energetischer Maßnahmen zur Energie- und CO₂-Einsparung – im Investitionszyklus der Bauteile/Komponenten – unterstützt hat.
- **Konsequente Umstellung auf eine Wärmeversorgung auf Basis erneuerbarer Energien.** Die im Energiewende- und Klimaschutzgesetz des Landes verankerte Regelung zur kommunalen Wärmeplanung schafft einen Rahmen für einen Planungsprozess, der unter Beteiligung maßgeblicher Akteure, geeignete zukünftige Wärmeversorgungsoptionen für bestimmte Gebiete bzw. Quartiere identifiziert⁸⁷. Aufgrund der großen Zahl an Ein- und Zweifamilienhäusern und des in diesen Beständen aktuell noch hohen Anteils von Heizungen auf Basis fossiler Energieträger ist in Schleswig-Holstein ein spezieller Schwerpunkt auf die Umstellung der dezentralen Wärmeversorgung auf erneuerbare Energien zu legen. Hier gilt es auf Basis einer kommunalen Wärmeplanung bzw. integrierten Quartiersentwicklung die voraussichtlich wirtschaftlichste Wärmeversorgungsart zu bestimmen. Für Gebiete, in denen keine leitungsgebundene Wärmeversorgung sinnvoll ist, wird die Wärmepumpe als eine Schlüsseltechnologie bei der dezentralen Wärmeversorgung angesehen. Förderung und Initiativen des Bundes sind hinsichtlich ihrer Wirkung und ggf. weiterer spezifischer Anreize in Schleswig-Holstein mit maßgeblichen Akteuren wie Kammern und Verbänden zu reflektieren.
- **Entwicklung von konzeptionellen Lösungen für Heizungen bzw. Wärmeerzeuger in Schleswig-Holstein, die bis zum angestrebten Zielzeitpunkt auf Landesebene keinem technisch-funktionalen Austauschzyklus mehr unterliegen.** Eine der Hauptursachen für die Restemissionen des Wohngebäudebestands in Schleswig-Holstein im Jahr 2040 sind die zu diesem Zeitpunkt noch im Bestand befindlichen (in den letzten Jahren erneuerten)

⁸⁷ WPG.pdf (gesetze-im-internet.de); schleswig-holstein.de - Klimaschutz - Energiewende- und Klimaschutzgesetz; Kommunale Wärmeplanung (eki.sh)

Heizungen bzw. Wärmeerzeuger, die aus heutiger Sicht keinem technisch-funktionalen Austauschzyklus mehr unterliegen. Besonders herausfordernd wird diese Tatsache durch den Umstand, dass von diesen Heizungsanlagen bzw. Wärmeerzeugern noch ein großer Teil auf Basis fossiler Energien (vor allem Erdgas) betrieben werden. Beispielsweise könnte eine stufenweise Dekarbonisierung der fossilen Energieträger (z.B. durch den Bezug/Beimischung von lokal erzeugtem Biomethan)⁸⁸ dazu beitragen, auch diese Gebäude energieeffizient und je nach Geschwindigkeit und Umsetzung der Dekarbonisierung (weitestgehend) klimaneutral zu betreiben. Diesbezügliche Ansätze sollten geprüft, Alternativen aufgezeigt sowie die in diesem Zusammenhang avisierte Vorgehensweise möglichst frühzeitig abgestimmt, festgelegt und bekanntgegeben werden. Hierdurch können ggf. vorhandene Unsicherheiten im Hinblick auf nachhaltige Investitionsentscheidungen im Bereich der Wärmeversorgung bei den Eigentümerinnen und Eigentümern von Wohngebäuden in Schleswig-Holstein ausgeräumt werden. Grundsätzlich sollte – im Hinblick auf die Gesamtbilanz über den Gebäudelebenszyklus – bei Wohngebäuden, deren Energieversorgung nicht auf emissionsfreie Energie umgestellt werden kann (mit Ausnahmen insbesondere für Gebäude mit besonders erhaltenswerte Bausubstanz), die Sanierungstiefe gesteigert werden, um hierdurch betriebsbedingte Emissionen zu minimieren.

