



Masterarbeit:

Dekarbonisierungsszenarien und betriebswirtschaftliche Auswirkungen

anhand unterschiedlicher Bestandsportfolios
sozial orientierter Wohnungsunternehmen

vorgelegt zur Erlangung des akademischen Grades Master of Business Administration (MBA)
an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin und der BBA - Akademie der Immobilienwirtschaft e. V. Berlin
von

Hauke Meyer

Datum der Abgabe:

5. Februar 2024

Erstgutachterin:

Prof. Dr.-Ing. Regina Zeitner

Zweitgutachterin:

Prof. Dr.-Ing. Nicole Riediger

Kontakt:

h.meyer@deutscher-verband.org

Eingeschränkter Sperrvermerk

Diese wissenschaftliche Arbeit wurde mithilfe von Excel-Tools der Initiative Wohnen.2050 e. V. angefertigt. Die Nutzung dieser Werkzeuge ist exklusiv den Mitgliedern der Initiative Wohnen.2050 e. V. vorbehalten. Eine Veröffentlichung oder Vervielfältigung der digitalen Anlagen dieser Arbeit, auch in Auszügen, ist daher ohne ausdrückliche Genehmigung der Initiative Wohnen.2050 e. V. nicht zulässig.

Die Weitergabe oder die Verwertung der Unterlagen, Informationen und Kenntnisse ist nur insofern zulässig, soweit dies für den ordnungsgemäßen Ablauf der Betreuung und Bewertung der wissenschaftlichen Arbeit an der Hochschule gemäß der jeweiligen Prüfungsordnung erforderlich ist.

Weitergehende Ausnahmen bedürfen der vorherigen schriftlichen Genehmigung durch die Initiative Wohnen.2050 e. V.

Danksagung

Ich danke der Initiative Wohnen.2050 e. V. und insbesondere Felix Lüter und Vanessa Haidl herzlich für Ihre wertvolle fachliche Unterstützung und den hilfreichen Schulterblick aus der Praxis.

Felix Lüter sowie Dr. Ingrid Vogler vom GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e. V. gebührt zudem Dank für die anfänglichen Impulse zur ziel führenden Eingrenzung der Forschungsfrage.

Darüber hinaus möchte ich dem Verband der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft Rheinland Westfalen e. V. und dem Team von Dr. Daniel Ranker für ihre Unterstützung danken. Sie ermöglichten mir die Verwendung des noch im Test befindlichen, neuen Finanzierungstools der Initiative Wohnen.2050 e. V. im Rahmen der Masterarbeit.

Abschließend möchte ich meinem Arbeitgeber, dem Deutschen Verband für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung e. V., und insbesondere Christian Huttenloher herzlich danken für die Unterstützung und die Freiräume, die mir für die Bearbeitung der Masterarbeit gegeben wurden.

Berlin, 5. Februar 2024

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildungen | IV |
| Tabellen..... | V |
| Abkürzungen | VI |
| 1 Einleitung | 1 |
| 1.1 Ausgangssituation und Problemstellung..... | 1 |
| 1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise..... | 1 |
| 1.3 Aufbau der Arbeit..... | 2 |
| 2 Rahmenbedingungen der Bestandsdekarbonisierung..... | 3 |
| 2.1 Technologische Dekarbonisierungspfade | 4 |
| 2.1.1 Wärmeversorgung | 4 |
| 2.1.2 Zusammenspiel von Wärmeversorgung, Gebäudehülle und -technik..... | 7 |
| 2.1.3 Maßnahmenpakete je Ausgangssituation und Zielszenario | 13 |
| 2.2 Regulatorische Rahmenbedingungen | 17 |
| 2.2.1 Effizienzstandards und Förderung | 17 |
| 2.2.2 Vorgaben und Förderung der Wärmeversorgung..... | 21 |
| 2.2.3 CO ₂ -Bepreisung | 22 |
| 2.2.4 Mietenbegrenzung..... | 23 |
| 2.3 Zielgrößen, betriebswirtschaftliche Kennzahlen und Variablen | 24 |
| 2.3.1 CO ₂ -Bilanz..... | 24 |
| 2.3.2 Investitionen, Betriebsergebnis und Zielgrößen | 26 |
| 2.3.3 Verbrauch und Betrieb..... | 38 |
| 3 Hypothesen | 39 |
| 4 Methode..... | 40 |
| 4.1 Vier Ausgangsportfolios und acht Dekarbonisierungsszenarien..... | 40 |
| 4.2 Übersicht der Annahmen und Kennzahlen aller Portfolios..... | 42 |
| 4.3 Verteilung von Energiebedarfen, Effizienzklassen, Wärmeerzeugern..... | 45 |
| 4.4 Verwendung der Tools der Initiative Wohnen.2050..... | 47 |
| 4.4.1 Technik- und CO ₂ -Tool | 47 |
| 4.4.2 Finanzierungstool | 49 |
| 5 Vergleichende Analyse der Dekarbonisierungsszenarien | 51 |
| 5.1 Emissionen und Investitionskosten..... | 51 |
| 5.1.1 Entwicklung der CO ₂ -Emissionen | 51 |
| 5.1.2 Kumulierte Investitionskosten | 54 |
| 5.1.3 Wirkung der kumulierten Förderung auf Investitionskosten..... | 57 |

| | | |
|-------|--|---------------|
| 5.1.4 | Verhältnis CO ₂ -Einsparungen zu kumulierten Investitionskosten | 59 |
| 5.2 | Betriebswirtschaftliche Auswirkungen | 62 |
| 5.2.1 | Entwicklung der Jahresergebnisse und Finanzierungslücken | 62 |
| 5.2.2 | Entwicklung der Eigenkapitalquoten | 64 |
| 5.2.3 | Mietentwicklung und Mieterhöhungspotentiale..... | 65 |
| 6 | Fazit..... | 72 |
| 6.1 | Bewertung der Hypothesen | 72 |
| 6.2 | Ausblick und weitere Nutzungsmöglichkeiten der Forschungsergebnisse..... | 75 |
| | Literaturverzeichnis..... | 77 |
| | Anhang | 83 |
| A1 | Ermittlung von Branchendurchschnitten (Bilanz, GuV, Cashflow)..... | 83 |
| A2 | Übersicht zur Funktionsweise des CO ₂ - und Techniktools der IW.2050..... | 84 |
| A3 | Datenbasis der Analysegrafiken aus Kap. 5 | 85 |
| A4 | Ausgefüllte Excel-Tools je Dekarbonisierungsszenario..... | 91 |
| A5 | Verteilung von Endenergiebedarfen, Effizienzklassen, Wärmeerzeugern..... | 91 |
| A6 | Berechnung der jährlichen Kosten je Dekarbonisierungsszenario | 91 |
| A7 | Berechnung der Förderung je Dekarbonisierungsszenario..... | 91 |
| | Eidesstattliche Erklärung..... | VIII |

Abbildungen

| | |
|--|----|
| Abb. 1: Verteilung des MFH-Bestands nach Energieeffizienzklassen | 12 |
| Abb. 2: Entwicklung der Baukosten | 30 |
| Abb. 3: Vier Ausgangsportfolios und acht Dekarbonisierungsszenarien im Vergleich | 40 |
| Abb. 4: Clusterung der Portfolios nach Energiebedarfen und Wärmeversorgung | 41 |
| Abb. 5: Verteilung von Endenergiebedarfen, Effizienzklassen, Wärmeerzeugern beim Portfolio 3..... | 46 |
| Abb. 6: Entwicklung der CO ₂ -Emissionen pro Szenario in kg/m ² a | 51 |
| Abb. 7: ∅ Differenz der CO ₂ -Emissionen in kg/m ² a | 52 |
| Abb. 8: Vergleich kumulierter Investitionskosten..... | 54 |
| Abb. 9: ∅ kumulierte Mehrkosten aufgrund von Zielstandard, Modernisierungstau oder fehlendem Fernwärmepotential..... | 55 |
| Abb. 10: Auswirkungen eines ambitionierten Worst-First-Ansatzes auf die kumulierten Investitionskosten bei Ziel NTR am Beispielszenario 3a | 56 |
| Abb. 11: Förderung, Förderquoten und Auswirkungen auf Investitionskosten | 57 |
| Abb. 12: Auswirkungen von Zielstandard, Modernisierungstau und Fernwärmeanteil auf die Förderquote | 59 |
| Abb. 13: Investitionskosten pro kg CO ₂ -Ersparnis je Dekarbonisierungsszenario inkl. und exkl. Förderungen | 59 |
| Abb. 14: Durchschnittliche Mehrkosten inkl. und exkl. Förderungen/kg CO ₂ -Ersparnis aufgrund von Zielstandard, Modernisierungstau od. fehlendem Fernwärmepotential | 60 |
| Abb. 15: Entwicklung der Jahresergebnisse..... | 62 |
| Abb. 16: Entwicklung der EK-Quoten..... | 64 |
| Abb. 17: Effekt der Modernisierungsumlagen auf die Miethöhe | 66 |
| Abb. 18: Begrenzung der Modernisierungsumlage durch die 2 € Kappungsgrenze..... | 67 |
| Abb. 19: Begrenzung der Modernisierungsumlage durch die 3 € Kappungsgrenze..... | 69 |
| Abb. 20: Entwicklung der Durchschnittsmieten..... | 70 |
| Abb. 21: Übersicht der Bearbeitungsschritte im CO ₂ - und Techniktool | 84 |
| Abb. 22: Screenshot des Techniktools; Eingaben aus Szenario 1a | 84 |

Tabellen

| | |
|--|----|
| Tab. 1: Übersicht zu Wärmeversorgungstechnologien und Eigenschaften | 5 |
| Tab. 2: Übersicht EH nach GEG | 11 |
| Tab. 3: Endenergiebedarfe je Energieeffizienzklasse nach Anlage 10 des GEG | 12 |
| Tab. 4: Verhältnis von Ausgangs-/Zielwerten beim energetischen Gebäudezustand | 13 |
| Tab. 5: Übersicht angenommener Modernisierungspakete A-F | 16 |
| Tab. 6: Übersicht angenommener Modernisierungspakete G und H | 17 |
| Tab. 7: Mindestwärmeschutz bei einzelnen Bauteilen | 18 |
| Tab. 8: Übersicht zur BEG-EH-Förderung | 19 |
| Tab. 9: Kostensätze je Modernisierungspaket, A-C | 27 |
| Tab. 10: Kostensätze je Modernisierungspaket, D und E | 28 |
| Tab. 11: Kostensätze je Modernisierungspaket, F und G | 29 |
| Tab. 12: Kostensätze je Modernisierungspaket, H | 30 |
| Tab. 13: Aktivierbarkeit der Kosten je Maßnahmenpaket und Zielstandard | 31 |
| Tab. 14: Förderquoten und -summen je Modernisierungspaket, A-C | 33 |
| Tab. 15: Förderquoten und -summen je Modernisierungspaket, D und E | 34 |
| Tab. 16: Förderquoten und -summen je Modernisierungspaket, F-H | 35 |
| Tab. 17: Zusammenfassung allgemeiner Annahmen | 42 |
| Tab. 18: Zusammenfassung angenommener Kosten | 42 |
| Tab. 19: Zusammenfassung der Annahmen zur Finanzplanung und -situation | 43 |
| Tab. 20: Zusammenfassung der Annahmen zur Einnahmesituation | 44 |
| Tab. 21: Finanzierungslücken als Summe der Jahresergebnisse | 63 |
| Tab. 22: Mieterhöhungspotentiale nach jährlichen Maßnahmen anhand Szenarien 1b und 4a bei Ansatz von 50 % der Kosten über die Modernisierungsumlage | 68 |
| Tab. 23: Aufschlag auf Ausgangsmieten zur Deckung der Finanzierungslücken | 71 |
| Tab. 24: Branchendurchschnitte/Ableitung betriebswirtschaftlicher Ausgangssituation | 83 |
| Tab. 25: Entwicklung der CO ₂ -Emissionen pro Szenario in kg/m ² a | 85 |
| Tab. 26: ∅ Differenz kg CO ₂ /m ² a | 85 |
| Tab. 27: Kumulierte Investitionskosten 2025 – 2045 je Modernisierungsszenario | 85 |
| Tab. 28: ∅ kumulierte Mehrkosten je Portfolio | 86 |
| Tab. 29: Förderung, Förderquoten und Auswirkungen auf Investitionskosten | 86 |
| Tab. 30: Auswirkungen von Zielstandard, Modernisierungstau und Fernwärmeanteil auf die Förderquote in % | 86 |
| Tab. 31: Investitionskosten/kg CO ₂ -Ersparnis je Dekarbonisierungsszenario | 87 |
| Tab. 32: ∅ Mehrkosten inkl. und exkl. Förderungen je kg CO ₂ -Ersparnis | 87 |
| Tab. 33: Übersicht aller Jahresüberschüsse bzw. Fehlbeträge | 88 |
| Tab. 34: Übersicht jährlicher Eigenkapitalquoten | 88 |
| Tab. 35: Durchschnittsmieten/m ² nach Modernisierungsumlagen | 89 |
| Tab. 36: Mietenentwicklung inkl. Inflation und Modernisierungsumlagen | 89 |
| Tab. 37: Begrenzung der Modernisierungsumlage durch die Kappungsgrenzen | 90 |

Abkürzungen

| | |
|-------------|--|
| ARGE | Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e. V. Kiel |
| BBSR | Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung |
| BDEW | Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. |
| BGB | Bürgerliches Gesetzbuch |
| BMWK | Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz |
| BMWSB | Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen |
| BEHG | Brennstoffemissionshandelsgesetzes |
| CO2KostAufG | Kohlendioxidkostenaufteilungsgesetz |
| dena | Deutsche Energie-Agentur GmbH |
| DMB | Deutscher Mieterbund e. V. |
| DWD | Deutscher Wetterdienst |
| EH | Effizienzhausstufe |
| EnEV | Energieeinsparverordnung |
| EPBD | Energy Performance of Buildings Directive |
| ETS | European Union Emissions Trading System |
| GdW | Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e. V. |
| GEG | Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz) |
| GuV | Gewinn- und Verlustrechnung |
| IW.2050 | Initiative Wohnen.2050 e. V. |
| JAZ | Jahresarbeitszahl |
| JÜ | Jahresüberschuss |
| KSG | Bundes-Klimaschutzgesetz |
| kWh | Kilowattstunde |
| MEPS | Minimum Energy Performance Standards |
| MFH | Mehrfamilienhaus |
| NTR | Niedertemperatur-Ready |
| OVM | Ortsübliche Vergleichsmiete |
| PV | Photovoltaik |
| UBA | Umweltbundesamt |
| vzbv | Verbraucherzentrale Bundesverband e. V. |
| WPB | Worst Performing Buildings |
| WPIG | Gesetzes für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze |

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Die Dekarbonisierung des Wohngebäudebestands bis 2045 löst bei Wohnungsunternehmen hohen Investitionsbedarf aus und stellt strategisch-planerisch sowie betriebswirtschaftlich eine große Herausforderung dar. Dies gilt umso mehr für sozial orientierte Bestandshalter mit niedrigen Ausgangsmieten und begrenztem Spielraum für Mieterhöhungen zur Gegenfinanzierung.

Um die Klimaziele zu erreichen, müssen Dekarbonisierungspfade gefunden und beschriftet werden, die mit den Liquiditätsspielräumen der Wohnungsunternehmen und der betriebswirtschaftlichen Handlungsfähigkeit im Rahmen jährlicher Cashflows übereinstimmen. Ansonsten drohen wirtschaftliche Schieflagen bis hin zu Insolvenzen. Gegebene zusätzliche Kosten für energetische Modernisierungen¹ können folglich nur über Mieteinnahmen, Förderungen, Eigenkapitalnachschuss, ausbleibende andere Instandhaltungen oder Rücklagen gegenfinanziert werden.

1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise

In dieser Masterarbeit werden anhand von vier synthetischen Bestandsportfolios unterschiedliche Dekarbonisierungsszenarien vergleichend analysiert. Diese zeichnen sich jeweils durch folgende Eigenschaften aus:

- hoher Modernisierungstau, kein Fernwärmeanteil oder -potential,
- hoher Modernisierungstau, hoher Fernwärmeanteil und -potential,
- kein Modernisierungstau, kein Fernwärmeanteil oder -potential,
- kein Modernisierungstau, hoher Fernwärmeanteil und -potential.

Für jedes Portfolio werden zusätzlich zwei Zieleffizienzstandards miteinander verglichen, ein Niedertemperatur-Ready(NTR)-Standard und ein ambitionierterer Effizienzhaus(EH)-70-Standard. Betrachtet werden jeweils die Entwicklungen der CO₂-Emissionen und der nötigen kumulierten Investitionen sowie die betriebswirtschaftlichen Auswirkungen der Dekarbonisierungsszenarien. Bezug genommen wird dabei u. a. auf die Kosteneffizienz im Sinne einer Einsparung an CO₂-Emissionen je investiertem Euro sowie die Refinanzierungsmöglichkeit über Mieten bzw. die Finanzierungslücke, die ggf. bleibt und über Förderungen oder Eigenkapitalzuschüsse geschlossen werden müsste.

Durch dieses Vorgehen wird ein Beitrag zu einer differenzierten Bewertung der wirtschaftlichen Machbarkeit der Wärmewende für sozial orientierte Wohnungsunternehmen geleistet. Ziel ist es, damit sowohl Unternehmen als auch politische Entscheider:innen bei der Bewertung der Eigenschaften von Dekarbonisierungsszenarien und ihrer Rahmenbedingungen unterstützen zu können.

¹ Als energetische Modernisierung gelten in dieser Arbeit angelehnt an § 555b BGB alle baulichen Maßnahmen die zur Verbesserung des energetischen Zustands eines Gebäudes durch Senkung des Endenergiebedarfs beitragen bzw. nicht erneuerbare Primärenergie eingesparen oder das Klima nachhaltig schützen. Unerheblich ist, ob diese Maßnahmen die Wärmeversorgung, die Gebäudetechnik oder die Gebäudehülle betreffen. Modernisierungstau wird im weiteren Verlauf der Arbeit ebenfalls orientiert an energetischer Performance der Gebäude definiert.

1.3 Aufbau der Arbeit

Zunächst wird in Kap. 2 der technologische, regulatorische und betriebswirtschaftliche Rahmen abgesteckt, in dem die Bestandsdekarbonisierung erfolgen muss. Darauf aufbauend werden Arbeitshypothesen formuliert (vgl. Kap. 3) und die Methode zur Prüfung der Hypothesen erläutert (vgl. Kap. 4). Im Rahmen der Erläuterungen zur Methode werden die in Kap. 2 abgeleiteten Annahmen zusammengefasst. Für die Berechnungen werden das Technik- und CO₂-Tool sowie das Finanzierungstool der Initiative Wohnen.2050 e.V. (IW.2050) genutzt. Angenommene Eigenschaften der jeweiligen Portfolios, Modernisierungspakete je Dekarbonisierungsszenario sowie deren Kostensätze wurden aus bestehender Literatur, dem Rechtsrahmen sowie marktüblichen Daten abgeleitet und zusätzlich mit Fachexpert:innen gespiegelt und verifiziert.

In Kap. 5 werden die verschiedenen Dekarbonisierungsszenarien einander gegenübergestellt und analysiert, bevor abschließend im Fazit eine zusammenfassende Bewertung der Dekarbonisierungsszenarien hinsichtlich ihrer Kosteneffizienz und der jeweiligen betriebswirtschaftlichen Machbarkeit vorgenommen wird. Dabei werden auch weitere Forschungsfragen und mögliche Hebel aufgezeigt, um Finanzierungslücken zu schließen und kosteneffizientere Dekarbonisierung zu ermöglichen.

2 Rahmenbedingungen der Bestandsdekarbonisierung

Für sozial orientierte Wohnungsunternehmen besteht der politische Auftrag der Gesellschafter:innen (z. B. öffentliche Hand, Kirchen, Genossenschaftsmitglieder), Mietende mit geringeren Einkommen in den Fokus der Wohnraumversorgung des Unternehmens zu stellen und entsprechend niedrige Mieten zu ermöglichen. Dies zeigen auch Daten des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) und des Bundesverbands deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen (GdW) als Branchenverband, in dem überwiegend Genossenschaften, öffentliche und kirchliche Wohnungs- und Immobilienunternehmen organisiert sind. Demnach verlangten die GdW-Unternehmen 2022 in den vier größten Städten Deutschlands im Bestand bei der Wiedervermietung zwischen 34 - 57 % niedrigere Mieten als der Durchschnitt der Inserate auf Online-Portalen (vgl. GdW 2023).

Auch rechtlich sind Refinanzierungsmöglichkeiten über die Mieten begrenzt (vgl. Kap. 2.2). Trotzdem müssen die sozial orientierten Unternehmen bis 2045 große Investitionen für die energetische Modernisierung ihrer Bestände tätigen, wenn sie den gesetzlich beschlossenen klimaneutralen Gebäudebestand ermöglichen sollen.

Um den ökonomischen Druck auf die Wohnungsunternehmen sowie ihre Angebotsmieten möglichst gering zu halten und gleichzeitig die Klimaneutralität bis 2045 zu erreichen, gilt es daher die kosteneffizientesten Dekarbonisierungsszenarien zu identifizieren und umzusetzen. Die hierfür entscheidenden Variablen und Kennzahlen werden nachfolgend beschrieben. Sie sind eingrenzbare über technische Machbarkeit und regulatorische Rahmenbedingungen. Deshalb wird zum Einstieg eine Übersicht möglicher technischer Lösungswege sowie eine Einordnung des aktuellen rechtlichen Rahmens gegeben, in dem kosteneffiziente Dekarbonisierungsszenarien und ihre technische Umsetzung geplant werden müssen.

Bei den betriebswirtschaftlichen Auswirkungen werden wichtige weitere ökonomische Belastungen sozialorientierter Unternehmen abseits der Dekarbonisierung ausgeblendet oder orientiert an deren aktuellen Umfang konstant gehalten. Hierzu gehören z. B. die hohen politischen Anforderungen an öffentliche Unternehmen bei den Investitionen in Neubau und Zukauf oder die anstehenden Investitionen in barrierearmen Wohnraum angesichts demografischer Entwicklungen. Zugleich tragen sozialorientierte Wohnungsunternehmen häufig höhere Kosten aufgrund von Dienstleistungen im Wohnumfeld (Quartiersmanagement, soziale Treffpunkte, Integrationsarbeit, Schuldenberatung etc.). Diese Aufgaben werden nicht im Detail betrachtet oder ihre Kosten beziffert. Sie werden lediglich indirekt über eine betriebswirtschaftliche Ausgangssituation einbezogen, die auf Durchschnittswerten (z. B. laufende Kosten und Verhältnis des Jahresüberschusses zu den Mieteinnahmen; vgl. Kap. 2.3) verschiedener sozial orientierter Wohnungsunternehmen beruht. Begründet wird diese Vorgehensweise einerseits mit dem begrenzten Umfang dieser Arbeit. Zum anderen stellt die Forschungsfrage die konkreten betriebswirtschaftlichen Wirkungen verschiedener Dekarbonisierungsszenarien in den Mittelpunkt. Kostenentwicklungen für weitere Investitionen und Dienstleistungen einzubeziehen, würde die Ergebnisse „verwässern“ und eine Bewertung der betriebswirtschaftlichen Machbarkeit der Dekarbonisierung erschweren. Bei der Interpretation der Ergebnisse muss beachtet werden, dass in einem realen Unternehmen zukünftig steigende Investitionen z. B. in Neubau oder Barrierefreiheit anstehen könnten, die nicht abgebildet sind. Ziel ist v. a., die

Dekarbonisierungsszenarien untereinander zu vergleichen und so die Einflussfaktoren Modernisierungstau, Fernwärmepotential und Zielstandard isoliert beurteilen zu können. Die Eigenschaften dieser jeweiligen Einflussfaktoren werden nachfolgend definiert.

2.1 Technologische Dekarbonisierungspfade

Beim Vergleich von Dekarbonisierungspfaden im Gebäudebestand bis 2045 besteht die große Herausforderung, dass sowohl die Kosten und Verfügbarkeit für verschiedene Energieträger als auch die Kosten und Verfügbarkeit sowie die weitere Entwicklung von Wärmeerzeugungs- oder Wärmeschutztechnologien nicht verlässlich über einen Zeitraum von mehr als 20 Jahren abgeschätzt werden können.

Es lassen sich jedoch aus der Fachliteratur diverse Chancen, Herausforderungen und allgemeine Eigenschaften verschiedener Technikpfade ableiten, auf die sich die Annahmen in der empirischen Analyse dieser Arbeit stützen.

2.1.1 Wärmeversorgung

Dominierender Energieträger bei der Wärmeversorgung im Bestand von Mehrfamilienhäusern (MFH) in Deutschland ist Erdgas. 2019 wurden etwa die Hälfte der Wohneinheiten mit Gas versorgt, weitere 25 % mit Öl und etwa 14 % mit Fernwärme, die restlichen 10 % verteilen sich v. a. auf Biomasse, Nachtspeicheröfen und Wärmepumpen (vgl. BDEW 2019, S. 11). Der Anteil an Ölheizungen ist seitdem leicht rückläufig und wurde vorwiegend durch gasbetriebene Lösungen, aber auch durch Wärmepumpen und Fernwärme ersetzt (vgl. dena 2023a, S. 36; BDEW 2023, S. 20).

Der Ausstieg aus den weiterhin knapp 75 % Öl- und Gasheizungen ist rechtlich beschlossen und zulässige Versorgungslösungen sind ebenfalls eingegrenzt (vgl. Kap. 2.2.2). Gesetzlich werden jedoch diverse Erfüllungsoptionen zugelassen, deren Brennstoffe z. T. (noch) nicht flächendeckend verfügbar sind (z. B. grüne Gase und Wasserstoff, aber auch Biomasse). Aus Sicht von Wohnungsunternehmen ist abzuwägen, welche Versorgungslösung für den eigenen Bestand an MFH in Frage kommt. Nachfolgende Tabelle wurde in Anlehnung an eine Übersicht von Wärmeversorgungstechnologien auf dem Weg zur Bestandsdekarbonisierung von Walberg et al. (2023, S.29) erstellt und um Vor- und Nachteile aus v. a. wirtschaftlicher Sicht eines Wohnungsunternehmens ergänzt. Die Chancen und Herausforderungen von Mietenden oder Energieversorgungsunternehmen bei der Dekarbonisierung unterscheiden sich von denen der Wohnungsunternehmen und weichen entsprechend von der Darstellung in der Tab.1 ab. Sie stehen hier jedoch nicht im Fokus, da sie durch die Forschungsfrage nicht adressiert werden (vgl. auch Kap. 2.3.3).

Tab. 1: Übersicht zu Wärmeversorgungstechnologien und Eigenschaften (eigene Darstellung in Anlehnung an Walberg et al. (2023, S. 29) und Mellwig et al. (2021, S.17ff)); ausgegraute Technologieoptionen werden in der Analyse nicht einbezogen)

| Wärmeversorgungs-technologie | Anwendungen & Voraussetzungen aus Sicht eines Wohnungsunternehmens | Probleme & Chancen aus Sicht eines Wohnungsunternehmens |
|------------------------------|---|--|
| Dezentrale Wärmepumpe | <ul style="list-style-type: none"> • Vorlauftemperatur von 35° C um rund 14 % effizienter als bei 55° C. Oberhalb von 55° C Betrieb in der Regel weniger sinnvoll bzw. Überdimensionierung der Wärmepumpe nötig (vgl. Mellwig et al. 2021); • d. h.: Mindestwärmeschutz, bzw. geringe Systemtemperatur und große Heizflächen für effizienten Betrieb nötig; • Wärmequelle (z. B. Luft, Wasser, Erdwärme) muss erschließbar sein. | <ul style="list-style-type: none"> • Quellenerschließung bei hoher Baudichte teils schwer (Platz, Lärm); • vergleichsweise hohe Investitionskosten und Investitionsfolgekosten an Gebäudehülle und Heiztechnik (vgl. Kap. 2.1.2); • gute Kombinierbarkeit mit Photovoltaik (PV), geringe Betriebskosten (bei effizientem Betrieb), doch während Investitionskosten bei Wohnungsunternehmen liegen, kommen Ersparnisse im Betrieb Mietenden zugute. • CO₂-Emissionen abhängig vom Strommix; bei Umstieg auf Wärmepumpe erfolgt noch keine vollständige Dekarbonisierung. |
| Fernwärme | <ul style="list-style-type: none"> • Bestehendes Netz oder Ausbauplan bis 2045 muss vorhanden sein; • Systemtemperaturen abhängig von Erzeugung; sinkende Systemtemperaturen bis 2045 müssen gebäudeseitig ermöglicht werden, um erneuerbare Quellen mit Wärmepumpen und Solarthermie zu integrieren; • bei niedrigen Systemtemperaturen effizienterer Betrieb auch wegen geringerem Wärmeverlust über Leitungen. | <ul style="list-style-type: none"> • Keine/geringe Einflussnahme auf Ausbaupläne von Kommunen/Versorgern; bei Gebieten mit geringer Anschlussdichte keine Option, da unwirtschaftlich für Versorger; • bei vorhandenem Netz und zukunftsfähiger Versorgung einfache Maßnahme und geringe bzw. streckbare Investitionskosten; • CO₂-Emissionen abhängig vom Fernwärmemix, Umstieg bedeutet keine Dekarbonisierung; • Dekarbonisierung der Fernwärme und ihre Kosten sind beim Versorger und damit „externalisiert“ (bis dahin lediglich CO₂-Abgabe anteilig bei Vermieter:innen). |
| Biobrennstoffe/Wasserstoff | <ul style="list-style-type: none"> • Verfügbarkeit müsste gesichert sein; • Umrüstbarkeit von Erdgaskesseln müsste gegeben sein; • hohe Vorlauftemperaturen bleiben möglich; • dadurch Anforderungen an Gebäudehülle und -technik geringer. | <ul style="list-style-type: none"> • Zukünftige Verfügbarkeit bisher nur bei Denkmälern oder in unmittelbarer Nähe zur Industrie vermutet; • H₂-Markthochlauf ausstehend und schwer abzuschätzen; • weniger effizient als Wärmepumpen und Stromdirektnutzung; • aber: Hohe Systemtemperaturen verlangen weniger Folgeinvestitionen in Gebäudehülle und Heiztechnik; ggf. hohe Verbrauchskosten träfen zunächst Mietende, nicht Vermietende. |
| Kalte Nahwärmenetze | <ul style="list-style-type: none"> • Quellenerschließung zu prüfen; • Mindestwärmeschutz, bzw. geringe Systemtemperatur und große Heizflächen für effizienten Betrieb nötig; • Platz für Netzinfrastruktur nötig; • Betreibermodell nötig. | <ul style="list-style-type: none"> • Im Bestand ist effizienter Betrieb schwierig, da Anschlussdichte erreicht werden muss; • vergleichsweise hohe Investitionskosten und Investitionsfolgekosten an Gebäudehülle und Heiztechnik wegen niedriger Systemtemperatur (vgl. Kap. 2.1.2); • Aufwand und Wissen oder zusätzliche Kosten je nach Betreibermodell sehr groß. |

Die obige Darstellung von Wärmeversorgungslösungen ist vereinfacht. Biomasse- und Pelletzentralheizungen oder -spitzenlastkessel zusätzlich zu Wärmepumpen sind ebenso denkbar wie Gasspitzenlastkessel, die im Rahmen der Pflicht zu 65 % erneuerbaren Energien im Gebäudeenergiegesetz (GEG) vorübergehende Optionen darstellen. Die Modellrechnungen in Kap. 5 beschränken sich bei den Technologiepfaden aus Sicht des Wohnungsunternehmens auf die Zielstellung einer komplett fossilfreien Versorgung in einem Schritt. Beim Fernwärmemix und Strommix für Wärmepumpen erfolgt dabei die weitere Dekarbonisierung außerhalb der Verantwortung der Wohnungsunternehmen (Eigenenergieerzeugung wird ausgeblendet, s. u.). Zusätzlich werden Einzel- und Zentralheizungen mit Holz und Pellets als Energieträger aus Gründen der Vereinfachung nicht beachtet, da ihr Anteil im MFH-Bereich mit etwas über 2 % der Wohnungen sehr gering ist und zuletzt sogar abnahm (vgl. BDEW 2023, S. 6). Auch die Lagerfähigkeit und langfristige Verfügbarkeit dieser Energieträger in Ballungsräumen ist fraglich. Aus Gründen der unklaren Verfügbarkeit werden in der Betrachtung auch die oben dargestellten Biobrennstoffe und Wasserstoff als Lösungsoptionen ausgeblendet. Verschiedene Studien bezweifeln, dass bestehende Versorgungsinfrastruktur flächendeckend zum dezentralen Verheizen von grünen Gasen und Wasserstoff genutzt werden kann bzw. heben hervor, dass dies – im Vergleich zu Wärmepumpen oder dem Direkteinsatz von Strom – nicht kosteneffizient wäre (vgl. UBA 2023a; Meyer et al. 2021; Thomsen et al. 2022). Es wird daher davon ausgegangen, dass Unternehmen mit den technologischen Optionen planen, die sicher vorhanden sind.

Kalte Nahwärmenetze sind grundsätzlich eine Technologieoption (vgl. Tab. 1). Abseits der dezentralen Direktverbrennung wäre dort z. B. auch Wasserstoff als Energieträger inklusive der Abwärmenutzung aus der Elektrolyse im Energieträgermix denkbar (vgl. grundsätzlich: Thomsen et al. 2022; oder als Beispielprojekt, jedoch Neubau: Neue Weststadt Esslingen²). Bei der Umsetzung von Nahwärmenetzen können aus Sicht von Wohnungsunternehmen ähnliche Chancen bzw. Herausforderungen wie bei der Umstellung auf Fernwärme gelten. Geringere Skaleneffekte und ggf. höhere Kostenbeteiligung der Wohnungsunternehmen durch Energieerzeugungsanlagen auf eigenen Grundstücken lassen jedoch höhere Investitions- und Koordinationskosten erwarten. Aus Gründen der Vereinfachung werden kleinere, quartiersbezogene Wärmenetzlösungen in der Analyse daher nicht als gesonderte Zieloption aufgenommen.

Auch Stromdirektheizungen werden aufgrund ihrer geringen Bedeutung, ihrer Ineffizienz (z. B. im Vergleich zur Wärmepumpe) und bestehender regulatorischer Einschränkungen (vgl. Kap. 2.2.2) nicht als Technologieoption für die Raumwärmeerzeugung in die Analyse einbezogen.

Dass der effiziente Betrieb einer Wärmepumpe von einer möglichst niedrigen Vorlauftemperatur abhängt, wurde in Tab. 1 beschrieben. Die Effizienz einer Wärmepumpe wird über die Jahresarbeitszahl (JAZ) gemessen, die auch Bezugspunkt für Förderfähigkeit und Betriebserlaubnis ist (vgl. Kap. 2.2.2). Sie sagt aus, wie viele Kilowattstunden (kWh) Wärme die Wärmepumpe über das Jahr hinweg aus wie vielen kWh Antriebsenergie erzeugt. Je höher die JAZ, desto effizienter arbeitet die Wärmepumpe. An sehr kalten Tagen und bei höheren Heiztemperaturen arbeitet die Wärmepumpe ineffizienter, weshalb die JAZ immer einen Durchschnitt des Jahresverbrauchs betrachtet, da einzelne Tage oder Monate

² <https://www.energiewendebauen.de/forschung-im-dialog/neuigkeiten-aus-der-forschung/detailansicht/esslinger-quartier-bereitet-eigene-wasserstoffproduktion-vor>

nicht aussagekräftig wären. Die durchschnittliche JAZ von Wärmepumpen in Deutschland liegt je nach Wärmequelle etwa zwischen 3 und 4; d. h. aus einer kWh Antriebsenergie werden drei bzw. vier kWh Wärmeenergie erzeugt. (vgl. vzbv 2023a)

Neben der Zielwärmeversorgung ist die Unterscheidung nach der Art der bestehenden Versorgungstechnologien wichtig für die Auswahl und v. a. die Investitionskosten der Zieltechnologien (vgl. Kap. 2.3.2). 70 % der MFH verfügten 2019 über Zentralheizungen (v. a. Gas, Öl und Fernwärme) während Einzelöfen oder Gasetagenheizungen einen kleineren Teil ausmachten (vgl. BDEW 2019, S. 11). Bis 2023 nahmen der Anteil der Zentralheizungen v. a. mit Ölversorgung sowie der Anteil mit Einzelöfen bei allen Wohneinheiten in Deutschland um etwa 3 % zugunsten von mehr zentralen Fernwärmeanschlüssen sowie Gas-Etagenheizungen ab (vgl. BDEW 2023, S. 6). In den synthetischen Beispielpartnern dieser Arbeit wird sich am durchschnittlichen Bestand orientiert und zugleich angenommen, dass bestehende gebäudeindividuelle Zentralheizungen (z. B. Gas oder Öl) vorzugsweise auf neue Zentrallösungen (Luft-Wasser-Wärmepumpe oder Fernwärmeanschluss) umgestellt werden. Die Umstellung wohnungsindividueller Gasetagenheizungen auf gebäudeindividuelle Zentrallösungen verursacht größere Investitionskosten, da in die bauliche Struktur und Leitungsverläufe eingegriffen werden muss. Dies wird bei der Kostenanalyse der empirischen Untersuchung berücksichtigt.

Eine in Deutschland bis jetzt relativ unerprobte aber grundsätzlich mögliche Lösung für die Dekarbonisierung von Gasetagenheizungen wäre der Umstieg auf wohnungsindividuelle Luft-Luft-Wärmepumpen (Klima-Split-Anlagen). Die LEG Immobilien SE erprobt diese zurzeit pilothaft in Kooperation mit Mitsubishi Electric.³ Die Investitionskosten sind hier ggf. geringer, denn viele Leitungen und Heizkörper sind hinfällig und müssen nicht ersetzt werden. Nebeneffekte sind jedoch Zugluft, Betriebsgeräusche und ungewohnte Ästhetik. Da es nur wenige Pioniere gibt, die diese Technik in Deutschland erproben, wird die Zieloption Luft-Luft-Wärmepumpe in dieser Arbeit nicht einbezogen. Denn auch die Kostenschätzungen für diese Technologie sind noch schwer abzuschätzen.

Bei größeren Wohnungsunternehmen werden in der Regel verschiedene Technologiepfade zugleich beschritten, da z. B. die Ausgangssituationen im Gebäudebestand nicht homogen sind oder nur für Teile des Portfolios eine Option zum Wärmenetzanschluss besteht. Dies wird bei der Simulation von Dekarbonisierungsszenarien in dieser Arbeit über eine Clusterbildung berücksichtigt, die sich am realen, durchschnittlichen Bestand orientiert.

2.1.2 Zusammenspiel von Wärmeversorgung, Gebäudehülle und -technik

Bei der Darstellung der verschiedenen Eigenschaften möglicher Wärmeversorgungstechnologien zeigt sich, dass die geeignete kosteneffiziente und dekarbonisierte Wärmeversorgungslösung auch gebäudeindividuell von weiteren Bausteinen abhängt. Hierzu zählt der Wärmeschutz bzw. die technische Gebäudeausstattung. Denn entscheidend für einen effizienten Betrieb v. a. von Wärmepumpen (vgl. Mellwig et al. 2021, S. 17f), aber auch dekarbonisierten Wärmenetzen (vgl. ebd., S. 19f), sind begrenzte Vorlauf- bzw.

³ Zur strategischen Partnerschaft siehe hier: <https://wohnungswirtschaft-heute.de/luft-luft-waermepumpen-offensive-leg-immobilien-und-mitsubishi-electric-schliessen-strategische-partnerschaft/>

Abnahmetemperaturen am Gebäude von max. 50 - 55° C.⁴ Ermöglicht wird dies erst durch einen begrenzten Wärmeverlust im Gebäude und/oder größere Heizflächen und effizient eingestellte Heizsysteme. Bei einem niedrigen Dämmstandard im MFH muss eine Absenkung der Vorlauftemperatur in der Regel mit einer Heizflächenvergrößerung einhergehen, bei besserer Dämmung sind bestehende Heizkörper ggf. bereits ausreichend (vgl. Walberg et al. 2023, S. 33).

Gerade bei Wärmepumpen kann zudem lokal erzeugter Strom über PV zu einem effizienteren Betrieb beitragen (vgl. Walberg et al. 2023, S.27). Aufgrund der zusätzlichen Komplexität wird die Eigenstromerzeugung aber in der empirischen Analyse dieser Arbeit ausgeblendet. Die Sensitivität der potentiell ausgemachten Finanzierungslücken hinsichtlich Einbindung von PV wäre eine mögliche Folgefrage für weitere Forschungsarbeit.

Effiziente Lüftungssysteme mit Wärmerückgewinnung sind zusätzlich ein wichtiger Faktor. Walberg et al. (2023, S. 27) betonen, dass nur die Kombination dieser verschiedenen Bausteine die Wärmewende ermöglicht. Bei den nötigen effizienten Vorlauftemperaturen ist nicht auszuschließen, dass technologischer Fortschritt zu neuen, auch bei höheren Temperaturen effizienten Lösungen führt. Moderne Wärmepumpen können beispielsweise auch Vorlauftemperaturen von 75° C leisten. Die Effizienz eines solchen Betriebs ist aber noch nicht gegeben, sodass dies maximal an wenigen, besonders kalten Tagen erfolgen sollte bzw. zusätzliche Spitzenlastkessel (Gas, Biomasse) nötig wären (vgl. dena 2023b, S. 14f). Solche Hybridlösungen werden – wie oben beschrieben – im Rahmen dieser Arbeit nicht betrachtet.

Der Dreiklang aus Gebäudehülle, Energie- und Wärmeversorgung sowie Gebäudetechnik bietet in seinen Kombinationen sehr viele Möglichkeiten. Bei einer Simulation von verschiedenen Dekarbonisierungsszenarien im Rahmen dieser Arbeit kann daher nicht gewährleistet werden, dass immer das im gebäudebezogenen Einzelfall kosteneffizienteste Szenario mit untersucht wird. Hier müssen zu einem gewissen Grad Annäherungen über verallgemeinerte, nötige Zielstandards und damit einhergehenden Modernisierungspaketen in Kauf genommen werden.

Grundsätzlich muss eine optimale Kombination von Wärmeschutz und klimaneutralen Wärmeversorgungslösungen im Spannungsfeld der höheren Betriebseffizienz der Heizungen bei geringen Systemtemperaturen und dem zugleich abnehmenden Grenznutzen von höherem Wärmeschutz gefunden werden. Bienert et al. (2022, S. 66) betonen, dass ein höherer Wärmeschutz weiterhin den höchsten Effekt auf die Senkung des Primärenergiebedarfs eines Gebäudes hat. Zugleich hätte aber aufgrund des abnehmenden Grenznutzens eine Dämmung von mehr als 14 cm nur noch geringe Einspareffekte (vgl. ebd.). Daraus schlussfolgern sie hinsichtlich der Kosteneffizienz energetischer Modernisierungen:

„[Dies] untermauert die Feststellung, dass gegebenenfalls andere Maßnahmenbereiche (ab einer bestimmten Dämmstärke) kosteneffizienter weitere Reduktionen von THG-Emissionen unterstützen können.“ (ebd. S. 67)

Walberg et al. (2023, S. 27) betonen ebenfalls die grundsätzliche Bedeutung des Wärmeschutzes und dass (die Grenzkosten beachtend) immer ein möglichst hoher energetischer

⁴ Bei MFH und im Falle gemeinsamer Wärme- und Warmwasserversorgung werden aufgrund von Leitungslängen und Legionellengefahr auch höhere Temperaturen von mind. 60° C empfohlen. Durch Ultrafiltration oder separate direktelektrische Wassererhitzung kann diese Problematik aber umgangen werden (vgl. dena 2023b, S. 15f).

Standard angestrebt werden sollte, wenn Bauteile getauscht werden. Wichtig sei vor allem eine erneute Modernisierung aus energetischen Gründen bis 2045 zu vermeiden, da dies zu erhöhten Gesamtkosten führe (vgl. ebd.). In diesem Sinne ist entscheidend, die Gebäudehülle und den Wärmeschutz von der Klimaneutralität 2045 als Zielszenario zu denken. Ein Konzept hierzu ist die Definition eines sog. „Niedertemperatur-Ready-Standards“ (NTR-Standard), der darauf fokussiert, den effizienten Betrieb erneuerbarer Wärmelösungen zu ermöglichen und zugleich so wenig wie möglich in den Grenzkostenbereich bei Wärmeschutz und Dämmung im Bestand zu geraten.

2.1.2.1 Niedertemperatur-Ready-Standard

Mellwig et al. (2021) haben sich an eben dieser Definition eines NTR-Standards versucht. Danach können Gebäude als NTR bezeichnet werden, wenn sie den nächsten anstehenden Austausch des Heizkessels für den Wechsel zu erneuerbaren Energien nutzen können. Dies ist wiederum möglich, wenn Vorlauftemperaturen von 55°C und weniger erreicht werden (vgl. ebd. S. 21). Laut den Autoren ist dies aber explizit kein finales Zielszenario. Weitere Verbesserungen der Energieeffizienz (wenn bspw. ohnehin Instandhaltungen anstehen und ältere Bauteile ersetzt werden müssen) seien sinnvoll. Der NTR-Standard ist daher als absoluter Minimalstandard auf dem Weg zur Klimaneutralität zu verstehen.

Um darzustellen, welche konkreten Maßnahmen zur Erreichung des NTR-Standards nötig sind, haben Mellwig et al. (2021) zwei Beispiel-MFH betrachtet – eines Baujahr 1955, mit zentraler Ölheizung und ohne bisher erfolgte Modernisierungen, das andere Baujahr 1995, mit Gasbrennwertkessel sowie gedämmten Außenwänden und Dach. Zunächst stellen sie klar, dass in den meisten MFH viele Heizkörper eigentlich überdimensioniert sind und die Heizlast eines Raumes auch mit geringerer Temperatur schaffen könnten. Bei der Vorlauftemperatur zähle aber das schwächste Glied der Kette und wenn einige wenige Heizkörper unterdimensioniert seien, schränke das die minimale Vorlauftemperatur ein (vgl. Mellwig et al. 2021, S. 27 und 37). In ihrer Modellrechnung wird daher stufenweise vorgegangen und in verschiedenen Szenarien zunächst der schlechteste, dann die fünf schlechtesten und dann das schlechteste Drittel der Heizungen je MFH ausgetauscht und Effekte simuliert. Zugleich werden Maßnahmen an der Gebäudehülle (Außenwanddämmung, Kellerdeckendämmung, Dachdämmung, Austausch Fenster und Türen und je verschiedene Kombinationen) simuliert.

Im Ergebnis zeigte sich, dass in beiden Fällen die Außenwanddämmung die höchsten Effekte auf die mögliche Vorlauftemperatur und die CO₂-Einsparungen hat, jedoch nicht alleine für einen NTR-Standard entscheidend ist. Auch alle der genannten Wärmeschutzmaßnahmen in Kombination genügen (selbst mit ambitioniertem Zielniveau EH 55, s. u.) alleine nicht, um einen NTR-Standard zu erreichen. In Kombination mit dem Austausch des schlechtesten Drittels aller Heizkörper werden jedoch Vorlauftemperaturen von unter 55 °C in beiden Gebäuden erreicht – im neueren MFH bereits in Verbindung mit nur einigen der genannten Teilmaßnahmen an der Gebäudehülle. (vgl. Mellwig et al. 2021, S. 33ff)

Für die empirische Analyse dieser Arbeit und die Festlegung der Kostensätze und Maßnahmenpakete wird sich auf diese Definition für den NTR-Standard gestützt. Er wird als „minimalinvasiver“ Zielstandard auf dem Weg zur Klimaneutralität einem ambitionierteren gegenübergestellt. Die Abstufung bei den Zielszenarien ergibt sich aus der laufenden Debatte zum nötigen Zielstandard beim Wärmeschutz im Bestand. Verfechter:innen von ambitionierteren Mindeststandards als NTR verweisen auf die Knappheit und

Nutzungskonkurrenz erneuerbarer Energien mit Blick auf den Verkehrs- und den Industriegesektor (vgl. z. B. ifeu et al. 2018 für Agora Energiewende). Darüber hinaus spielt bei der Debatte auch die Kostenteilung zwischen Mietenden und Vermietenden eine Rolle. Die tendenziell höheren Verbrauchskosten bei höheren Wärmebedarfen aufgrund geringerer Effizienzstandards sind von Mietenden zu tragen. Da zudem die Tendenz besteht, dass in den ineffizientesten MFH eher Mietende mit geringeren Einkommen wohnen, wird ein höherer Wärmeschutz auch als Beitrag zu sozialer Gerechtigkeit empfunden (vgl. Noka et al. 2023, S. 28f). Indirekt fallen aber über Modernisierungsumlagen (vgl. Kap. 2.2.4) auch die Investitionskosten für mehr Energieeffizienz beim Mietenden an. Hier können jedoch über Energieeinsparungen Verbrauchskosten gesenkt werden, sodass im besten Fall und über längere Zeiträume sogenannte Warmmietenneutralität erreicht wird. Auch hier ist es entscheidend, die Grenzkosten der Energieeffizienz im Blick zu behalten, um sich Warmmietenneutralität so gut wie möglich anzunähern.

2.1.2.2 Effizienzhausstufen

Gemessen und verglichen wird der Wärmeschutz bzw. die Effizienz der Wärmenutzung mithilfe der sog. Effizienzhausstufen (EH). Sie sind auch Orientierungspunkt für Förderung und gesetzliche Mindeststandards (vgl. Kap. 2.2.1). Das System basiert auf zwei Kriterien:

- Gesamtenergiebedarf der Immobilie (gemessen am durchschnittlichen Primärenergiebedarf),
- Wärmeschutz (gemessen am Transmissionswärmeverlust, also dem Wärmeverlust einer beheizten Immobilie nach außen durch die Gebäudehülle anhand sog. U-Werte) (vgl. KfW o.J.).

Im GEG ist ein Referenzgebäude definiert, welches durchschnittliche Minimalanforderungen an Primärenergiebedarf und Wärmeverlust festlegt, die bei Modernisierungen eingehalten werden müssen. Dieses orientiert sich am Neubaustandard der Energieeinsparverordnung (EnEV) von 2009. Es werden also Bestandsgebäude und heutige Neubaugebäude mit einem Neubau von 2009 verglichen. Dieses Referenzgebäude wird als EH 100 bezeichnet. Denn die weiteren, ambitionierteren Stufen EH 85, EH 70, EH 55 und EH 40 beziehen sich jeweils auf das Referenzgebäude und besagen, dass nur „X“ Prozent des Primärenergiebedarfs oder des Wärmeverlusts des „EH 100“ bestehen dürfen. Nachfolgende Tab. 2 zeigt hierzu eine Übersicht. Wichtig anzumerken ist, dass der abnehmende Grenznutzen des Wärmeschutzes ebenfalls berücksichtigt wird, da die Anforderungen auf Seiten des Transmissionswärmeverlustes mittlerweile weniger ambitioniert sind als auf Seiten des Primärenergiebedarfs, was wiederum der Dekarbonisierung der Wärmeversorgungsseite eine größere Bedeutung zuschreibt.

Tab. 2: Übersicht EH nach GEG (eigene Darstellung nach KfW o.J.)

| Effizienzhaus- stufe | Primärenergiebedarf (im Vergleich zum Referenzgebäude/EH 100) | Transmissions- wärmeverlust (im Vergleich zum Referenzgebäude/EH 100) |
|-------------------------|--|---|
| EH 40 | 40 % | 55 % |
| EH 55 | 55 % | 70 % |
| EH 70 | 70 % | 85 % |
| EH 85 | 85 % | 100 % |
| EH 100 | 100 % | 100 % |

Der oben definierte NTR-Standard passt hier nicht ins Schema, da er Vorlauftemperaturen von unter 55°C abbildet und nicht Primärenergiebedarf und Wärmeverlust. Er wurde aber auch im Rahmen der Bundesförderung effiziente Gebäude (BEG) 2023 eingefordert und ist Grundvoraussetzung für alle EH. Der NTR-Standard ist also mindestens beim Referenzgebäude EH 100 anzusiedeln, kann aber bei Teilkomponenten einer Modernisierung z. B. auch EH 55 Bauteile nötig machen sowie andere ineffizientere Teilkomponenten ermöglichen. In jedem Fall ist er flexibler zu erreichen als z.B. ein EH 70 oder 55, da es ausreichen kann, einzelne Bauteile unangetastet zu lassen.

Bei der Frage, welcher ambitioniertere Zielstandard im Bestand bei MFH betrachtet werden sollte, gehen große Szenario-Studien zur Klimaneutralität im Gebäudebereich teils von einem nötigen EH-55-Standard (vgl. dena 2021; Luderer et al. 2021), teils von einem EH-70-Standard aus (vgl. Prognos et al. 2021). Bienert et al. (2022) plädieren mit Verweis auf den abnehmenden Grenznutzen der Energieeffizienz gegen einen flächendeckenden EH-55-Standard im Bestand:

„Klar ist, dass die Wohnungswirtschaft aktuell Modernisierungen umsetzt und anstrebt, die überwiegend das Niveau EH 70 beziehungsweise EH 100 erreichen“ (vgl. ebd., S. 68).

Die Autoren betonten, dass mit dem EH-55- im Vergleich zum EH-70-Standard etwa 16 % höhere Kosten, jedoch nur 8 % mehr Endenergieeinsparung einher gehen – und dies ohne Einbezug des Nutzer:innenverhaltens, welches durch sog. Rebound-Effekte nachweislich dafür sorgt, dass in ineffizienten Gebäuden sparsameres und in effizienten Gebäuden weniger sparsames Heizverhalten zu beobachten ist (vgl. ebd., S. 70f). Dabei betrachteten sie nur die schlechtesten Gebäude. Bei besseren Gebäudeklassen als Ausgangssituation wären die Einsparpotentiale im Zuge einer Modernisierung auf EH 55 entsprechend geringer. Vor diesem Hintergrund wird in dieser Arbeit als zweiter, ambitionierter Zielpfad für die Dekarbonisierungsszenarien der synthetischen Portfolios der EH-70-Standard gewählt, der dem weniger ambitionierten NTR-Standard gegenübergestellt wird. Auch Walberg et al. (2023, S. 31) empfehlen als ambitionierten Zielstandard maximal EH 70 sowie als gesetzlichen Minimalstandard nach Modernisierungen den EH 100 (der dem NTR-Standard nahekommt, jedoch weniger flexibel ist, s. o.). Noka et al. (2023) rechnen ebenfalls mit einer energetischen Modernisierung des schlechtesten MFH-Bestandes auf maximal EH-70-Standard und bezeichnen dies als ambitioniert.

2.1.2.3 Energieeffizienzklassen

Eine im Vergleich zum NTR-Standard und EH-Klassifizierungen in der Öffentlichkeit deutlich bekanntere Klassifizierung des energetischen Zustands eines Gebäudes sind die Energieeffizienzklassen A+ bis H. Die Klassen sind aus Energieausweisen bekannt und können sich auf den Energieverbrauch oder -bedarf beziehen. Der Faktor „Nutzerverhalten“ wird in dieser Arbeit nicht beachtet. Ist von Energieeffizienzklassen die Rede, wird Bezug auf die Aufteilung nach Energiebedarfen genommen. Nachfolgende Tab. 3 zeigt, welche maximalen Endenergiebedarfe je m² Gebäudenutzfläche⁵ und Jahr laut GEG welcher Energieeffizienzklasse zuzuordnen sind.

Tab. 3: Endenergiebedarfe je Energieeffizienzklasse nach Anlage 10 des GEG

| Energieeffizienzklasse | Endenergie (kWh/m ² Gebäudenutzfläche/Jahr) |
|------------------------|--|
| A+ | ≤ 30 |
| A | ≤ 50 |
| B | ≤ 75 |
| C | ≤ 100 |
| D | ≤ 130 |
| E | ≤ 160 |
| F | ≤ 200 |
| G | ≤ 250 |
| H | > 250 |

Der MFH-Bestand teilt sich in Deutschland zwischen den Energieeffizienzklassen wie folgt auf (vgl. Abb. 1).

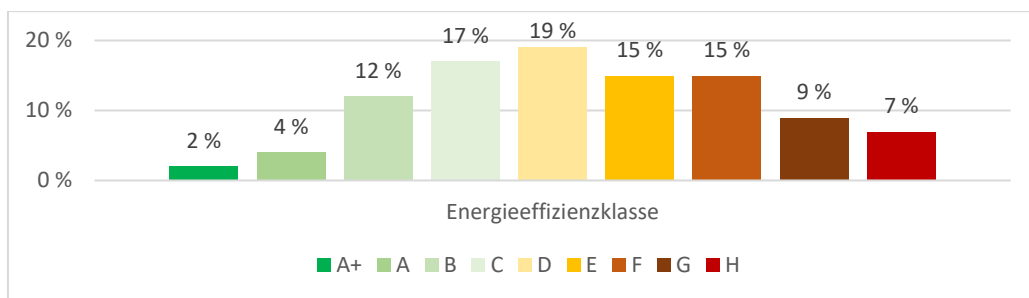


Abb. 1: Verteilung des MFH-Bestands nach Energieeffizienzklassen (eigene Darstellung nach Bienert et al. 2022, S. 45)

In der späteren Analyse wird Modernisierungstau bzw. nicht vorhandener Modernisierungstau eines Portfolios anhand zweier unterschiedlich abweichender Verteilungen des Bestandes auf die Energieeffizienzklassen simuliert.

⁵ gemäß DIN V 18599-1

2.1.3 Maßnahmenpakete je Ausgangssituation und Zielszenario

Für die empirische Analyse mit Hilfe der synthetischen Portfolios ist folgendes für die jeweiligen Wohngebäude festzulegen:

- Energetischer Ausgangszustand,
- Ausgangstechnologie für die Wärmeversorgung,
- Zielzustand und damit jeweilige Maßnahmenpakete für das Zielniveau NTR,
- Zielzustand und damit jeweilige Maßnahmenpakete für das Zielniveau EH 70,
- jeweils damit verbundene Investitionskosten sowie
- Effekte auf den Endenergiebedarf und die CO₂-Emissionen.

Hierzu ist zunächst das Verhältnis von EH-Standards (Zielwerte) und Energieeffizienzklassen (Ausgangswerte) zu klären. Dies kann nur näherungsweise bestimmt werden, da die EH-Systematik den Transmissionswärmeverlust und den Primärenergiebedarf (und damit den Energieträger) einbezieht und die Energieeffizienzklassensystematik lediglich den Endenergiebedarf, der wiederum bei gleichen Gebäuden aber unterschiedlichen Brennstoffen variiert. Zum anderen führen Abweichungen bei Form und Größe der Häuser ebenfalls zu Abweichungen bei den Verhältnissen der beiden Bewertungssysteme. Trotzdem wird auch in Energieausweisen zur besseren Vergleichbarkeit für Verbraucher:innen z. B. bei der Energieeffizienzklasse A+ auf das EH 40 als Äquivalent verwiesen. Ausgehend hiervon wurden die weiteren Effizienzhausstufen den weiteren Energieeffizienzklassen per Hochrechnung in Tab. 4 zugeordnet. Dies ist im Einzelfall nicht so zu verallgemeinern. Da in dieser Arbeit aber die Portfoliobetrachtung im Fokus steht und sich Einzelabweichungen über die Summe an Gebäuden zumindest weitestgehend ausgleichen, wird diese Unschärfe für die vorliegende Analyse in Kauf genommen.

Tab. 4: Verhältnis von Ausgangs- und Zielwerten beim energetischen Gebäudezustand (eigene Darstellung)

| Energieeffizienzklasse | Endenergie (kWh/m ² Gebäudenutzfläche/Jahr) | Entspricht in etwa: |
|------------------------|--|--|
| A+ | ≤ 30 | EH 40 |
| A | ≤ 50 | EH 55 – EH 70 |
| B | ≤ 75 | EH 70 – EH 100/115 |
| C | ≤ 100 | Kein EH, jedoch NTR |
| D | ≤ 130 | Kein EH, jedoch NTR (ggf. mit Teilmaßnahmen) |
| E | ≤ 160 | Kein EH, ggf. NTR über Teilmaßnahmen |
| F | ≤ 200 | Kein EH, kein NTR |
| G | ≤ 250 | Kein EH, kein NTR |
| H | > 250 | Kein EH, kein NTR |

Wie in Tab. 4 dargestellt, wird spätestens ab Energieeffizienzklasse C nicht mehr von einem Effizienzhaus ausgegangen. Ein NTR-Gebäude könnte auch noch in C und teilweise auch in D und E ohne weitere bzw. mit minimalinvasiven Maßnahmen wie Austausch der Heizkörper möglich sein. Dies stellten Holm et al. (2023) in einer Studie heraus, in der sie darlegen, dass im Durchschnitt eine NTR-Vorlauftemperatur von 55°C in der Energieeffizienzklasse D mit einer Wärmepumpe mit einer JAZ von knapp 3 erreicht wird (vgl. ebd., S. 15). Davon wird abgeleitet, dass in E eine Teildämmung (z. B. Dachboden und

Kellerdecke) in Kombination mit dem Heizkörperaustausch ähnliches erreichen kann. Auch hier ist im Einzelfall von Abweichungen je nach Gebäude, Heizkörper sowie Art der Wärmepumpe auszugehen. Für die Zwecke dieser Arbeit wird jedoch verallgemeinert und grundsätzlich davon ausgegangen, dass ein MFH mit Effizienzklasse C NTR ist und dass eines mit Effizienzklasse D und E grundsätzlich durch minimalinvasive Maßnahmen wie Austausch der Heizkörper und ggf. Teildämmung NTR wird.

Mit Blick auf den EH 70 Standard wird in dieser Arbeit u. a. Noka et al. (2023) gefolgt und davon ausgegangen, dass eine Energieeffizienzklasse B in der Regel dem EH 70 Standard entspricht (vgl. ebd., S. 29).

Daraus ergibt sich, dass hinsichtlich des Wärmeschutzes bei den Energieeffizienzklassen A+, A und B grundsätzlich keine Veränderungen vorgenommen werden müssen. Beim Zielszenario NTR wird darüber hinaus davon ausgegangen, dass bei den Energieeffizienzklassen C, D und E keine oder nur kleine Maßnahmen über den Heizungstausch hinaus anstehen. Diese Annahme wird auch dadurch bestätigt, dass die Wohnungsunternehmen der IW.2050 bis 2045 v. a. anstreben die Effizienzklassen F, G und H umfassend zu sanieren, während die Klassen ab E aufwärts nur punktuell angegangen werden sollen und auch nach 2045 noch vertreten sind (vgl. IW.2050 2023, S. 36).

Zusätzlich ist für den nötigen Modernisierungsumfang auch die Art der bestehenden bzw. zukünftigen Wärmeversorgung entscheidend (siehe Kap. 2.1.1). Bei Wärmepumpen wird je nach Zielszenario grundsätzlich angenommen, dass auf ein NTR oder EH 70 Standard modernisiert werden muss. Der unterschiedlich effiziente Betrieb der Wärmepumpen je nach Wärmeschutz wird berücksichtigt, indem beim Zielstandard NTR eine durchschnittliche JAZ der Wärmepumpen von 3 und beim Zielstandard EH 70 von 3,33 angenommen wird. Entsprechend ist nicht nur der Wärmebedarf beim NTR-Standard höher als beim EH-70-Standard, sondern auch der Strombedarf pro erzeugter kWh Wärmeenergie wird etwas höher angesetzt, da höhere Betriebstemperaturen nötig sind. Dies ist bedeutend für die Einbeziehung des CO₂-Preises in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.

Bei der Fernwärme ist die Notwendigkeit einer NTR-Fähigkeit noch nicht absehbar. Hier wird bei den Effizienzklassen C, D und E davon ausgegangen, dass keine energetischen Modernisierungsmaßnahmen über die Instandhaltung hinaus nötig sind bzw. dass die zyklisch anstehenden Instandhaltungen und mögliche Bauteilwechsel angesichts dann marktüblicher Standards sowohl im EH-70- als auch im NTR-Szenario genügen. Bei den schlechtesten Effizienzklassen G und H wird dagegen auch bei Fernwärmeversorgung davon ausgegangen, dass energetische Modernisierungsmaßnahmen hin zum jeweiligen Zielstandard unternommen werden müssen (Gründe der Vermietbarkeit sowie mögliche rechtliche Zwänge; s.u.). Beim NTR-Szenario wird für Klasse F bei der Fernwärme nur mit Heizungsaustausch kalkuliert, da hohe Vorlauftemperaturen dies zunächst zulassen und Absenkungen noch unklar sind und ggf. im Rahmen von standardmäßiger Instandhaltung bis 2045 ermöglicht werden. Die Tab. 5 und 6 fassen die angenommenen Modernisierungspakete zusammen. Kostensätze je Situation und Modernisierungsumfang werden in Kap. 2.3.2 abgeleitet.

Hinsichtlich der Erhitzung von Warmwasser wird angenommen, dass diese bei Zielszenarien mit Fernwärme ebenfalls über die Fernwärme erfolgt. Bei Wärmepumpen wird der Einfachheit halber angenommen, dass die Warmwassererhitzung immer über Direktstrom erfolgt. Dies gewährleistet einerseits die angenommenen Effizienzen der

Wärmepumpen. Zum anderen können Legionellen-Probleme bei abgesenkten Systemtemperaturen der Heizung bei abgekoppelten Systemen ausgeblendet werden.

Der Energiebedarf für Trinkwarmwasser wird mit 15 kWh/m²a in MFH gemäß DIN V 18599 angenommen. Er wird durch energetische Modernisierungen im Regelfall nicht beeinflusst und somit vor und nach den Maßnahmen als identisch angenommen. Lediglich die Energiequelle (und damit der CO₂-Verbrauch) ändert sich bei einigen Modernisierungspaketen.

Das beschriebene Vorgehen und die angenommenen Modernisierungspakete wurden mit Praktiker:innen und Expert:innen der IW.2050 gespiegelt und verifiziert.

Tab. 5: Übersicht angenommener Modernisierungspakete A-F (eigene Darstellung)

| Ausgangssituation | | Zielszenario | Modernisierungspaket |
|-------------------|---|--|--|
| A+ | Fernwärme/Luft-Wasser-Wärmepumpe (35-50° C) | NTR/EH 70 | Keine Maßnahmen nötig |
| | A | | |
| B | Fernwärme/Luft-Wasser-Wärmepumpe (35-50° C) | NTR/EH 70 | Keine Maßnahmen nötig |
| | Gas (Etage od. zentral) | NTR/EH 70 Fernwärme/Luft-Wasser-Wärmepumpe (35-50° C) | |
| C | Fernwärme/Gas (Etage od. zentral) | NTR/EH 70 Fernwärme | Ggf. Heizungsaustausch (mit höheren Kosten sofern zuvor Gasetagenheizung und Zentralisierung nötig) |
| | Gas (Etage od. zentral) | NTR/EH 70 Luft-Wasser-Wärmepumpe (35-50° C) | Heizungsaustausch (mit höheren Kosten sofern zuvor Gasetagenheizung und Zentralisierung nötig) |
| D | Fernwärme/Gas (Etage od. zentral) | NTR/EH 70 Fernwärme | Ggf. Heizungsaustausch (mit höheren Kosten sofern zuvor Gasetagenheizung und Zentralisierung nötig) |
| | Gas (Etage od. zentral) | NTR (55° C)/EH 70 (35-50° C) Luft-Wasser-Wärmepumpe | Heizungsaustausch (mit höheren Kosten sofern zuvor Gasetagenheizung und Zentralisierung nötig); Bei Ziel EH 70: Kosten für teilweise Nachbesserung Wärmeschutz; Bei Ziel NTR: Kosten für minimalinvasive Maßnahmen (Heizkörper tauschen) |
| E | Fernwärme/Gas (Etage od. zentral) | NTR/EH 70 Fernwärme | Ggf. Heizungsaustausch (mit höheren Kosten sofern zuvor Gasetagenheizung und Zentralisierung nötig) |
| | Gas (Etage od. zentral) | EH 70 (35-50° C) Luft-Wasser-Wärmepumpe | Heizungsaustausch (mit höheren Kosten sofern zuvor Gasetagenheizung und Zentralisierung nötig) + Kosten für umfassende Anpassung Wärmeschutz |
| | Gas (Etage od. zentral) | NTR (55° C) Luft-Wasser-Wärmepumpe | Heizungsaustausch (mit höheren Kosten sofern zuvor Gasetagenheizung und Zentralisierung nötig); Kosten für Heizkörperaustausch und teilweise Anpassung Wärmeschutz (Keller oder Dach) |
| F | Fernwärme (zentral) | NTR/EH 70 Fernwärme | Punktuelle Wärmeschutz bei NTR; Kosten für ambitionierten Wärmeschutz bei EH 70 |
| | Gas (Etage od. zentral) | NTR/EH 70 Fernwärme | Heizungsaustausch (mit höheren Kosten sofern zuvor Gasetagenheizung und Zentralisierung nötig); Keine weiteren Kosten bei NTR; Kosten für ambitionierten Wärmeschutz bei EH 70 |
| | Gas (Etage od. zentral) | NTR/EH 70 Luft-Wasser-Wärmepumpe (35-50° C) | Heizungsaustausch (mit höheren Kosten sofern zuvor Gasetagenheizung und Zentralisierung nötig); Kosten für umfassende Anpassung Heizflächen und Wärmeschutz bei beiden Szenarien |

Tab. 6: Übersicht angenommener Modernisierungspakete G und H (eigene Darstellung)

| Ausgangssituation | Zielszenario | Modernisierungspaket | |
|-------------------|---|--|--|
| G | Gas (Etage od. zentral) | NTR/EH 70 Luft-Wasser-Wärmepumpe (35-50° C) | Heizungsaustausch (mit höheren Kosten sofern zuvor Gasetagenheizung und Zentralisierung nötig); Kosten für umfassende Anpassung Heizflächen und Wärmeschutz bei beiden Szenarien |
| | Fernwärme (zentral)/Gas (Etage od. zentral) | NTR/EH 70 Fernwärme | Ggf. Heizungsaustausch (mit höheren Kosten sofern zuvor Gasetagenheizung und Zentralisierung nötig); Kosten für umfassende Anpassung Heizflächen und Wärmeschutz bei beiden Szenarien. |
| H | Gas (Etage od. zentral) | NTR/EH 70 Luft-Wasser-Wärmepumpe (35-50° C) | Heizungsaustausch (mit höheren Kosten sofern zuvor Gasetagenheizung und Zentralisierung nötig); Kosten für umfassende Anpassung Heizflächen und Wärmeschutz bei beiden Szenarien. |
| | Fernwärme (zentral)/Gas (Etage od. zentral) | NTR/EH 70 Fernwärme | Heizungsaustausch (mit höheren Kosten sofern zuvor Gasetagenheizung und Zentralisierung nötig); Kosten für umfassende Anpassung Heizflächen und Wärmeschutz bei beiden Szenarien. |

2.2 Regulatorische Rahmenbedingungen

Rahmensetzend für die gesetzlichen Vorgaben zur Dekarbonisierung ist das Pariser Klimaabkommen von 2015. Die Unterzeichnerstaaten verpflichten sich darin, die Erderwärmung auf deutlich unter 2° C bzw. möglichst auf 1,5° C im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter zu begrenzen. Das Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) greift diese Selbstverpflichtung auf (vgl. § 1) und legt nationale Ziele für Treibhausgas (THG)-Emissionen fest, welche gegenüber 1990 bis 2030 um 65 % und bis 2045 auf null reduziert werden müssen (vgl. § 3). Auch Jahreszielemissionsmengen sowie grundsätzliche Sektorenziele werden im KSG festgelegt, wobei mit der Novelle im Sommer 2023 die Verbindlichkeit der Sektorenziele abgeschwächt wurde.

Um die übergeordneten und verbindlichen Klimaziele zu erreichen, gibt es diverse Detailregulierungen, die für die Annahmen im Rahmen dieser Analyse entscheidend sind. Auf diese wird nachfolgend eingegangen. Im Fokus stehen dabei Regelungen und Förderungen auf Bundesebene. Insbesondere bei den Förderprogrammen können weitere Detailregelungen bzw. kleinere „On-top-Förderungen“ landes- und kommunalspezifisch ausdifferenziert werden. Dies wird jedoch in dieser Arbeit ausgeblendet, da es schwierig zu verallgemeinern ist und von der Fördersumme maximal einen kleinen Teil ausmachen würde.

Ebenfalls Teil dieses Kapitels sind Erläuterungen zu den Rahmenbedingungen bei der CO₂-Bepreisung und der Mieten- bzw. Umlagebegrenzung im Rahmen energetischer Modernisierungen.

2.2.1 Effizienzstandards und Förderung

Auf der Seite des Wärmeschutzes bzw. der Energieeffizienz von Gebäuden ist zu unterscheiden zwischen absoluten gesetzlichen Mindeststandards sowie Mindesteffizienzen, die mit Blick auf eine Förderfähigkeit bestehen.

2.2.1.1 Rechtliche Mindeststandards

Gesetzliche Mindeststandards ergeben sich aus dem GEG. Grundlage dieser Arbeit ist dabei die aktuelle und zum 1. Januar 2024 in Kraft getretene Version des Gesetzes. Während im Neubau ein EH-55-Standard gefordert ist (vgl. § 15), sind für den in dieser Arbeit relevanten Bestand die Vorgaben differenzierter. Bei Austausch einzelner Bauteile gelten Mindeststandards hinsichtlich des Wärmeschutzes (vgl. Anlage 7 zu § 48). Die entsprechenden U-Werte hat der vzbv (2023b) mit Orientierungswerten für mögliche Maßnahmen hinterlegt, die in Tab. 7 zusammengefasst sind. Die Pflichten greifen nur bei Erneuerungen von Bauteilen und entsprechen letztlich den marktüblichen Produkten bzw. wären i. d. R. nicht anspruchsvoller als das, was zur Erreichung eines NTR-Standards nötig wäre.

Tab. 7: Mindestwärmeschutz bei einzelnen Bauteilen (eigene Darstellung nach vzbv 2023b)

| Bauteile | geforderter U-Wert | Orientierungswerte für mögliche Maßnahmen |
|--|--------------------|---|
| Außenwand | 0,24 | Dämmung mit 12 – 16 cm |
| Fenster | 1,30 | Zweischeiben-Wärmeschutz-Verglasung |
| Dachflächenfenster | 1,40 | Zweischeiben-Wärmeschutz-Verglasung |
| Verglasungen | 1,10 | Zweischeiben-Wärmeschutz-Verglasung |
| Dachschrägen, Steildächer | 0,24 | Dämmung mit 14 – 18 cm |
| Oberste Geschossdecken | 0,24 | Dämmung mit 14 – 18 cm |
| Flachdächer | 0,20 | Dämmung mit 16 – 20 cm |
| Wände und Decken gegen unbeheizten Keller, Bodenplatte | 0,30 | Dämmung mit 10 – 14 cm |
| Decken gegen unbeheizten Keller, Bodenplatte | 0,50 | Dämmung mit 4 – 5 cm |
| Decken, die nach unten an Außenluft grenzen | 0,24 | Dämmung mit 14 – 18 cm |

Bei umfassenderen Modernisierungen darf auch eine nicht bauteilscharfe Gesamtbilanzierung des Gebäudes vorgenommen werden, wobei dort die ganzheitlichen Mindeststandards wiederum orientiert sind am Referenzgebäude und der beschriebenen EH-Systematik (vgl. GEG, Anlage 1 bzw. § 50). Es gelten dann jedoch Mindestanforderungen deutlich unter dem Referenzgebäude EH 100, sodass auch hier von gesetzlicher Seite keine Einschränkungen bezüglich der beiden in dieser Arbeit gewählten Mindestzielstandards NTR oder gar EH 70 bestehen.

Ohne bauliche Eingriffe in den Bestand als Auslöser greift das GEG also ohnehin nicht. Bei den auf europäischer Ebene im Rahmen der Novelle der EPBD (Energy Performance of Buildings Directive) erörterten MEPS (Minimum Energy Performance Standards) wäre dies anders. Auf EU-Ebene wurde diskutiert, eine Modernisierungspflicht für die beiden schlechtesten Energieeffizienzklassen (G, H) bis 2030 sowie der drittschlechtesten (F) bis 2033 einzuführen, aus der ggf. Vermietungsverbote bei Nichteinhaltung folgen könnten. Die Einführung dieser Mindeststandards ist allerdings mit dem Kompromiss zwischen denn EU-Institutionen vom Dezember 2023 entschärft worden. Es sollen über die EPBD nun zwar Zielquoten für Modernisierungen der schlechtesten Gebäude eingeführt

werden, diese gelten jedoch nicht gebäudebezogen, sodass auch keine Modernisierungsverpflichtung daraus folgt. (vgl. EU-Parlament 2023)

Auch ohne verbindliche, gebäudebezogene MEPS von EU-Ebene wird in dieser Arbeit angenommen, dass grundsätzlich im Sinne des „Worst-First-Prinzips“ mit den energetischen Modernisierungen der schlechtesten Gebäudeklassen begonnen wird. Die Pläne der IW.2050-Unternehmen sehen vor, den Anteil der Klassen G und H bis 2033 auf unter 1 % ihres Bestandes zu minimieren sowie die Klasse F von 10 % auf etwa 5 % zu halbieren (vgl. IW.2050 2023, S. 36). Die in Tab. 5 erläuterten Modernisierungspakete greifen den Worst-First-Ansatz auf und sehen umfassende Modernisierungen bei den schlechtesten drei Energieeffizienzklassen vor. Die im Rahmen der Methodik erläuterte Reihenfolge der Modernisierungen berücksichtigt diesen Ansatz ebenfalls (vgl. Kap. 4).

Insbesondere für die gewerbliche Wohnungswirtschaft ist mit der EU-Taxonomie eine weitere europäische Rahmenbedingung von Relevanz. Die Taxonomie richtet sich zunächst an größere Unternehmen und Finanzinstitutionen, die zur Nachhaltigkeitsberichterstattung verpflichtet sind und sorgt mit ihren Nachhaltigkeitsklassifikationen letztlich indirekt für unterschiedliche Finanzierungsbedingungen für nachhaltige und weniger nachhaltige Investitionen – bis hin zur Nichtfinanzierung von nicht nachhaltigen Projekten (vgl. z. B. UBA 2023b). Bienert et al. (2022, S. 72) vermuten, dass ausgehend von den Energieeffizienzklassen G und H eine Modernisierung auf EH 70 in den meisten Fällen eine taxonomiekonforme Investition darstellen würde. Bei der Taxonomiekonformität könnte daher ein Hindernis des NTR-Standards liegen, welches für die Analyse in dieser Arbeit nicht direkt relevant ist, jedoch bei Dekarbonisierungsplänen von Unternehmen, die von der Taxonomie betroffen sind, beachtet werden muss.

2.2.1.2 Mindeststandards und Höhe von Förderung

Bei der Förderung ist zunächst zu unterscheiden zwischen der Einzelmaßnahmenförderung und der Förderung von umfassenden Modernisierungen hin zu Effizienzhäusern, die wieder gemäß der EH-Systematik unterschieden werden. Es ist zu beachten, dass die Bundesförderung Effiziente Gebäude (BEG) 2024 neu aufgestellt wird und bei der Einzelmaßnahmenförderung erst zum Februar 2024 zu beantragen ist. Die Inhalte der Förderung sind bereits bekannt und Ausgangspunkt der nachfolgenden Erläuterungen. Bei der EH-Förderung wird angenommen, dass sie unter gleichen Konditionen weiterläuft wie bisher.

Für die ganzheitlichen EH-Förderung ist wie oben bereits erwähnt der NTR-Standard Grundvoraussetzung, begründet jedoch noch keine Förderfähigkeit. Nachfolgende Tab. 8 zeigt die Höhe der Tilgungsschüsse sowie mögliche Boni je EH.

Tab. 8: Übersicht zur BEG-EH-Förderung (eigene Darstellung nach BMWK o.J.)

| EH-Standard | Tilgungszuschuss | EE-Bonus (bei Wärmeversorgung mit mehr als 65 % erneuerbare Energien) | WPB-Bonus (falls Ausgangszustand Gebäudeklasse H war) | NH-Bonus | Serielle Sanierung |
|-------------|------------------|--|--|----------|--------------------|
| EH 85 | 5 % | 5 % | - | 5 % | - |
| EH 70 | 10 % | 5 % | 10 % (nur wenn EE-Klasse) | 5 % | - |
| EH 55 | 15 % | 5 % | 10 % | 5 % | 15 % |
| EH 40 | 20 % | 5 % | 10 % | 5 % | 15 % |

(Ausgegraut sind Förderungen, die für die synthetischen Portfolios dieser Arbeit nicht nutzbar sind.)

Im Rahmen dieser Arbeit ist bei der EH-Förderung ausschließlich der Zielstandard EH 70 relevant. Entsprechend fällt der Bonus für serielles Sanieren als Option weg. Der NH (Nachhaltigkeits-) Bonus wird gewährt, wenn ein Gebäude mit dem Qualitätssiegel Nachhaltige Gebäude (QNG) akkreditiert wird. Das Siegel stellt neben den Anforderungen an den Energiebedarf auch Anforderungen an die Verwendung nachhaltiger Bauteile. Eine kostenpflichtige Zertifizierung ist nötig. In dieser Arbeit wird der 5 % NH-Bonus nicht einbezogen, um weitere Ausdifferenzierungen von Zielstandards und Verrechnungen von Zertifizierungskosten mit Förderboni zu vermeiden – auch wenn nicht auszuschließen ist, dass zumindest bei manchen der Modernisierungen ein NH-Bonus erreichbar und betriebswirtschaftlich sinnvoll sein könnte.

Beim EE-Bonus von 5 % wird angenommen, dass dieser bei allen energetischen Modernisierungen erreicht wird. Denn beim Umstieg auf Fernwärme ist kein Nachweis über den Anteil erneuerbarer Energien im Wärmemix nötig und effizient laufende Wärmepumpen mit einer JAZ von mindestens 3 verdreifachen den Energieinput mithilfe von erneuerbaren Wärmequellen (Luft, Wasser etc.) und ermöglichen dadurch selbst bei nicht regenerativem Strommix schon über 66 % erneuerbare Energien. (vgl. KfW 2023, S. 64 und 67)

Zusätzliche 10 % Tilgungszuschuss werden durch den WPB (Worst Performing Building) Bonus möglich, wenn die Ausgangssituation die Energieeffizienzklasse H ist.

Bei umfassenden energetischen Modernisierungen auf EH-70-Standard werden in dieser Arbeit also Tilgungszuschüsse von 15 % bzw. 25 % angenommen, sofern es sich um ein Gebäude der Energieeffizienzklasse H handelt. Zu beachten ist zudem die Höchstgrenze der förderfähigen Kosten von 150.000 € je Wohneinheit (vgl. BMWK o.J.). Denn diese wird bei den angenommenen Kosten für Komplettmodernisierungen⁶ überschritten (vgl. Kap. 2.3.2).

Wo nicht umfassende Modernisierungsmaßnahmen hin zu einem Effizienzhaus umgesetzt werden, kann die Einzelmaßnahmenförderung des Bundes in Anspruch genommen werden (vgl. BMWK o.J.). Dies kommt im Rahmen dieser Arbeit v. a. mit Blick auf die minimalinvasiven Maßnahmen zur Gewährleistung eines NTR-Standards sowie beim Heizungsaustausch infrage. Auf Seite des Wärmeschutzes sind Maßnahmen an der Gebäudehülle (Dämmung von Außenwänden, Dach, Geschossdecken und Bodenflächen, Austausch von Fenstern und Außentüren) sowie an der Anlagentechnik (Lüftungsanlagen/smarte Steuerung) mit 15 % förderfähig. Der Austausch der Heizkörper gegen Flächen- und Niedertemperaturheizkörper ist nach aktueller BEG als effizienzsteigernde Maßnahme förderfähig und es wird angenommen, dass dies auch weiterhin möglich ist.

In Summe wird also bei effizienzseitigen Einzelmaßnahmen in dieser Arbeit ein Förderzuschuss von 15 % angenommen. Es gilt eine Höchstgrenze der förderfähigen Kosten für Effizienzmaßnahmen von 30.000 € je Wohneinheit⁷. Zu beachten ist zudem, dass die

⁶ Abweichend von der Begriffsdefinition zu energetischen Modernisierungen bzw. der allgemeinen Verwendung des Begriffs „Modernisierung“ in dieser Arbeit beschreibt eine Komplettmodernisierung umfassende Maßnahmen des Bauens im Bestand. Diese zielen darauf ab, dass das Bestandsgebäude in Gänze Merkmale und Eigenschaften erhalten soll, die weitestgehend denen eines Neubaus entsprechen. Gefolgt wird damit der Definition des BMWSB im Rahmen der Kriterien für das Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (vgl. BMWSB 2023, S. 14f).

⁷ Angenommen wird hier ebenso wie beim Fördersatz, dass Wohnungsunternehmen für ihre Gebäude keinen iSFP anfertigen lassen. Wäre dies der Fall, würden die Werte abweichen, es müsste dann aber auch eine Verrechnung mit zusätzlichen Kosten geben.

Förderzuschüsse bei etwaiger Umlage auf Mieter:innen heraus zu rechnen sind (vgl. Kap. 2.2.4).

2.2.2 Vorgaben und Förderung der Wärmeversorgung

Auch auf Seiten der Wärmeversorgung ergeben sich Einschränkungen bzw. Anreize für bestimmte technische Lösungen aufgrund der Vorgaben des GEG sowie Förderkonditionen im BEG.

2.2.2.1 Einschränkungen und Höhe von Förderung

Bei umfassenden Modernisierungen auf Effizienzhausniveau, bei denen der Heizungsaustausch Teil des Gesamtmaßnahmenpakets ist, gelten Konditionen wie unter 2.2.1 beschrieben. Darüber hinaus bietet der Bund auch für den Heizungsaustausch 2024 eine Einzelmaßnahmenförderung (vgl. BMWK o.J.). Dies ist in dieser Arbeit für beide Zielszenarien (EH 70 und NTR) relevant, sofern keine Komplettmodernisierungen anstehen, was wie in Kap. 2.1.3 beschrieben insbesondere beim Umstieg auf Fernwärme sowie beim Zielszenario NTR bei Heizungswechseln in den Energieeffizienzklassen B, C sowie teilweise D und E zutrifft.