- **Umsetzung des Auf- und Ausbaus der leitungsgebundenen Wärmeversorgung in Schleswig-Holstein flankierend zur kommunalen Wärmeplanung unter Einbeziehung der technisch-wirtschaftlichen und organisatorischen Machbarkeiten im ländlichen Raum.** Erleichterung der Umstellung dezentraler fossiler Wärmeversorgung auf eine leitungsgebundene Wärmeversorgung besonders in Gebieten mit bestehender Netzinfrastruktur und in entsprechenden Ausbaubereichen und Quartieren. Die Nachverdichtung und der sukzessive Ausbau der leitungsgebundenen Wärme im städtischen und ländlichen Raum sollte mit der Initiierung und Moderation von Quartierslösungen zur Realisierung hoher Anschlussraten – vor dem Hintergrund der kommunalen Wärmeplanung – einhergehen. Hierbei wird eine integrierte und individuelle Betrachtung von Gemeinden notwendig sein, um potentielle technische und organisatorische Treiber identifizieren zu können. Besonders im ländlichen Raum werden in diesem Zusammenhang Quartierslösungen in der leitungsgebundenen Wärmeversorgung eine Rolle spielen. Vor diesem Hintergrund sind spezifische und quartiersindividuelle Konzepte der Wärmeversorgung für Schleswig-Holstein zu entwickeln.
- **Die Relevanz und die Chancen besonders erhaltenswerte Bausubstanz und Denkmäler sind bei Festlegungen und Planungen von Entwicklungsstrategien für den Wohngebäudebestand in Schleswig-Holstein angemessen zu berücksichtigen.** Insbesondere in den noch nicht wesentlich modernisierten Beständen vor 1979 (siehe hierzu auch Handlungsempfehlung zur energetischen Sanierung besonders ineffizienter Wohngebäude) sind eine große Anzahl an Gebäuden in Schleswig-Holstein – über eingetragene Baudenkmäler hinaus – als schutzwürdig einzuordnen und als besonders erhaltenswerte Bausubstanz zu klassifizieren. In diesem Zusammenhang ist in den verschiedenen Gebäudetypen und -clustern in Schleswig-Holstein ein Anteil in Höhe 7,9 % des gesamten Wohngebäudebestandes mit

⁸⁸ Vgl. Perspektive gem. GEG zur stufenweisen Einführung einer Grünen-Brennstoff-Quote

bestimmten Sanierungsrestriktionen – beispielsweise im Bereich der Fassaden – belegt, welche umfassende energetische Sanierungen teilweise einschränken oder gegebenenfalls hemmen und somit einen signifikanten Einfluss auf das Erreichen der Klimaziele besitzen. Aus diesem Grund ist eine vorausschauende Befassung mit den betreffenden Gebäudebeständen auf regionaler Ebene dringend geboten. Hierbei sind die vorhandenen Potentiale und spezifischen Herausforderungen in Bezug auf Gebäude mit besonders erhaltenswerter Bausubstanz zu erfassen und möglichst passgenaue Herangehensweisen mit ggf. besonderen Festlegungen bezüglich der Sanierungstiefe bzw. der Umsetzung von hohen energetischen Qualitäten an der Gebäudehülle zu ermitteln. In diesem Zusammenhang ist auch die qualitätssichernde gestalterische Begleitung der energetischen Maßnahmen durch Architektinnen und Architekten, Ingenieurinnen und Ingenieure, Kulturhistorikerinnen und Kunsthistoriker, Energieberaterinnen und Energieberater für Baudenkmale etc. in ausreichendem Maße einzubeziehen. Ergänzende Fördermöglichkeiten für den Erhalt, die Sanierung und die Anpassung der Gebäude mit besonders erhaltenswerter Bausubstanz sollten hierbei zu einer nachhaltigen Steigerung der Sanierungsaktivitäten in diesem Bereich führen.