Für gewerblich Vermietende wird der Heizungsaustausch dabei mit einer Basisförderung durch einen Zuschuss in Höhe von 30 % unterstützt (vgl. BMWK o.J.). Dies wird in dieser Arbeit unabhängig von der Art des potentiell regenerativen Zielenergieträgers angenommen – also auch für Maßnahmen zum Umstieg auf etwaige Wärmenetzlösungen. Beim Umstieg auf Luft-Wasser-Wärmepumpen wird ein zusätzlicher 5 % Bonus gewährt, wenn ein natürliches Kältemittel genutzt wird, was in dieser Arbeit angenommen wird.

Für den Heizungsaustausch abseits von Komplettmodernisierungen werden also Förderquoten von 30 % beim Wechsel auf Fernwärme und 35 % beim Wechsel auf Wärmepumpen in die Berechnungen einbezogen. Etwaige zusätzliche Zentralisierungskosten werden in die Kosten für den Heizungsaustausch inkludiert und als ebenfalls förderfähig berücksichtigt.

Die maximal förderfähigen Kosten für die Heizungsaustauschförderung betragen 30.000 € für die erste Wohneinheit in einem MFH, 15.000 € für die Wohneinheiten zwei bis sechs sowie 8.000 € ab der siebten Wohneinheit (vgl. BMWK o.J.). Da in dieser Arbeit angenommen wird, dass die MFH der synthetischen Portfolios durchschnittlich 7,5 Wohneinheiten haben (vgl. Kap. 4), wurde aus den Fördergrenzen für ein solches MFH ein Mischsatz von 15.600 € maximale Förderkosten je Wohneinheit beim Heizungsaustausch errechnet. Diese sind kumulierbar mit den maximal förderfähigen Kosten für Effizienzmaßnahmen, sodass im Maximalfall 45.600 € pro Wohneinheit förderfähig sind.

Welche Fördersätze und Summen sich daraus je Modernisierungspaket ergeben, ist auch in den Übersichten in Tab. 14, 15 und 16 in Kap. 2.3.2 zusammengefasst.

2.2.2.2 Allgemeine gesetzliche Einschränkungen der Wärmeversorgungslösungen

Mit der GEG-Novelle zum 1.1.2024 wurde die sog. 65%-Pflicht eingeführt. Sie schränkt die bei einem Heizungsaustausch gestatteten Wärmeversorgungslösungen ein und zielt grundsätzlich darauf ab, dass mindestens 65 % der genutzten Wärme erneuerbar erzeugt wird (vgl. § 71 GEG). Die Erfüllungsoptionen sind wie in Kap. 2.1.1 bereits erwähnt vielfältig und es gibt diverse Sonderregelungen z. B. in Bezug auf die Verwendung von grünen

Gasen, Wasserstoff und Biomasse (vgl. § 71f GEG) oder den Einsatz von Stromdirektheizungen, der eingeschränkt und an höhere Effizienzstandards gekoppelt ist (vgl. § 71d GEG). Für den Anteil erneuerbarer Wärme in netzgebundenen Versorgungslösungen ist ein Zielpfad für die Dekarbonisierung des Fernwärmemixes bis 2045 im Wärmeplanungsgesetz (WPIG) festgelegt, der bis 2030 eine zu 50 % und bis 2045 eine 100 % klimaneutrale netzgebundene Wärmeversorgung vorsieht (vgl. § 2 WPIG).

In dieser Arbeit werden mit Fernwärme und (Luft-Wasser-)Wärmepumpen nur die zwei voraussichtlich mit Abstand bedeutendsten Erfüllungsoptionen betrachtet. Bei der Fernwärme sind die Netzbetreiber für die Dekarbonisierung verantwortlich, sodass keine Investitionszwänge für die synthetischen Portfolios dieser Arbeit aus dem GEG oder dem WPIG abgeleitet werden. Es wird aber der gesetzliche Zielpfad der Dekarbonisierung zugrunde gelegt, um die Entwicklung der CO₂-Bilanzen der synthetischen Portfolios mit Fernwärmeanteilen abzubilden. Bei Wärmepumpen gibt es Regelungen für Hybridlösungen mit Spitzenlastkesseln (vgl. § 71h GEG), die in der Analyse dieser Arbeit jedoch ausgeblendet werden. Darüber hinaus werden auch Mindest-JAZ für Wärmepumpen in Höhe von 2,5 formuliert, sofern Investitionskosten anteilig auf die Miete umgelegt werden sollen (vgl. § 71o GEG). Auch hier ergeben sich keine Einschränkungen für die geplanten Maßnahmenpakete im Rahmen der Analyse dieser Arbeit, da diese so gewählt sind, dass möglichst eine JAZ von 3 erreicht wird.

Bei den jeweiligen möglichen Erfüllungsoptionen müssen sich Wohnungsunternehmen an der kommunalen Wärmeplanung orientieren, um zu wissen wo Fernwärmepotentiale bestehen bzw. wo ggf. über kommunale Satzungen sogar die Pflicht zum Anschluss besteht oder bevorsteht. Das Gesetz zur kommunalen Wärmeplanung trat ebenfalls erst zum Jahresbeginn 2024 in Kraft und gewährt den Kommunen, Netzbetreibern und Versorgern je nach Größe noch mehrere Jahre Zeit für die Erstellung der Wärmepläne. Das ist in der Realität eine Herausforderung für Wohnungsunternehmen, da weitere Jahre Planungsunsicherheit über Wärmeversorgungsoptionen herrscht. In dieser Arbeit besteht bei der Zusammenstellung der synthetischen Portfolios jedoch die Annahme, dass bereits Klarheit über die jeweiligen Wärmeversorgungsoptionen bis 2045 besteht und somit die Modernisierungsaktivitäten nicht aus Gründen mangelnder Planungsunsicherheit aufgeschoben werden müssen.

2.2.3 CO₂-Bepreisung

Kompensationen zum Verbrauch von CO₂ im Gebäudesektor werden aktuell noch auf Bundesebene über CO₂-Zertifikatspreise festgelegt. Die Höhe des CO₂-Preises bis einschließlich 2025 ist in Deutschland in § 10 des Brennstoffemissionshandelsgesetzes (BEHG) geregelt. Von aktuell 45 € pro Tonne 2024 soll der Festpreis auf 55 € 2025 steigen. 2026 beginnt der Einstieg in eine europaweite Marktpreisbildung – im ersten Jahr noch innerhalb eines Preiskorridors von 55 – 65 € pro Tonne, ab 2027 frei. Pahle et al. (2022) haben verschiedene Modelle zur CO₂-Preisentwicklung verglichen und zeigen, dass bis 2030 mit CO₂-Preisen am freien Markt von 130 – 160 € gerechnet wird (vgl. ebd., S. 2). Angelehnt an die existierenden Preiserwartungen wird in der vergleichenden Analyse der simulierten Dekarbonisierungsszenarien ab 2027 eine stetige Preissteigerung von 85 € auf 213 € bis 2045 angenommen.

Neben der zu erwartenden Höhe des CO₂-Preises ist in dieser Arbeit auch die Aufteilung des CO₂-Preises zwischen Mieter:in und Vermieter:in für die Kosteneffizienz von

Dekarbonisierungsszenarien aus Sicht der Vermietenden relevant. Diese ist in Deutschland seit 2023 in § 5 des Kohlendioxidkostenaufteilungsgesetz (CO₂KostAufG) geregelt und orientiert sich am Wärmebedarf des jeweiligen Gebäudes. Die Grundannahme ist, dass Mieter:innen keinen Einfluss auf energetische Modernisierungsaktivitäten der Vermieter:innen nehmen können und umgekehrt Vermietende keinen Einfluss auf das Verbrauchsverhalten der Mietenden haben. Entsprechend gilt ein 10-Stufen-Modell bei dem Vermietende je nach energetischem Zustand zwischen null und 90 Prozent der CO₂-Kosten übernehmen müssen. Wenige Ausnahmen gelten z. B. beim Denkmalschutz, diese werden in dieser Arbeit aber ausgeblendet.

Entscheidend für die Forschungsfrage nach kosteneffizienten Dekarbonisierungspfaden für sozialorientierte Wohnungsunternehmen ist also die Höhe des CO₂-Preises und der Anteil, den Vermietende tragen müssen. Bei Fernwärmelösungen hat das Wohnungsunternehmen in der Regel keinen Einfluss auf den Wärmemix des Versorgers. Hier wird sich an durchschnittlichen Ausgangswerten orientiert und der gesetzlich vorgeschriebener Dekarbonisierungspfad zugrunde gelegt.

2.2.4 Mietenbegrenzung

2.2.4.1 *Modernisierungsunabhängig*

Grundsätzlich regelt § 558 Abs. 1 im Bürgerlichen Gesetzbuch (BGB), dass eine Mieterhöhung bis zur ortsüblichen Vergleichsmiete (OVM) verlangt werden darf, sofern die Miete in den letzten 15 Monaten unverändert war. Dieses Mieterhöhungspotential besteht auch, wenn keine Modernisierungstätigkeiten stattgefunden haben. Für solche Mieterhöhungen gilt eine Kappungsgrenze von maximal 20 % innerhalb von drei Jahren, bzw. 15 %, sofern es sich um einen angespannten Wohnungsmarkt handelt. Als angespannt gilt ein Wohnungsmarkt, wenn die ausreichende Versorgung der Bevölkerung mit Wohnraum zu angemessenen Bedingungen besonders gefährdet ist. Die Bewertung dieser Situation obliegt den Ländern, die per Rechtsverordnung entsprechende Gebiete festlegen können. Der Deutsche Mieterbund (DMB) veröffentlicht Listen für alle Städte, die einen definierten angespannten Wohnungsmarkt haben (vgl. DMB o.J.). Außer in Sachsen-Anhalt und dem Saarland sind alle Bundesländer davon betroffen. Die Zahl der Kommunen mit angespannten Wohnungsmärkten variiert von 162 in Bayern und einer in Thüringen, wo einzig die Landeshauptstadt Erfurt betroffen ist (vgl. ebd.).

2.2.4.1 Modernisierungsabhängig

Bei einer energetischen sowie anderer Modernisierungen dürfen Vermietende nach § 559 Abs. 1 BGB zusätzlich 8 % der anfallenden Kosten auf die jährliche Miete umlegen⁸. Dabei sind Anteile der Kosten abzuziehen, die Zwecken der Instandhaltung dienen. Dies ist in den §§ 555a und 555b BGB geregelt. Klimawirksame Maßnahmen, die Energie nachhaltig einsparen, gelten nach § 555b BGB grundsätzlich als Modernisierung. Allerdings können solche Maßnahmen in der Praxis auch in Kombination mit Instandhaltungsmaßnahmen umgesetzt werden bzw. erst dann stattfinden, wenn z. B. bestehende Bauteile nicht mehr intakt sind oder gesetzliche Vorschriften zur Maßnahme zwingen. Dann muss ein Instandhaltungsanteil herausgerechnet werden. Das seit 1.1.2024 geltenden GEG (§ 71o) erklärt jedoch explizit, dass die Kosten für den Einbau von Wärmepumpen nach § 559 BGB umlegbar sind, sofern eine JAZ von 2,5 nicht unterschritten wird – auch wenn der Einbau der Wärmepumpe zur Einhaltung der gesetzlich vorgeschriebenen 65-%-Pflicht erfolgt.

Für die Analyse in dieser Arbeit wird für alle für die Dekarbonisierung anfallenden Kosten pauschal eine Umlagefähigkeit von 50 % angenommen (sowohl bei aktivierbaren als auch bei nicht aktivierbaren Kosten wie dem Heizungsaustausch). Hier ließe sich auf den Einzelfall bezogen diskutieren, ob dieser Anteil höher oder niedriger ausfallen kann. Dies ist jedoch ab dem Moment nicht mehr ergebniswirksam, wenn bereits bei noch niedrigeren Umlageanteilen Kappungsgrenzen erreicht werden. Denn wie bei der Angleichung an die OVM ist auch die Modernisierungsumlage begrenzt. Dies ist in § 559 Abs. 3a BGB geregelt und schränkt die Modernisierungsumlage auf maximal 3 €/m² innerhalb von sechs Jahren ein. Im gleichen Paragraphen ist zudem geregelt, dass diese Kappungsgrenze auf 2 €/m² sinkt, wenn die Ausgangsmiete unter 7 €/m² liegt. Für die vergleichsweise niedrigen Bestandsmieten sozialorientierter Wohnungsunternehmen ist dies besonders relevant. In der Analyse wird zumindest zu Beginn des Betrachtungszeitraums eine mehrheitliche Kappungsgrenze bei der Umlage von 2 € angenommen, da die angenommene Ausgangsmiete unter 7 €/m² liegt (vgl. Kap. 3.2.2).

Ab welchen Umlageanteilen je Szenario die Kappungsgrenzen erreicht werden und somit Erhöhungen der Anteile keine Steigerungen der Mieteinnahmen mehr bedeuten, wird in der Analyse gesondert betrachtet (vgl. auch Kap. 2.3.2 und 5.2).

2.3 Zielgrößen, betriebswirtschaftliche Kennzahlen und Variablen

2.3.1 CO₂-Bilanz

Entscheidende Zielgröße für den Dekarbonisierungspfad eines Wohnungsunternehmens ist der CO₂-Verbrauch. Eine Herausforderung ist dabei zunächst den direkten und den indirekten CO₂-Verbrauch für das gesamte Unternehmen realistisch zu bilanzieren. Hierzu stehen Arbeitshilfen von Branchenverbänden (vgl. GdW 2020) sowie Tools z. B. der Initiative Wohnen.2050 zur Verfügung. Um Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Unternehmen oder Szenarien zu gewährleisten, ist sicherzustellen, dass hierbei gleiche

⁸ Seit dem 1.1.2024 ist es nach § 559e des BGB möglich, jährlich zehn Prozent der Kosten für einen Heizungsaustausch umzulegen, der zur Erfüllung der 65-%-Pflicht führt, sofern Förderung in Anspruch genommen wurde und diese von den umlagefähigen Kosten abgezogen wurde. Diese Möglichkeit wird aus Gründen der besseren Handhabbarkeit bei den Berechnungen ausgeblendet.

Annahmen und Umrechnungsfaktoren genutzt werden. CO₂-neutral kann ein Wohnungsunternehmen nur sein, wenn auch etwaige Emissionen aus Gewerbebestand, Verwaltungs- und Betriebsgebäuden, Neubauaktivitäten und dem Fuhrpark vermieden oder kompensiert werden. Auch der Einbezug von grauen Emissionen gehört bei einem ganzheitlichen Blick dazu und ist nötig, um die Treibhausgaswirkung insbesondere von Neubauten und umfassenderen Umbau- und Modernisierungsmaßnahmen mit dem Bestand zu vergleichen.

Da diese Arbeit auf die Dekarbonisierung von Wohnungsbestandsportfolios fokussiert und verschiedene Szenarien vergleichen will, werden die direkten und indirekten Emissionen im für Wohnzwecke vermieteten Bestand berücksichtigt. Die genannten weiteren (grauen) Emissionen werden hingegen ausgeblendet.

Zu den berücksichtigten Emissionen im Wohnungsbestand zählen demnach solche aus Heizen und Warmwasser sowie aus dem Strombezug, wobei potentielle erneuerbare Eigenerzeugung von Strom und Wärme einzubeziehen wären (hier ausgeblendet, s.o.). Um die Emissionen zu bestimmen, muss die Verbrauchsmenge festgelegt werden (hier nach Energiebedarfen je Energieeffizienzklasse, s.o.). Beim Strombezug hat das Wohnungsunternehmen keinen Einfluss auf den Anbieter und den Verbrauch des genutzten Haushaltsstroms, sodass dieser nicht mit in die Bilanzierung einbezogen wird. Lediglich der gebäudetechnisch bedingte Strombedarf (sog. Hilfsstrom) geht normalerweise in die Bilanz ein; dieser wird hier – auch vor dem Hintergrund der sehr geringen Gesamtbedeutung – ausgeblendet. Gängige Bilanzierungsmethoden nach nationalem Emissionshandelssystem (nEHS) oder dem Globalen Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS), sehen ebenfalls keinen Einbezug grauer Energie vor, würden jedoch den Hilfsstrom berücksichtigen. Zusätzlich werden zur Bilanzierung Emissionsfaktoren für die jeweiligen Energieträger benötigt, aus denen die Verbrauchsmengen generiert wurden. Für diese legen die genannten sowie weitere Bilanzierungssysteme teils unterschiedliche Werte je Energieträger fest. Der GdW (2020, S. 35) hat diese in seiner Arbeitshilfe zur CO₂-Bilanzierung einander gegenübergestellt und empfiehlt als Defaultwerte die Emissionsfaktoren des nEHS bzw. wo anwendbar des ETS (EU Emissions Trading System), sofern keine indirekten Emissionen aus Vorketten berücksichtigt werden. Für die Treibhausgasverbräuche inkl. der Vorketten verweist die Arbeitshilfe auf die Emissionsfaktoren aus dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) (vgl. ebd.).

Mit dem Gesetz zur kommunalen Wärmeplanung wurde die Dekarbonisierung der Fernwärme mit neuen ambitionierten Zielwerten bis 2045 unterlegt. Im Rahmen der Berechnungen dieser Arbeit werden ebendiese Dekarbonisierungspfade des Fernwärmemixes angenommen. Gleiches gilt für die Emissionsentwicklung des Strommixes, der letztlich intensiv zur Betreibung von Wärmepumpen genutzt wird. Es wird entsprechend angenommen, dass 2045 sowohl ein CO₂-neutraler Strommix als auch Fernwärmemix bestehen. Die entsprechenden CO₂-Emissionsfaktoren der Energieträger pro Jahr wurden im Technik- und CO₂-Tool der IW.2050 hinterlegt, sodass die „unternehmensexterne“ Dekarbonisierung in den Berechnungen der CO₂-Emissionen je Portfolio und Szenario berücksichtigt wird.

Um mithilfe von Verbrauchsmengen und Emissionsfaktoren Emissionen zwischen Unternehmen vergleichbar zu machen, sollte bei der Verwendung von realen Verbrauchswerten zudem eine Klimabereinigung stattfinden. Dabei werden mit sog. Klimafaktoren, die der Deutsche Wetterdienst (DWD) je Postleitzahl bereitstellt, Verbräuche mit

klimatischen Rahmenbedingungen ins Verhältnis gesetzt (vgl. DWD o.J.). Da bei dieser Arbeit synthetische Portfoliodaten ohne bestimmten Standort untereinander verglichen werden, wurde hier jedoch auf eine Klimabereinigung verzichtet.

2.3.2 Investitionen, Betriebsergebnis und Zielgrößen

Die CO₂-Bilanzierung bildet einen Status quo ab und macht die nötigen Emissionsreduktionen bis zur Klimaneutralität transparent. Um Dekarbonisierungsszenarien hinsichtlich ihrer ökonomischen Effizienz und Machbarkeit vergleichen zu können, braucht es realistische Investitionskosten für verschiedene Modernisierungspfade sowie vergleichbare betriebswirtschaftliche Kennzahlen als Ausgangspunkt für Ausgaben und (Re-)Finanzierung.

2.3.2.1 Investitionen und Kosten

Für die angenommenen energetischen Modernisierungen müssen Kostensätze pro Modernisierungspaket festgelegt werden. Diese sind in Tab. 9, 10 und 11 dargestellt und beziehen sich bei den Komplettmodernisierungen auf die Kostensätze der ARGE Schleswig-Holstein (vgl. Walberg et al. 2022), die deutschlandweit als am realistischsten gelten, da sie auf Basis von real gezahlten Bauteil- und Dienstleistungspreisen hochgerechnet sind. Bei den Kostenansätzen für Einzelmaßnahmen oder kleinere Modernisierungspakete wird Bezug genommen auf Angaben von Hersteller:innen und Dienstleister:innen sowie auf den Praxisbericht der IW.2050 (vgl. IW.2050 2023). Die angenommenen Kostensätze wurden zudem mit Praktiker:innen der IW.2050 gespiegelt und verifiziert (Stand: Dezember 2023).

Tab. 9: Kostensätze je Modernisierungspaket, A-C (eigene Darstellung)

| Ausgangssituation | | Zielszenario | Modernisierungspaket | Kostenansätze pro m ² |
|-------------------|---|--|--|--|
| A+ | Fernwärme/Luft-Wasser-Wärmepumpe (35-50° C) | NTR/EH 70 | Keine Maßnahmen nötig | 0 € |
| | Gas (Etage od. Zentral) | NTR/EH 70 Fernwärme/Luft-Wasser-Wärmepumpe (35-50° C) | Lediglich Heizungsaustausch <i>(mit höheren Kosten sofern zuvor Gaseta- genheizung und Zent- ralisierung nötig)</i> | Wechsel auf Wärmepumpe: Von Zentral: 80 €/m² <i>(Annahme: Kosten einer zentralen Luft-Wasser- WP in MFH mit 7,5 WE à 70 m² von et- was über 40.000 € brutto inkl. Installa- tion)</i> Von Etage: 190 €/m² <i>(Mittel aus Herstellerangaben und Angaben des kommunalen Wohnungsunterneh- mens in Münster im IW.2050-Praxis- bericht, vgl. IW.2050 (2023))</i> Wechsel auf Fernwärme: Von Zentral: 40 €/m² <i>(Mittel aus Herstellerangaben und Angaben des kommunalen Wohnungsunterneh- mens in Münster im IW.2050-Praxis- bericht, vgl. IW.2050 (2023))</i> Von Etage: 150 €/m² <i>(110 € Zentra- lisierungsaufschlag; s.o.)</i> |
| B | Fernwärme/Luft-Wasser-Wärmepumpe (35-50° C) | NTR/EH 70 | Keine Maßnahmen nötig | 0 € |
| | Gas (Etage od. Zentral) | NTR/EH 70 Fernwärme/Luft-Wasser-Wärmepumpe (35-50° C) | Lediglich Heizungsaustausch <i>(mit höheren Kosten sofern zuvor Gaseta- genheizung und Zent- ralisierung nötig)</i> | Wechsel auf Wärmepumpe: Von Zentral: 80 €/m² <i>(s.o.)</i> Von Etage: 190 €/m² <i>(s.o.)</i> |
| C | Fernwärme/Gas (Etage od. Zentral) | NTR/EH 70 Fernwärme | Ggf. Heizungsaus- tausch <i>(mit höheren Kosten sofern zuvor Gaseta- genheizung und Zent- ralisierung nötig)</i> | Wechsel auf Fernwärme: Von Zentral: 40 €/m² <i>(s.o.)</i> Von Etage: 150 €/m² <i>(s.o.)</i> |
| | Gas (Etage od. Zentral) | NTR/EH 70 Luft-Wasser- Wärmepumpe (35-50° C) | Heizungsaustausch <i>(mit höheren Kosten sofern zuvor Gaseta- genheizung und Zent- ralisierung nötig)</i> | Wechsel auf Wärmepumpe: Von Zentral: 80 €/m² <i>(s.o.)</i> Von Etage: 190 €/m² <i>(s.o.)</i> |

Tab. 10: Kostensätze je Modernisierungspaket, D und E (eigene Darstellung)

| Ausgangssituation | | Zielszenario | Modernisierungspaket | Kostenansätze pro m ² |
|-------------------|-----------------------------------|--|--|--|
| D | Fernwärme/Gas (Etage od. Zentral) | NTR/EH 70 Fernwärme | Ggf. Heizungsaustausch (mit höheren Kosten sofern zuvor Gasetagenheizung und Zentralisierung nötig) | Wechsel auf Fernwärme: Von Zentral: 40 €/m² (s.o.) Von Etage: 150 €/m² (s.o.) |
| | Gas (Etage od. Zentral) | NTR (55° C) /EH 70 (35-50° C) Luft-Wasser-Wärmepumpe | Heizungsaustausch (mit höheren Kosten sofern zuvor Gasetagenheizung und Zentralisierung nötig); Bei Ziel EH 70: Kosten für teilweise Nachbesserung Wärmeschutz; Bei Ziel NTR: Kosten für minimalinvasive Maßnahmen (Heizkörper tauschen) | Ziel NTR/Wechsel auf Wärmepumpe: 260/m² für Wärmepumpe + Heizkörperaustausch (in Anlehnung an aktuelle Ansätze von IW.2050 Unternehmen) + ggf. 110 €/m² Aufschlag Zentralisierung (s.o.) Ziel EH70/Wechsel auf Wärmepumpe: 260 €/m² für Wärmepumpe + Heizkörperaustausch (in Anlehnung an aktuelle Ansätze von IW.2050 Unternehmen) + 130 €/m² für Nachbesserung horizontaler Wärmeschutz bei Keller / oberste Geschossdecke (umgerechnet auf Gesamtwohnfläche; in Anlehnung an Angaben des kommunalen Wohnungsunternehmens in Münster im IW.2050-Praxisbericht, vgl. IW.2050 (2023)) +ggf. 110 €/m² Aufschlag Zentralisierung (s.o.) |
| E | Fernwärme/Gas (Etage od. Zentral) | NTR/EH 70 Fernwärme | Ggf. Heizungsaustausch (mit höheren Kosten sofern zuvor Gasetagenheizung und Zentralisierung nötig) | Wechsel auf Fernwärme: Von Zentral: 40 €/m² (s.o.) Von Etage: 150 €/m² (s.o.) |
| | Gas (Etage od. Zentral) | EH 70 (35-50° C) Luft-Wasser-Wärmepumpe | Heizungsaustausch (mit höheren Kosten sofern zuvor Gasetagenheizung und Zentralisierung nötig) + Kosten für umfassende Anpassung Wärmeschutz | Komplettmodernisierung mit Wärmepumpe: 2.686 €/m² (angelehnt an Walberg et al. 2022 + Preisentwicklungsaufschlag von 5 %; verifiziert durch IW.2050) +ggf. 110 €/m² Aufschlag Zentralisierung (s.o.) |
| | Gas (Etage od. Zentral) | NTR (55° C) Luft-Wasser-Wärmepumpe | Heizungsaustausch (mit höheren Kosten sofern zuvor Gasetagenheizung und Zentralisierung nötig); Kosten für Heizkörperaustausch und teilweise Anpassung Wärmeschutz (Keller oder Dach) | Ziel NTR/Wechsel auf Wärmepumpe: 260 €/m² für Wärmepumpe + Heizkörperaustausch (in Anlehnung an aktuelle Ansätze von IW.2050 Unternehmen) + 65 €/m² punktuelle horizontale Dämmmaßnahmen nach Bedarf (Keller- oder obere geschossdecke, s.o.) + ggf. 110 €/m² Aufschlag Zentralisierung (s.o.) |

Tab. 11: Kostensätze je Modernisierungspaket, F und G (eigene Darstellung)

| Ausgangssituation | Zielszenario | Modernisierungspaket | Kostenansätze pro m ² |
|-------------------|---|--|---|
| F | Fernwärme (zentr.) | Punktuelle Wärmeschutz bei NTR; Kosten für ambitionierten Wärmeschutz bei EH 70 | NTR, Fernwärme bleibt: 65 €/m² nur punktuelle horizontale Dämmmaßnahmen nach Bedarf (z.B. Keller- oder obere Geschossdecke, s.o.) Komplettmodernisierung Fernwärme/EH 70: 2.629 €/m² (angelehnt an Walberg et al. 2022 + Preisentwicklungsaufschlag von 5 %; verifiziert durch IW.2050) |
| | Gas (Etage od. Zentral) | Heizungsaustausch (mit höheren Kosten sofern zuvor Gasetagenheizung und Zentralisierung nötig); Keine weiteren Kosten bei NTR; Kosten für ambitionierten Wärmeschutz bei EH 70 | Ziel NTR, Wechsel auf Fernwärme: Von Zentral: 40 €/m² (s.o.) Von Etage: 150 €/m² (s.o.) + 65 €/m² nur punktuelle horizontale Dämmmaßnahmen nach Bedarf (z.B. Keller- oder obere Geschossdecke, s.o.) Komplettmodernisierung Fernwärme/EH 70: 2.629 €/m² (angelehnt an Walberg et al. 2022 + Preisentwicklungsaufschlag von 5 %; verifiziert durch IW.2050) + ggf. 110 €/m² Aufschlag Zentralisierung (s.o.) |
| | Gas (Etage od. Zentral) | Heizungsaustausch (mit höheren Kosten sofern zuvor Gasetagenheizung und Zentralisierung nötig); Kosten für umfassende Anpassung Heizflächen und Wärmeschutz bei beiden Szenarien | Komplettmodernisierung mit Wärmepumpe: 2.686 €/m² (angelehnt an Walberg et al. 2022 + Preisentwicklungsaufschlag von 5 %; verifiziert durch IW.2050) +ggf. 110 €/m² Aufschlag Zentralisierung (s.o.) |
| G | Fernwärme (zentral)/Gas (Etage od. Zentral) | Ggf. Heizungsaustausch (mit höheren Kosten sofern zuvor Gasetagenheizung und Zentralisierung nötig); Kosten für umfassende Anpassung Heizflächen und Wärmeschutz bei beiden Szenarien. | Komplettmodernisierung Fernwärme: 2.629 €/m² (angelehnt an Walberg et al. 2022 + Preisentwicklungsaufschlag von 5 %; verifiziert durch IW.2050) + ggf. 110 €/m² Aufschlag Zentralisierung (s.o.) |
| | Gas (Etage od. Zentral) | Heizungsaustausch (mit höheren Kosten sofern zuvor Gasetagenheizung und Zentralisierung nötig); Kosten für umfassende Anpassung Heizflächen und Wärmeschutz bei beiden Szenarien. | Komplettmodernisierung mit Wärmepumpe: 2.686 €/m² (angelehnt an Walberg et al. 2022 + Preisentwicklungsaufschlag von 5 %; verifiziert durch IW.2050) +ggf. 110 €/m² Aufschlag Zentralisierung (s.o.) |

Tab. 12: Kostensätze je Modernisierungspaket, H (eigene Darstellung)

| Ausgangssituation | Zielszenario | Modernisierungspaket | Kostenansätze pro m ² |
|-------------------|---|---|---|
| H | Fernwärme (zentral)/Gas (Etage od. Zentral) | Heizungsaustausch (mit höheren Kosten sofern zuvor Gasetagenheizung und Zentralisierung nötig); Kosten für umfassende Anpassung Heizflächen und Wärmeschutz bei beiden Szenarien. | Komplettmodernisierung Fernwärme: 2.629 €/m² (angelehnt an Walberg et al. 2022 + Preisentwicklungsaufschlag von 5 %; verifiziert durch IW.2050) + ggf. 110 €/m² Aufschlag Zentralisierung (s.o.) |
| | Gas (Etage od. Zentral) | Heizungsaustausch (mit höheren Kosten sofern zuvor Gasetagenheizung und Zentralisierung nötig); Kosten für umfassende Anpassung Heizflächen und Wärmeschutz bei beiden Szenarien. | Komplettmodernisierung mit Wärmepumpe: 2.686 €/m² (angelehnt an Walberg et al. 2022 + Preisentwicklungsaufschlag von 5 %; verifiziert durch IW.2050) +ggf. 110 €/m² Aufschlag Zentralisierung (s.o.) |

Die Entwicklung dieser Kostensätze bis 2045 ist nicht abzuschätzen. Es wird in dieser Arbeit grundsätzlich eine weitere Preissteigerung von jährlich 3 % angenommen, was aus langjährigen Durchschnitten mit einem Aufschlag für die zuletzt sehr hohe Dynamik abgeleitet wird. Bei den Baukostensteigerungen zeichnet sich langsam eine Bodenbildung ab (vgl. Abb. 2). Zugleich ist nicht auszuschließen, dass eine stärkere Marktausbildung (z. B. bei Wärmepumpen oder mit Blick auf serielle Lösungen) günstigere Produktionen ermöglicht.

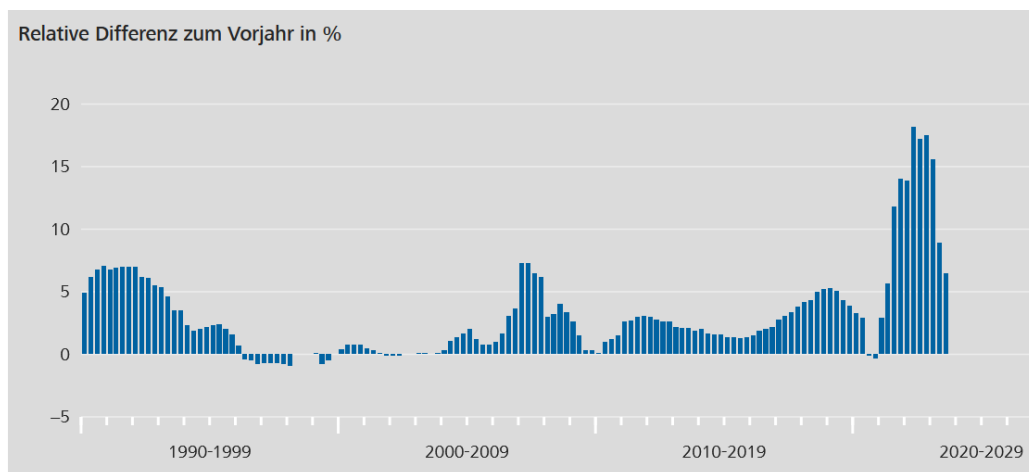


Abb. 2: Entwicklung der Baukosten (Bundesbank o.J.)

Mit Blick auf die betriebswirtschaftlichen Auswirkungen der Dekarbonisierungsszenarien und die Effekte, die die Investitionskosten der Modernisierungspakete haben, ist entscheidend, ob es sich bei den Investitionen um aktivierungspflichtige bzw. aktivierbare Maßnahmen oder um Aufwand für Instandhaltung handelt. Denn durch eine Aktivierung erhöht sich das Vermögen bzw. die Bilanzsumme des Unternehmens und die Kosten wirken zeitverzögert über Abschreibungen auf die Gewinn- und Verlustrechnung (GuV). Werden

die Kosten dagegen als Aufwand gebucht, wirken sie umgehend negativ auf die GuV und somit auf das Jahresergebnis. Grundsätzlich sind Aktivierungen möglich und nötig, wenn es sich um Modernisierungen handelt, die den Ausgangszustand der Immobilie wesentlich verbessern, während Investitionen als Aufwand gebucht werden, wenn es sich um Maßnahmen zur Instandhaltung handelt – also gewissermaßen zur Wiederherstellung des Ursprungszustands (vgl. Bispink 2015, S. 114). Rechtliche Grundlage ist dabei § 255 Abs. 2 des Handelsgesetzbuchs (HGB).

Die Prüfungsdirektor:innen des GdW haben zur Abgrenzung von Herstellungskosten (wesentliche Verbesserung) und Instandhaltungskosten in der Handelsbilanz einen Standard veröffentlicht, der als Arbeitshilfe dienen kann (vgl. GdW 2022b). Dort wird als Vorbemerkung auf die Schwierigkeit der bilanziellen Behandlung von Klimaschutzinvestitionen verwiesen (vgl. ebd., S. 2). Die grundsätzliche Annahme ist, dass eine wesentliche Verbesserung (und damit die Aktivierungspflicht) vorliegt, wenn aufgrund einer baulichen Maßnahme eine Standardverbesserung in mindestens drei zentralen Ausstattungsbereichen (Heizung, Sanitär, Elektroinstallation/Informationstechnik, Fenster und Wärmedämmung) erfolgt (vgl. GdW 2022b, S.12). Im Falle von Komplettmodernisierungen ist davon grundsätzlich auszugehen. Beim reinen Heizungsaustausch (z. B. Wechsel von Gas auf Fernwärme) ist die wesentliche Verbesserung normalerweise nicht der Fall. Bei den Heizungswechseln verbunden mit minimalinvasiven Maßnahmen hängt es vom Umfang und der Ausgestaltung im Einzelfall ab.

Diesem Ansatz folgend wurden für die angenommenen Modernisierungspakete (vgl. Tab. 5 und 5) die Aufteilung zwischen aktivierbaren und nicht aktivierbaren Kosten gewählt, wie sie in nachfolgender Tabelle dargestellt ist. Es werden jedoch auch nicht aktivierbare Maßnahmen (vorwiegend Heizungsaustausch) als teilweise mietumlagefähig betrachtet (vgl. Kap. 2.2.4).

Tab. 13: Aktivierbarkeit der Kosten je Maßnahmenpaket und Zielstandard (eigene Darstellung)

| Ausgangssituation: | Ziel NTR | | Ziel EH 70 | |
|--------------------|--|---|--|---|
| B | Maßnahmen nicht aktivierbar (Instandhaltung) | | Maßnahmen nicht aktivierbar (Instandhaltung) | |
| C | Maßnahmen nicht aktivierbar (Instandhaltung) | | Maßnahmen nicht aktivierbar (Instandhaltung) | |
| D | Maßnahmen nicht aktivierbar (Instandhaltung) | | Maßnahmen nicht aktivierbar (Instandhaltung) | |
| E | Maßnahmen nicht aktivierbar (Instandhaltung) | | Maßnahmen mit Ziel Wärmepumpe aktivierbar | Maßnahmen mit Ziel Fernwärme nicht aktivierbar (Instandhaltung) |
| F | Maßnahmen mit Ziel Wärmepumpe aktivierbar | Maßnahmen mit Ziel Fernwärme nicht aktivierbar (Instandhaltung) | Maßnahmen aktivierbar | |
| G | Maßnahmen aktivierbar | | Maßnahmen aktivierbar | |
| H | Maßnahmen aktivierbar | | Maßnahmen aktivierbar | |

Die Kosten, die unabhängig von den energetischen Modernisierungspakten z. B. für Instandhaltung oder für die Bestandsbewirtschaftung und Verwaltung anfallen, sollen nicht außer Acht gelassen werden. Im Rahmen dieser Arbeit werden sie über die Fortschreibung einer Ausgangs-GuV (s. u.) je Portfolio mit abgedeckt.

2.3.2.2 (Re-)Finanzierung

2.3.2.2.1 Miete

Die bedeutendste Einnahmegröße für bestandshaltende Wohnungsunternehmen ist die Miete. Es wird in den Portfolios mit Modernisierungsstau (vgl. Kap. 4) die Durchschnittskaltmiete der GdW-Unternehmen laut aktuellster Jahresstatistik in Höhe von 6,09 €/m² angenommen (vgl. GdW 2022a, S. 9). Für Portfolios ohne Modernisierungsstau muss diese Ausgangsmiete angepasst werden, da davon auszugehen ist, dass im Zuge der bereits sanierten Bestände auch Mieterhöhungen stattfanden oder aber neuere Gebäude in den Portfolios enthalten sind, die wiederum höhere Mieten generieren. Es wird ein pauschaler Aufschlag zur Durchschnittsmiete von 0,70 €/m² angenommen, der mit Praktiker:innen der IW.2050 gespiegelt und als realistisch verifiziert wurde.

Bei der Entwicklung der Miethöhen sind die oben beschriebenen gesetzlichen Beschränkungen zu beachten. Viele sozial orientierte Unternehmen wie bspw. Wohnungsunternehmen in Besitz der öffentlichen Hand (vgl. z. B. Nassauische Heimstätte oder kommunale Wohnungsunternehmen in Berlin) verpflichten sich zudem selbst bzw. sind durch politische Beschlüsse dazu verpflichtet, den gesetzlichen Spielraum für Mieterhöhungen nicht voll auszuschöpfen. In dieser Arbeit wird jedoch der Mieterhöhungsspielraum bei den modernisierungsbedingten Mieterhöhungen als komplett ausgeschöpft simuliert, da die grundsätzliche Machbarkeit von Dekarbonisierungsszenarien im aktuellen Kontext beurteilt werden soll.

Es wird vereinfacht angenommen, dass der Anteil der Mieten, die bereits über 7 €/m² liegen, jedes Jahr um 5 % steigt, sodass die maximale Mieterhöhung um 3 € statt um 2 €/m² jährlich für zusätzliche 5 % der jeweils sanierten Bestände möglich wird. Unterschieden wird jedoch der Startpunkt des Portfolioanteils mit über 7 €/m² Kaltmiete. Hier wird aufgrund der höheren Ausgangsmieten bei Portfolios ohne Modernisierungsstau bei 25 % der Fälle die Kappungsgrenze von 3 €/m² angewendet. Bei den Portfolios mit Modernisierungsstau sind es zu Beginn nur 10 %. Es soll dadurch eingepreist werden, dass bei energetischen Modernisierungen zu späteren Zeitpunkten aufgrund der allgemeinen Mieterhöhungen im Rahmen der Angleichung an die OVM aufgrund der allgemeinen Mietenentwicklung häufiger die 3 € Kappungsgrenze angewendet wird. Das Vorgehen wurde ebenfalls mit der IW.2050 gespiegelt.

Die Festlegung der geltenden Kappungsgrenzen ist auch daher so wichtig, da in den simulierten Szenarien bereits bei geringem anteiligem Ansatz der Kosten bei der modernisierungsbedingten Mieterhöhung flächendeckend die 2 € Kappungsgrenzen erreicht werden (vgl. Kap. 5.2).

Modernisierungsunabhängige Mieterhöhungen werden indirekt über eine eingeplante Steigerung des Ausgangs-Jahresüberschusses in Höhe der Inflation einbezogen. Dahinter steht die vereinfachte Annahme, dass alle Kosten und Einnahmen (und zum Großteil sind letzteres die Mieteinnahmen) stetig und in gleichem Verhältnis zueinander steigen. Dies suggeriert ein vergleichsweise starkes Ausschöpfen des Mieterhöhungsspielraums auch abseits von Modernisierungsumlagen. Denn eine Inflationsrate von 3 % wurde

angenommen und die Durchschnittsmieten in Deutschland stiegen seit 2015 bei einer noch deutlich niedrigeren Inflationsrate stetig leicht unterhalb der Inflation (vgl. BMWSB/BBSR 2022, S. 28).

2.3.2.2.2 Fremdkapital

Investitionen in die energetische Modernisierung werden von den simulierten Wohnungsunternehmen nicht aus dem laufenden Geschäft und dem Eigenkapital (EK) getragen (begrenzt EK; Leverage-Effekt des Fremdkapitals). Entsprechend wird eine fremdkapitalbasierte Finanzierung angenommen. Die angenommenen Fremdkapitalkosten für die simulierten Wohnungsunternehmen liegen bei 3,8 % und werden bis 2045 konstant gehalten. Der Zinssatz ist angelehnt an die Zinsstatistik der Deutschen Bundesbank⁹ für besicherte Wohnungsbaukredite und verifiziert von IW.2050-Praxisakteur:innen.

2.3.2.2.3 Förderung

Die Förderung spielt wie oben beschrieben bei der energetischen Modernisierung eine wichtige Rolle, sodass Förderquoten in die Analyse einbezogen werden sollten. Die angenommenen Förderquoten sind an die realen und in Kap. 2.2.1 und 2.2.2 beschriebenen Bedingungen angelehnt. Die angenommenen Fördersätze werden wie die Fremdkapitalkosten konstant gehalten, da keine Vorhersage der Entwicklung bis 2045 getroffen werden kann. Die Fördersummen steigen folglich analog zu jährlichen Preiserhöhungen (Annahme: 3 % p. a.).

Tab. 14: Förderquoten und -summen je Modernisierungspaket, A-C (eigene Darstellung)

| Ausgangssituation | | Zielszenario | Förderquote und Förderung pro WE à 70 m ² auf Basis der in Tab. 8 ermittelten Kostensätze | | |
|-------------------------|----------------------------------|--|--|----------------------------------|--|
| A+ | Fernwärme/ | NTR/EH 70 | Keine Maßnahmen nötig; keine Förderung | | |
| | Luft-Wasser-Wärmepumpe | | | | |
| B | Fernwärme/ | NTR/EH 70 | Keine Maßnahmen nötig; keine Förderung | | |
| | Luft-Wasser-Wärmepumpe | | | | |
| | Gas (Etage od. Zentral) | | | NTR/EH 70 Fernwärme | Von Zentral: 30 % Förderquote, 840 €/WE Von Etage: 30 % Förderquote, 3.150 €/WE (jeweils maximal förderfähige Kosten nicht erreicht) |
| Gas (Etage od. Zentral) | NTR/EH 70 Luft-Wasser-Wärmepumpe | Von Zentral: 35 % Förderquote, 1.960 €/WE Von Etage: 35 % Förderquote, 4.655 €/WE (jeweils maximal förderfähige Kosten nicht erreicht) | | | |
| C | Fernwärme | NTR/EH 70 Fernwärme | Keine Maßnahmen nötig; keine Förderung | | |
| | Gas (Etage od. Zentral) | | | NTR/EH 70 Fernwärme | Von Zentral: 30 % Förderquote, 840 €/WE Von Etage: 30 % Förderquote, 3.150 €/WE (jeweils maximal förderfähige Kosten nicht erreicht) |
| | Gas (Etage od. Zentral) | | | NTR/EH 70 Luft-Wasser-Wärmepumpe | Von Zentral: 35 % Förderquote, 1.960 €/WE Von Etage: 35 % Förderquote, 4.655 €/WE (jeweils maximal förderfähige Kosten nicht erreicht) |

⁹ Stand: Dezember 2023; siehe für aktuellste Werte unter:

<https://www.bundesbank.de/de/statistiken/geld-und-kapitalmaerkte/zinssaetze-und-renditen/einlagen-und-kreditzinssaetze>.

Tab. 15: Förderquoten und -summen je Modernisierungspaket, D und E (eigene Darstellung)

| Ausgangssituation | | Zielszenario | Förderquote und Förderung pro WE à 70 m ² auf Basis der in Tab. 8 ermittelten Kostensätze |
|-------------------|-------------------------|------------------------------|--|
| D | Fernwärme | NTR/EH 70 Fernwärme | Keine Maßnahmen nötig; keine Förderung |
| | Gas (Etage od. Zentral) | NTR/EH 70 Fernwärme | Von Zentral: 30 % Förderquote, 840 €/WE Von Etage: 30 % Förderquote, 3.150 €/WE (jeweils maximal förderfähige Kosten nicht erreicht) |
| | Gas (Etage od. Zentral) | NTR/Luft-Wasser-Wärmepumpe | Von Zentral: 35 % Förderquote Heizungs austausch, 1.960 €/WE + 15 % Förderquote Effizienzmaßnahme Heizkörper austausch, 1.890 €/WE = 3.850 €/WE Von Etage: 35 % Förderquote Heizungs austausch, 4.655 €/WE + 15 % Förderquote Effizienzmaßnahme Heizkörper austausch, 1.890 €/WE = 6.545 €/WE (jeweils maximal förderfähige Kosten nicht erreicht) |
| | Gas (Etage od. Zentral) | EH 70/Luft-Wasser-Wärmepumpe | Von Zentral: 35 % Förderquote Heizungs austausch, 1.960 €/WE + 15 % Förderquote Effizienzmaßnahme Heizkörper austausch, 1.890 €/WE + 15 % Förderquote horizontale Dämmmaßnahmen, 1.365 €/WE = 5.215 €/WE Von Etage: 35 % Förderquote Heizungs austausch, 4.655 €/WE + 15 % Förderquote Effizienzmaßnahme Heizkörper austausch, 1.890 €/WE + 15 % Förderquote horizontale Dämmmaßnahmen, 1.365 €/WE = 7.910 €/WE (jeweils maximal förderfähige Kosten nicht erreicht) |
| E | Fernwärme | NTR/EH 70 Fernwärme | Keine Maßnahmen nötig; keine Förderung |
| | Gas (Etage od. Zentral) | NTR/EH 70 Fernwärme | Von Zentral: 30 % Förderquote, 840 €/WE Von Etage: 30 % Förderquote, 3.150 €/WE (jeweils maximal förderfähige Kosten nicht erreicht) |
| | Gas (Etage od. Zentral) | EH 70/Luft-Wasser-Wärmepumpe | EH-70-Förderung mit Tilgungszuschuss i. H. v. 15 % auf 150.000 €/WE (da maximal förderfähige Kosten überschritten); 22.500 €/WE (Basisförderung inkl. EE-Bonus) |
| | Gas (Etage od. Zentral) | NTR/Luft-Wasser-Wärmepumpe | Von Zentral: 35 % Förderquote Heizungs austausch, 1.960 €/WE + 15 % Förderquote Effizienzmaßnahme Heizkörper austausch, 1.890 €/WE + 15 % Förderquote punktuelle horizontale Dämmmaßnahmen, 682,50 €/WE = 4.532,5 €/WE Von Etage: 35 % Förderquote Heizungs austausch, 4.655 €/WE + 15 % Förderquote Effizienzmaßnahme Heizkörper austausch, 1.890 €/WE + 15 % Förderquote punktuelle horizontale Dämmmaßnahmen, 682,50 €/WE = 7.227,50 €/WE (jeweils maximal förderfähige Kosten nicht erreicht) |

Tab. 16: Förderquoten und -summen je Modernisierungspaket, F-H (eigene Darstellung)

| Ausgangssituation | | Zielszenario | Förderquote und Förderung pro WE à 70 m ² auf Basis der in Tab. 8 ermittelten Kostensätze |
|-------------------|---|--|---|
| F | Fernwärme | NTR/Fernwärme | 15 % Förderquote punktuelle horizontale Dämmmaßnahmen, 682,50 €/WE |
| | Fernwärme/ Gas (Etage od. zentral) | EH 70/Fernwärme | EH-70-Förderung mit Tilgungszuschuss i. H. v. 15 % auf 150.000 €/WE (da maximal förderfähige Kosten überschritten); 22.500 €/WE (Basisförderung inkl. EE-Bonus) |
| | Gas (Etage od. Zentral) | NTR/Fernwärme | Von Zentral: 30 % Förderquote Heizungs austausch, 840 €/WE + 15 % Förderquote punktuelle horizontale Dämmmaßnahmen, 682,50 €/WE = 1.522,50 € Von Etage: 30 % Förderquote Heizungs austausch, 3.150 €/WE + 15 % Förderquote punktuelle horizontale Dämmmaßnahmen, 682,50 €/WE = 3.832,50 € (jeweils maximal förderfähige Kosten nicht erreicht) |
| | Gas (Etage od. Zentral) | NTR/EH 70 Luft-Wasser-Wärmepumpe | EH-70-Förderung mit Tilgungszuschuss i. H. v. 15 % auf 150.000 €/WE (da maximal förderfähige Kosten überschritten); 22.500 €/WE (Basisförderung inkl. EE-Bonus) |
| G | Fernwärme (zentral)/Gas (Etage od. Zentral) | NTR/EH 70 Fernwärme od. Luft-Wasser-Wärmepumpe | EH-70-Förderung mit Tilgungszuschuss i. H. v. 15 % auf 150.000 €/WE (da maximal förderfähige Kosten überschritten); 22.500 €/WE (Basisförderung inkl. EE-Bonus) |
| H | Fernwärme (zentral)/Gas (Etage od. Zentral) | NTR/EH 70 Fernwärme od. Luft-Wasser-Wärmepumpe | EH-70-Förderung mit Tilgungszuschuss i. H. v. 25 % auf 150.000 €/WE (da maximal förderfähige Kosten überschritten); 37.500 €/WE (Basisförderung inkl. EE- und WPB-Bonus) |

2.3.2.2.4 Eigenkapitalerhöhungen

Eigenkapitalerhöhungen wären eine weitere Refinanzierungsmöglichkeit für Investitionen. Sie sind jedoch nicht dauerhaft planbarer Bestandteil einer nachhaltigen Unternehmensfinanzierung und werden daher nicht eingeplant. Sollten die Analysen in Kap. 5.2 Finanzierungslücken bzw. ein starkes Absinken der EK-Quote ergeben, könnte dies als Größenordnung interpretiert werden, in der EK-Erhöhungen oder staatliche Zuschüsse nötig wären, um das jeweilige Dekarbonisierungsszenario umzusetzen.

2.3.2.2.5 Ausbleibende Instandhaltung

Es wird eine nachhaltige Bestandsbewirtschaftung angenommen, sodass Instandhaltungen fortlaufend über das fortgeschriebene Ausgangsjahresergebnis eingepreist werden und deren Aussetzen nicht zu einer Finanzierung von energetischen Modernisierungsmaßnahmen genutzt wird.

2.3.2.3 Betriebswirtschaftliche Ausgangssituation

Neben etwaigen Kosten und Refinanzierungsmöglichkeiten, muss für die synthetischen Portfolios in dieser Arbeit eine betriebswirtschaftliche Ausgangssituation festgelegt werden. Diese Ausgangssituation ist bedeutend, da sie den Bezugspunkt für die betriebswirtschaftlichen Auswirkungen der Dekarbonisierungsszenarien bildet. Bei einer Betrachtung von Entwicklungen über einen Zeitraum bis 2045 bleiben Vereinfachungen und Verallgemeinerungen nicht aus. Eine im Detail ausdifferenzierte Ausgangsbilanz oder Gewinn- und Verlustrechnung (GuV) ist in diesem Zusammenhang nicht nötig oder zielführend. Wichtig ist es vor allem, eine Vergleichbarkeit zwischen den Dekarbonisierungsszenarien zu

ermöglichen und die Ausgangssituation grundsätzlich vereinfacht aber realistisch abzubilden. Dies geschieht im Rahmen dieser Arbeit anhand von Durchschnittswerten aus den Geschäftsberichten 2022 von vier kommunalen Wohnungsunternehmen und vier Genossenschaften. Bei der Auswahl dieser Unternehmen wurde darauf geachtet, dass unterschiedlich große Unternehmen aus verschiedenen Regionen einbezogen werden. Die Auswahl fiel auf folgende Unternehmen, deren relevante Kennzahlen aus den Jahresberichten 2022 und die abgeleiteten Durchschnitte auch in Anhang A1 dargestellt sind:

- Baugenossenschaft Arlinger eG, Pforzheim (3.093 WE),
- Braunschweiger Baugenossenschaft eG (6.540 WE),
- GBN Wohnungsunternehmen GmbH Nienburg/Weser (2.425 WE),
- GWC – Gebäudewirtschaft Cottbus GmbH (17.254 WE),
- GEWOBAU Wohnungsgenossenschaft Essen eG (5.452 WE),
- Gewobau Wohnungsbaugesellschaft der Stadt Erlangen mbH (8.846 WE),
- Märkische Scholle Wohnungsunternehmen eG (3.668 WE),
- Nassauische Heimstätte Wohnungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH (43.976 WE).

2.3.2.3.1 Ausgangsbilanz

Mithilfe der Geschäftsberichte wurde über die Bilanzsummen und die Anzahl der WE je Unternehmen durchschnittliche Bilanzsumme je Wohneinheit in Höhe von 49.550 € abgeleitet. Aus diesem Wert wurden die Bilanzsummen der synthetischen Portfolios hochgerechnet, bei denen jeweils 4.500 WE angenommen werden (vgl. auch Kap. 4.2). Um den unterschiedlichen Zustand der Gebäude zu berücksichtigen, sollten Portfolios ohne Modernisierungstau jedoch einen höheren Wert und damit eine höhere Bilanzsumme aufweisen als Portfolios mit Modernisierungstau. Dies ergibt sich bspw. aus einer Auswertung von ImmoScout 24, die bis zu 35 % Preisabschläge bei der schlechtesten Energieeffizienzklasse H im Vergleich zur Energieeffizienzklasse A/A+ feststellt (vgl. ImmoScout24 2023). Daher wird für die Analyse ein Abschlag (bei Modernisierungstau) bzw. Aufschlag (ohne Modernisierungstau) von je 15 % auf den Durchschnitt der Bilanzsumme je WE angenommen, der mit Praktiker:innen der IW.2050 gespiegelt und von diesen als realistisch bestätigt wurde (vgl. Anhang A1).

Die prozentuale Verteilung der Aktiva auf Anlagevermögen und Umlaufvermögen kann wiederum orientiert an den Durchschnittswerten der acht Beispielunternehmen erfolgen.

Für die Kapitalstruktur (Passivseite der Bilanz) ist entscheidend, welche Eigenkapitalquote angenommen wird. Die Eigenkapitalquote als Verhältnis vom Eigenkapital zum Gesamtkapital (Bilanzsumme) liegt bei Genossenschaften und kommunalen Wohnungsunternehmen im Durchschnitt um die 35 % (vgl. Lohse 2006, S. 17). Bei den Berechnungen in Kapitel 5.2 dient sie als eine Zielgröße. Es wird in Anlehnung an den Branchenschnitt angenommen, dass sie bei einer nachhaltigen Unternehmensführung nicht unter 30 % fallen sollte. In der Ausgangsbilanz wird in Absprache mit der IW.2050 eine vergleichsweise hohe Eigenkapitalquote von 45 % angenommen, um einen grundsätzlichen Spielraum für Investitionen zu ermöglichen. Gemessen an diesen Zielwerten und dem Ausgangswert beim Jahresüberschuss (s. u.) ergeben sich dann ggf. jährliche Finanzierungslücken, die geschlossen werden müssten, wenn die Zielwerte eingehalten werden sollen.

2.3.2.3.2 Ausgangs-GuV und Cashflow-Betrachtung

Die GuV stellt Erträge und Aufwände des Unternehmens für ein Geschäftsjahr einander gegenüber und zeigt damit den Jahresüberschuss bzw. den Jahresfehlbetrag des Unternehmens. Für die synthetischen Portfolios sind die Umsatzerlöse aus den Mieteinnahmen bekannt, da die Miete pro Quadratmeter (6,09 bzw. 6,79 € je nach Modernisierungsstau) ebenso gegeben ist wie die Anzahl der Quadratmeter Wohnfläche (315.000 m²; vgl. Kap. 4.2). Bei den acht Beispielunternehmen sind die Umsatzerlöse aus der Hausbewirtschaftung aus der jeweiligen GuV ebenso bekannt wie die Gesamtjahresüberschüsse. Für die synthetischen Portfolios kann so ein durchschnittlicher Prozentsatz für den Anteil des Jahresüberschusses an den Umsatzerlösen aus den Beispielunternehmen verwendet werden, um den Jahresüberschuss zu bestimmen.

Da der Jahresüberschuss bei den Beispielunternehmen nicht nur aus Mieteinnahmen für Wohnraum, sondern z. B. auch aus Gewerbeimmobilien, Beteiligungen oder diversen Dienstleistungen generiert wird, ist der durchschnittliche Jahresüberschuss in % der Umsatzerlöse aus der Hausbewirtschaftung mit 7,58 % relativ hoch. Diesen Prozentsatz, ebenso wie die Bilanzsumme je Wohneinheit auf die synthetischen Portfolios zu übertragen, suggeriert, dass auch bei den synthetischen Portfolios zusätzliche, konstante, aber hier nicht näher bezifferte Werte und Einnahmequellen angenommen werden. Dies wird aufgrund der vielfältigen Geschäftstätigkeiten von Wohnungsunternehmen als realistisch eingeschätzt. Allerdings muss beachtet werden, dass dadurch indirekt eine Querfinanzierungsmöglichkeit für die Dekarbonisierung angenommen wird. Potenzielle zusätzliche Belastungen und Investitionsbedarfe in anderen Geschäftsbereichen werden dagegen ausgeblendet.

Auch bei den Jahresüberschüssen ist der Zustand der Portfolios (Modernisierungsstau oder kein Modernisierungsstau) durch Abschläge bzw. Aufschläge auf den Durchschnittsprozentsatz (Jahresüberschuss zu Mieteinnahmen) einzubeziehen, um Unterschiede bei den Instandhaltungsaufwendungen zu berücksichtigen. Hier wurde ein Aufschlag bzw. Abschlag der Rendite in Höhe von ca. 1 % auf jeweils 8,5 bzw. 7,5 % gewählt. Dieses Vorgehen wurde ebenfalls mit Praktiker:innen gespiegelt und von diesen als realistisch befunden.

Durch diesen vereinfachten Ansatz sind im Jahresergebnis entsprechend die durchschnittlichen prozentualen Instandhaltungsaufwendungen, Verwaltungs- und Personalaufwände sowie Finanzierungskosten im Ausgangsjahr etc. enthalten, die notwendig sind, um einen vermietbaren Zustand zu bewahren. Die zusätzlichen Belastungen aus der Dekarbonisierung und ihre Auswirkungen auf GuV und Bilanz können darauf aufbauend getrennt simuliert werden, um deren Effekte isoliert zeigen zu können.

Darüber hinaus werden z. B. außerplanmäßige Abschreibungen, Erträge aus Verkäufen oder anderen Geschäftsbereichen, etwaige besondere Belastungen aus anderen Bereichen oder besondere, nicht wiederkehrende steuerliche Aufwendungen oder Erträge ebenso wie Verlustvorträge nicht einbezogen.

Zur Bestimmung der Ausgangssituation des Kapitalflusses wurde ein Verhältnis zwischen den jeweiligen Cashflows von fünf¹⁰ Beispielunternehmen und ihrer Jahresüberschüsse

¹⁰ In diesem Fall sind es nur fünf statt acht Beispielunternehmen, da die benötigten Werte von den Genossenschaften aus Essen, Berlin und Pforzheim nicht öffentlich vorliegen.

berechnet und dieser Prozentsatz dann auf die synthetischen Portfolios angewandt. Aufschläge oder Abschläge für Portfolios mit oder ohne Modernisierungstau sind in diesem Fall nicht vorgenommen worden, da sich diese aus den bereits unterschiedlichen Jahresüberschüssen ohnehin übertragen.

Alle zugrunde liegenden Daten und Berechnungen sind Anhang A1 zu entnehmen und zudem in den Finanzierungswerkzeugen je Dekarbonisierungsszenario nachzuvollziehen.

2.3.3 Verbrauch und Betrieb

Die Frage nach Verbrauchsverhalten und Betriebskosten ist aus sozialer Sicht ebenfalls sehr relevant. Denn wie bereits angedeutet, wird z. B. die politische Frage nach dem nötigen minimalen Wärmeschutz oder bei der Aufteilung des CO₂-Preises auch dahingehend geführt, wer letztlich die Kosten der Wärmewende trägt. Bei niedrigem Wärmeschutz und hohen Verbrauchskosten wären die Kosten bei Mietenden höher. Wie beschrieben wäre aber bei höherem Wärmeschutz ebenfalls über Mieterhöhungen eine Umlage auf Mietende im gesetzlich zulässigen Rahmen möglich.

Die Annahmen zu den weniger ambitionierten Dekarbonisierungsszenarien werden so getroffen, dass die Marktfähigkeit der Wohnungen nicht gefährdet ist und über die NTR-Orientierung auch die Betriebskosten nur begrenzt steigen können. Hier wird darauf gesetzt, dass bisherige und zukünftige regulatorische Mindeststandards z. B. im Rahmen klassischer Instandhaltung einem Ausufernden der Betriebskosten bereits entgegenwirken. Der Anteil der Vermietenden am CO₂-Preis wird eingepreist (vgl. Kap. 2.2.3).

Bei der Interpretation der Ergebnisse bzw. bei der Beurteilung von Dekarbonisierungsszenarien anhand von Energiebedarfswerten ist darauf zu achten, dass es durchschnittlich immer ähnliche Abweichungen von Energiebedarfen und -verbräuchen je Energieeffizienzklasse gibt. Bienert et al. (2022) erläutern z. B., dass bei Gebäuden vor der Modernisierung der Energiebedarf höher eingeschätzt wird als der tatsächlich gemessene Verbrauch letztlich ist und dass nach der Modernisierung wiederum die Bedarfe niedriger eingeschätzt werden als tatsächliche Verbräuche (vgl. ebd., S. 52). Grund sind bspw. der bereits beschriebene „Rebound-Effekt“ nach Modernisierung (höhere Raumtemperaturen und größerer Komfort günstig möglich und so quasi Ausnutzen des neuen Wärmeschutzes) oder ein „Prebound-Effekt“, der ein Sparverhalten bzw. Toleranz von weniger Wohnkomfort bei schlechtem Wärmeschutz beschreibt, was nach der Modernisierung abgelegt wird.

Diese Komponenten des Nutzer:innenverhaltens werden in dieser Arbeit ausgeblendet, da als Ziel ohnehin eine Komplettdekarbonisierung der Wärmeversorgung bis 2045 angenommen wird. Das Verbrauchsverhalten spielt zu diesem Zeitpunkt für Wohnungsunternehmen keine Rolle, sofern davon ausgegangen wird, dass insgesamt ausreichend erneuerbare Wärme/Strom zur Verfügung stehen. Bei der Bewertung von beim Wärmeschutz mehr oder weniger ambitionierten Modernisierungspaketen sind die Muster des Verbrauchsverhaltens jedoch wieder relevant. Denn eine Rechtfertigung von höheren Wärmeschutzstandards aufgrund geringerer Energiebedarfe wird über das real beobachtete Verbrauchsverhalten wieder abgeschwächt.

3 Hypothesen

Im Kontext der dargelegten Rahmenbedingungen werden mit den simulierten Dekarbonisierungsszenarien der synthetischen Portfolios folgende vier Hypothesen überprüft:

H1: *Die Bestandsdekarbonisierung ist auch mit Ausreizen des gesetzlichen Spielraums für Mieterhöhungen und unter Einbezug der Förderung für einige Portfolios sozialorientierter Wohnungsunternehmen aus dem laufenden Geschäft nicht zu bewältigen.*

Für die Bewertung der Hypothese H1 ist zu prüfen, wie die angenommenen Investitionskosten je Dekarbonisierungsszenario im Rahmen des Geschäftsbetriebs des Wohnungsunternehmens getragen werden können (z. B. aus Jahresüberschüssen, Förderungen, Mieterhöhungen, Verschuldung). Die Entwicklung der Eigenkapitalquote und der Jahresergebnisse sind dabei Indikatoren für die wirtschaftliche Machbarkeit.

H2: *Bestehende oder potentielle netzgebundene Wärmelösungen wirken sich positiv auf die Kosteneffizienz und wirtschaftliche Machbarkeit der Dekarbonisierungspfade aus.*

Um diese Hypothese H2 bewerten zu können, ist zu prüfen, inwieweit Portfolios mit der Eigenschaft „Fernwärmepotential“ geringere Kostenbelastungen haben als ihre Pendants bzw. inwieweit Portfolios ohne Fernwärmeanteile oder -potentiale höhere Kosten über Förderungen oder höhere Mietumlagen ausgleichen können.

H3: *Die nötigen Investitionskosten sind bei Modernisierungstau deutlich höher, weshalb keine wirtschaftliche Machbarkeit gegeben ist. Hoher Modernisierungstau hat dabei jedoch geringe Auswirkungen auf die Kosteneffizienz im Sinne von Investitionsaufwand je eingespartem kg CO₂, da hohe Ausgangsemissionen auch große Einsparpotentiale bedeuten.*

Für die Bewertung der Hypothese H3 ist zunächst zu prüfen, inwieweit Portfolios mit der Eigenschaft „Modernisierungstau“ höhere Kostenbelastungen haben als ihre Pendants bzw. inwieweit Portfolios mit Modernisierungstau höhere Kosten über Förderungen oder höhere Mietumlagen ausgleichen können. In einem zweiten Schritt ist zu testen, ob etwaige höhere Investitionskosten im Verhältnis auch zu größeren CO₂-Einsparungen führen.

H4: *Die Kosteneffizienz im Sinne von Investitionsaufwand je eingespartem kg CO₂ ist bei Dekarbonisierungsszenarien mit einem Zielstandard EH 70 geringer als bei einem Zielstandard NTR. Die wirtschaftliche Machbarkeit ist beim NTR-Zielstandard eher gegeben.*

Um diese Hypothese H4 bewerten zu können, ist zu prüfen, inwieweit Portfolios mit der Eigenschaft „Ziel NTR“ geringere Kostenbelastungen haben als ihre Pendants bzw. inwieweit Portfolios mit Zielstandard EH 70 höhere Kosten über Förderungen oder höhere Mietumlagen ausgleichen können. Darüber hinaus ist auch hier zu prüfen, ob etwaige höhere Investitionskosten bei Szenarien mit Ziel EH 70 im Verhältnis auch zu größeren CO₂-Einsparungen führen.

4 Methode

4.1 Vier Ausgangsportfolios und acht Dekarbonisierungsszenarien

Um die Hypothesen zu testen, werden vier beispielhafte, synthetische Bestandsportfolios mit jeweils zwei Dekarbonisierungsszenarien simuliert. Hinsichtlich der Wärmeversorgung wurde in Kap. 2 herausgestellt, dass der Fernwärmeanteil eines Portfolios hohen Einfluss auf die Kosten eines Dekarbonisierungsszenarios hat, weswegen als entscheidende Variable berücksichtigt wird, ob Fernwärmepotentiale vorliegen. Als weitere Variable fließt der Modernisierungsstau eines Portfolios ein, der anhand zweier unterschiedlicher Verteilungen des Bestandes auf die Energieeffizienzklassen simuliert wird. Daraus ergeben sich vier Beispielportfolios.

Je Portfolio werden zwei Zielszenarien hinsichtlich des Wärmebedarfs miteinander verglichen, sodass am Ende Daten zu acht Dekarbonisierungsszenarien analysiert werden können. Die Zieleffizienzstandards je Portfolio basieren zum einen auf dem in Kap. 2 definierten NTR-Standard sowie als ambitionierte Gegenvariante auf einem EH-70-Szenario mit den in Kap. 2 benannten Eigenschaften.

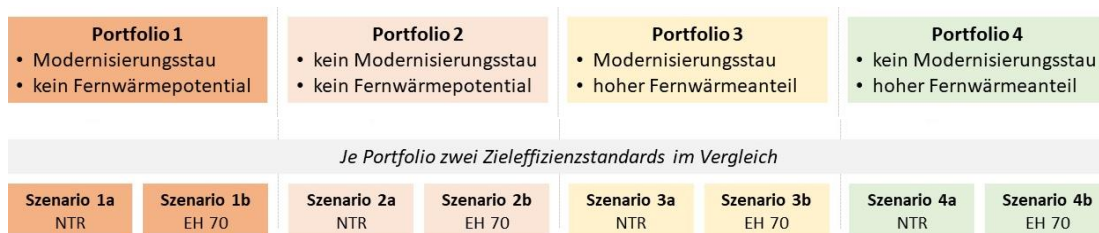


Abb. 3: Vier Ausgangsportfolios und acht Dekarbonisierungsszenarien im Vergleich (eigene Darstellung)

Die Unterscheidungen beim Modernisierungsstau ergeben sich hinsichtlich der Verteilung des Bestandes je Portfolio zwischen den Energieeffizienzklassen. Ausgehend vom in Kap. 2 dargestellten Durchschnittsbestand in Deutschland wurde als eine Variable eine überdurchschnittlich energieeffiziente Verteilung auf die Klassen gewählt (Portfolio ohne Modernisierungsstau), als zweite Variable wurde eine unterdurchschnittlich energieeffiziente Verteilung auf die Klassen gewählt (Portfolio mit Modernisierungsstau).

Zusätzlich variieren die Ist-Situation der Wärmeversorgung und die Soll-Situation der Wärmeversorgung je Portfolio. Die prozentuale Aufteilung zwischen den ursprünglichen Versorgungsoptionen ist angelehnt an die bestehende Durchschnittversorgung in Deutschland sowie die Ausführungen in Kap. 2, wobei Öl als Ausgangsenergeträger ausgeblendet und zum Zwecke der einfacheren Vergleichbarkeit und geringeren Komplexität durch Gasversorgungslösungen ersetzt wurde. Ein deutlich überdurchschnittlicher Fernwärmeanteil (70 %) mit zusätzlichem Fernwärmeerweiterungspotential auf 90 % zeichnet zwei der Portfolios aus. Die Portfolios ohne Fernwärme unterscheiden sich angelehnt am Modernisierungsstau dahingehend, dass das Portfolio ohne Modernisierungsstau und entsprechend Gebäuden mit bereits hohem Wärmeschutz bereits zu 20 % mit Wärmepumpen versorgt wird. Bei nicht vorhandenem Fernwärmepotential erfolgt die simulierte Dekarbonisierung wie in Kap. 2 begründet über Umstieg auf zentrale Luft-Wasser-Wärmepumpe. Ein kleinerer Anteil der Gasheizungen (je etwa ein Drittel) wird als Gas-Etagenheizungen einbezogen, um die höheren Kosten für die Zentralisierung von Heizsystemen mit abzubilden. Bei den Portfolios mit geringem Modernisierungsstau ist der Anteil an

Gas-Etagen-Heizungen im Vergleich zu Gas-Zentral-Heizungen größer. Hier wird angenommen, dass zunächst Zentralheizungen durch Wärmepumpen ersetzt wurden und nicht die Etagenheizungen, die häufig in einem Gebäude unterschiedlich alt sind. Denn gemeinsam mit den Zentralisierungskosten erschwerte dies bisher einen wirtschaftlichen Umstieg auf Wärmepumpen.

Die vorgenommene Clusterung der Portfolios nach Effizienzklassen, Ist-Wärmeversorgung und Soll-Wärmeversorgung wurde mit Expert:innen der IW.2050 gespiegelt. Sie bilden idealtypische, aber keine unrealistischen Szenarien ab.

Die nachfolgende Abbildung fasst die Clusterungen der vier Portfolios in ihre jeweiligen Anteile an Energieeffizienzklassen, Ist-Wärmeversorgung und Soll-Wärmeversorgung zusammen.

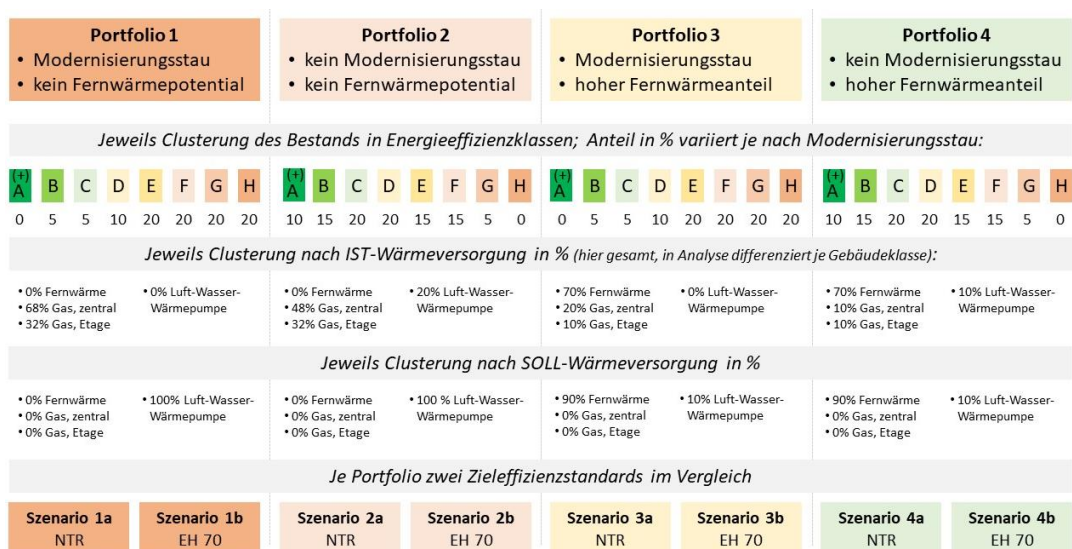


Abb. 4: Clusterung der Portfolios nach Energiebedarfen und Wärmeversorgung (eigene Darstellung)

4.2 Übersicht der Annahmen und Kennzahlen aller Portfolios

Die vier Portfolios haben zur besseren Vergleichbarkeit gemeinsame Eigenschaften bzw. Kostenannahmen. Nachfolgende Tabellen zeigen diese, ihren Wert sowie die Quelle bzw. Begründung für die Festlegung des Werts in einer Übersicht.

Tab. 17: Zusammenfassung allgemeiner Annahmen

| Eigenschaft | Wert | Quelle und Begründung |
|---------------------------------|------------------------|---|
| Anzahl WE pro Portfolio | 4.500 | Anlehnung an durchschnittliche Größe kommunaler Bestände (rd. 4.500 WE; vgl. BBSR 2021, S. 12) |
| Anzahl Gebäude pro Portfolio | 600 | Abgeleitet aus Anzahl WE pro Portfolio dividiert durch 7,5 WE pro Gebäude; orientiert am bundesweiten Schnitt der WE pro MFH (vgl. ista/TU Dortmund 2020) |
| m ² Wohnfläche je WE | 70 | Durchschnittliche Größe pro Wohneinheit 2022 (vgl. dena 2023c, S. 9) |
| Gesamtwohnfläche pro Portfolio | 315.000 m ² | Abgeleitet aus den oberen Werten |

Tab. 18: Zusammenfassung angenommener Kosten

| Eigenschaft | Wert | Quelle und Begründung |
|--|--|---|
| Fremdkapitalkosten | 3,8 % | Angelehnt an Zinsstatistik der Deutschen Bundesbank (Stand: Dezember 2023); vgl. Kap. 2.3.2.2 |
| Kosten der Modernisierungspakete | Variieren je nach Maßnahmen wie in Kap. 2.3 beschrieben | In Anlehnung an die Kostensätze der ARGE Schleswig-Holstein bei Komplettmodernisierung sowie Angaben von Herstellern und Wohnungsunternehmen bei Einzel-/Teilmaßnahmen (siehe Kap. 2.3) |
| CO ₂ -Preis | Nationale Preisentwicklung nach geltendem Recht bis 2027; anschließend orientiert an Prognosen zur freien Preisentwicklung im europäischen Markt; Preisanteil des Vermietenden nach geltendem zehnstufigem Verfahren | vgl. Kap. 2.2.3 bzw. BEHG vgl. Kap. 2.2.3 bzw. Pahle et al. (2022) vgl. Kap. 2.2.3 bzw. CO2KostAufG |
| Aufwände (für Verwaltung, Instandhaltung, Personal etc.) | Über Ausgangs-GuV abgebildet und fortgeschrieben mithilfe des IW.2050-Tools; | Abgestimmt mit IW.2050/basierend auf einen Durchschnittswert aus 8 Wohnungsunternehmen (vgl. Kap. 2.3.2.3) (Instandhaltungsanteile der Kosten für die dekarbonisierungsbedingten Maßnahmenpakete werden jedoch gesondert einbezogen) |

Tab. 19: Zusammenfassung der Annahmen zur Finanzplanung und -situation

| Eigenschaft | Wert | Quelle und Begründung |
|---|--|--|
| Werte der Ausgangsbilanz | | Basiert auf \emptyset der 8 Beispielunternehmen (vgl. Anhang A1 und Kap. 2.3): |
| Aktiva je WE: | 42.118 € bei Modernisierungsstau 56.983 € ohne Modernisierungsstau | Abschlag von 15 % auf \emptyset Aufschlag von 15 % auf \emptyset |
| Anteil Anlagevermögen: | 10,29 % | Entspricht \emptyset der 8 Beispielunternehmen |
| Anteil Umlaufvermögen: | 89,71 % | Entspricht \emptyset der 8 Beispielunternehmen |
| Minimale EK-Quote (<i>Unterschreiten als Indikator für fehlende wirtschaftliche Machbarkeit</i>) | 30 % | In Anlehnung an Branchenschnitt (vgl. Lohse 2006, S.17) und jeweils in Rücksprache mit IW.2050 |
| Ausgangs EK-Quote | 45 % | |
| Aktivierung od. Instandhaltung | Variiert nach Maßnahmenpaketen; Unterscheidung hinsichtlich Aktivierung bei NTR und EH 70-Szenarien bei Gebäudeklasse E und F | Für Details zur Aufteilung und zur Entscheidungsgrundlage siehe Kap. 2.3.2; Modernisierungspakete bei EH 70 bei Ausgangssituation Energieeffizienzklasse E (Ziel Wärmepumpe) und F (Ziel Fernwärme) umfassender als bei NTR und daher Aktivierung und Abschreibung. |
| Abschreibung/Restnutzungsdauer | Die jährlichen aktivierungspflichtigen Aufwendungen (minus Förderung) werden pauschal über 25 Jahre abgeschrieben | Begründet mit nötiger Vereinfachung bei über 30 unterschiedlichen Maßnahmenpaketen mit teils unterschiedlichen Teilmaßnahmen je Dekarbonisierungsszenario; 25 Jahre als geschätzter Mittelwert zwischen Komplettmodernisierungen und kleineren kombinierten, aktivierungspflichtigen Maßnahmen |
| Leerstandsquoten, Einnahmen/Werte aus anderen Tätigkeiten etc. | Über Ausgangs-GuV bzw. -Bilanz abgebildet und fortgeschrieben mithilfe des IW.2050-Tools | Basiert auf \emptyset von acht Beispielunternehmen; vgl. Kap. 2.3.2.3 |

Tab. 20: Zusammenfassung der Annahmen zur Einnahmesituation

| Eigenschaft | Wert | Quelle und Begründung |
|--|--|--|
| Ausgangsmiete | 6,09 €/m ² (bei Portfolio mit Modernisierungsstau) 6,79 €/m ² (bei Portfolio ohne Modernisierungsstau) | ∅ der Kaltmiete der GdW-Unternehmen laut aktuellster Jahresstatistik (vgl. GdW 2022a, S. 9); pauschaler Aufschlag bei Bestand ohne Modernisierungsstau mit IW.2050 abgestimmt und als realistisch verifiziert. |
| Mietsteigerungspotential | Modernisierungsbedingt: Umlagefähigkeit von 50 % aller durch die Dekarbonisierung verursachten Kosten bis max. Kappungsgrenze (2 € bzw. 3 €) Modernisierungsunabhängig: indirekt berücksichtigt über JÜ-Steigerung in Höhe der Inflation | Nach geltendem Rechtsrahmen (vgl. Kap 2.2.4); 50 % pauschale Umlagefähigkeit als Vereinfachung; weitere Prozentsätze werden aber zudem auf jeweiliges Erreichen der Kappungsgrenzen getestet. Bei 3 % jährlicher Steigerung kein Reißen der Kappungsgrenze, jedoch deutlich dynamischere Erhöhungen als in den letzten Jahren üblich (vgl. BMWWSB/BBSR 2022, S. 28) |
| Förderung | Förderquoten variieren nach Maßnahmenpaket orientiert an aktueller Förderkulisse; Steigerung analog zu Inflation | Vgl. Kap. 2.2.1 und 2.2.2 sowie Tab. 9 |
| Werte der Ausgangs-GuV | | Basierend auf ∅ der 8 Beispielunternehmen sowie Miethöhe und m ² Wohnfläche (s.o.) |
| Umsatzerlöse aus Hausbewirtschaftung: | 23.020.200 € p.a. bei Modernisierungsstau 25.666.200 € p.a. ohne Modernisierungsstau | = 6,09 € Miete * m ² Wohnfläche * 12 Monate = 6,79 € Miete * m ² Wohnfläche * 12 Monate |
| Jahresüberschuss (in % der Umsatzerlöse aus Hausbewirtschaftung) | 6,5 % 8,5 % | Abschlag von 1 % auf ∅ Aufschlag von 1 % auf ∅ |

4.3 Verteilung von Energiebedarfen, Effizienzklassen, Wärmeerzeugern

Für jedes Portfolio (1-4) wurde in einer Excel-Tabelle zunächst die Gesamtwohnfläche (315.000 m²) auf die Effizienzklassen und dort wiederum auf die Wärmeerzeuger entsprechend der in Kap. 4.1 festgelegten Portfolio-Clusterung verteilt. Die angenommenen Endenergiebedarfe ergeben sich aus den Grenzwerten je Energieeffizienzklasse (vgl. Kap. 2.1.3) multipliziert mit den jeweiligen Quadratmetern an Wohnfläche in der jeweiligen Energieeffizienzklasse.

Bei den Portfolios mit Modernisierungsstau (1 und 3) erfolgt die Aufteilung der verschiedenen Wärmeerzeuger im Ausgangsstadium auf alle Effizienzklassen gleichmäßig. Gleiches gilt für die Zielvarianten, wobei bestehende Fernwärme und Wärmepumpen immer bestehen bleiben und Gasheizungen zu den in Kap. 4.1 festgelegten Quoten gleichmäßig je Portfolio auf die Zielwärmeerzeuger Luft-Wasser-Wärmepumpe und Fernwärme verteilt werden. Auf der nachfolgenden Seite ist dieses Vorgehen beispielhaft am Portfolio 3 (Fernwärmepotential, Modernisierungsstau) in Abb. 5 dargestellt. Diese Aufteilung bildet die Basis für die Clusterung der Portfolios in verschiedene Bestandspakete mit Gebäuden mit gleichen Ausgangsenergieeffizienzen sowie gleichen anzuwendenden Modernisierungspaketen (vgl. Kap. 4.4.1).

Bei den Portfolios mit wenig Modernisierungsstau (2 und 4) sind die Wärmeerzeuger über die Effizienzklassen nicht komplett gleichverteilt. Bereits bestehende Gebäude mit Wärmepumpen verteilen sich beim Portfolio 2 ausschließlich auf die Klassen A/A+ und B (je 10 %) sowie beim Portfolio 4 auf die Klasse A/A+ (ebenfalls 10 %). Die Annahme ist dabei, dass die Wärmepumpen ausschließlich in bestehenden Neubauten (A/A+) oder aber bereits umfassend energetisch ertüchtigten Gebäuden (B) installiert wurden. Die neuen Zielwärmeerzeuger verteilen sich darüber hinaus aber gleichmäßig auf die Effizienzklassen, bei denen Modernisierungen vorgenommen werden.