- **Wohnungswirtschaftliche Flottenlösungen und energetisches Flottenmanagement für Bestandshalter und Wohnungsunternehmen sollten forciert werden**, um den Anforderungen an unterschiedliche Wohnungsbeständen in differenzierten Wohnungsmärkten gerecht zu werden. Hierbei sollte eine bessere Synchronisation von Teilsanierungen und gleichzeitig das Nutzen von Synergie-Effekten in Bezug auf Technologienutzungen (beispielsweise bei den durch Bestandshalter und Wohnungsunternehmen initiierten Quartierslösungen bzw. Konzeptionen zur emissionsfreien Wärmeversorgung) für private Einzeleigentümerinnen und -eigentümer ermöglicht werden.
- **Um die Gesamtbilanz über den Gebäudelebenszyklus weiter zu verbessern, sollte der Einsatz von Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen bei der energetischen Sanierung und im Neubau besonders befördert werden.** Graue Emissionen können durch die Verwendung von nachwachsenden bzw. wiederverwertbaren Materialien minimiert werden. Bei der Wahl von Dämmstoffen ist biogenen Materialien Vorrang zu geben, wo erforderlich sollten mineralische Dämmstoffe eingesetzt und rohölbasierende Werkstoffe vermieden werden. Wichtig ist hierbei aber auch die dauerhafte Nutzung der Dämmstoffe. Eine kurzzeitige Verwendung oder vorfrüher Ausbau mit anschließender thermischer Verwertung ist nicht zielführend in Bezug auf die Klima- und Ressourcenschonung. Entscheidend ist in allen Fällen die Schließung von Stoffkreisläufen, sodass die mit der Produktion verbundenen Emissionen nicht erneut anfallen. Der Einsatz von nachwachsenden bzw. wiederverwertbaren Materialien unter Ansatz von Lösungswegen für die Schließung von Stoffkreisläufen ist deshalb grundsätzlich zu unterstützen. Hierzu können sowohl breit angelegte Informationskampagnen z.B. in den sozialen Medien als auch spezielle Fachveranstaltungen beitragen. Außerdem sollten diese Kommunikationsstrategien für das ressourcen- und klimaschonende Sanieren und Bauen mit passenden Förderangeboten flankiert werden. In diesem Themenzusammenhang könnten Materialausweise fernerhin bei Sanierungen die Informationen über die Verwertungswege und -optionen sammeln und über die gesamte Nutzungsdauer verfügbar machen.

- **Beförderung der seriellen Sanierung durch Potenzialabschätzung, Dialog mit der Bauwirtschaft, Pilotprojekte und Beratung.**
- **Sensibilisierung und Anpassung des Nutzerinnen- und Nutzerverhaltens hin zu einem sparsamen Umgang bezüglich des Strom- und Wärmeverbrauchs in Gebäuden – Beratungsangebote ausbauen, zum Beispiel in Kooperation mit der Verbraucherzentrale.**
- **Durchführung eines regelmäßigen Monitorings. Wiederkehrende Befragungen der Eigentümerinnen und Eigentümer von Wohngebäuden in Schleswig-Holstein** unter anderem zu den durchgeführten energetischen Maßnahmen und Evaluierung der damit verbundenen Einspareffekte (Energieverbrauch und Treibhausgaseinsparung), fortlaufende Ermittlung der Sanierungsrate und Evaluierung der Sozialverträglichkeit der Klimaschutzmaßnahmen für Mieterinnen und Mieter bzw. im selbstgenutzten Eigentum.
- **Regelmäßiger Abgleich von notwendigen Bau- und Planungskapazitäten mit den baugewerblichen Verbänden und der Architekten- und Ingenieurkammer:**
 - Es bedarf einer langfristigen Beschäftigungsinitiative im Baugewerbe und der Bauindustrie für den Ausbau der notwendigen Kapazitäten zur Umsetzung der baulichen Transformation der Wohngebäudebestände.
 - Ein erheblicher Ausbau der Ausbildungskapazitäten an den Hochschulen für Architektinnen und Architekten, Bauingenieurinnen und Bauingenieuren sowie Ingenieurinnen und Ingenieuren der Gebäude- und Versorgungstechnik ist notwendig, um den Bedarf an planerischen Kapazitäten für die komplexen Aufgaben im Bereich der Bestandsleistungen im Bereich der Wohngebäude in Schleswig-Holstein abzudecken.
- **Ausschreibung zur Erarbeitung einer zielgerichteten (KI-unterstützten) Softwarelösung, die für die wesentlichen Gebäudetypen und -cluster des Wohngebäudebestands in Schleswig-Holstein gemäß Pareto-Prinzips energetische Sanierungsmaßnahmen inkl. grober Kostenschätzung, Fördermöglichkeiten mit Berücksichtigung des Gesamtoptimums aus Ökologie, Wirtschaftlichkeit und Sozialverträglichkeit (unter Wahrung von erhaltenswerten Gestaltungsqualitäten) vorschlägt, um Hausbesitzerinnen und -besitzer in Schleswig-Holstein als Orientierung auf dem Weg zum klimaneutralen Wohnen zu dienen.**