Die vier ausgefüllten Exceltabellen zur Verteilung der Endenergiebedarfe, Energieeffizienzklassen und Wärmeerzeuger sind in der digitalen Version dieser Arbeit als Anlage A beigefügt.

| PORTFOLIO 3 - VIEL FERNWÄRMEPOTENTIAL, HOHER SAMIERUNGSSTAU | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------|-------------|---------|-------------|--------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|------------|-------------|---------------|
| Größe | A und A+ | | B | | C | | D | | E | | E (Gesamt) | | Gas (zentral) |
| | FW | Gas (Etage) | FW | Gas (Etage) | FW | Gas (Etage) | FW | Gas (Etage) | FW | Gas (Etage) | FW | Gas (Etage) | |
| Wohnfläche in m² | 0 | 15750 | 11025 | 1575 | 3150 | 1575 | 3150 | 3150 | 22050 | 3150 | 63000 | 6300 | 12600 |
| Wohnfläche in % | 0 | 5 | 3.5 | 0.5 | 1 | 0.5 | 1 | 10 | 7 | 1 | 20 | 14 | 4 |
| Endenergiebedarfe in kWh pro m² (Grenzwerte nach GEG) | | 40 | 75 | 75 | 100 | 100 | 100 | 130 | 130 | 130 | 160 | 160 | 160 |
| Gesamt | 64181250 | 0 | 1181250 | 826875 | 118125 | 236250 | 1575000 | 3150000 | 4095000 | 2866500 | 10080000 | 10080000 | 2016000 |

| Verteilung Wärmerezeuger | | | |
|--------------------------|----------|-----------|-------------|
| Gesamt in % | FW | Gas Etage | Gas Zentral |
| 70 | 44926875 | | |
| 10 | 6418125 | | |
| 20 | 12836250 | | |

| Endenergiebedarf nach Wärmeträger in m³ | | | |
|---|-------------|---------------|---------------|
| FW | Gas (Etage) | Gas (zentral) | Gas (zentral) |
| 63000 | 44100 | 63000 | 126000 |
| 20 | 14 | 2 | 4 |
| 200 | 200 | 200 | 200 |
| 12600000 | 8820000 | 12600000 | 25200000 |
| | 250 | 250 | 250 |
| | 11025000 | 15750000 | 31500000 |
| | 44100 | 63000 | 126000 |
| | 20 | 14 | 4 |
| | 20 | 20 | 20 |
| | 300 | 300 | 300 |
| | 13230000 | 18900000 | 37800000 |

| Verteilung je Ausgangssituation auf Ziel-Wärmerezeuger FW und WP | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|----------|-------------|---------|-------------|----------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|----------|-------------|---------------|
| FW | WP | A und A+ | | B | | C | | D | | E | | FW | Gas (Etage) | Gas (zentral) |
| | | FW | Gas (Etage) | FW | Gas (Etage) | FW | Gas (Etage) | FW | Gas (Etage) | FW | Gas (Etage) | | | |
| N.N. | N.N. | 1 | 0.667 | 0.667 | 0.667 | 1 | 0.667 | 0.667 | 1 | 0.667 | 0.667 | 1 | 0.667 | 0.667 |
| N.N. | N.N. | 0 | 0.333 | 0.333 | 0.333 | 0 | 0.333 | 0.333 | 0 | 0.333 | 0.333 | 0 | 0.333 | 0.333 |
| N.N. | N.N. | 11025 | 1050.00 | 2100.00 | 1050.00 | 11025.00 | 1050.00 | 2100.00 | 22050.00 | 2100.00 | 4200.00 | 44100.00 | 4200.00 | 8400.00 |
| N.N. | N.N. | 0 | 525.00 | 1050.00 | 1050.00 | 0.00 | 525.00 | 1050.00 | 0.00 | 1050.00 | 2100.00 | 0.00 | 2100.00 | 4200.00 |

| Gesamtfläche in m² | | | |
|---------------------------|-----------|--|----------|
| zu modernisierende Fläche | 226800.00 | zu modernisierender Bestand / nicht zu modernisieren | 88200.00 |
| SUMME | 315000.00 | | |

| Legende: | | | |
|----------|--|----|-----------|
| grau | unveränderter Bestand / nicht zu modernisieren | FW | Fernwärme |
| WP | Luft-Wasser-Wärmepumpe | | |

Abb. 5: Verteilung von Endenergiebedarfen, Effizienzklassen, Wärmerezeugern beim Portfolio 3

4.4 Verwendung der Tools der Initiative Wohnen.2050

Alle genannten Zielgrößen bzw. Kennzahlen und Werte von Relevanz für diese Arbeit können mithilfe von zwei Excel-Tools der IW.2050 für ein jeweiliges Portfolio und seine Dekarbonisierungsszenarien errechnet bzw. aus deren Ergebnissen verglichen und berechnet werden. Die Funktion und Nutzung der Tools ist nachfolgend erläutert und kann zudem über die insgesamt 16 ausgefüllten Excel-Dateien im Detail nachvollzogen werden, die der digitalen Version dieser Arbeit als Anlage A4 beigelegt sind. Eine Übersicht zu der komplexeren Funktionsweise des CO₂- und Techniktools ist zusätzlich in der Print-Version der Arbeit im Anhang A2 beigelegt.

4.4.1 Technik- und CO₂-Tool

Das Technik- und CO₂-Tool (Version 1.5) dient zur Festlegung der angenommenen Modernisierungspakete und -kosten sowie zur Berechnung ihrer Wirkungen (kumulierte Kosten, CO₂-Bilanz). Dazu werden in jedem der acht Szenarien die Portfolios in fiktive Quartiere untergliedert, in denen jeweils die Gebäude mit gleicher Ausgangsenergieeffizienzklasse, gleichem Wärmeerzeuger sowie gleichem Zielwärmeerzeuger zusammengefasst sind. Daraus ergeben sich z. B. in einem Szenario mit viel Fernwärmepotential und Modernisierungsstau folgende fiktive Quartiere mit der Energieeffizienzklasse B als Ausgangssituation:

- *Energieeffizienzklasse B, von Gas-Etagenheizung zu Fernwärme*
- *Energieeffizienzklasse B, von Gas-Zentralheizung zu Fernwärme*
- *Energieeffizienzklasse B, von Gas-Etagenheizung zu Luft-Wasser-Wärmepumpe*
- *Energieeffizienzklasse B, von Gas-Zentralheizung zu Luft-Wasser-Wärmepumpe*
- *Energieeffizienzklasse B, bereits Fernwärme (kein Modernisierungsbedarf)*

Diese Aufteilung in fiktive Quartiere mit jeweils gleichen Dekarbonisierungsszenarien wird für alle weiteren Ausgangsenergieeffizienzklassen und ihre jeweiligen Dekarbonisierungswege ebenfalls vorgenommen. So ergeben sich insgesamt 36 fiktive Quartiere bzw. Dekarbonisierungswege je Portfolio. Es sind allerdings nicht in allen acht Portfoliovarianten alle 36 fiktiven Quartiere vertreten, was bspw. an fehlendem Fernwärmepotential oder komplett fehlender Effizienzklassen aufgrund von Modernisierungsstau oder keinem Modernisierungsstau liegt. Denn die unter Kap. 4.1 beschriebene Verteilung von Energieeffizienzklassen, Ausgangs- und Zielwärmeerzeugern in den acht Portfoliovarianten spiegelt sich in den unterschiedlichen Größen der jeweiligen fiktiven Quartiere wider. Die je nach Quartier hinterlegten Maßnahmenpakete und ihre Kosten können ebenfalls je nach Portfolio variieren. Entscheidend ist hier das Zielszenario (EH 70 oder NTR) und die entsprechend im Umfang variierenden Maßnahmenpakete.

Im Tool wurden Endenergiebedarfe je Ausgangs- und Zielszenario entsprechend der beschriebenen Annahmen hinterlegt. Ebenfalls hinterlegt sind Primärenergiebedarfe und CO₂-Ausstöße je Technologie sowie deren vorgesehene Veränderung bei Fernwärme und Strommix infolge der Dekarbonisierung. Darüber kann die CO₂-Bilanz eines Portfolios und deren Veränderung durch etwaige energetische Modernisierungsmaßnahmen mit dem Tool ermittelt werden.

Für die einzelnen Modernisierungsmaßnahmen (einzelne Heizungs austausche, weitere minimalinvasive Maßnahmen, Komplettmodernisierungen) wurden die oben definierten Kostensätze in das Tool eingepflegt. Für jedes fiktive Quartier (also für jeden Dekarbonisierungsweg) können so die Kosten sowie die Auswirkungen auf den CO₂-Ausstoß anhand der Anzahl der Wohneinheiten bzw. Gebäude ermittelt werden.

Da zudem bei den Kosten die oben angegebene Inflationsrate von 3 % p. a. berücksichtigt wird und eine jährliche Kostenentwicklung für die Analyse der betriebswirtschaftlichen Auswirkungen wichtig ist, wurde auch eine Modernisierungsreihenfolge sowie -quote festgelegt. Wie in Kap. 2 erläutert, wird dabei ein grundsätzlicher Worst-First-Ansatz verfolgt. Beim Zielszenario EH 70 äußert sich das durch folgende Modernisierungsreihenfolge:

- Maßnahmen an Effizienzklassen B und C (nur Heizungs austausch) verteilen sich auf die Jahre 2040-2045;
- Maßnahmen an Effizienzklassen D und E (Heizungs austausch mit teils ergänzenden Maßnahmen) verteilen sich auf die Jahre 2035-2045;
- Maßnahmen an Effizienzklasse F (je nach Wärmeerzeuger teils Komplettmodernisierung) verteilen sich auf die Jahre 2030-2040;
- Maßnahmen an Effizienzklassen G und H (Komplettmodernisierungen) verteilen sich auf die Jahre 2024-2035.

Beim Zielszenario NTR ist die Modernisierungsgeschwindigkeit leicht abweichend und die Maßnahmen an Effizienzklasse F werden um fünf Jahre nach hinten verschoben (2035-2045 statt 2030-2040) und die Maßnahmen an den Effizienzklassen G und H werden um fünf Jahre gestreckt (2024-2040 statt 2024-2035). Der Hintergrund dabei ist, dass sich ansonsten die Investitionen stark überproportional auf die Zeit bis 2035 stauen und danach stark abflachen würden. Im Rahmen der Analyse (vgl. Kap. 5.1) ist dies am Beispiel eines NTR-Szenarios nochmal detailliert dargestellt.

Die festgelegte Reihenfolge versucht somit sowohl den Worst-First-Ansatz als auch die gleichmäßige Aufteilung der Investitionskosten bis 2045 zu berücksichtigen. Letzteres kann jedoch bei einem Worst-First-Ansatz nur bedingt gelingen, da die schlechtesten Energieeffizienzklassen auch die größten Investitionskosten aufweisen. Das festgelegte Vorgehen orientiert sich am Praxisbericht der IW.2050 (vgl. ebd. 2023) und wurde mit den Expert:innen der IW.2050 abgestimmt.

Für jedes der acht untersuchten Dekarbonisierungsszenarien wurde ein CO₂- und Technik-Tool der IW.2050 befüllt. Die Ergebnisse werden im Kap. 5.1 vorgestellt. Sie erlauben eine vergleichende Analyse der kumulierten CO₂-Emissionen sowie der kumulierten Investitionskosten je Dekarbonisierungsszenario bis 2045.

Außerhalb des Tools, aber aufbauend auf den Kostenverteilungen je fiktivem Quartier (sprich je Dekarbonisierungsweg) sowie der festgelegten Modernisierungsabfolge wurden zudem anhand der in Kap. 2 festgelegten Fördersätze jährliche Gesamtfördersummen und -quoten bestimmt (ebenfalls als rein digitale Anlage A7 beigelegt). Auch diese fließen in kumulierter Betrachtungsweise in die Analyse in Kap. 5.1 ein. Darüber hinaus geht die auf jährliche Summen heruntergerechnete Förderung in die betriebswirtschaftliche Analyse in Kap. 5.2 ein.

4.4.2 Finanzierungstool

Zur Berechnung der betriebswirtschaftlichen Auswirkungen der Dekarbonisierung wurde für jedes der acht Szenarien 1a bis 4b ein Finanzierungstool (Version 0.10) der IW.2050 befüllt. In das Tool müssen jeweils ein Ausgangs-Jahresergebnis sowie eine Ausgangs-Bilanz eingegeben werden. Hierzu wurden die Daten verwendet, die wie in Kap. 2.3.2.3 beschrieben aus den acht realen Beispielunternehmen aus ganz Deutschland abgeleitet wurden. Die jeweilige betriebswirtschaftliche Ausgangssituation wird dann durch das Tool bis 2045 fortgeschrieben (inkl. festgelegter Inflation, Zinssatz usw.). Hierbei sind auch die allgemeinen, modernisierungsunabhängigen Mieterhöhungen wie beschrieben in Höhe der Inflation eingepreist.

Pro Jahr werden darüber hinaus Kostenbelastungen und Förderungen, die sich zusätzlich aus der Dekarbonisierung ergeben, eingepflegt sodass die Wirkungen daraus auf das Jahresergebnis und die Bilanz dargestellt werden können. Berücksichtigt werden dabei auch die aus jeder Investition entstehenden und über längere Zeiträume wirkenden Zinskosten, Abschreibungen oder Veränderungen der CO₂-Kosten. CO₂-Kostenentwicklungen sowie die Kostenteilung zwischen Vermietenden und Mietenden wurde entsprechend eingepflegt.

Während das Technik- und CO₂-Tool Fünfjahreszeiträume betrachtet, sind bei dem Finanzierungstool jährliche Kosten und Förderungen einzupflegen. Diese wurden daher je Szenario in separaten Excel-Tabellen errechnet, die der digitalen Version dieser Arbeit als Anlagen A6 und A7 beigelegt sind. Wichtige Zielgrößen waren hier die modernisierten m² Wohnfläche pro Jahr und Modernisierungspaket sowie die jeweiligen Kosten und Fördersätze je Modernisierungspaket und Jahr. Zudem wurde unterschieden nach aktivierbaren und nicht aktivierbaren Investitionskosten (vgl. Kap. 2.3.2.1). Daraus können konkrete jährliche Modernisierungsumlagen für die jeweils pro Jahr modernisierten Wohnungen sowie Auswirkungen aus Zinsbelastungen und Abschreibungen errechnet werden.

Eine wichtige Funktion des Tools ist es, die Modernisierungsumlagen und deren Wirkung auf die Mieteinnahmen sowie das Gesamtergebnis und die Durchschnittsmiete darstellen zu können und dabei die Kappungsgrenzen zu berücksichtigen. Wie bereits beschrieben, wurde angenommen, dass pauschal 50 % der dekarbonisierungsbedingten Investitionskosten für eine Modernisierungsumlage herangezogen werden. Je nach Maßnahme könnte dieser Satz höher gewählt werden oder niedriger (wenn z. B. angenommen wird, dass ein größerer Anteil auf Instandhaltung entfällt). Die Gesamtergebnisse aller acht Szenarien mit verschiedenen Umlageanteilen zu simulieren und zu vergleichen, war im Umfang dieser Arbeit nicht möglich. Jedoch wurde durch Ausprobieren je Szenario ein Sensitivitätstest hinsichtlich des jährlichen Erreichens der Kappungsgrenzen durchgeführt. Dazu wurde in 10 % Schritten je Dekarbonisierungsszenario die Umlagefähigkeit angepasst und geprüft, in wie vielen Jahren bei X % Kostenansatz für die Modernisierungsumlagen die 2 € und die 3 € Kappungsgrenzen erreicht werden. Wird bereits bei niedrigen Prozentsätzen bei der angenommenen Umlagefähigkeit häufig die Kappungsgrenze erreicht, zeigt dies, dass auch ein höherer Anteil umlagefähiger Kosten keine größeren Mieterhöhungen und damit Einnahmen ermöglicht. Die Ergebnisse sind in Kap. 5.2.3 dargestellt.

Insgesamt kann über einen Vergleich der Ergebnisse der Finanzierungstools die wirtschaftliche Machbarkeit der Dekarbonisierungsszenarien anhand der Jahresergebnisse,

der Eigenkapitalentwicklung und der Mietenentwicklung bis 2045 bewertet werden. Dies geschieht in Kap. 5.2. Auch bei dieser Analyse wird Bezug genommen auf die Auswirkungen der Eigenschaften Fernwärmepotential, Modernisierungstau und Zielstandard.

5 Vergleichende Analyse der Dekarbonisierungsszenarien

Die in Kap. 4 beschriebenen Portfolios 1 bis 4 und ihre acht Dekarbonisierungsszenarien 1a bis 4b werden in diesem Kapitel vergleichend analysiert. Auf Basis der daraus generierten Informationen werden die Hypothesen aus Kap. 3 im Anschluss bewertet.

Zunächst werden in Kap. 5.1 die Einnahmenseite und die betriebswirtschaftliche Gesamtwirkung außer Acht gelassen und lediglich die kumulierten Investitionskosten, die kumulierten Tilgungszuschüsse aus Förderungen, die Entwicklung der CO₂-Emissionen sowie die Kosteneffizienz im Sinne der nötigen Investitionen im Verhältnis zu den CO₂-Einsparungen verglichen.

In einem zweiten Schritt werden in Kap. 5.2 auch die betriebswirtschaftlichen Auswirkungen betrachtet und die jeweiligen Szenarien vor dem Hintergrund der wirtschaftlichen Machbarkeit und den Refinanzierungsmöglichkeiten und -bedarfen verglichen.

Bei der vergleichenden Analyse stehen insbesondere die Effekte von Zielstandard, Modernisierungstau und Fernwärmeanteil auf Kosten, Förderung, CO₂-Emissionen sowie wirtschaftliche Machbarkeit im Fokus.

5.1 Emissionen und Investitionskosten

5.1.1 Entwicklung der CO₂-Emissionen

Beim Vergleich der CO₂-Emissionen je simuliertem Dekarbonisierungsszenario sind bei den Ausgangssituationen zunächst erwartungsgemäße Unterschiede zwischen Portfolios mit Modernisierungstau (1er und 3er) und Portfolios ohne Modernisierungstau (2er und 4er) zu erkennen (vgl. Abb. 6).

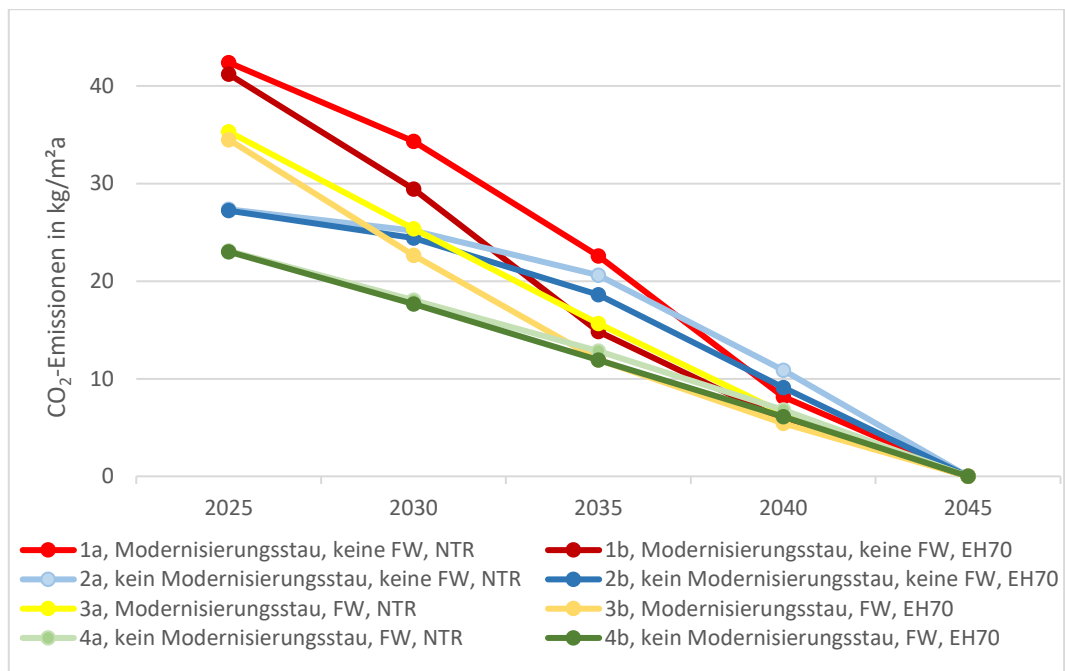


Abb. 6: Entwicklung der CO₂-Emissionen pro Szenario in kg/m²a (eigene Darstellung; für zugrunde liegende Werte siehe Anhang A3)

So liegt das Dekarbonisierungsszenario 1a (Modernisierungstau, keine Fernwärme, Zielstandard NTR) 2025 bei über 42 kg CO₂-Emissionen/m²a, während beim Szenario 2a (kein Modernisierungstau, keine Fernwärme, Zielstandard NTR) 2025 bereits unter 28 kg CO₂/m²a und Jahr emittiert werden.

Zusätzlich entscheidend für die Ausgangssituation bei den CO₂-Emissionen ist der Fernwärmeanteil. In den Szenarien, in denen kein Fernwärmeanteil vorhanden ist (1a, 1b, 2a, 2b), wird ausschließlich oder zum Großteil mit Erdgas geheizt, weswegen die CO₂-Belastung höher ist als bei den Szenarien 3a, 3b, 4a und 4b, bei denen der Fernwärmemix zumindest teilweise auf regenerativen Energien basiert.

Bei der weiteren Entwicklung der CO₂-Emissionen wirken sich dann die Zielstandards aus. Bei den Szenarien mit Zielstandard EH 70 nehmen die CO₂-Emissionen bis etwa 2035 zunächst stärker ab als bei ihren Pendanten mit Zielstandard NTR. Das liegt insbesondere am unterschiedlichen Vorgehen bei den Energieeffizienzklassen F beim Ziel Fernwärme und E beim Ziel Wärmepumpen. Denn während hier beim Ziel EH 70 Komplettmodernisierungen auf die Effizienzklasse B durchgeführt werden, werden beim Ziel NTR nur Teilmodernisierungen auf entsprechend höhere Energiebedarfe durchgeführt. Bei den Ausgangsszenarien ohne Modernisierungstau sind diese Unterschiede jedoch deutlich geringer, da insgesamt weniger Gebäude in den Effizienzklassen F und E vorhanden sind.

Bis 2045 gleichen sich alle Szenarien wieder an, da in jedem Fall die vollständige Dekarbonisierung angenommen wird und diese auch beim Ziel NTR über die gesetzlich vorgegebenen Pfade für die Dekarbonisierung des Strom- und Fernwärmemixes erreicht wird.

Abb. 7 zeigt die durchschnittliche Differenz der CO₂-Emissionen in kg/m²a aufgrund von Zielstandard, Modernisierungstau oder Fernwärmeanteil im Zeitverlauf. Hier bestätigt sich, dass die Variable Modernisierungstau zunächst den größten Effekt auf die CO₂-Emissionen hat. Dieser nimmt jedoch schnell ab, da im Sinne des Worst-First-Ansatzes eine Modernisierung der schlechtesten Gebäude bis 2035 angenommen wird. Ab dann sind die CO₂-Ausstöße in den Portfolios mit besseren Ausgangsenergieeffizienzen sogar etwas höher, weil die Anzahl der Gebäude in mittleren und guten Effizienzklassen mit noch auszu-tauschenden fossilen Wärmeträgern höher ist.

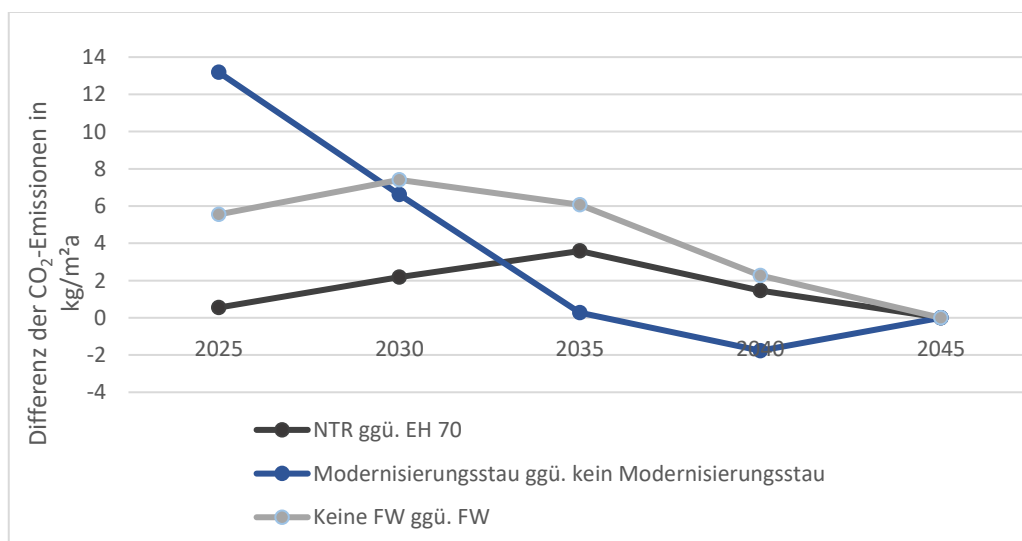


Abb. 7: \varnothing Differenz der CO₂-Emissionen in kg/m²a aufgrund von Zielstandard, Modernisierungstau oder Fernwärmeanteil (eigene Darstellung; für zugrunde liegende Werte siehe Anhang A3)

Beim Zielstandard NTR im Vergleich zu EH 70 bestätigt sich, dass durch die niedrigeren Wärmeschutzambitionen und entsprechend höheren Energiebedarfen die CO₂-Emissionen höher sind und die Differenz zunächst größer wird. Dies liegt zudem an der geringeren Modernisierungsgeschwindigkeit bzw. -quote bei den NTR-Szenarien. Ab etwa 2035 nimmt die Differenz ab, da zeitlich gestreckte Modernisierungen nachgeholt werden und Strommix bzw. Fernwärmemix nach gesetzlichem Pfad dekarbonisiert werden.

Die negative Wirkung fehlender Fernwärmeanteile auf die CO₂-Emissionen wird zunächst ebenfalls stärker. Dies liegt daran, dass der ambitionierte Dekarbonisierungspfad für Fernwärme aus dem Gesetz zur kommunalen Wärmeplanung der Emissionsberechnung zugrunde liegt (vgl. Kap. 2.3.1). Der Emissionsfaktor der Fernwärme nimmt dadurch von 2025 bis 2030 bereits um 25 % ab. Bei mindestens 70 % Fernwärmeanteil sind die zeitgleichen Modernisierungen in den Szenarien ohne Fernwärme hinzu Wärmepumpen in ihrer angenommenen Anzahl nicht ausreichend, um dieses Tempo der Dekarbonisierung mitzugehen. Das deutet auch an, wie ambitioniert die Dekarbonisierungsziele für den deutschlandweiten Fernwärmemix sind. Ob diese dennoch realistisch sind, soll hier nicht bewertet werden. Da die Ziele gesetzlich festgeschrieben sind, wurde sich in dieser Arbeit dazu entschieden, auch dementsprechende Emissionsfaktoren der Fernwärme zugrunde zu legen.

5.1.2 Kumulierte Investitionskosten

Bei den kumulierten Investitionskosten für die Dekarbonisierung sind zwischen den Szenarien sehr große Unterschiede zu erkennen. Im Zieljahr 2045 sind diese beim Szenario 4a (kein Modernisierungstau, hohes Fernwärmepotential, Zielstandard NTR) mit rund 83,2 Mio. € am geringsten.

Mit 1.159,9 Mio. € fällt dagegen beim Szenario 1b (hoher Modernisierungstau, keine Fernwärmepotentiale, Zielstandard EH 70) fast das 14-fache an kumulierten Investitionskosten an. Die weiteren Szenarien verteilen sich zwischen diesen beiden Höchst- bzw. Tiefstwerten (vgl. Abb. 8).

Die Investitionskosten beinhalten keine Zinskosten für Fremdkapital. Auch etwaige Tilgungszuschüsse aus Förderungen sind noch nicht einbezogen.

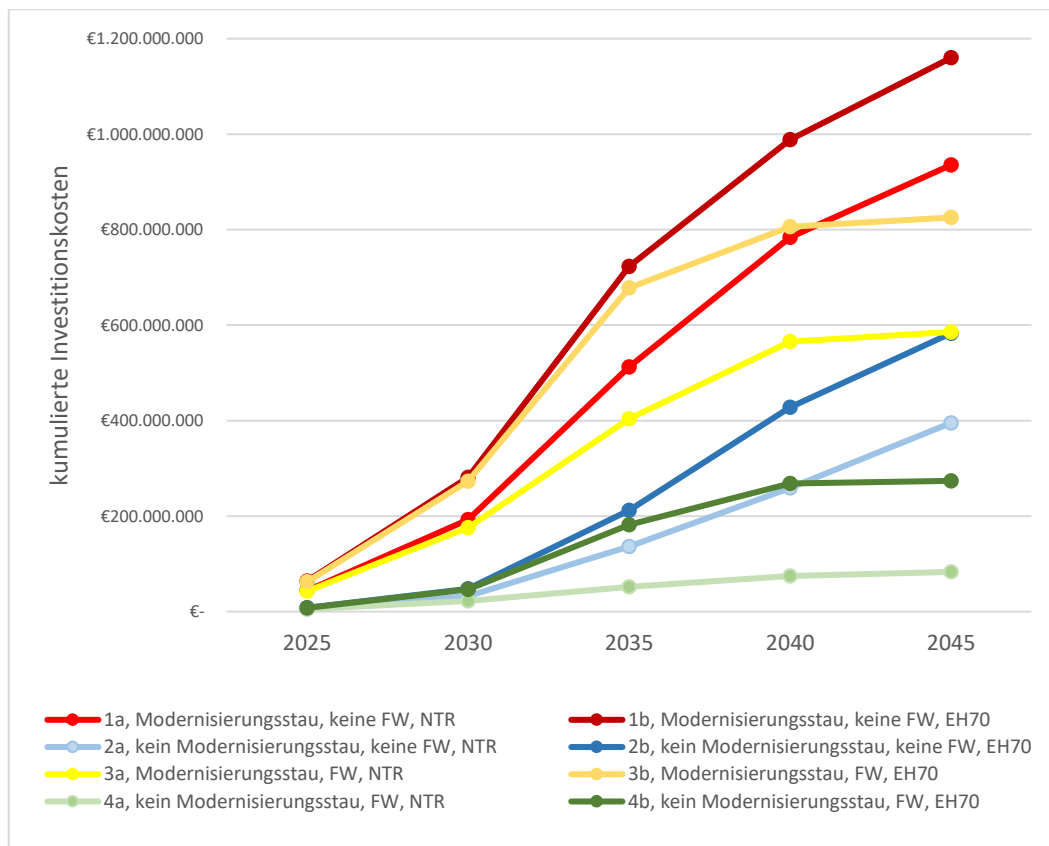


Abb. 8: Vergleich kumulierter Investitionskosten in € zwischen 2025 und 2045 je Szenario (eigene Darstellung; für zugrunde liegende Werte siehe Anhang A3)

Bereits aus dieser Gesamtübersicht ist ablesbar, dass die vier kostenintensivsten Szenarien allesamt Portfolios mit hohem Modernisierungstau (1 und 3) als Startpunkt haben, während die vier Szenarien mit den geringsten kumulierten Investitionskosten auf die Portfolios ohne Modernisierungstau aufbauen (2 und 4).

Bei allen vier Ausgangsportfolios ist zudem zu erkennen, dass ein Zielszenario EH 70 signifikant höhere kumulierte Investitionskosten bedeutet als ein Zielszenario NTR (vgl. jeweils 1a zu 1b, 2a zu 2b usw.).

Betrachtet man die Variable „viel Fernwärmepotential“ oder „kein Fernwärmepotential“ bei ansonsten gleichen Variablen zeigt sich zudem, dass alle Szenarien mit viel Fernwärmepotential signifikant geringere Investitionskosten aufweisen als ihre jeweiligen Äquivalente ohne Fernwärmepotential (vgl. jeweils 1b zu 3b, 2b zu 4b usw.). Hier fällt jedoch auf, dass die kumulierten Investitionskosten bis Anfang/Mitte der 2030er Jahre noch relativ parallel verlaufen und erst dann die Kosten bei Szenarien ohne Fernwärmeoptionen deutlich stärker steigen. Der Grund hierfür ist der angenommene Worst-First-Ansatz und dass in den zuerst modernisierten und schlechtesten Gebäudeeffizienzklassen G und H unabhängig von der Ausgangs- und Zielwärmeversorgung Komplettmodernisierungsbedarfe angenommen wurden. Der Vorteil der Fernwärme und des damit einhergehenden, weniger ambitionierten Wärmeschutzes kommt erst bei den mittleren Energieeffizienzklassen richtig zur Geltung, deren energetische Modernisierung jeweils erst ab 2035 begonnen wird.

Wie stark die jeweiligen Effekte von Modernisierungstau, fehlendem Fernwärmepotential oder des ambitionierteren EH-70-Standards auf die kumulierten Investitionskosten sind und wann sie am stärksten wirken, zeigt auch die nachfolgende Abb. 9. Dort sind die durchschnittlichen Deltas bei den kumulierten Investitionskosten zwischen den jeweiligen Variablen ablesbar.

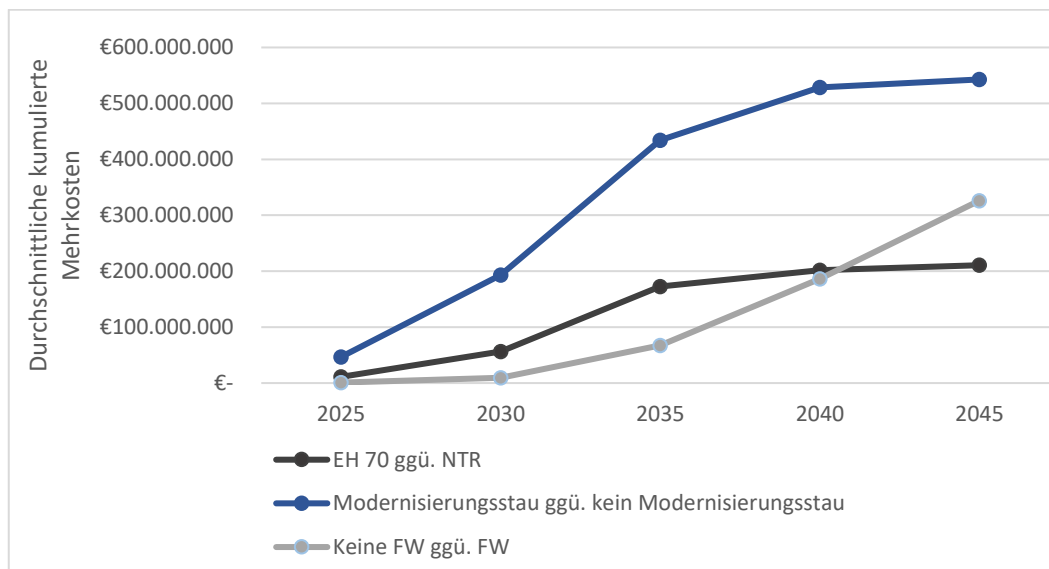


Abb. 9: Ø kumulierte Mehrkosten aufgrund von Zielstandard, Modernisierungstau oder fehlendem Fernwärmepotential (eigene Darstellung; für zugrunde liegende Werte siehe Anhang A3)

Wie oben bereits beschrieben, sind die durchschnittlichen Mehrkosten je Portfolio durch alle drei Variablen signifikant und reichen kumuliert von rund 210 Mio. € beim EH-70-Standard ggü. dem NTR-Standard bis rund 543 Mio. € beim angenommenen Modernisierungstau ggü. keinem Modernisierungstau. Bei fehlenden Fernwärmepotentialen bestätigt sich der oben erläuterte Effekt und die Mehrkosten steigen insbesondere nach 2035 an, wenn die energetischen Modernisierungen der Gebäude mit mittleren Energieeffizienzklassen beginnen. Auch bei den Modernisierungen der Bestände mit besseren Effizienzklassen zwischen 2040 und 2045 steigen die Mehrkosten weiter an, wenn keine Fernwärmeversorgung besteht. Der Grund ist, dass ohne Fernwärmepotentiale und v. a. ohne bereits bestehende Fernwärmeversorgung immer auch ein Heizungswechsel hin zur

Wärmepumpe notwendig ist. Bei hohem bestehendem Fernwärmeanteil fallen in den besseren Effizienzklassen dagegen gar keine Investitionskosten mehr an.

Beim Vergleich zwischen NTR und EH 70 als Zielszenario zeigen sich die größten Unterschiede bei den Investitionskosten zwischen 2030 und 2035. Hier stehen v. a. Modernisierungen der Effizienzklasse F an, bei der mit NTR als Zielstandard zum Teil keine Komplettmodernisierungen mehr nötig sind.

Beim Zielstandard NTR ist wie bei der Variable der Fernwärme ebenfalls zu beachten, dass es bei den Energieeffizienzklassen G und H kaum Einsparpotentiale gegenüber dem EH-70-Standard gibt. Denn auch hier wird angenommen, dass Komplettmodernisierungen nötig sind. Wie in Kap. 4 beschrieben, wurden die Modernisierungszeiträume der schlechtesten Effizienzklassen beim Ziel NTR jedoch weiter gestreckt als beim Zielstandard EH 70. Wird dies nicht vorgenommen und stattdessen ein strikterer Worst-First-Ansatz verfolgt, bündeln sich die Investitionskosten noch stärker auf die ersten zehn Jahre. Dies ist in nachfolgender Grafik abgebildet, in der das bereits beschriebene Szenario 3a einem alternativen Szenario 3a mit nicht gestreckten Modernisierungszeiträumen gegenübergestellt ist.

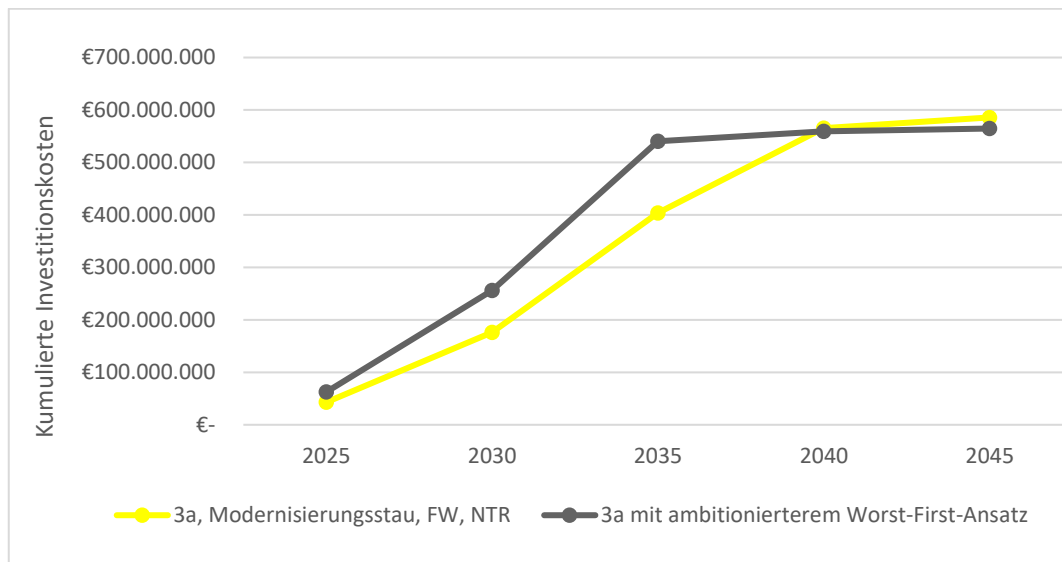


Abb. 10: Auswirkungen eines ambitionierten Worst-First-Ansatzes auf die kumulierten Investitionskosten bei Ziel NTR am Beispielszenario 3a (eigene Darstellung; für zugrunde liegende Werte siehe Anhang A3)

Die Gesamtkosten sind zwar aufgrund geringerer Inflationseffekte beim grau dargestellten Szenario etwas geringer. Allerdings sind die Investitionskosten ungleicher verteilt, was potentiell zu einer Überforderung des Wohnungsunternehmens in den ersten Jahren führen kann. Denn das Unternehmen muss im Rahmen seiner jeweiligen jährlichen Cashflows agieren. Daraus folgt auch, dass ein strenger Worst-First-Ansatz mit z. B. gebäudescharfen MEPS die Vorteile eines NTR- gegenüber eines EH-70-Zielstandards insbesondere bei hohem Modernisierungsstaus stark abschwächen bzw. zeitlich sehr weit nach hinten verlagern kann.

5.1.3 Wirkung der kumulierten Förderung auf Investitionskosten

Die in Kap. 2 abgeleiteten Fördersätze wurden auf die jeweiligen Modernisierungspakete je Dekarbonisierungsszenario angewendet. Da dies pro Maßnahme geschah, wurden je Szenario auch die jährlichen Fördermittelsummen ermittelt. Diese gehen in die betriebswirtschaftliche Analyse in Kap. 5.2 ein. An dieser Stelle werden die Fördermittel und die Gesamtförderquote im Verhältnis zu den kumulierten Investitionskosten ausschließlich in Summe betrachtet, um diesbezügliche Differenzen zwischen den Szenarien auszumachen, die sich aus der aktuellen Förderlandschaft ergeben.

Dabei wurde angenommen, dass die aktuellen bzw. aktuell angekündigten Förderkonditionen bis zum Zieljahr 2045 identisch bleiben. Das ist keine realistische Annahme. Jedoch können Entwicklungen der Fördersätze sowie deren mögliches Wegfallen nicht verlässlich vorhergesagt werden, sodass die Entscheidung zu Gunsten einer konstant angenommenen Förderkulisse fiel. Durch die konstanten Fördersätze in Prozent wirkt die angenommene jährliche Preissteigerung von 3 % auch auf die Gesamtfördersummen. Vereinfachend wurde zudem angenommen, dass die förderfähigen Höchstkosten stetig mit der Inflation steigen. Denn auch hier wäre die Vorhersage einer Anpassung in einem bestimmten Jahr, um einen bestimmten Prozentsatz ebenso unrealistisch wie eine konstante Förderhöchstgrenze bis zum Jahr 2045.

Abb. 11 zeigt je Dekarbonisierungsszenario die kumulierten Investitionskosten und die Investitionskosten abzüglich der kumulierten Förderung (orangene Balken, linke Y-Achse) sowie die daraus folgende Förderquote (grüne Linie, rechte Y-Achse).

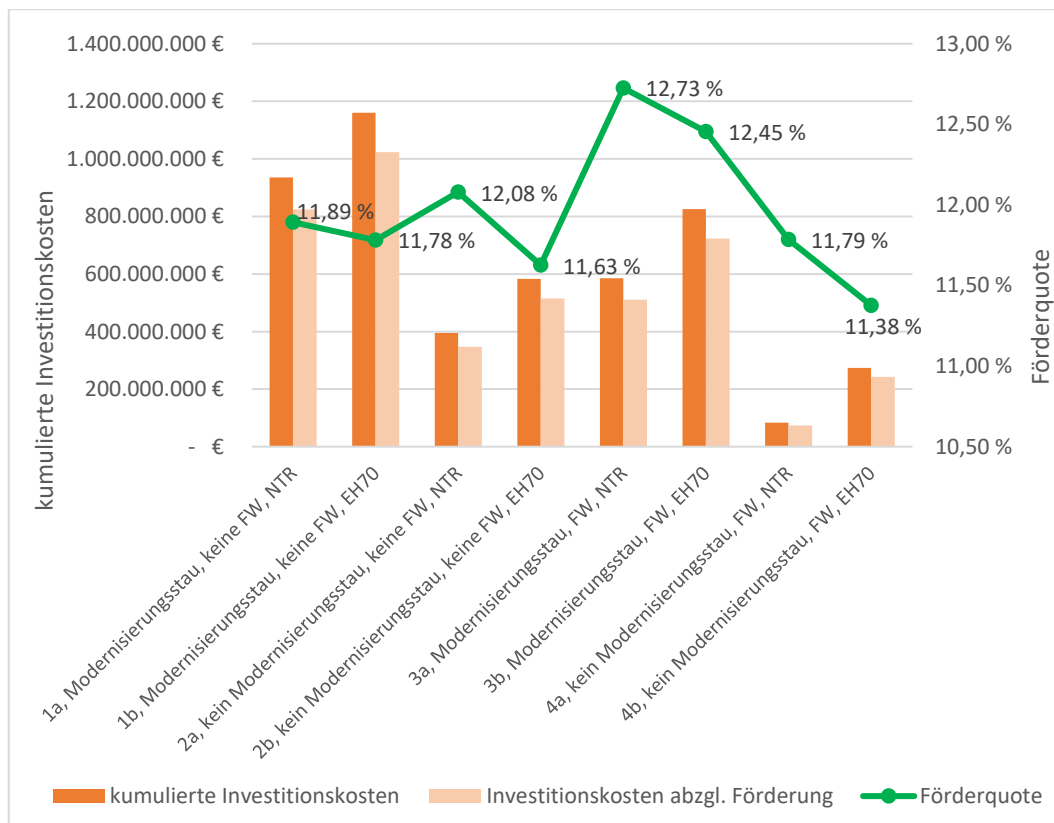


Abb. 11: Förderung, Förderquoten und Auswirkungen auf Investitionskosten (eigene Darstellung; für zugrunde liegende Werte siehe Anhang A3)

Die Grafik zeigt, dass die Förderquote im Gegensatz zu den Gesamtinvestitionskosten zwischen den Szenarien nur gering variiert. Sie liegt zwischen 11,38 % beim Szenario 4b (kein Modernisierungsstau, hoher Fernwärmeanteil, Zielstandard EH 70) und 12,73 % beim Szenario 3a (Modernisierungsstau, hoher Fernwärmeanteil, Zielstandard NTR). Diese Gesamtübersicht legt nahe, dass die aktuelle Förderkulisse Wohnungsunternehmen mit besonders kostenintensiven Dekarbonisierungsszenarien nicht überproportional unterstützt und die größeren Investitionsbedarfe bei höherem Zielstandard, Modernisierungsstau oder fehlenden Fernwärmeoptionen nicht im Ansatz ausgleichen kann.

Dies bestätigt sich in Abb. 12, die die Effekte von Zielstandard, Modernisierungsstau oder fehlendem Fernwärmepotential auf die Förderquote der jeweiligen Szenarien zeigt. Die Effekte sind insgesamt gering und betragen maximal 0,5 % Unterschied in der Förderquote im Fall von Szenarien mit Modernisierungsstau ggü. solchen ohne Modernisierungsstau. Dies kann v. a. auf den Worst-Performing-Buildings-Bonus in der Förderung für die Energieeffizienzklasse H zurückgeführt werden. Das ist jedoch der einzige Ansatz in der aktuellen Förderkulisse, der die bisher ausgemachten Kostentreiber Modernisierungsstau, Zielstandard EH 70 oder fehlender Fernwärmeanteil überproportional adressiert oder gar zu deren Ausgleich beiträgt. Szenarien mit Zielstandard NTR haben sogar minimal höhere Förderquoten als solche mit dem Ziel EH 70. Dies kann auf die geringere Anzahl an Komplettmodernisierungen bei den NTR-Szenarien im Vergleich zu den EH-70-Szenarien zurückgeführt werden. Denn die Förderquoten sind bei den Einzelmaßnahmen (insb. Heizungsaustausch) höher als bei der Effizienzhaus-Förderung. Zum anderen werden bei den umfänglichen Modernisierungen zum EH-Standard die maximalen förderfähigen Kosten von 150.000 € pro Wohneinheit teils deutlich überschritten. Auch das wirkt sich negativ auf die Gesamtförderquote aus und lässt die Förderung im Verhältnis bei den NTR-Szenarien sogar auskömmlicher sein. Denn bei den Einzelmaßnahmen werden die maximal förderfähigen Kosten mit den angenommenen Modernisierungspaketen nicht überschritten.

Dass die Szenarien ohne Fernwärmeanteile und -potentiale minimal geringere Förderquoten aufweisen als solche mit Fernwärme ist ebenfalls auf die maximal förderfähigen Kosten bei der Effizienzhausförderung zurückzuführen. Komplettmodernisierungen mit Wechsel zur Wärmepumpe erfordern höhere Investitionskosten als solche mit Wechsel zur oder Beibehaltung der Fernwärme. Da in beiden Fällen die identisch hohen maximal förderfähigen Kosten überschritten werden, sind für den teureren Umstieg auf Wärmepumpen bei Komplettmodernisierungen sogar geringere Förderquoten auszumachen als bei der Fernwärme. Dies kann durch den 5 % Effizienzbonus für Wärmepumpen beim Heizungsaustausch im Rahmen der Einzelmaßnahmenförderung nicht ausgeglichen werden – insbesondere, wenn der Modernisierungsstau hoch ist und viele umfassende Komplettmodernisierungen anstehen, bei denen der Bonus keine Anwendung finden kann.

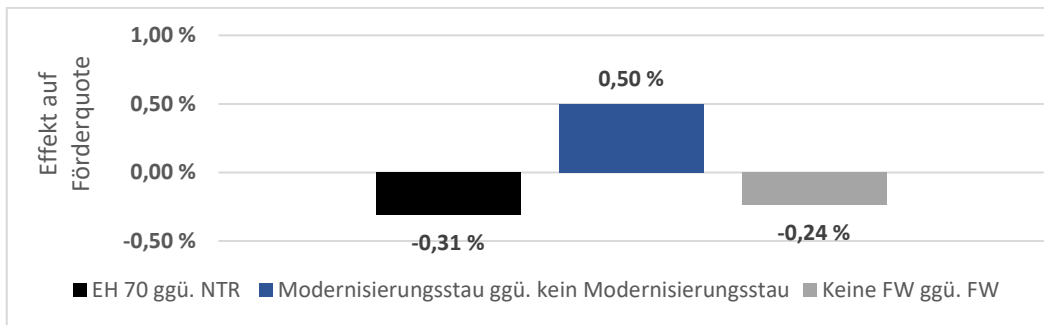


Abb. 12: Auswirkungen von Zielstandard, Modernisierungsstau und Fernwärmeanteil auf die Förderquote (eigene Darstellung; für zugrunde liegende Werte siehe Anhang A3)

5.1.4 Verhältnis CO₂-Einsparungen zu kumulierten Investitionskosten

Teilt man die kumulierten Investitionskosten bis 2045 für jedes Dekarbonisierungsszenario durch die jeweiligen Ausgangs-CO₂-Emissionen per anno erhält man die notwendigen Investitionskosten pro kg Ersparnis bei den jährlichen CO₂-Emissionen. Dieser Wert ist ein Indikator dafür, welches Dekarbonisierungsszenario für das Wohnungsunternehmen der kosteneffizienteste Weg zur Klimaneutralität ist. Er wird in Abb. 13 durch die dunkelorange Balken gezeigt. Werden die kumulierten Förderungen mit einbezogen ergibt sich ein anderes Bild, welches durch die hellorange Balken abgebildet wird.

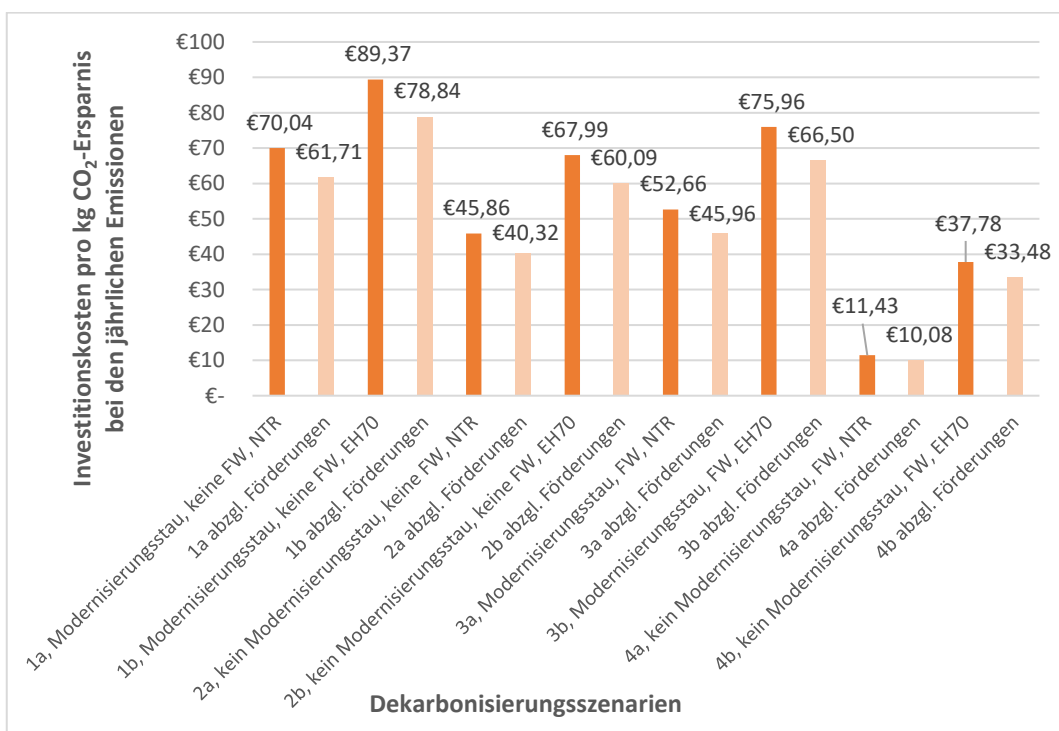


Abb. 13: Investitionskosten pro kg CO₂-Ersparnis je Dekarbonisierungsszenario inkl. und exkl. Förderungen (eigene Darstellung; für zugrunde liegende Werte siehe Anhang A3)

Diese Darstellung kann jedoch nicht als Grundlage für eine endgültige Einschätzung des betriebswirtschaftlich attraktivsten Dekarbonisierungsszenarios dienen. Denn ggf. differierende Refinanzierungsmöglichkeiten bzw. Auswirkungen auf Jahresergebnisse und die Bilanz (insb. Eigenkapitalquote) sind hier noch nicht ablesbar (siehe hierzu Kap. 5.2).

Deutlich wird jedoch, dass die bereits als kostentreibend identifizierten Variablen „EH-70-Zielstandard“, „hoher Modernisierungstau“ und „kein Fernwärmeanteil“ auch in dieser Betrachtung großen Einfluss haben. Denn im Szenario 1b, in dem alle drei Variablen gegeben sind, müssen 89,37 € pro kg CO₂-Einsparung bei den jährlichen Emissionen investiert werden. In Szenario 4a, in dem keine der drei Variablen Anwendung findet, sind es mit 11,43 € pro kg CO₂-Einsparung nur rd. ein Achtel der Kosten. Die relativ ähnlichen Förderquoten mit jeweils etwas über 10 % spiegeln sich in ihrer Wirkung auch in den Kosten pro kg CO₂-Ersparnis wider.

Betrachtet man die durchschnittliche Differenz der Kosten pro kg CO₂-Ersparnis aufgrund von Zielstandard, Modernisierungstau oder fehlendem Fernwärmepotential, sieht man erneut, welche der Eigenschaften die größten Mehrkosten in den Dekarbonisierungsszenarien auslösen. Dies ist in Abb. 14 dargestellt. Es zeigt sich, dass die höheren CO₂-Einsparpotentiale, die es bei den Dekarbonisierungsszenarien mit Modernisierungstau gibt, im Verhältnis geringer sind als die zusätzlichen Investitionskosten die durch die Modernisierungen entstehen. Denn pro kg CO₂-Ersparnis fallen in den Szenarien mit Modernisierungstau durchschnittlich rd. 31 € Mehrkosten im Vergleich zu den Szenarien ohne Modernisierungstau an. Beim EH-70- im Vergleich zum NTR-Zielstandard fallen knapp 23 € und beim fehlendem Fernwärmepotential knapp 24 € Mehrkosten pro kg CO₂-Ersparnis an.

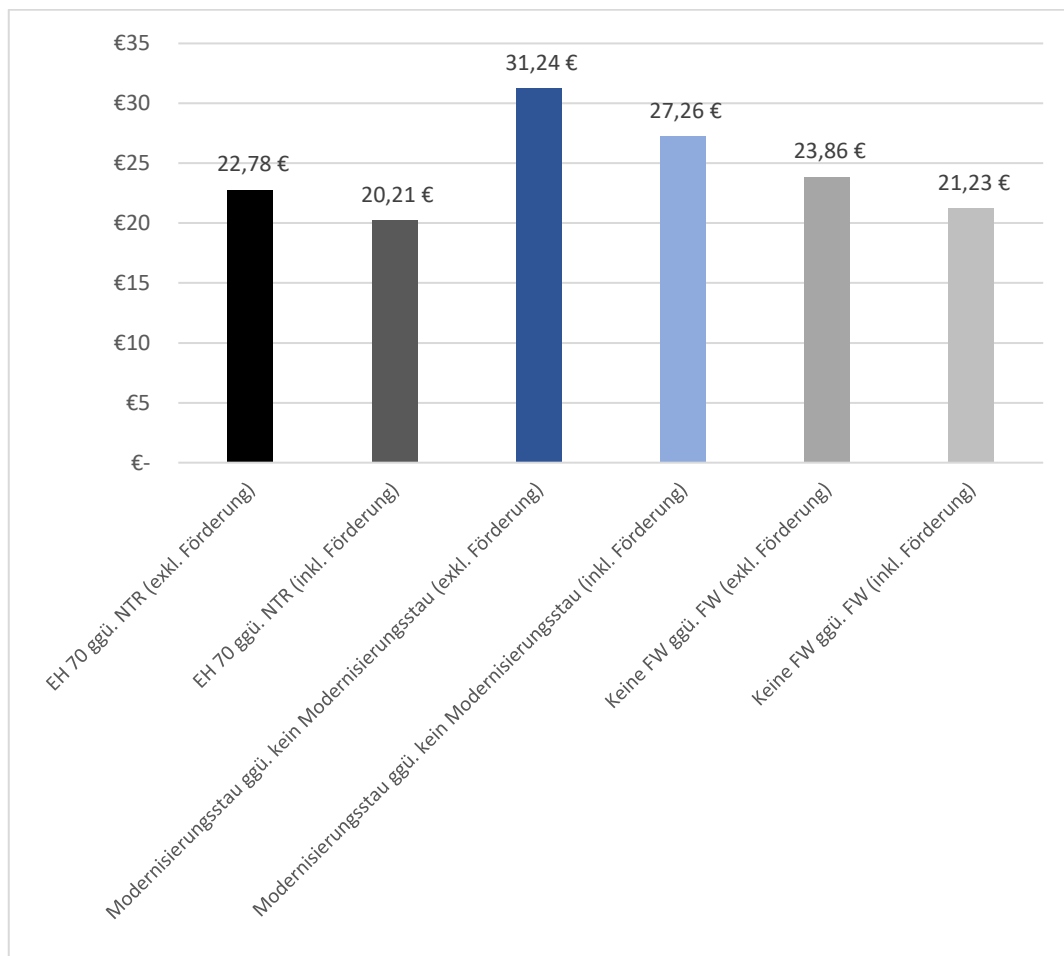


Abb. 14: Durchschnittliche Mehrkosten inkl. und exkl. Förderungen pro kg CO₂-Ersparnis bei den jährlichen Emissionen aufgrund von Zielstandard, Modernisierungstau oder fehlendem Fernwärmepotential (eigene Darstellung; für zugrunde liegende Werte siehe Anhang A3)

Ebenfalls in Abb. 14 dargestellt sind die jeweiligen Mehrkosten nach Einbezug der kumulierten Förderungen. Obwohl die Förderquoten wie in Abb. 11 dargestellt bei den EH-70-Szenarien und den Szenarien ohne Fernwärme minimal geringer sind als bei ihren Pendants, sinken die Mehrkosten nach Einbezug der Förderung bei allen Variablen leicht. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die aufzubringende Summe je kg CO₂-Ersparnis in allen Fällen durch die Förderung sinkt, während die Ausgangsemissionen identisch bleiben. Es bestätigt sich jedoch auch in dieser Darstellung, dass die Förderung die ausgemachten kostentreibenden Variablen nicht überproportional adressiert und daher auch nicht ansatzweise ausgleichen kann.

5.2 Betriebswirtschaftliche Auswirkungen

Bei der Betrachtung der betriebswirtschaftlichen Auswirkungen der Dekarbonisierungsszenarien wurden die oben bereits analysierten Investitionskosten und Fördersummen auf einzelne Wirtschaftsjahre heruntergerechnet und ihre Wirkung auf die GuV und die Bilanz simuliert. Als zusätzliche Belastungen werden dabei nun auch die steigende Verschuldung und die sich daraus ergebende Zinslast sowie die Entwicklung der CO₂-Kosten einbezogen. Auf der Einnahmenseite werden nun möglichst ausgereizte Mieterhöhungsspielräume nach den jährlichen Modernisierungen sowie im Allgemeinen angelehnt an die Inflation simuliert. Zudem starten alle Szenarien wie in Kap. 4 dargestellt mit einem positiven Jahresergebnis, welches fortgeschrieben wird und jedes Jahr als Ausgangsbasis für die Betrachtung der zusätzlichen betriebswirtschaftlichen Be- oder Entlastungen aus den Dekarbonisierungsszenarien gilt.

5.2.1 Entwicklung der Jahresergebnisse und Finanzierungslücken

Bei der Entwicklung der Jahresergebnisse zeigt sich, dass nur im Falle des Szenarios 4a (kein Modernisierungsstau, Fernwärmepotential, Ziel NTR) der Dekarbonisierungspfad mit einem durchgängig positivem Jahresergebnis beschriftet wird (vgl. Abb. 15). Die Portfolios mit Modernisierungsstau (1 und 3) rutschen bereits 2027 in ein negatives Jahresergebnis ab. Im Falle des Szenarios 1b (Modernisierungsstau, kein Fernwärmepotential, Ziel EH 70), welches bereits als das mit den höchsten Investitionskosten ausgemacht wurde, wächst der Jahresfehlbetrag am stärksten an. Er beträgt im Jahr 2044 über 44 Mio. €.

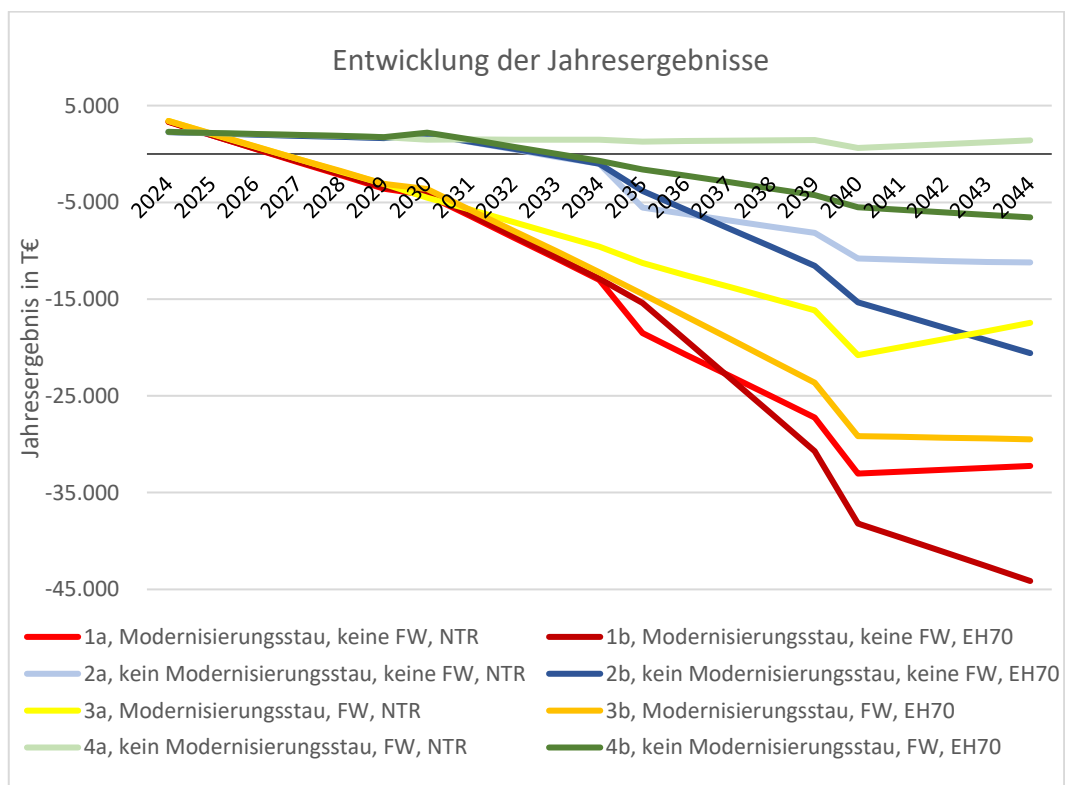


Abb. 15: Entwicklung der Jahresergebnisse (eigene Darstellung; für zugrunde liegende Werte siehe Anhang A3)

Die aufsummierten Jahresergebnisse bilden bei 7 von 8 Szenarien teils erhebliche Gesamtfinanzierungslücken von bis zu 363,78 Mio. € im Dekarbonisierungsszenario 1b. Nur im

Szenario 4a summieren sich die Jahresergebnisse insgesamt zu einem positiven Gesamtbetrag von 31,36 Mio. € über einen Zeitraum von 21 Jahren. Dieser Gewinn stünde entsprechend für Ausschüttungen, Rücklagen oder zusätzliche Investitionen in z. B. Neubau zur Verfügung. Die nachfolgende Tabelle stellt alle aufsummierten Jahresergebnisse dar.

Tab. 21: Finanzierungslücken als Summe der Jahresergebnisse (eigene Darstellung)

| Dekarbonisierungsszenario | Aufsummierte Jahresergebnisse 2024-2044 |
|---|--|
| 1a, Modernisierungsstau, keine Fernwärme, NTR | -321,52 Mio. € |
| 1b, Modernisierungsstau, keine Fernwärme, EH70 | -363,78 Mio. € |
| 2a, kein Modernisierungsstau, keine Fernwärme, NTR | -75,31 Mio. € |
| 2b, kein Modernisierungsstau, keine Fernwärme, EH70 | -113,85 Mio. € |
| 3a, Modernisierungsstau, Fernwärme, NTR | -198,59 Mio. € |
| 3b, Modernisierungsstau, Fernwärme, EH70 | -280,49 Mio. € |
| 4a, kein Modernisierungsstau, Fernwärme, NTR | 31,36 Mio. € |
| 4b, kein Modernisierungsstau, Fernwärme, EH70 | -28,82 Mio. € |

Für alle Szenarien mit Modernisierungsstau (1 und 3) ist bei den Finanzierungslücken sowie der Entwicklung der Jahresergebnisse oben in Abb. 15 bereits zu vermuten, dass rote Zahlen in 18 Jahren in Folge durch etwaigen Eigenkapitalverzehr nicht aufgefangen werden können und die Szenarien trotz Förderungen und Ausschöpfen von Mieterhöhungen wirtschaftlich nicht tragbar für die Unternehmen sind.

Die Szenarien 2a und 2b (kein Modernisierungsstau, keine Fernwärme) sowie das Szenario 4b (kein Modernisierungsstau, Fernwärme, Ziel EH 70) schreiben dagegen erst ab 2033 bzw. 2034 rote Zahlen. Ob einige dieser Szenarien trotzdem wirtschaftlich machbar sind – indem z. B. kleinere Eigenkapitalzuschüsse geleistet werden oder Eigenkapital aufgezehrt wird – kann später durch Betrachtung der Entwicklung der Eigenkapitalquote besser bewertet werden (vgl. Kap. 5.2.2).

Grundsätzlich zeigt die Entwicklung der Jahresergebnisse ein ähnliches Bild wie die Entwicklung der kumulierten Investitionskosten aus Kap. 5.2. Sowohl Modernisierungsstau als auch mangelndes Fernwärmepotential und der im NTR ambitioniertere Zielstandard EH 70 haben negative betriebswirtschaftliche Auswirkungen. Allerdings wird aus der Abb. 15 eine unterschiedliche Entwicklung hinsichtlich des Unterscheidungsmerkmals NTR oder EH 70 als Zielstandard sichtbar, als es bei der reinen Kostenbetrachtung in Kapitel 5.1 der Fall war. So wird ab dem Jahr 2040 die Differenz der Jahresergebnisse zwischen NTR-Szenarien (1a, 2a, 3a, 4a) sowie EH-70-Szenarien (1b, 2b, 3b, 4b) sichtbar größer. Bei den Portfolios 1, 3 und 4 steigt das Jahresergebnis bei den NTR-Szenarien sogar ab 2040 wieder an, während es bei den EH-70-Pendants weiter sinkt.

Da Unterschiede in Kosten- und Fördersummen bereits in Kap. 5.1 einbezogen wurden liegt hier die Vermutung nahe, dass bei den NTR-Szenarien eine bessere Refinanzierung

über Mietumlagen möglich ist. Eine detailliertere Betrachtung hierzu folgt in Kap. 5.2.3. Grundsätzlich ist auch zu beachten, dass Zinslasten bei den Szenarien mit höheren kumulierten Investitionskosten ebenfalls stärker wirken.

5.2.2 Entwicklung der Eigenkapitalquoten

Bei den Entwicklungen der Eigenkapitalquoten zeigen sich zunächst große und relativ parallel verlaufende Unterschiede zwischen Portfolios mit Modernisierungsstau und solchen ohne Modernisierungsstau (vgl. Abb. 16). Bei den Portfolios mit Modernisierungsstau (unabhängig vom Fernwärmepotential oder Zielstandard) sinkt die Eigenkapitalquote aufgrund der hohen, fremdfinanzierten Investitionskosten unmittelbar nach Beginn der Simulation stark. Bereits 2029 unterschreitet die 2023 bei 45 % gestartete Eigenkapitalquote die in Kap. 2.3.2.3 als kritisch definierte Eigenkapitalquote von 30 %. Diese Schwelle ist in Abb. 16 durch die rote, gestrichelte Linie abgebildet. Neben der hohen Kosten für die größeren Anteile an zuerst anstehenden Komplettmodernisierungen in den Gebäuden mit den schlechtesten Energieeffizienzklassen tragen hierzu auch die niedrigeren Ausgangsmieten bei. Innerhalb der Szenarien mit Modernisierungsstau zeigen sich die bereits ausgemachten Vorteile von NTR-Zielstandard und Fernwärmepotential ab etwa 2030 auch in der Entwicklung der Eigenkapitalquote. Trotzdem ist der Verzehr des Eigenkapitals in allen Szenarien mit Modernisierungsstau so groß, dass eine wirtschaftliche Machbarkeit eindeutig nicht gegeben ist und eine Refinanzierung über die bereits einbezogenen Förderungen und ausgereizten Mietsteigerungspotentiale nicht möglich ist.

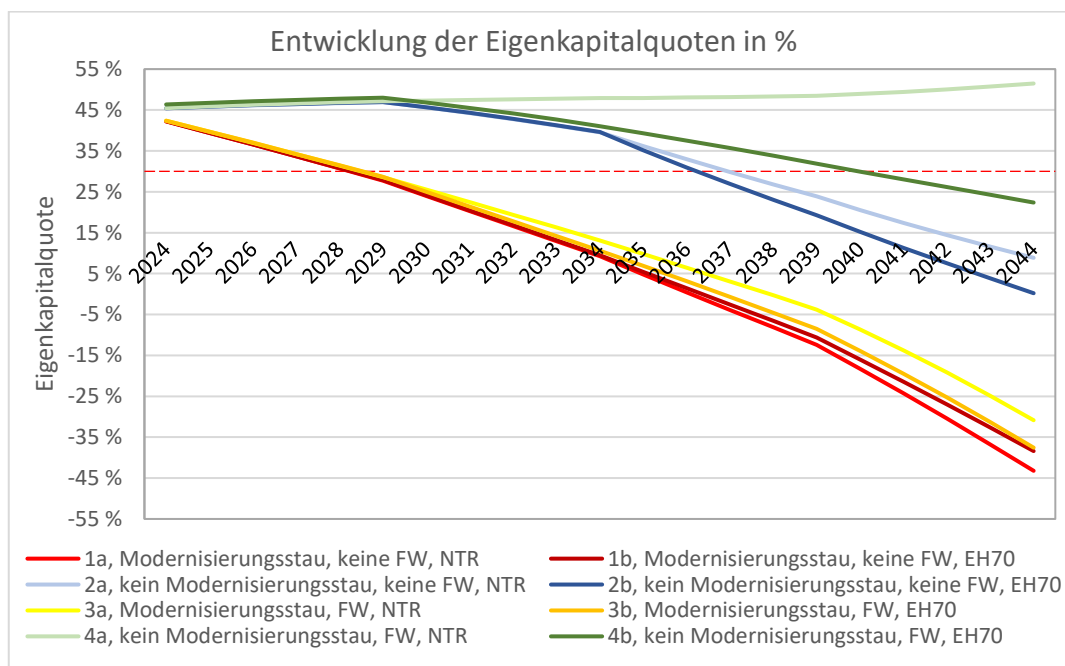


Abb. 16: Entwicklung der EK-Quoten (eigene Darstellung; für zugrunde liegende Werte siehe Anhang A3)

Wie schon beim Jahresüberschuss ist folgerichtig auch bei der Eigenkapitalquote das Szenario 4a (kein Modernisierungsstau, Fernwärmepotential, Ziel NTR) das einzige mit einer positiven Entwicklung. Hier steigt die Eigenkapitalquote bis Ende 2044 sogar auf 51 % an. Aufgrund der sehr geringen Anteile an Gebäuden in den Energieeffizienzklassen G und H entwickeln sich bei allen Szenarien ohne Modernisierungsstau die Eigenkapitalquoten und Jahresergebnisse bis 2030 noch leicht positiv. Erst dann beginnt mit den

Modernisierungen der Gebäudeklassen F eine leichte Trendumkehr. Das sorgt dafür, dass die bereits beim Jahresüberschuss ins Negative abgerutschten Szenarien ohne Modernisierungsstau 2a, 2b und 4b auch stetig Eigenkapital verzehren. Das Unterschreiten der als kritisch definierten 30-%-Grenze erfolgt jedoch erst in den Jahren 2037, 2038 bzw. 2041. Insbesondere beim Szenario 4b (kein Modernisierungsstau, Fernwärmepotential, Ziel EH 70) ist daher noch eine wirtschaftliche Machbarkeit denkbar, sofern z. B. Eigenkapitalzuschüsse geleistet werden können oder Finanzierungsbedingungen sich ggf. verbessern. Bei den Szenarien, die auf Portfolio 2 basieren, sinken die Eigenkapitalquoten bis Ende 2044 auf neun bzw. null Prozent, sodass eine wirtschaftliche Machbarkeit bereits immenser Eigenkapitalzuschüsse bedürfte und somit infrage gestellt werden muss.

5.2.3 Mietentwicklung und Mieterhöhungspotentiale

Mindestens sechs der acht Dekarbonisierungsszenarien müssen angesichts der vorangegangenen Analysen als unwirtschaftlich bezeichnet werden. Dies zeigt, dass die in Kapitel 5.1 beschriebenen Kosten auch unter Einbezug von Förderung und ausgereizten Mieterhöhungen unter den gegebenen Rahmenbedingungen nicht refinanzierbar sind. Die Betrachtung der Mietentwicklungen gibt hierüber ebenfalls Aufschluss und veranschaulicht, dass die Finanzierungslücken über Mieterhöhungen in vielen Fällen nicht ansatzweise geschlossen werden können.

Abb. 17 zeigt den Effekt der jährlichen Modernisierungsumlagen auf die Gesamtdurchschnittsmiete je Dekarbonisierungsszenario. Es wird deutlich, dass die Portfolios mit und ohne Modernisierungsstau jeweils unterschiedlich starten, da bei Portfolios ohne Modernisierungsstau eine höhere Ausgangsmiete angenommen wird. Dass bei den Portfolios mit Modernisierungsstau die Durchschnittsmiete anschließend schneller steigt, liegt daran, dass in den ersten Jahren, in denen zunächst die schlechtesten Gebäude saniert werden, eine höhere Anzahl an Wohnungen modernisiert wird als bei den Szenarien ohne Modernisierungsstau. Denn es ist insgesamt ein höherer Anteil des Portfolios in den schlechteren Energieeffizienzklassen zu verorten.

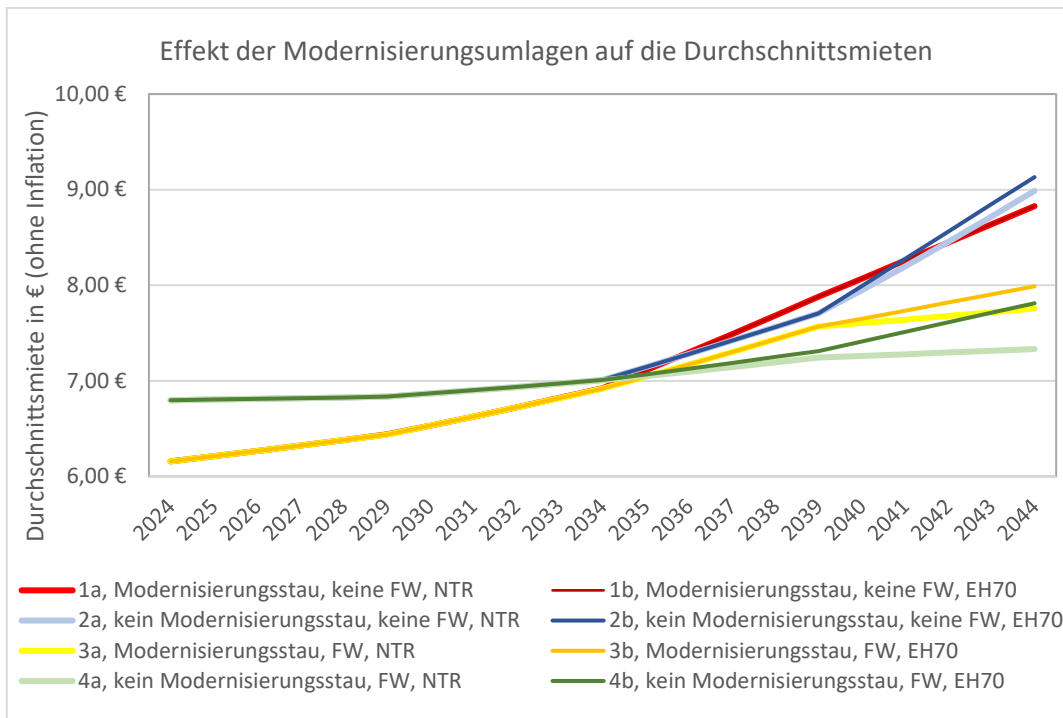


Abb. 17: Effekt der Modernisierungsumlagen auf die Miethöhe (eigene Darstellung; für zugrunde liegende Werte siehe Anhang A3)

Da die Modernisierungsumlage nur auf die im jeweiligen Jahr modernisierten Bestände angewendet werden darf, ist der Effekt auf die Gesamtdurchschnittsmiete bei den Portfolios mit Modernisierungsstau und größerer Anzahl an sanierten Wohnungen zunächst größer.

Die höchsten Modernisierungsumlagen bzw. der größte Effekt dieser auf die Durchschnittsmiete wird am Ende nicht bei den Szenarien des kostenintensivsten Portfolios 1 erreicht, sondern bei den Szenarien, die auf Portfolio 2 basieren. Der Grund hierfür ist, dass die 3 € statt der 2 € Kappungsgrenze bei den Szenarien ohne Modernisierungsstau (2a und 2b, blaue Linien) bereits eher greift als bei den Szenarien mit Modernisierungsstau (1a und 1b, rote sich überlagernde Linien). So können beim Portfolio 1 aufgrund der niedrigeren Ausgangsmiete bei einem größeren Teil des Bestandes nur max. 2 € der Investitionskosten auf die Miete umgelegt werden, während es bei höheren Ausgangsmieten über 7 €/m² bereits max. 3 €/m² sind (vgl. Kap. 2.2.4).

Die Entwicklungen der Modernisierungsumlagen in den jeweiligen Szenarien mit und ohne Modernisierungsstau sind zudem bis etwa 2034 fast identisch. Erst dann beginnt teilweise eine Differenzierung je Szenario. Die Szenarien 1a und 1b (rote Linien) verlaufen sogar bis zum Ende des Betrachtungszeitraums parallel. Die Mietentwicklung für die Szenarien 2a und 2b sowie 3a und 3b verläuft jeweils noch bis 2039 parallel. Dies steht im starken Gegensatz zu den Entwicklungen bei den kumulierten Investitionskosten, die wie in Kap. 5.1.2 beschrieben von Beginn an differenziert verlaufen. Dass sich dies lange und zum Teil gar nicht (vgl. Portfolio 1) in den Modernisierungsumlagen widerspiegelt, deutet bereits an, wie umfassend die Kappungsgrenzen in den analysierten Szenarien greifen. Denn die Modernisierungsumlagen orientieren sich wie in Kap. 2.2.4 beschrieben an einem festen Prozentsatz der tatsächlich angefallenen und je Szenario unterschiedlichen Kosten. Nur die Wirkung der identischen Kappungsgrenzen kann bei unterschiedlichen

Investitionskosten also gleiche Mietentwicklungen erklären. Die nachfolgende Abb. 18 bestätigt dies zunächst für die 2 € Kappungsgrenze. Sie zeigt, dass bei der angenommenen Umlage von 50 % aller im Rahmen der Dekarbonisierung anfallenden Modernisierungskosten (vgl. rot markierter Bereich) die Kappungsgrenze bei sechs von acht Szenarien in jedem der 21 betrachteten Jahre zwischen 2024 und 2044 erreicht wird.

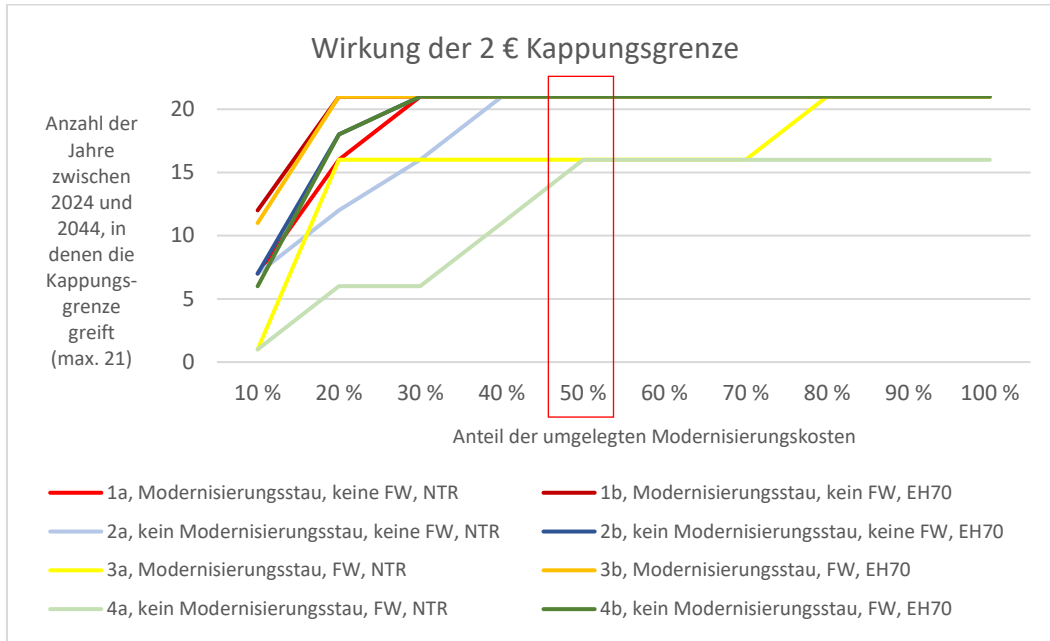


Abb. 18: Begrenzung der Modernisierungsumlage durch die 2 € Kappungsgrenze (eigene Darstellung; für zugrunde liegende Werte siehe Anhang A3)

Bei zwei Szenarien wird die Grenze in 16 von 21 Jahren erreicht. Das bedeutet, dass in diesen Jahren eine Umlage von 8 % der Hälfte der Modernisierungskosten auf die Jahresmiete der modernisierten Wohnungen zu einer Mieterhöhung von monatlich über 2 €/m² führen würde und somit teilweise nicht realisiert werden kann. Die Grafik zeigt zudem, dass dies bei einigen Szenarien auch schon bei noch geringeren Umlagen häufig der Fall wäre (vgl. Anzahl der Jahre auf der y-Achse bei 10, 20, 30 oder 40 % Umlage auf der x-Achse). Dies deutet bereits an, dass die Modernisierungsumlagen ohne Kappungsgrenzen teils deutlich höher ausfallen würden.

Beispielhaft sind in nachfolgender Tab. 22 die Mieterhöhungen pro m² abgebildet, die ohne Kappungsgrenzen für das jeweilige Jahr im wirtschaftlich günstigsten Szenario (4a) sowie im wirtschaftlich ungünstigsten Szenario (1b) anfallen würden. Diese entsprechen einer Umlage von 50 % der anfallenden Kosten in den im betroffenen Jahr modernisierten Beständen auf die jeweiligen Mieten. Jeder Betrag über 2 € (bzw. 3 € bei der Kappungsgrenze ab 7 €/m² Ausgangsmiete) ist entsprechend eine nicht realisierbare Kostenumlage und die Kosten verbleiben zunächst beim Vermietenden. Beim Szenario 1b wird die 2 € Kappungsgrenze vereinzelt um mehr als 10 €/m² überschritten (vgl. 2034, 2038, 2039). Aber auch beim insgesamt betriebswirtschaftlich machbaren Szenario 4a könnte bei einer 2 € Grenze vereinzelt nur 20 % der Umlage realisiert werden (vgl. 2029). Wichtig ist daher anzumerken, dass die in Tab. 22 dargestellten, aufgrund von Kappungsgrenzen nicht realisierten Mieterhöhungen nicht aussagen, dass es exakt diese Erhöhungen bräuchte, damit die energetischen Modernisierungen für das Unternehmen wirtschaftlich sind. Es ist gerade die Stärke der Portfoliobetrachtung, dass einzelne auf die Wohneinheit oder das

Gebäude bezogen unwirtschaftliche Maßnahmen über das Portfolio hinweg ausgeglichen werden können.

Tab. 22: Mieterhöhungspotentiale nach jährlichen Maßnahmen anhand Szenarien 1b und 4a bei Ansatz von 50 % der Kosten über die Modernisierungumlage (eigene Darstellung; Daten aus Finanzierungstools/Anlage A4)

| | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Szenario 1b: Modernisierungsstau, kein Fernwärmepotential, Ziel EH 70 | 9,07 €/m ² | 9,34 €/m ² | 9,62 €/m ² | 9,91 €/m ² | 10,21 €/m ² | 10,52 €/m ² | 10,83 €/m ² |
| Szenario 4a: kein Modernisierungsstau, Fernwärmepotential, Ziel NTR | 8,80 €/m ² | 9,07 €/m ² | 9,34 €/m ² | 9,62 €/m ² | 9,91 €/m ² | 10,21 €/m ² | 2,76 €/m ² |
| | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 |
| Szenario 1b: Modernisierungsstau, kein Fernwärmepotential, Ziel EH 70 | 11,16 €/m ² | 11,49 €/m ² | 11,84 €/m ² | 12,19 €/m ² | 11,01 €/m ² | 11,34 €/m ² | 11,68 €/m ² |
| Szenario 4a: kein Modernisierungsstau, Fernwärmepotential, Ziel NTR | 2,85 €/m ² | 2,93 €/m ² | 3,02 €/m ² | 3,11 €/m ² | 2,18 €/m ² | 2,24 €/m ² | 2,31 €/m ² |
| | 2038 | 2039 | 2040 | 2041 | 2042 | 2043 | 2044 |
| Szenario 1b: Modernisierungsstau, kein Fernwärmepotential, Ziel EH 70 | 12,03 €/m ² | 12,39 €/m ² | 8,21 €/m ² | 8,46 €/m ² | 8,71 €/m ² | 8,98 €/m ² | 9,25 €/m ² |
| Szenario 4a: kein Modernisierungsstau, Fernwärmepotential, Ziel NTR | 2,38 €/m ² | 2,45 €/m ² | 0,49 €/m ² | 0,51 €/m ² | 0,52 €/m ² | 0,54 €/m ² | 0,56 €/m ² |
| <i>Rot = Überschreiten der 2 € und 3 € Kappungsgrenze, orange = Überschreiten der 2 € Kappungsgrenze, grün = Kappungsgrenzen nicht erreicht</i> | | | | | | | |

Werden die Kappungsgrenzen nicht erreicht, liegt dies daran, dass in den betreffenden Jahren die durchschnittlichen Kosten je sanierter Wohnung geringer waren, weil bspw. bereits energieeffizienteren Bestände bzw. nur minimalinvasive Maßnahmen angegangen werden (z. B. Heizungsaustausch). Dies ist bei Szenarien mit NTR-Zielstandard häufiger der Fall als bei Szenarien mit Ziel EH 70.

Die Häufigkeit der Wirkung der 3 € Kappungsgrenze wurde ebenfalls per Sensitivitätstest für alle Szenarien geprüft. Analog zur Abb. 18 stellt dies die Abb. 19 dar. Auch hier sind umfassende Beschränkungen der Mieterhöhungen absehbar. In allen Szenarien (außer dem einzigen aus sich heraus wirtschaftlichen Szenario 4a) wird in mindestens 16 der 21 Jahre die Kappungsgrenze erreicht.

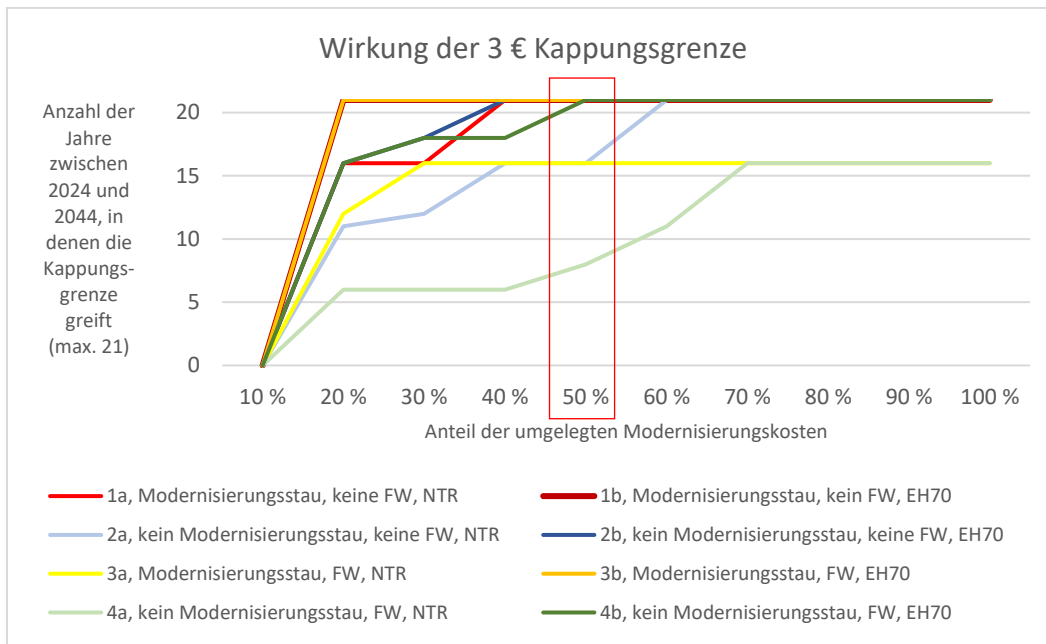


Abb. 19: Begrenzung der Modernisierungsumlage durch die 3 € Kappungsgrenze (eigene Darstellung; für zugrunde liegende Werte siehe Anhang A3)

Insgesamt bestätigt sich die bereits geäußerte Vermutung, dass aufgrund der Kappungsgrenzen die Modernisierungsumlage nicht ansatzweise ausreichen kann, um v. a. die besonders investitionsintensiven Dekarbonisierungsszenarien zu refinanzieren. Es ist im Gegenteil sogar zu beobachten, dass die ohnehin wirtschaftlicheren Szenarien (v. a. Portfolios 1 und 2, ohne Modernisierungsstau) ihre Investitionen anteilig deutlich umfassender über die Miete refinanzieren können. Die Kappungsgrenzen werden zwar auch bei den weniger kostenintensiven Szenarien zum Teil häufig erreicht. Allerdings kann hier mit 2 € oder 3 € Mieterhöhung pro m² ein deutlich größerer Anteil der Kosten über die Miete refinanziert werden als dies bei den kostenintensivsten Szenarien der Fall ist.

Dabei ist immer zu beachten, dass ohnehin nur 50 % der Investitionskosten für die Dekarbonisierung für Modernisierungsumlagen einbezogen wurden. Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass die Annahme Streitbar ist, Komplettmodernisierungen in den schlechtesten Beständen rein als „dekarbonisierungsbedingt“ einzustufen und diese nicht der normalen Instandhaltung bei einer nachhaltigen Unternehmensführung zuzuschreiben. Mit Blick auf das daraus ggf. folgende erhöhte Mietsteigerungspotential lässt sich diese Kritik aufgrund der gezeigten Wirkung der Kappungsgrenzen jedoch relativieren. Eine Umlage der anfallenden Kosten ist im Rahmen des aktuellen Mietrechts und der Kappungsgrenzen ohnehin nur zu einem sehr kleinen Teil möglich. Ein höher angesetzter nicht umlagefähiger Kostenanteil sorgt nur bedingt für geringere Mietenbelastungen.

Abb. 20 bildet die Entwicklungen der Durchschnittsmieten noch einmal je Dekarbonisierungsszenario ab. In dieser Darstellung sind neben den Modernisierungsumlagen zusätzlich die allgemeinen Mietsteigerungen in Höhe der jährlich angenommenen Inflation in Höhe von 3 % einbezogen. Ende 2044 variieren die Durchschnittsmieten der Szenarien zwischen 13,64 €/m² beim Szenario 4a (kein Modernisierungsstau, Fernwärme, Ziel NTR) und 16,99 €/m² beim Szenario 2b (kein Modernisierungsstau, keine Fernwärme, Ziel EH 70).

In über 20 Jahren finden also je nach Szenario Mietsteigerungen von insgesamt etwa 100 % bis etwa 240 % statt. Aufgrund der vergleichsweise niedrigen Ausgangsmiete führen

diese Steigerungen allerdings zu Zielmieten, die im Durchschnitt bereits 2022 in den Neuvertragsmieten in manchen Kreisfreien Städten übertroffen wurden (vgl. BBSR 2023).

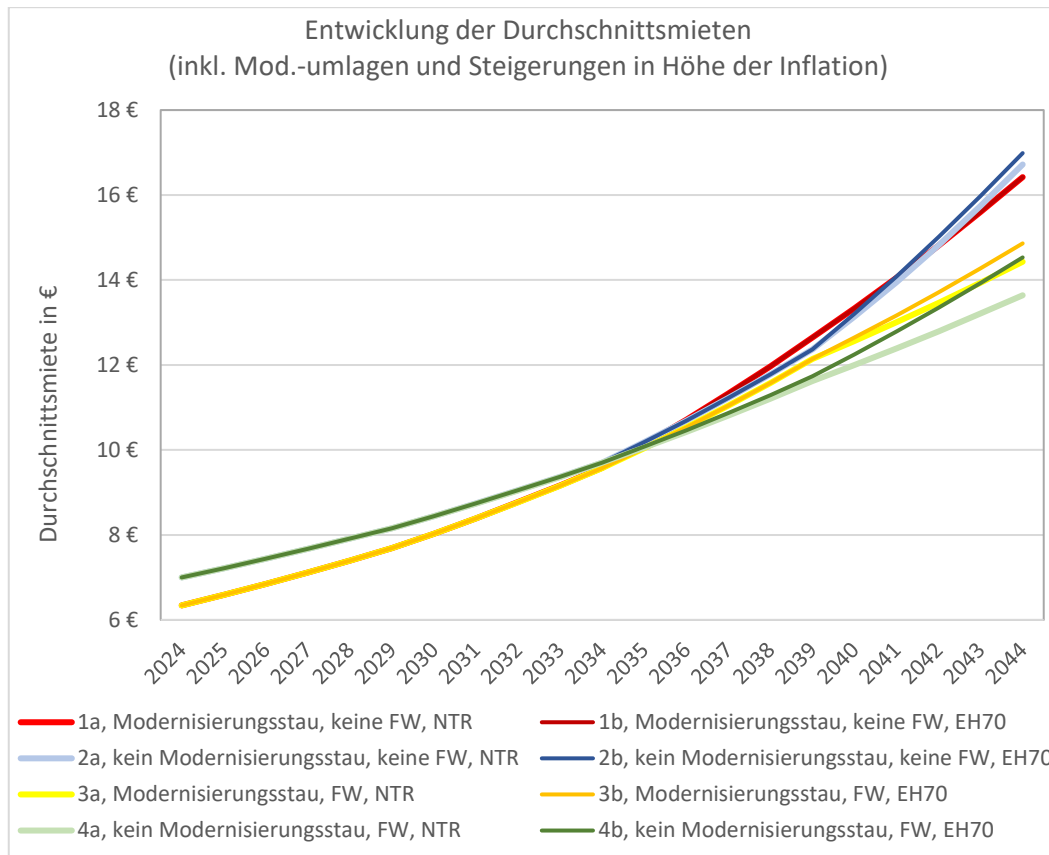


Abb. 20: Entwicklung der Durchschnittsmieten (eigene Darstellung; für zugrunde liegende Werte siehe Anhang A3)

Die Höhe der Ausgangsmiete ist insgesamt ein entscheidender Faktor für die Wirtschaftlichkeit der Dekarbonisierungsszenarien. Im begrenzten Umfang der Arbeit konnten die vorangegangenen Berechnungen nicht in Gänze mit anderen Ausgangsmieten wiederholt und verglichen werden. Jedoch kann überschlägig deutlich gemacht werden, welche Unterschiede in der Wirtschaftlichkeit bei einer 1 € höheren Durchschnittsmiete folgen würden:

$$315.000 \text{ m}^2 \text{ Wohnfläche} \times 1 \text{ €} \times 12 \text{ Monate} = \mathbf{3,78 \text{ Mio. € Mehreinnahmen p. a.}}$$

Insgesamt wurden 21 Wirtschaftsjahre betrachtet, sodass sich die Mehreinnahmen bei 1 € höherer Ausgangsmiete auf 79,38 Mio. € aufsummieren würden. Dividiert man nun die aufsummierten Jahresergebnisse aus Tab. 21 mit diesen potentiellen Mehreinnahmen, lässt sich vereinfacht darstellen, wie viel höher die Ausgangsmiete sein müsste, um ein ausgeglichenes Jahresergebnis zu erzielen. Dies ist in nachfolgender Tab. 23 dargestellt.

Tab. 23: Aufschlag auf Ausgangsmieten zur Deckung der Finanzierungslücken

| Dekarbonisierungsszenario | Aufsummierte Jahresergebnisse 2024-2044 | Aufschlag auf Ausgangsmiete zur Deckung der Finanzierungslücke |
|---|---|--|
| 1a, Modernisierungsstau, keine Fernwärme, NTR | -321,52 Mio. € | 4,05 €/m ² (≅ 10,14 € Ausgangsmiete) |
| 1b, Modernisierungsstau, keine Fernwärme, EH70 | -363,78 Mio. € | 4,58 €/m ² (≅ 10,67 € Ausgangsmiete) |
| 2a, kein Modernisierungsstau, keine Fernwärme, NTR | -75,31 Mio. € | 0,95 €/m ² (≅ 7,74 € Ausgangsmiete) |
| 2b, kein Modernisierungsstau, keine Fernwärme, EH70 | -113,85 Mio. € | 1,43 €/m ² (≅ 8,22 € Ausgangsmiete) |
| 3a, Modernisierungsstau, Fernwärme, NTR | -198,59 Mio. € | 2,50 €/m ² (≅ 8,59 € Ausgangsmiete) |
| 3b, Modernisierungsstau, Fernwärme, EH70 | -280,49 Mio. € | 3,53 €/m ² (≅ 9,62 € Ausgangsmiete) |
| 4a, kein Modernisierungsstau, Fernwärme, NTR | 31,36 Mio. € | - |
| 4b, kein Modernisierungsstau, Fernwärme, EH70 | -28,82 Mio. € | 0,36 €/m ² (≅ 7,15 € Ausgangsmiete) |

Tab. 23 gibt einen Eindruck davon, mit welchen Durchschnittsmieten, die ausgemachten Finanzierungslücken in etwa geschlossen werden könnten. Diese Ausgangsmieten liegen je nach Szenario zwischen 7,15 € und 10,67 € und damit teils rd. 70 % höher als bei den synthetischen Portfolios angenommen. Ziel dieser Arbeit ist es nicht, angemessene Miethöhen bzw. Mieterhöhungsspielräume zu bewerten. Die hohen potentiellen Kostenumlagen aus Tab. 22 zeigen, wie bedeutend Kappungsgrenzen im Schutz vor modernisierungsbedingter Verdrängung von Mietenden sein können. Deutlich wird aber, dass insbesondere Marktakteure, die bisher zu niedrigen Durchschnittsmieten sozial orientiert Wohnraum anbieten, erhebliche Refinanzierungsprobleme bei der Dekarbonisierung haben. Miete bzw. Mieterhöhungen als Refinanzierungsquelle sind nicht nur aus sozialen Erwägungspunkten, sondern auch aufgrund rechtlicher Rahmensetzung nicht alleine geeignet, um Finanzierungslücken zu schließen. Unternehmen mit hohen Ausgangsmietniveaus hätten es dagegen deutlich leichter. Hier muss jedoch auch klargestellt werden, dass dies methodisch sehr vereinfacht betrachtet ist, da etwaige höhere Kosten, die solche Unternehmen haben (z.B. höhere Zinslasten durch höhere Kauf- oder Baupreise) nicht einbezogen werden.

6 Fazit

In dieser Arbeit wurde anhand von acht Dekarbonisierungsszenarien für synthetische Portfolios gezeigt, dass im Zuge der Wärmewende immense Kostenbelastungen auf sozial orientierte Wohnungsunternehmen zukommen. Negative Auswirkungen von fehlendem Fernwärmepotential, Modernisierungstau und einem Zielstandard EH 70 im Vergleich zu einem Zielstandard NTR konnten als signifikant beziffert werden. Die diesbezüglich aufgestellten Hypothesen werden in Kap. 6.1 im Detail bewertet.

Mieterhöhungspotentiale und die neuen Förderprogramme des Bundes reichen in vielen Fällen bei weitem nicht aus, um die Kosten der Wärmewende zu stemmen. Insbesondere bei hohem Modernisierungstau und entsprechend größeren Investitionsbedarfen kann das Mieterhöhungspotential kaum einen Beitrag zur wirtschaftlichen Machbarkeit leisten. Eine zuvor nicht nachhaltige Unternehmensführung wird damit zur großen Hypothek bei der Dekarbonisierung. Dies ist auch aus sozialpolitischer Sicht ein Dilemma. Man mag eine in der Vergangenheit nicht nachhaltige Unternehmensführung z. B. aufgrund unterlassener Instandhaltung oder zu hoher Ausschüttungen kritisieren und vor diesem Hintergrund als unfair empfinden, dass dies im Zuge der Dekarbonisierung nun zu höheren Mieten führen oder von der Öffentlichkeit über Förderung ausgeglichen werden muss. Angesichts des Ausmaßes der hier dargestellten Finanzierungslücken in vielen der betrachteten Szenarien konnte allerdings keine echte Alternative ausgemacht werden, um diese möglichen Versäumnisse der Vergangenheit aus dem Unternehmen heraus eigenständig aufzuholen. Vor dem Hintergrund der schwierigen Finanzierungssituation, gilt es daher umso mehr, Hebel zur Kostensenkung in den Blick zu nehmen. Einige Ansatzpunkte hierzu werden im Ausblick in Kap. 6.2 adressiert, um zu zeigen, wie auf Basis der vorliegenden Ergebnisse weiter geforscht werden kann (vgl. Kap. 6.2).

6.1 Bewertung der Hypothesen

H1: *Die Bestandsdekarbonisierung ist auch mit Ausreizen des gesetzlichen Spielraums für Mieterhöhungen und unter Einbezug der Förderung für einige Portfolios sozial orientierter Wohnungsunternehmen aus dem laufenden Geschäft nicht zu bewältigen.*

Diese Hypothese kann klar bestätigt werden. In sieben von acht Szenarien zeigen sich Finanzierungslücken von teils über 300 Mio. €. Die Kappungsgrenzen bei der Modernisierungsumlage greifen in den meisten Szenarien bei jedem Modernisierungspaket und sorgen dafür, dass anfallende Kosten nur zu einem sehr geringen Teil auf die Miete umgelegt werden können. Ohnehin wirtschaftlichere Szenarien können aufgrund der Kappungen ihre Investitionen sogar anteilig umfassender über die Miete refinanzieren als die unwirtschaftlichsten.

Die neuen Förderkonditionen des Bundes können die bestehenden Finanzierungslücken nicht ausgleichen. Sie fördern die besonders kostenintensiven Szenarien auch nicht überproportional, um deren etwaige Nachteile zu adressieren. Bei allen Szenarien variiert die Gesamtförderquote nur gering zwischen 11,4 – 12,7 %. Szenarien mit substantiellen Mehrkosten aufgrund eines hohen Modernisierungstaus werden jedoch durch den Worst-Performing-Building-Bonus bei der Förderung leicht überproportional adressiert. Dies kann die entstehenden Mehrkosten aber nicht ansatzweise ausgleichen. Beim

Zielstandard zeigt sich sogar, dass Szenarien mit kostentreibendem EH-70-Ziel geringere Förderquoten aufweisen, was auf die höheren Förderquoten bei der Einzelmaßnahmenförderung sowie die einschränkenden maximal förderfähigen Kosten zurückzuführen ist. Die Kostenobergrenzen bei umfassenden energetischen Modernisierungen über die EH-Förderung werden in den analysierten Szenarien überschritten, bei den in NTR-Szenarien häufigeren Einzelmaßnahmen jedoch nicht.

Auch bei der wirtschaftlichen Belastung aus nicht vorhandenen Fernwärmepotentialen (siehe H2) ist dies ein Problem. Komplettmodernisierungen mit Wechsel zur Wärmepumpe erfordern höhere Investitionskosten als solche mit Wechsel zu oder Beibehaltung der Fernwärme. Da in beiden Fällen die identisch hohen maximal förderfähigen Kosten überschritten werden, wird der teurere Umstieg auf die Wärmepumpe sogar noch mit einer geringeren Förderquote unterstützt als der Umstieg auf die Fernwärme. Der 5 % Effizienzbonus für Wärmepumpen aus der Einzelmaßnahmenförderung kann diesen Effekt in den angenommenen Szenarien über ein Portfolio hinweg nicht ausgleichen.

Als einzig wirtschaftliches Dekarbonisierungsszenario wurde das Portfolio ohne Modernisierungsstau, mit insgesamt 90 % Fernwärmepotential sowie dem Zielstandard NTR identifiziert. Hier genügen die knapp 10 Mio. € Gesamtförderung sowie die Verdopplung der Ausgangsmiete bis 2045, um in 21 Jahren insgesamt 31 Mio. € Jahresüberschüsse zu erwirtschaften.

H2: *Bestehende oder potentielle netzgebundene Wärmelösungen wirken sich positiv auf die Kosteneffizienz und wirtschaftliche Machbarkeit der Dekarbonisierungspfade aus.*

Auch diese Hypothese kann bestätigt werden. Sowohl mit als auch ohne Einbezug der Förderung entstehen Mehrkosten bei einem Portfolio ohne Fernwärmepotential in Höhe von über 20 € je eingespartem kg CO₂ bei den jährlichen Emissionsmengen für das Wohnungsunternehmen. Dies ist auf das „Outsourcen“ der Dekarbonisierung auf den Wärmeversorger, die insgesamt geringeren Investitionskosten in den Heizungsaustausch aber auch weniger umfangreiche Maßnahmen an der Gebäudehülle zurückzuführen. Die Förderquoten sind sogar leicht höher als bei den Szenarien ohne Fernwärmepotential (s.o.). Trotzdem sind auch drei der vier Dekarbonisierungsszenarien mit Fernwärmepotential nicht wirtschaftlich zu beschreiten und Förderung und Mieteinnahmen genügen dort nicht, um die nötigen Investitionskosten zu decken.

H3: *Die nötigen Investitionskosten sind bei Modernisierungsstau deutlich höher, weshalb keine wirtschaftliche Machbarkeit gegeben ist. Hoher Modernisierungsstau hat dabei jedoch geringe Auswirkungen auf die Kosteneffizienz im Sinne von Investitionsaufwand je eingespartem kg CO₂, da hohe Ausgangsemissionen auch große Einsparpotentiale bedeuten.*

Mit Blick auf die wirtschaftliche Machbarkeit ist diese Hypothese zu bestätigen. Modernisierungsstau zeigte sich als die Eigenschaft mit den negativsten Auswirkungen auf die wirtschaftliche Machbarkeit, die auch durch die Förderung oder etwaige Mieterhöhungen nicht überproportional ausgeglichen werden konnte. Im Gegenteil sorgten Kappungsgrenzen und Obergrenzen bei der Förderung dafür, dass im Verhältnis zu anderen Szenarien ohne Modernisierungsstau teils sogar geringere Förderquoten und Kostenumlagen realisiert werden konnten. Bis 2045 fallen für Portfolios mit Modernisierungsstau im Schnitt

kumulierte Mehrkosten von über 540 Mio. € im Vergleich zu solchen ohne Modernisierungstau an.

Betrachtet man die Kosteneffizienz der Dekarbonisierung muss die Hypothese verworfen werden. Die Eigenschaft „Modernisierungstau“ sorgt dafür, dass die Einsparung eines kg CO₂ bei den jährlichen Emissionsmengen über 30 € mehr kostet als bei Portfolios ohne Modernisierungstau. Bei Einbezug von Förderung betragen die Mehrkosten immer noch 27 €. Damit sind die Mehrkosten höher als solche aus fehlendem Fernwärmepotential oder des ambitionierteren Zielstandards. Allerdings wurde auch deutlich, dass die hohen Kosten und die fehlende Wirtschaftlichkeit durch die vielen Komplettmodernisierungen in schlechten Gebäudeklassen zum Teil auch auf eine fehlende nachhaltige Unternehmensführung in der Vergangenheit zurückgeführt werden könnten und nicht zwingend als zusätzliche Belastung im Rahmen der Dekarbonisierung gelten müssen. Denn über die Methode der Fortschreibung der GuV sollten Instandhaltungskosten zur nachhaltigen Unternehmensführung bereits abgedeckt sein und nicht alle nötigen Komplettmodernisierungen als zusätzlich anfallende Kosten bewertet werden – auch wenn sie aufgrund gesetzlicher Vorgaben ggf. etwas eher stattfinden müssen. Ist der Modernisierungstau aber erstmal da, zeigen die Ergebnisse auch, dass die Unternehmen ihn bei aktueller Förderkulisse und Mietrecht nicht wieder aufholen können.

H4: *Die Kosteneffizienz im Sinne von Investitionsaufwand je eingespartem kg CO₂ ist bei Dekarbonisierungsszenarien mit einem Zielstandard EH 70 geringer als bei einem Zielstandard NTR. Die wirtschaftliche Machbarkeit ist zudem beim NTR-Zielstandard eher gegeben.*

Diese Hypothese kann vollständig bestätigt werden. Beim weniger ambitionierten NTR-Standard müssen mit und ohne Einbezug von Förderung über 20 € weniger investiert werden, um 1 kg CO₂ bei den jährlichen Emissionsmengen einzusparen. Die Gesamtförderquoten sind letztlich beim Ziel des NTR-Standards sogar leicht höher als beim EH-70-Standard, was auf die höheren Quoten beim Heizungsaustausch im Vergleich zur umfassenden EH-Förderung zurückzuführen ist. Verstärkt wird dies durch das Überschreiten der Maximalfördersummen bei der EH-Förderung.

Von hoher politischer und praktischer Relevanz ist, dass die Kostenvorteile des NTR-Standards nicht bei den schlechtesten Energieeffizienzklassen greifen. Für diese fallen unabhängig vom Zielstandard gleiche Komplettmodernisierungen und Kosten an. Daraus folgt auch, dass ein strenger Worst-First-Ansatz mit z. B. gebäudescharfen MEPS die Vorteile eines NTR- gegenüber eines EH-70-Zielstandards insbesondere bei hohen Modernisierungstaus stark abschwächen bzw. zeitlich sehr weit nach hinten verlagern würde. Um dem entgegen zu wirken, müsste die Modernisierung der schlechtesten Gebäudebestände zeitlich weiter gestreckt werden. Dadurch könnten die Investitionskosten gleichmäßiger verteilt werden. Dies zeigt sich auch bei den betriebswirtschaftlichen Auswirkungen. Bei der Entwicklung der Jahresüberschüsse ist bei den NTR-Szenarien ab 2040 eine positive Trendwende zu erkennen. In drei von vier NTR-Szenarien sind die bis dahin kumulierten Jahresfehlbeträge aber bereits so hoch, dass die Dekarbonisierungsszenarien trotzdem nicht machbar sind.

6.2 Ausblick und weitere Nutzungsmöglichkeiten der Forschungsergebnisse

Mit dieser Arbeit wurden die großen Herausforderungen bei der Finanzierung der betrachteten Dekarbonisierungsszenarien transparent gemacht bzw. die immensen Finanzierungslücken aufgezeigt. Die Förderung und die Mieterhöhungspotentiale bei sozial orientierten Wohnungsunternehmen reichen nicht aus, um die meisten Dekarbonisierungsszenarien umzusetzen. Aus unternehmerischer wie politischer Sicht ist es vor diesem Hintergrund bedeutend, die Potentiale zur Kostensenkung stärker in den Blick zu nehmen. Auch hier können Hebel ausgemacht werden, um die wirtschaftliche Machbarkeit der Dekarbonisierung der Wohnungsbestände zu verbessern. Die vorliegende Analyse könnte dazu in diverser Hinsicht weiterentwickelt werden:

1. **Einfluss serieller Ansätze und Skaleneffekte auf die Kostensätze:** Wohnungsunternehmen wie bspw. die Vonovia¹¹ oder die Gewobau Erlangen¹² setzen mit Kooperationspartner:innen bereits serielle Modernisierungsprojekte um. Eine spannende Forschungsaufgabe wäre es, die Einsparpotentiale zu beziffern und auf die hier angenommenen Kostensätze anzuwenden sowie Veränderungen der Ergebnisse zu analysieren.
2. **Einbindung von PV und Mieterstrommodellen:** In Kap. 2 wurde bereits herausgestellt, dass bei Wärmepumpen lokal erzeugter Strom über PV zusätzlich zu einem effizienteren Betrieb beitragen kann. Betriebskosten für Mietende könnten sinken. Fraglich ist, inwieweit Wohnungsunternehmen dies zu Geschäftsmodellen wie Mieterstrom entwickeln können und wie etwaige Erträge hieraus die Finanzierungslast der Dekarbonisierung abschwächen könnten. Dies – bestenfalls an konkreten Praxisbeispielen – zu quantifizieren und in die Berechnungen einzubinden, wäre eine weitere spannende Fortführung der vorliegenden Analyse.
3. **Einbezug anderer/weiterer Wärmeversorgungsoptionen:** Hier ließe sich die Analyse vielfältig anpassen und erweitern. Die in Kap. 2 bereits benannten Klima-Split-Geräte (Luft-Luft-Wärmepumpen) als Alternativen zu Gas-Etagen-Heizungen könnten z. B. betrachtet werden, sofern hier verlässliche Kostensätze ermittelt werden können und sich insbesondere eine steigende Bedeutung auf dem Markt abzeichnet. Auch die Möglichkeiten zur Umstellung von Gasheizungen auf grüne Gase oder H₂ sollten zumindest weiter beobachtet werden. Bei sich abzeichnender Relevanz wäre auch ein Einbezug dieser Technologien und deren Auswirkungen auf die Analyseergebnisse interessant.
4. **Potentiale der Betriebsoptimierung und Einbezug von Betrieb sowie Verbrauch:** Das Verbrauchsverhalten von Mietenden wurde in dieser Arbeit ausgeblendet und potentiale der Betriebsoptimierung ebenfalls nicht adressiert. Es gibt bereits Studien, die hohe Einsparpotentiale durch Nutzungsverhalten und Betriebsoptimierung ausmachen (vgl. z. B. Grinewitschus et al. 2022). Eine Herausforderung ist (ähnlich wie bei Mieterstrommodellen) das Kosten-Nutzen-Dilemma zwischen Mietenden und Vermietenden. Auch hier könnte die Frage nach etwaigen Geschäftsmodellen betrachtet werden, durch die Vermietende an den

¹¹ vgl. <https://www.energiesprong.de/newsroom/meldungen/2023/vonovia-erste-serielle-sanierung-eines-achtgeschossers/>

¹² vgl. <https://www.bauenimbestand24.de/serielle-sanierung-ecoworks-startet-grossprojekt-in-erlangen-06102022>

Betriebskosteneinsparungen der Mietenden teilhaben und so zumindest ihre Investitionen decken können.

5. **Sensitivität von weiteren Kennzahlen wie Zinsen oder Inflation:** Die genannten Kennzahlen sind zwar nicht unternehmerisch und auch nur bedingt bzw. indirekt politisch beeinflussbar. Jedoch haben sie einen großen Effekt auf die durchgeführten Wirtschaftlichkeitsberechnungen. Weitere Analysen mit unterschiedlichen Zins- und Inflationsraten könnten zeigen, ob bereits durch Veränderungen von Zins- oder Baukostenentwicklung zumindest bei manchen Szenarien eine Wirtschaftlichkeit erreicht werden könnte.
6. **Sensitivität von CO₂-Kosten:** CO₂-Kosten liefern zunächst zusätzliche Belastungen für die Wohnungsunternehmen. Angesichts ihres begrenzten Ausmaßes und ihrer aktuell angenommenen Entwicklung ist durch ihren Wegfall oder ihre Erhöhung kein Sprung in die Wirtschaftlichkeit bei aktuell unwirtschaftlichen Szenarien zu erwarten. Allerdings könnte sich bei unterschiedlichen CO₂-Preisen die Wirtschaftlichkeit im Vergleich zwischen den Szenarien verschieben und sich Anreizstrukturen verändern.

Die Ergebnisse der Arbeit zeichnen zwar grundsätzlich ein pessimistisches bzw. herausforderndes Bild in Bezug auf die Finanzierung der Dekarbonisierung von sozialorientierten Wohnungsunternehmen. Die genannten Ansatzpunkte für weitere Forschungsfragen machen aber auch klar, dass es bis 2045 noch vielfältige Möglichkeiten gibt, die ausgemachten Finanzierungslücken zu schließen oder zumindest zu verkleinern. Angesichts der schwierigen Ausgangssituation sollte unbedingt geprüft werden, wie diese kosten senkenden Hebel besser genutzt werden können – sowohl von Seiten der Marktakteure als auch durch politische Unterstützung über den Rechtsrahmen und die Förderung.

Dies gilt umso mehr, da in dieser Arbeit auch einige Kostenanforderungen an Wohnungsunternehmen ausgeblendet wurden. Denn neben der Dekarbonisierung des Bestandes müssen Wohnungsunternehmen auch zur Bewältigung weiterer immenser gesellschaftlicher Herausforderungen beitragen, sei es beim Neubau bezahlbaren Wohnraums oder beim altersgerechten Umbau großer Teile der Bestände.

Literaturverzeichnis

- Baugenossenschaft Arlinger eG (Hrsg.) (2023): Geschäftsbericht 2022. Online abrufbar unter: https://www.arlinger.de/wp-content/uploads/2023/06/GB-22_Arlinger-web.pdf [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Bienert, Sven / Groh, Alexander M. (2022): Klimaneutralität vermieteter Mehrfamilienhäuser – aber wie? Online abrufbar unter: https://www.gdw.de/media/2022/03/studie_klimaneutralitaet-vermieteter-mehrfamilienhaeuser_irebs-gdw-vdpm_maerz-2022.pdf [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Bispink, Ulrich (2015): Die Aktivseite – Das unbekannte Wesen. Gestaltungsmöglichkeiten der Bilanzierung und Bewertung in Wohnungsunternehmen. Saarbrücken: AV Akademikerverlag.
- Braunschweiger Baugenossenschaft eG (Hrsg.) (2023): BBG Geschäftsbericht 2022. Gemeinsam in die Zukunft blicken. Herausforderungen meistern. Online abrufbar unter: https://www.baugenossenschaft.de/service_viewer01.php [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Bundesbank (Hrsg.) (o.J.): Baupreise / Deutschland / Ursprungswerte / Insgesamt. Online abrufbar unter: https://www.bundesbank.de/dynamic/action/de/statistiken/zeitreihen-datenbanken/zeitreihen-datenbank/723454/723454?tsTab=1&statisticType=BBK_ITS&listId=www_s300_mb09_07b&tsId=BBDP1.Q.DE.N.BP.O.B1A000000.I15.A&startDate=2020&endDate=&startVintage=&endVintage= [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) (2021): Kommunale Wohnungsbestände: Mietengestaltung – Ausweitung – Investitionen. Ergebnisse der BBSR-Kommunalbefragung 2018. Online abrufbar unter: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2021/kommunale-wohnungsbestaende-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) (2023): Angebotsmieten weiter gestiegen – große regionale Unterschiede. Online abrufbar unter: <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/startseite/topmeldungen/angebotsmieten-2022.html>
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (o.J.): Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG). Online abrufbar unter: https://www.energiewechsel.de/KA-ENEF/Redaktion/DE/Dossier/beg.html?cms_artId=5687696 [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen / Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) (2022): Faktenblätter zum Deutschen Wohnungsmarkt 2022. Online abrufbar unter: https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/veroeffentlichungen/wohnen/faktenblaetter-zum-deutschen-wohnungsmarkt-2022.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [Letzter Zugriff: 31.01.2024]

- Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (Hrsg.) (2023): Handbuch Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude. Version 1.2. Online abrufbar unter: https://www.qng.info/app/uploads/2023/03/QNG_Handbuch_v1-2.pdf [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (Hrsg.) (2019): Wie heizt Deutschland 2019? BDEW-Studie zum Heizungsmarkt. Online abrufbar unter: https://www.bdew.de/media/documents/Pub_20191031_Wie-heizt-Deutschland-2019.pdf [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (Hrsg.) (2023): „Wie heizt Deutschland?“ (2023) – Langfassung –. Online abrufbar unter: https://www.bdew.de/media/documents/BDEW_Heizungsmarkt_2023_Langfassung_final_09.11.2023_Jiald98.pdf [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Deutsche Energie-Agentur GmbH (Hrsg.) (2021): dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität. Online abrufbar unter: <https://www.dena.de/newsroom/meldungen/dena-leitstudie-aufbruch-klimaneutralitaet> [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Deutsche Energie-Agentur GmbH (Hrsg.) (2023a): dena-Gebäudereport 2023. Zahlen, Daten, Fakten zum Klimaschutz im Gebäudebestand. Online abrufbar unter: https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2022/dena_Gebaeudereport_2023.pdf [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Deutsche Energie-Agentur GmbH (Hrsg.) (2023b): Wärmepumpen im Gebäudesektor. Eine Technologie für eine fossilfreie Wärmeversorgung. Online abrufbar unter: https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2023/Analyse_Waermepumpen_im_Gebaeudesektor.pdf [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Deutsche Energie-Agentur GmbH (Hrsg.) (2023c): dena-Gebäudereport 2024. Zahlen, Daten, Fakten zum Klimaschutz im Gebäudebestand. Online abrufbar unter: https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2023/dena-Gebaeudereport_2024.pdf [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Deutscher Mieterbund e. V. (o.J.): 15-Prozent-Kappungsgrenze. Online abrufbar unter: <https://www.mieterbund.de/politik/kappungsgrenze.html> [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Deutscher Wetter Dienst (o.J.): Klimafaktoren (KF) für Energieverbrauchsabweise. Online abrufbar unter: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimafaktoren/klimafaktoren.html> [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- EU-Parlament (Hrsg.) (2023): Energy efficiency of buildings: MEPs strike deal with Council. Online abrufbar unter: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20231204IPR15651/energy-efficiency-of-buildings-meps-strike-deal-with-council> [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- GBN Wohnungsunternehmen GmbH Nienburg/Weser (Hrsg.) (2023): Geschäftsbericht GBN Wohnungsunternehmen 2022. Online abrufbar unter: https://www.gbn-nienburg.de/downloads/gb_2022/2/ [Letzter Zugriff: 31.01.2024]

- GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e. V. (Hrsg.) (2020): GdW Arbeitshilfe 85. CO₂-Monitoring. Erhebung und Verarbeitung von Energieverbrauchswerten, Aggregation, Monitoring und Berichterstattung über CO₂- und Treibhausgasemissionen. Online abrufbar unter: https://green-with-it.de/wp-content/uploads/2021/05/20_11_23_Arbeitshilfe_CO2-Monitoring-3.pdf [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e. V. (Hrsg.) (2022a): Wohnungswirtschaftliche Daten und Trends 2022/2023. Zahlen und Analysen aus der Jahresstatistik des GdW. Online abrufbar unter: https://www.gdw.de/media/2022/11/gdw-dt-2022_kurzfassung.pdf [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e. V. (Hrsg.) (2022b): GdW Standard. Modernisierung von Gebäuden – zur Abgrenzung von Herstellungskosten und Instandhaltungskosten (Erhaltungsaufwand) in der Handelsbilanz. Online abrufbar unter: https://www.gdw-pruefungsverbaende.de/wp-content/uploads/2014/02/GdW-Standard-Modernisierung_final.pdf [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e. V. (Hrsg.) (2023): Mieten bei sozial orientierten Wohnungsunternehmen deutlich günstiger. Online abrufbar unter: <https://www.gdw.de/pressecenter/pressemeldungen/mieten-bei-sozial-orientierten-wohnungsunternehmen-deutlich-guenstiger/> [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- GEWOBAU Wohnungsgenossenschaft Essen eG (Hrsg.) (2023): Verbunden. Jahresbericht 2022. Online abrufbar unter: https://gewobau.de/epaper/GEWOBAU_Jahresbericht_2022/epaper/GEWOBAU_Jahresbericht_2022.pdf [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Gewobau Wohnungsgesellschaft der Stadt Erlangen mbH (Hrsg.) (2023): Regional verwurzelt. Geschäftsbericht 2022. Online abrufbar unter: https://www.gewobauerlangen.de/fileadmin/user_upload/231127_GWB_GB22_A4_AB_RZ_An-sicht.pdf [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Grinewitschus, Volker/Kubitza, Hannah/Fransen, Karsten/Jurkschat, Simon (2022): Abschlussbericht zum Vorhaben BaltBest. Einfluss der Betriebsführung auf die Effizienz von Heizungsanlagen im Bestand. Online abrufbar unter: <https://www.ebz-business-school.de/fileadmin/ebz-bs/news/2022/Abschlussbericht-BaltBest.pdf> [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- GWC Gebäudewirtschaft Cottbus mbH (Hrsg.) (2023): Geschäftsbericht 2022. Online abrufbar unter: https://www.gwc-cottbus.de/media/2023-09-05_GWC-cottbus_geschaeftsbericht2022_A4_web.pdf [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Holm, Andreas/Mellwig, Peter/Pehnt, Martin (2023): Wärmeschutz und Wärmepumpe – warum beides zusammengehört. Studie im Auftrag des Verbandes für Dämmsysteme, Putz und Mörtel e.V. Online abrufbar unter: https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/pdf/2023_FIW_ifeu_W%C3%A4rmeschutz_und_W%C3%A4rmpumpe.pdf [Letzter Zugriff: 31.01.2024]

- ifeu/Fraunhofer IEE/Consentec (Hrsg.) (2018): Wert der Effizienz im Gebäudesektor in Zeiten der Sektorenkopplung. Studie im Auftrag von Agora Energiewende. Online abrufbar unter: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2017/Heat_System_Benefit/143_Heat_System_benefits_WEB.pdf [[Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- ImmoScout24 (Hrsg.) (2023): Starke Preisabschläge bei Immobilien mit niedrigem Energiestandard. Online abrufbar unter: <https://www.immobilienscout24.de/unternehmen/news-medien/news/default-title/starke-preisabschlaege-bei-immobilien-mit-niedrigem-energiestandard/> [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Initiative Wohnen.2050 e.V. (Hrsg.) (2023): Umdenken. Umplanen. Umsetzen. Praxisbericht 2023/2024. Wohnungsunternehmen und die Herausforderung Klimaneutralität. Status quo und Lösungsansätze. Online verfügbar unter: <https://www.iw2050.de/praxisbericht/> [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- ista/TU Dortmund (Hrsg.) (2020): So sieht das typische Mehrfamilienhaus aus. Eine Bestandsaufnahme auf Bundes- und Landesebene. Online abrufbar unter: https://www.ista.com/fileadmin/twt_customer/countries/content/Germany/Images/Content_Hub/20200805_Content-hub_Studie_Mehrfamilienhaus_Web_final.pdf [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- KfW Kreditinstitut für Wiederaufbau (o.J.): Maßstab für Energieeffizienz. Die Effizienzhaus-Stufen für bestehende Immobilien und Baudenkmale. Online abrufbar unter: <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/Energieeffizient-sanieren/Das-Effizienzhaus/> [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- KfW Kreditinstitut für Wiederaufbau (2023): Bundesförderung für effiziente Gebäude – Liste der technischen FAQ - Effizienzhäuser / Effizienzgebäude / Klimafreundliche Gebäude. Version 5.0. Online abrufbar unter: [https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/6000004865_Infoblatt_BEG_TFAQ_Effizienzhaus.pdf](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000004865_Infoblatt_BEG_TFAQ_Effizienzhaus.pdf) [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Lohse, Moritz (2006): Die wirtschaftliche Situation deutscher Wohnungsunternehmen – eine empirische Untersuchung. In: Andreas Pfnür (Hrsg.), Arbeitspapiere zur immobilienwirtschaftlichen Forschung und Praxis, Band Nr. 7. Online abrufbar unter: https://www.real-estate.bwl.tu-darmstadt.de/media/bwl9/dateien/arbeitspapiere/arbeitspapier_7_deutschewohnungsunternehmen.pdf [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Luderer, Gunnar/Kost, Christoph/Sörgel, Dominika (Hrsg.) (2021): Ariadne-Report. Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045. Szenarien und Pfade im Modellvergleich. Online abrufbar unter: <https://ariadneprojekt.de/publikation/deutschland-auf-dem-weg-zur-klimaneutralitat-2045-szenarienreport/> [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Märkische Scholle Wohnungsunternehmen eG (2023): Bericht über das Geschäftsjahr vom 1. Oktober 2021 bis 30. September 2022. Online abrufbar unter: <https://www.maerkische-scholle.de/downloads.html> [Letzter Zugriff: 31.01.2024]

- Mellwig, Peter/Pehnt, Martin/Lempik, Julia (2021): Energieeffizienz als Türöffner für erneuerbare Energien im Gebäudereich. Heidelberg: ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung (Hrsg.). Online abrufbar unter: https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/Publikationen/Biomasse/Landwirtschaft/_ifeu_2021__Energieeffizienz_als_T%C3%BCr%C3%B6ffner_f%C3%BCr_erneuerbare_Energien_im_Geb%C3%A4udereich_Endbericht.pdf [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Meyer, Robert/Herkel, Sebastian/Kost, Christoph (2021): Ariadne-Analyse. Die Rolle von Wasserstoff im Gebäudesektor: Vergleich technischer Möglichkeiten und Kosten defossilisierter Optionen der Wärmeerzeugung. Online abrufbar unter: https://www.kopernikus-projekte.de/lw_resource/datapool/systemfiles/cbox/1713/live/lw_datei/ariadne-analyse_wasserstoffgebaudesektor_september2021.pdf [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Nassauische Heimstätte Wohnungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH (Hrsg.) (2023): Unternehmensgruppe Nassauische Heimstätte | Wohnstadt. Unternehmensbericht 2022. Online abrufbar unter: https://berichte.naheimst.de/fileadmin/Verweis/Download_Center/2022/NHW_Unternehmensbericht_2022.pdf [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Noka, Viktoria/Cludius, Johanna/Bei der Wieden, Malte/Liste, Victoria/Schumacher, Katja/Braungardt, Sibylle (2023): Wohn- und Energiekostenbelastung von Mietenden. Studie für den Deutschen Mieterbund. Freiburg: Öko-Institut e.V. (Hrsg.). Online abrufbar unter: https://www.mieterbund.de/fileadmin/public/Studien/DMB_WohnkostenbelastungMietende_final.pdf [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Pahle, Michael/Sitarz, Johanna/Osorio, Sebastian/Görlach, Benjamin (2022): The EU-ETS price through 2030 and beyond: A closer look at drivers, models and assumptions. Input material and take-aways from the Ariadne Workshop in Brussels, 30 November 2022. Online abrufbar unter: https://ariadneprojekt.de/media/2023/01/Ariadne-Dokumentation_ETSWorkshopBruessel_December2022.pdf [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Prognos/Öko-Institut/Wuppertal Institut (Hrsg.) (2021): Klimaneutrales Deutschland: In drei Schritten zu null Treibhausgasen bis 2050 über ein Zwischenziel von -65% im Jahr 2030 als Teil des EU-Green-Deals“. Online verfügbar unter: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_04_KNDE45/A-EW_209_KNDE2045_Zusammenfassung_DE_WEB.pdf [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Thomsen, Jessica/Fuchs, Nicholas/Meyer Robert/Wanapinit, Natapon/Uiffers, Jan/Bavia Bampi, Bruno/Lohmeier, Daniel/Prade, Erik/Gorbach, Gregor/Sanina, Natalia/Engelmann, Peter/Herkel, Sebastian/Kost, Christoph/Braun, Martin/Lenz, Matthias (2022): Bottom-Up Studie zu Pfadoptionen einer effizienten und sozialverträglichen Dekarbonisierung des Wärmesektors. Studie im Auftrag des Nationalen Wasserstoffrats. Freiburg, Kassel: Fraunhofer ISE, Fraunhofer IEE (Hrsg.). Online abrufbar unter: https://www.wasserstoffrat.de/fileadmin/wasserstoffrat/media/Dokumente/2022/221222_Bottom_Up_Studie_final-1.pdf [Letzter Zugriff: 31.01.2024]

- Umweltbundesamt (2023a): Wasserstoff – Schlüssel im künftigen Energiesystem. Online abrufbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/wasserstoff-schluessel-im-kuenftigen-energiesystem#Rolle> [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Umweltbundesamt (2023b): Eine Taxonomie als Schlüssel zum Erfolg von Sustainable Finance. Online abrufbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/eine-taxonomie-als-schluessel-erfolg-von-0#die-taxonomie-als-herzstück-des-aktions-plans-sustainable-finance> [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Verbraucherzentrale Bundesverband e. V. (2023a): Wärmepumpe: Alles, was Sie wissen müssen, im Überblick. Online abrufbar unter: <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/heizen-und-warmwasser/waermepumpe-alles-was-sie-wissen-muessen-im-ueberblick-5439> [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Verbraucherzentrale Bundesverband e. V. (2023b): GEG: Was ändert sich mit dem Gebäude-Energie-Gesetz? Online abrufbar unter: <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/energetische-sanierung/geg-was-aendert-sich-mit-dem-gebaeudeenergiegesetz-13886> [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Walberg, Dietmar/Günther, Matthias/Pohl, Sebastian (2022): Wohnungsneubau, THG-Emissionen, Energieverbrauch und Kosten im Lebenszyklus. Online abrufbar unter: <https://arge-ev.de/app/uploads/orders/7cc93dfd4bac06ad696c89a2ac2340ba/Bericht-zur-Wirtschaftlichkeit-von-Effizienzstandards-im-Wohnungsneubau.pdf> [Letzter Zugriff: 31.01.2024]
- Walberg, Dietmar/Schulze, Thorsten/Vollert, Sören/Koeppen, Juri (2023): Bausteine für die Wärmewende. In: Bauen in Schleswig-Holstein, Band 49. Online abrufbar unter: <https://arge-ev.de/arge-ev/publikationen/schriftenreihe/> [Letzter Zugriff: 31.01.2024]

Anhang

A1 Ermittlung von Branchendurchschnitten (Bilanz, GuV, Cashflow)

Tab. 24: Branchendurchschnitte und Ableitung betriebswirtschaftlicher Ausgangssituation

| Daten aus Geschäftsberichten 2022 | GBN Nienburg/Weser | GEWOBAU Wohnungsgenossenschaft Essen eG | Märkische Scholle eG | Arlinger eG (Pforzheim) | Nassauische Heimstätte | Braunschweiger Baugenossenschaft eG | GWC-Gebäude-wirtschaft Cottbus | Gewobau Erlangen | Durchschnitt | abgeleitete Werte für die synthetischen Portfolien | |
|---|--------------------|---|----------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|------------------|--------------|--|----------------|
| | | | | | | | | | | Kein Sanierungsstau | Sanierungsstau |
| Summe Aktiva (in T€) | 77400,7 | 223746 | 120594,92 | 203744 | 2815934,67 | 296090,7 | 515199,77 | 756287,39 | 626124,769 | 189528,75 | 256421,25 |
| Anlagevermögen (in T€) | 70029,5 | 198837 | 108783 | 182905 | 2380210,13 | 269211,7 | 461722,78 | 705672,14 | 547171,406 | 170026,24 | 230035,50 |
| in % | 90,48% | 88,87% | 90,21% | 89,77% | 84,53% | 90,92% | 89,62% | 93,31% | 89,71% | 89,71% | 89,71% |
| Umlaufvermögen (in T€) | 7371,2 | 24909 | 11811,92 | 20839 | 435724,54 | 26879 | 53476,99 | 50615,25 | 78953,36 | 19502,50838 | 26385,74663 |
| in % | 9,52% | 11,13% | 9,79% | 10,23% | 15,47% | 9,08% | 10,38% | 6,69% | 10,29% | 10,29% | 10,29% |
| WE | 2425 | 5452 | 3668 | 3093 | 43976 | 6540 | 17254 | 8846 | 11406,75 | 4500 | 4500 |
| Aktiva je WE (in T€) | 31,92 | 41,04 | 32,88 | 65,87 | 64,03 | 45,27 | 29,86 | 85,49 | 49,55 | 42,1175 | 56,9825 |
| Umsatzerlöse aus Wohnungsbestand/Hausbewirtschaftung (in T€) | 14851,5 | 38157 | 22100,77 | 24442 | 321108,05 | 33774 | 93266,53 | 57544,27 | 75655,52 | 23020,20 | 25666,20 |
| Hausbewirtschaftung JÜ (in T€) | 10,40% | 6,59% | 2,96% | 11,91% | 3,37% | 11,09% | 9,38% | 4,94% | 7,58% | 6,50% | 8,50% |
| in % des JÜ | 1544,6 | 2516 | 654,51 | 2910 | 10836,96 | 3747 | 8750,3 | 2841,26 | 4225,08 | 1496,31 | 2181,63 |
| Cashflow aus laufender Geschäftstätigkeit (in T€) | 4367 | | | | 101263 | 13725,1 | 21191 | 19355,7 | | 4688,80 | 6836,28 |
| in % des JÜ | 282,73% | | | | 934,42% | 366,30% | 242,17% | 681,24% | 313,36% | 313,36% | 313,36% |
| Cashflow aus Investition (in T€) | -3255 | | | | -212551 | -12888,7 | -13678,3 | -61023,9 | | -9015,58 | -13144,72 |
| in % des JÜ | -210,73% | | | | -1961,35% | -343,97% | -156,32% | -2147,78% | -602,52% | -602,52% | -602,52% |
| Cashflow aus Finanzer. (in T€) | -1897 | | | | 126904 | -3159,1 | -14214,9 | 44927,5 | | 4456,59 | 6497,72 |
| in % des JÜ | -122,81% | | | | 1171,03% | -84,31% | -162,45% | 1581,25% | 297,84% | 297,84% | 297,84% |
| Gesamt (entspricht Summe aus jährlichen Cashflows und Ausgangsbestand flüssiger Mittel) | 583 | 9951 | 5918,2 | 7579,4 | 126616 | 13733,1 | 13916,3 | 6670,9 | | 6596,19 | 9617,26 |
| in % des JÜ | 38% | 396% | 904% | 260% | 1168% | 367% | 159% | 235% | 440,83% | 440,83% | 440,83% |

A2 Übersicht zur Funktionsweise des CO₂- und Techniktools der IW.2050

Nachfolgende Abbildungen geben anhand einer Übersicht von Bearbeitungsschritten sowie eines Screenshots einiger Eingabe- und Ausgabeflächen einen Einblick in die Funktionsweise des CO₂- und Techniktools der Initiative Wohnen.2050. Entsprechend der Ziele und Methode dieser Arbeit wurden nicht alle Funktionen und Bearbeitungsschritte genutzt (z. B. kein Einbezug der Eigenstromerzeugung). Anders als in der Abbildung zu den Bearbeitungsschritten dargestellt, wurde der Reduktionspfad entsprechend der Klimaziele bis 2045 und nicht bis 2050 abgebildet.

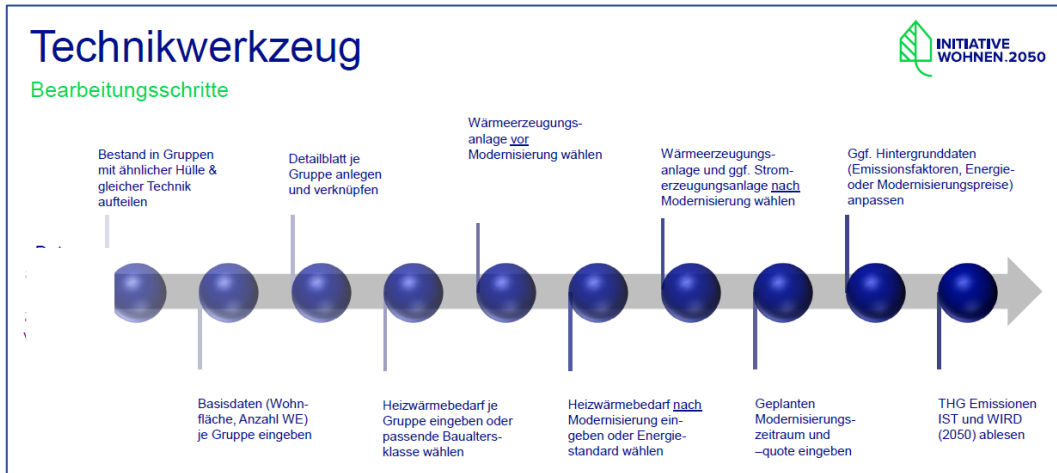


Abb. 21: Übersicht der Bearbeitungsschritte im CO₂- und Techniktool (Quelle: IW.2050)

| Basisdaten | Einheit | Quartier 2 | Quartier 4 | Quartier 6 |
|--|---------------------------------------|---|--|---|
| Quartiersbezeichnung | | Effizienzklasse B, Gas, Etage, zu WP | Effizienzklasse B, Gas, Zentral, zu WP | Effizienzklasse C, Gas, Etage, zu WP |
| Name des Registerblatts (keine Leerzeichen!) | | B_Gas_Etage_WP | B_Gas_Zentral_WP | C_Gas_Etage_WP |
| Quartiersdaten | | | | |
| Kennwert | [m ²] / [m ³] | 5,040 | 10,710 | 5,040 |
| Art des Kennwerts | | Wohnfläche | Wohnfläche | Wohnfläche |
| Quartiersänderungen | | | | |
| Art der Änderung | | Modernisierung | Modernisierung | Modernisierung |
| Startjahr | [Jahr] | 2040 | 2040 | 2040 |
| bis | [Jahr] | 2044 | 2044 | 2044 |
| Jährliche Änderungsquote | [%/Jahr] | 20 | 20 | 20 |
| Veränderte Wohnfläche pro Jahr | [m ² /a] | 1,008 | 2,142 | 1,008 |
| Energiestandard vor Modernisierung/Abgang | | | | |
| Standard Gebäudehülle | | B | B | C |
| Heizwärmeerzeuger 1 | | Gas-Brennwertkessel | Gas-Brennwertkessel | Gas-Brennwertkessel |
| Energiestandard nach Modernisierung/Neubau | | | | |
| Standard Gebäudehülle | | B | B | C |
| Heizwärmeerzeuger 1 | | LW-WP 35-50°C (Austausch+Zentralisierung) | LW-WP 35-50°C (nur Austausch) | LW-WP 35-50°C (Austausch+Zentralisierung) |
| CO₂-Emissionen der Quartiere (gesamt) | | | | |
| 2025: | [kg CO ₂ /a] | 94,142 | 200,052 | 119,935 |
| 2030: | [kg CO ₂ /a] | 94,142 | 200,052 | 119,935 |
| 2035: | [kg CO ₂ /a] | 94,142 | 200,052 | 119,935 |
| 2040: | [kg CO ₂ /a] | 75,314 | 160,042 | 95,948 |
| 2045: | [kg CO ₂ /a] | 0 | 0 | 0 |
| Kumulierte Investitionskosten (Modernisierung/Neubau und Wärmeerzeuger) | | | | |
| 2025: | [€] | 0 | 0 | 0 |
| 2030: | [€] | 0 | 0 | 0 |
| 2035: | [€] | 0 | 0 | 0 |
| 2040: | [€] | 307,333 | 274,982 | 307,333 |
| 2045: | [€] | 1,781,418 | 1,593,900 | 1,781,418 |

Abb. 22: Screenshot des Techniktools; Eingaben aus Szenario 1a

A3 Datenbasis der Analysegrafiken aus Kap. 5

Tab. 25: Entwicklung der CO₂-Emissionen pro Szenario in kg/m²a

| | 1a, Modernisierungsstau, keine FW, NTR | 1b, Modernisierungsstau, keine FW, EH70 | 2a, kein Modernisierungsstau, keine FW, NTR | 2b, kein Modernisierungsstau, keine FW, EH70 |
|------|--|---|---|--|
| 2025 | 42,40 | 41,20 | 27,36 | 27,22 |
| 2030 | 34,32 | 29,43 | 25,16 | 24,43 |
| 2035 | 22,59 | 14,85 | 20,62 | 18,61 |
| 2040 | 8,14 | 5,78 | 10,89 | 9,11 |
| 2045 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 3a, Modernisierungsstau, FW, NTR | 3b, Modernisierungsstau, FW, EH70 | 4a, kein Modernisierungsstau, FW, NTR | 4b, kein Modernisierungsstau, FW, EH70 |
| 2025 | 35,32 | 34,50 | 23,10 | 23,02 |
| 2030 | 25,37 | 22,66 | 18,04 | 17,65 |
| 2035 | 15,65 | 11,96 | 12,83 | 11,92 |
| 2040 | 6,49 | 5,44 | 6,79 | 6,12 |
| 2045 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Tab. 26: \varnothing Differenz kg CO₂/m²a aufgrund von Zielstandard, Modernisierungsstau oder Fernwärmeanteil

| | NTR ggü. EH 70 | Modernisierungsstau ggü. kein Modernisierungsstau | Keine FW ggü. FW |
|------|----------------|---|------------------|
| 2025 | 0,56 | 13,18 | 5,56 |
| 2030 | 2,18 | 6,63 | 7,41 |
| 2035 | 3,59 | 0,27 | 6,08 |
| 2040 | 1,46 | -1,77 | 2,27 |
| 2045 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Tab. 27: Kumulierte Investitionskosten 2025 – 2045 je Modernisierungsszenario

| | 1a, Modernisierungsstau, keine FW, NTR | 1b, Modernisierungsstau, kein FW, EH70 | 2a, kein Modernisierungsstau, keine FW, NTR | 2b, kein Modernisierungsstau, keine FW, EH70 | 3a, Modernisierungsstau, FW, NTR |
|------|--|--|---|--|----------------------------------|
| 2025 | 44.144.667,00 € | 64.210.424,73 € | 5.535.928,13 € | 8.052.259,09 € | 42.919.868,25 € |
| 2030 | 192.762.059,36 € | 281.001.489,59 € | 32.730.055,56 € | 48.074.092,30 € | 175.881.315,17 € |
| 2035 | 512.457.205,69 € | 723.232.623,28 € | 136.328.147,13 € | 211.924.776,90 € | 403.835.390,23 € |
| 2040 | 783.917.132,40 € | 988.408.757,64 € | 259.155.837,44 € | 427.640.378,30 € | 565.369.006,85 € |
| 2045 | 935.392.403,20 € | 1.159.873.735,36 € | 395.191.251,72 € | 582.977.797,55 € | 585.796.118,45 € |
| | 3b, Modernisierungsstau, FW, EH70 | 4a, kein Modernisierungsstau, FW, NTR | 4b, kein Modernisierungsstau, FW, EH70 | 3a, mit ambitionierterem Worst-First-Ansatz | |
| 2025 | 62.428.899,27 € | 5.355.903,44 € | 7.790.405,00 € | 62.428.899,27 € | |
| 2030 | 273.205.071,66 € | 22.055.246,68 € | 46.510.754,91 € | 255.906.262,90 € | |
| 2035 | 678.277.068,40 € | 51.505.915,93 € | 181.831.389,87 € | 540.469.771,43 € | |
| 2040 | 806.315.835,72 € | 74.562.311,82 € | 268.093.713,71 € | 559.118.703,93 € | |
| 2045 | 825.556.256,32 € | 83.167.197,25 € | 273.917.568,44 € | 564.642.361,72 € | |

Tab. 28: Ø kumulierte Mehrkosten je Portfolio aufgrund von Zielstandard, Modernisierungstau oder fehlendem Fernwärmepotential

| | EH 70 ggü. NTR | Modernisierungstau ggü. kein Modernisierungstau | Keine FW ggü. FW |
|-------------|----------------|---|------------------|
| 2025 | 11.131.405 € | 46.742.341 € | 862.051 € |
| 2030 | 56.340.683 € | 193.369.947 € | 9.228.827 € |
| 2035 | 172.784.800 € | 434.053.014 € | 67.123.247 € |
| 2040 | 201.863.599 € | 528.639.623 € | 186.195.309 € |
| 2045 | 210.694.597 € | 542.841.175 € | 326.249.512 € |

Tab. 29: Förderung, Förderquoten und Auswirkungen auf Investitionskosten

| | 1a, Modernisierungstau, keine FW, NTR | 1b, Modernisierungstau, kein FW, EH70 | 2a, kein Modernisierungstau, keine FW, NTR | 2b, kein Modernisierungstau, keine FW, EH70 |
|--|---------------------------------------|---------------------------------------|--|---|
| kumulierte Investitionskosten | 935.392.403,20 € | 1.159.873.735,36 € | 395.191.251,72 € | 582.977.797,55 € |
| Summe Förderung | 111.244.474,92 € | 136.648.406,89 € | 47.734.708,78 € | 67.775.138,58 € |
| Investitionskosten abzgl. kumulierte Förderung | 824.147.928,00 € | 1.023.225.328,00 € | 347.456.543,00 € | 515.202.659,00 € |
| Förderquote | 11,89 % | 11,78 % | 12,08 % | 11,63 % |
| | 3a, Modernisierungstau, FW, NTR | 3b, Modernisierungstau, FW, EH70 | 4a, kein Modernisierungstau, FW, NTR | 4b, kein Modernisierungstau, FW, EH70 |
| kumulierte Investitionskosten | 585.796.118,45 € | 825.556.256,32 € | 83.167.197,25 € | 273.917.568,44 € |
| Summe Förderung | 74.546.533,25 € | 102.817.068,00 € | 9.802.102,09 € | 31.162.662,23 € |
| Investitionskosten abzgl. kumulierte Förderung | 511.249.585,00 € | 722.739.188,00 € | 73.365.095,00 € | 242.754.906,00 € |
| Förderquote | 12,73 % | 12,45 % | 11,79 % | 11,38 % |

Tab. 30: Auswirkungen von Zielstandard, Modernisierungstau und Fernwärmeanteil auf die Förderquote in %

| EH 70 ggü. NTR | Modernisierungstau ggü. kein Modernisierungstau | Keine FW ggü. FW |
|----------------|---|------------------|
| -0,31 % | 0,50 % | -0,24 % |

Tab. 31: Investitionskosten/kg CO₂-Ersparnis je Dekarbonisierungsszenario inkl. und exkl. Förderungen

| | 1a, Modernisierungsstau, keine FW, NTR | 1a abzgl. Förderung | 1b, Modernisierungsstau, keine FW, EH70 | 1b abzgl. Förderung |
|--|---|---------------------|--|---------------------|
| Ausgangs CO ₂ -Emissionen pro Jahr in kg | 13.355.734,43 | 13.355.734,43 | 12.978.424,35 | 12.978.424,35 |
| kumulierte Investitionskosten | 935.392.403,20 € | 824.147.928,29 € | 1.159.873.735,36 € | 1.023.225.328,46 € |
| Investitionskosten pro kg CO ₂ -Ersparnis | 70,04 € | 61,71 € | 89,37 € | 78,84 € |
| | 2a, kein Modernisierungsstau, keine FW, NTR | 2a abzgl. Förderung | 2b, kein Modernisierungsstau, keine FW, EH70 | 2b abzgl. Förderung |
| Ausgangs CO ₂ -Emissionen pro Jahr in kg | 8.616.893,41 | 8.616.893,41 | 8.574.309,26 | 8.574.309,26 |
| kumulierte Investitionskosten | 395.191.251,72 € | 347.456.542,93 € | 582.977.797,55 € | 515.202.658,98 € |
| Investitionskosten pro kg CO ₂ -Ersparnis | 45,86 € | 40,32 € | 67,99 € | 60,09 € |
| | 3a, Modernisierungsstau, FW, NTR | 3a abzgl. Förderung | 3b, Modernisierungsstau, FW, EH70 | 3b abzgl. Förderung |
| Ausgangs CO ₂ -Emissionen pro Jahr in kg | 11.124.330,94 | 11.124.330,94 | 10.867.677,00 | 10.867.677,00 |
| kumulierte Investitionskosten | 585.796.118,45 € | 511.249.585,20 € | 825.556.256,32 € | 722.739.188,32 € |
| Investitionskosten pro kg CO ₂ -Ersparnis | 52,66 € | 45,96 € | 75,96 € | 66,50 € |
| | 4a, kein Modernisierungsstau, FW, NTR | 4a abzgl. Förderung | 4b, kein Modernisierungsstau, FW, EH70 | 4b abzgl. Förderung |
| Ausgangs CO ₂ -Emissionen pro Jahr in kg | 7.277.379,28 | 7.277.379,28 | 7.250.657,32 | 7.250.657,32 |
| kumulierte Investitionskosten | 83.167.197,25 € | 73.365.095,16 € | 273.917.568,44 € | 242.754.906,20 € |
| Investitionskosten pro kg CO ₂ -Ersparnis | 11,43 € | 10,08 € | 37,78 € | 33,48 € |

Tab. 32: ∅ Mehrkosten inkl. und exkl. Förderungen je kg CO₂-Ersparnis aufgrund von Zielstandard, Modernisierungsstau oder fehlendem Fernwärmepotential

| EH 70 ggü. NTR (exkl. Förderung) | EH 70 ggü. NTR (inkl. Förderung) | Modernisierungsstau ggü. kein Modernisierungsstau (exkl. Förderung) | Modernisierungsstau ggü. kein Modernisierungsstau (inkl. Förderung) | Keine FW ggü. FW (exkl. Förderung) | Keine FW ggü. FW (inkl. Förderung) |
|----------------------------------|----------------------------------|---|---|------------------------------------|------------------------------------|
| 22,78 € | 20,21 € | 31,24 € | 27,26 € | 23,86 € | 21,23 € |

Tab. 33: Übersicht aller Jahresüberschüsse bzw. Fehlbeträge (in T€; Daten aus den Finanzierungstools)

| | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Szenario 1a | 3315,40 | 1930,30 | 533,82 | -855,85 | -2186,92 | -3576,08 | -4243,96 |
| Szenario 1b | 3338,83 | 1939,75 | 593,36 | -782,14 | -2089,90 | -3461,05 | -4056,34 |
| Szenario 2a | 2263,21 | 2121,26 | 2013,25 | 1883,27 | 1758,09 | 1626,75 | 2027,53 |
| Szenario 2b | 2263,59 | 2121,26 | 2013,25 | 1883,27 | 1758,09 | 1631,88 | 2034,40 |
| Szenario 3a | 3416,24 | 2084,72 | 792,64 | -520,87 | -1829,99 | -3092,73 | -4517,81 |
| Szenario 3b | 3418,13 | 2088,66 | 801,46 | -509,53 | -1772,81 | -3075,45 | -3616,41 |
| Szenario 4a | 2289,07 | 2168,01 | 2073,51 | 1964,64 | 1858,75 | 1752,77 | 1472,85 |
| Szenario 4b | 2289,07 | 2168,01 | 2073,51 | 1964,64 | 1858,75 | 1754,47 | 2189,09 |
| | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 |
| Szenario 1a | -6398,38 | -8630,07 | -10794,13 | -13028,33 | -18524,57 | -20721,22 | -22864,82 |
| Szenario 1b | -6283,25 | -8451,94 | -10679,42 | -12870,43 | -15401,50 | -19190,72 | -23029,36 |
| Szenario 2a | 1253,88 | 472,94 | -300,11 | -1007,59 | -5523,11 | -6216,10 | -6846,87 |
| Szenario 2b | 1261,22 | 543,66 | -227,37 | -995,65 | -3826,59 | -5730,04 | -7686,43 |
| Szenario 3a | -5753,84 | -7040,75 | -8328,85 | -9566,85 | -11276,26 | -12508,47 | -13702,43 |
| Szenario 3b | -5771,66 | -7929,25 | -10047,45 | -12210,61 | -14466,15 | -16753,50 | -19044,98 |
| Szenario 4a | 1493,85 | 1482,30 | 1477,67 | 1481,16 | 1276,01 | 1334,43 | 1361,95 |
| Szenario 4b | 1491,62 | 755,81 | 20,49 | -711,09 | -1604,15 | -2235,96 | -2904,41 |
| | 2038 | 2039 | 2040 | 2041 | 2042 | 2043 | 2044 |
| Szenario 1a | -25068,64 | -27231,31 | -33031,37 | -32829,82 | -32631,83 | -32437,51 | -32246,98 |
| Szenario 1b | -26876,69 | -30733,34 | -38190,65 | -39655,86 | -41134,44 | -42626,80 | -44133,33 |
| Szenario 2a | -7527,75 | -8156,39 | -10798,43 | -10942,90 | -11059,71 | -11148,02 | -11206,98 |
| Szenario 2b | -9599,73 | -11559,97 | -15325,65 | -16628,29 | -17938,83 | -19257,52 | -20584,59 |
| Szenario 3a | -14935,79 | -16168,12 | -20787,97 | -19964,25 | -19134,72 | -18299,19 | -17457,50 |
| Szenario 3b | -21340,98 | -23641,90 | -29160,02 | -29239,55 | -29318,56 | -29402,54 | -29491,65 |
| Szenario 4a | 1397,47 | 1441,76 | 622,95 | 809,87 | 1002,06 | 1199,67 | 1402,87 |
| Szenario 4b | -3571,41 | -4237,04 | -5497,95 | -5759,47 | -6022,26 | -6286,35 | -6551,79 |

Tab. 34: Übersicht jährlicher Eigenkapitalquoten (Daten aus den Finanzierungstools)

| | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|-------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Szenario 1a | 42 % | 39 % | 37 % | 34 % | 31 % | 28 % | 24 % |
| Szenario 1b | 42 % | 39 % | 37 % | 34 % | 31 % | 28 % | 24 % |
| Szenario 2a | 45 % | 46 % | 46 % | 46 % | 47 % | 47 % | 46 % |
| Szenario 2b | 45 % | 46 % | 46 % | 46 % | 47 % | 47 % | 46 % |
| Szenario 3a | 42 % | 40 % | 37 % | 34 % | 31 % | 29 % | 26 % |
| Szenario 3b | 42 % | 40 % | 37 % | 34 % | 31 % | 29 % | 25 % |
| Szenario 4a | 45 % | 46 % | 46 % | 47 % | 47 % | 47 % | 47 % |
| Szenario 4b | 46 % | 47 % | 47 % | 47 % | 48 % | 48 % | 47 % |
| | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 |
| Szenario 1a | 20 % | 17 % | 13 % | 9 % | 5 % | 0 % | -4 % |
| Szenario 1b | 20 % | 17 % | 13 % | 9 % | 5 % | 1 % | -3 % |
| Szenario 2a | 44 % | 43 % | 41 % | 40 % | 36 % | 33 % | 30 % |
| Szenario 2b | 44 % | 43 % | 41 % | 40 % | 35 % | 31 % | 27 % |
| Szenario 3a | 22 % | 19 % | 16 % | 13 % | 10 % | 6 % | 3 % |
| Szenario 3b | 21 % | 18 % | 14 % | 11 % | 7 % | 3 % | -1 % |
| Szenario 4a | 47 % | 48 % | 48 % | 48 % | 48 % | 48 % | 48 % |
| Szenario 4b | 46 % | 44 % | 43 % | 41 % | 39 % | 38 % | 36 % |
| | 2038 | 2039 | 2040 | 2041 | 2042 | 2043 | 2044 |
| Szenario 1a | -8 % | -12 % | -18 % | -24 % | -30 % | -37 % | -43 % |
| Szenario 1b | -7 % | -11 % | -16 % | -21 % | -27 % | -33 % | -38 % |
| Szenario 2a | 27 % | 24 % | 21 % | 17 % | 14 % | 12 % | 9 % |
| Szenario 2b | 23 % | 19 % | 15 % | 11 % | 8 % | 4 % | 0 % |
| Szenario 3a | 0 % | -4 % | -9 % | -14 % | -19 % | -25 % | -31 % |
| Szenario 3b | -5 % | -9 % | -14 % | -19 % | -25 % | -31 % | -38 % |
| Szenario 4a | 48 % | 48 % | 49 % | 49 % | 50 % | 51 % | 51 % |
| Szenario 4b | 34 % | 32 % | 30 % | 28 % | 26 % | 24 % | 22 % |

Tab. 35: Durchschnittsmieten/m² nach Modernisierungumlagen (Daten aus den Finanzierungstools)

| | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Szenario 1a | 6,16 € | 6,21 € | 6,27 € | 6,32 € | 6,38 € | 6,44 € | 6,53 € |
| Szenario 1b | 6,16 € | 6,21 € | 6,27 € | 6,32 € | 6,38 € | 6,44 € | 6,53 € |
| Szenario 2a | 6,80 € | 6,80 € | 6,81 € | 6,82 € | 6,83 € | 6,83 € | 6,87 € |
| Szenario 2b | 6,80 € | 6,80 € | 6,81 € | 6,82 € | 6,83 € | 6,83 € | 6,87 € |
| Szenario 3a | 6,16 € | 6,21 € | 6,27 € | 6,32 € | 6,38 € | 6,44 € | 6,53 € |
| Szenario 3b | 6,16 € | 6,21 € | 6,27 € | 6,32 € | 6,38 € | 6,44 € | 6,53 € |
| Szenario 4a | 6,80 € | 6,80 € | 6,81 € | 6,82 € | 6,83 € | 6,83 € | 6,87 € |
| Szenario 4b | 6,80 € | 6,80 € | 6,81 € | 6,82 € | 6,83 € | 6,83 € | 6,87 € |
| | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 |
| Szenario 1a | 6,62 € | 6,72 € | 6,82 € | 6,92 € | 7,11 € | 7,30 € | 7,49 € |
| Szenario 1b | 6,62 € | 6,72 € | 6,82 € | 6,92 € | 7,11 € | 7,30 € | 7,49 € |
| Szenario 2a | 6,90 € | 6,94 € | 6,97 € | 7,01 € | 7,14 € | 7,28 € | 7,42 € |
| Szenario 2b | 6,90 € | 6,94 € | 6,97 € | 7,01 € | 7,14 € | 7,28 € | 7,42 € |
| Szenario 3a | 6,62 € | 6,72 € | 6,82 € | 6,92 € | 7,04 € | 7,17 € | 7,30 € |
| Szenario 3b | 6,62 € | 6,72 € | 6,82 € | 6,92 € | 7,04 € | 7,17 € | 7,30 € |
| Szenario 4a | 6,90 € | 6,93 € | 6,97 € | 7,01 € | 7,05 € | 7,10 € | 7,14 € |
| Szenario 4b | 6,90 € | 6,94 € | 6,97 € | 7,01 € | 7,07 € | 7,13 € | 7,19 € |
| | 2038 | 2039 | 2040 | 2041 | 2042 | 2043 | 2044 |
| Szenario 1a | 7,68 € | 7,88 € | 8,07 € | 8,26 € | 8,45 € | 8,64 € | 8,83 € |
| Szenario 1b | 7,68 € | 7,88 € | 8,07 € | 8,26 € | 8,45 € | 8,64 € | 8,83 € |
| Szenario 2a | 7,56 € | 7,71 € | 7,95 € | 8,20 € | 8,45 € | 8,72 € | 8,99 € |
| Szenario 2b | 7,56 € | 7,71 € | 7,99 € | 8,28 € | 8,56 € | 8,85 € | 9,13 € |
| Szenario 3a | 7,43 € | 7,57 € | 7,60 € | 7,64 € | 7,68 € | 7,72 € | 7,76 € |
| Szenario 3b | 7,43 € | 7,57 € | 7,65 € | 7,73 € | 7,82 € | 7,90 € | 7,99 € |
| Szenario 4a | 7,19 € | 7,25 € | 7,26 € | 7,28 € | 7,30 € | 7,31 € | 7,33 € |
| Szenario 4b | 7,25 € | 7,31 € | 7,41 € | 7,51 € | 7,61 € | 7,71 € | 7,81 € |

Tab. 36: Mietenentwicklung inkl. Infation und Modernisierungumlagen (Daten aus den Finanzierungstools)

| | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Szenario 1a | 6,34 € | 6,59 € | 6,85 € | 7,12 € | 7,40 € | 7,69 € | 8,03 € |
| Szenario 1b | 6,34 € | 6,59 € | 6,85 € | 7,12 € | 7,40 € | 7,69 € | 8,03 € |
| Szenario 2a | 7,00 € | 7,22 € | 7,44 € | 7,67 € | 7,91 € | 8,16 € | 8,45 € |
| Szenario 2b | 7,00 € | 7,22 € | 7,44 € | 7,67 € | 7,91 € | 8,16 € | 8,45 € |
| Szenario 3a | 6,34 € | 6,59 € | 6,85 € | 7,12 € | 7,40 € | 7,69 € | 8,03 € |
| Szenario 3b | 6,34 € | 6,59 € | 6,85 € | 7,12 € | 7,40 € | 7,69 € | 8,03 € |
| Szenario 4a | 7,00 € | 7,22 € | 7,44 € | 7,67 € | 7,91 € | 8,16 € | 8,44 € |
| Szenario 4b | 7,00 € | 7,22 € | 7,44 € | 7,67 € | 7,91 € | 8,16 € | 8,45 € |
| | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 |
| Szenario 1a | 8,39 € | 8,77 € | 9,17 € | 9,58 € | 10,13 € | 10,71 € | 11,33 € |
| Szenario 1b | 8,39 € | 8,77 € | 9,17 € | 9,58 € | 10,13 € | 10,71 € | 11,33 € |
| Szenario 2a | 8,74 € | 9,05 € | 9,37 € | 9,70 € | 10,18 € | 10,69 € | 11,22 € |
| Szenario 2b | 8,74 € | 9,05 € | 9,37 € | 9,70 € | 10,18 € | 10,69 € | 11,22 € |
| Szenario 3a | 8,39 € | 8,77 € | 9,16 € | 9,58 € | 10,04 € | 10,53 € | 11,04 € |
| Szenario 3b | 8,39 € | 8,77 € | 9,16 € | 9,58 € | 10,04 € | 10,53 € | 11,04 € |
| Szenario 4a | 8,74 € | 9,05 € | 9,37 € | 9,70 € | 10,05 € | 10,42 € | 10,81 € |
| Szenario 4b | 8,74 € | 9,05 € | 9,37 € | 9,70 € | 10,08 € | 10,47 € | 10,87 € |
| | 2038 | 2039 | 2040 | 2041 | 2042 | 2043 | 2044 |
| Szenario 1a | 11,97 € | 12,65 € | 13,33 € | 14,06 € | 14,81 € | 15,60 € | 16,42 € |
| Szenario 1b | 11,97 € | 12,65 € | 13,33 € | 14,06 € | 14,81 € | 15,60 € | 16,42 € |
| Szenario 2a | 11,78 € | 12,37 € | 13,14 € | 13,95 € | 14,82 € | 15,74 € | 16,72 € |
| Szenario 2b | 11,78 € | 12,37 € | 13,21 € | 14,09 € | 15,01 € | 15,98 € | 16,99 € |
| Szenario 3a | 11,58 € | 12,14 € | 12,57 € | 13,01 € | 13,46 € | 13,94 € | 14,43 € |
| Szenario 3b | 11,58 € | 12,14 € | 12,65 € | 13,17 € | 13,71 € | 14,28 € | 14,86 € |
| Szenario 4a | 11,21 € | 11,63 € | 12,00 € | 12,39 € | 12,79 € | 13,21 € | 13,64 € |
| Szenario 4b | 11,29 € | 11,73 € | 12,25 € | 12,79 € | 13,35 € | 13,93 € | 14,53 € |

Tab. 37: Begrenzung der Modernisierungsumlage durch die Kappungsgrenzen (Daten aus Sensitivitätstest)

| 2 € Kappungsgrenze | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| | | Anteil der jährlichen Investitionskosten, die umgelegt werden sollen | | | | | | | | | |
| | | 10 % | 20 % | 30 % | 40 % | 50 % | 60 % | 70 % | 80 % | 90 % | 100 % |
| Jahre, in denen 2 € übertroffen werden | Szenario 1a | 7 | 16 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| | Szenario 1b | 12 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| | Szenario 2a | 7 | 12 | 16 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| | Szenario 2b | 7 | 18 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| | Szenario 3a | 1 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 21 | 21 | 21 |
| | Szenario 3b | 11 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| | Szenario 4a | 1 | 6 | 6 | 11 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| | Szenario 4b | 6 | 18 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| 3 € Kappungsgrenze | | | | | | | | | | | |
| | | 10 % | 20 % | 30 % | 40 % | 50 % | 60 % | 70 % | 80 % | 90 % | 100 % |
| Jahre, in denen 3 € über- troffen werden | Szenario 1a | 0 | 16 | 16 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| | Szenario 1b | 0 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| | Szenario 2a | 0 | 11 | 12 | 16 | 16 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| | Szenario 2b | 0 | 16 | 18 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| | Szenario 3a | 0 | 12 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| | Szenario 3b | 0 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| | Szenario 4a | 0 | 6 | 6 | 6 | 8 | 11 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| | Szenario 4b | 0 | 16 | 18 | 18 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |

~~A4 — Ausgefüllte Excel Tools je Dekarbonisierungsszenario~~

~~Die 17 Exceldateien (je Dekarbonisierungsszenario ein CO₂- und Techniktool sowie ein Finanzierungstool plus ein zusätzliches CO₂- und Techniktool für das Szenario 3a mit ambitionierterem Worst First Ansatz, vgl. Kap. 5.1) sind ausschließlich der digitalen Version dieser Arbeit als Anlage beigelegt.~~

A5 Verteilung von Endenergiebedarfen, Effizienzklassen, Wärmeerzeugern

Die vier Exceldateien zur Verteilung von Endenergiebedarfen, Effizienzklassen und Wärmeerzeugern je Ausgangsportfolio sind ausschließlich der digitalen Version dieser Arbeit als Anlage beigelegt.

A6 Berechnung der jährlichen Kosten je Dekarbonisierungsszenario

Die Exceldatei zur Berechnung der jährlichen Kosten je Dekarbonisierungsszenario inklusive der Aufteilung zwischen aktivierbaren Kosten sowie Kosten für Instandhaltung je Jahr und Maßnahmenpaket ist ausschließlich der digitalen Version dieser Arbeit als Anlage beigelegt.

A7 Berechnung der Förderung je Dekarbonisierungsszenario

Die Exceldatei zur Berechnung der Förderung je Dekarbonisierungsszenario ist ausschließlich der digitalen Version dieser Arbeit als Anlage beigelegt.

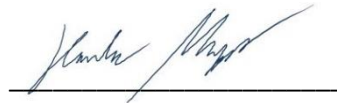
Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, Hauke Meyer, an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit eigenständig und nur unter Zuhilfenahme der im Literaturverzeichnis genannten Werke angefertigt habe. Jede Textpassage, die wörtlich oder dem Sinn nach auf fremdes Gedankengut zurückgreift, ist als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher weder ganz noch in Teilen als Prüfungsleistung vorgelegt oder veröffentlicht.

Berlin, 05.02.2024

Ort, Datum



Unterschrift