



Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung

im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung

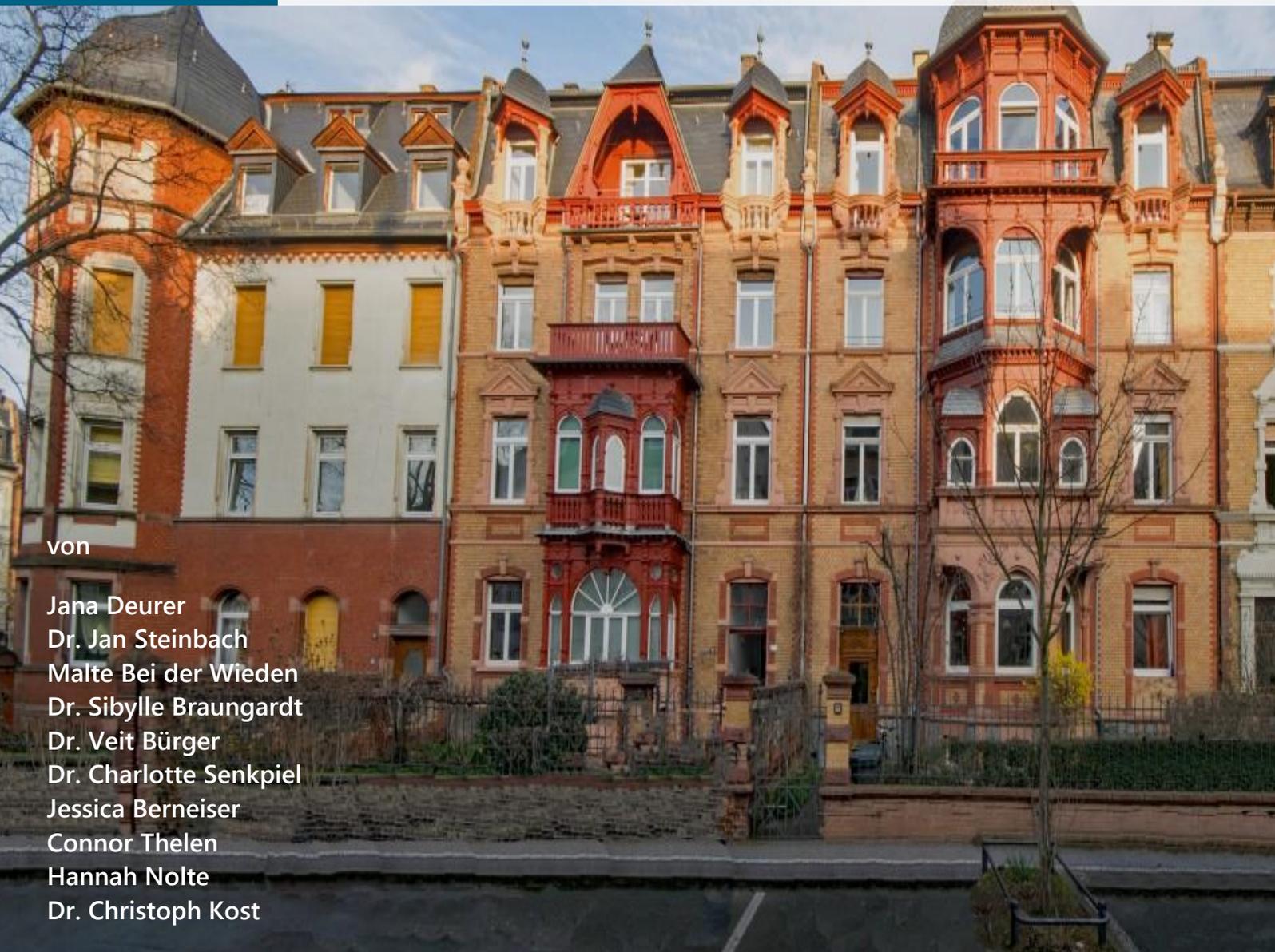


Maßnahmenkonzepte für einen klimaneutralen Gebäudebestand bis 2045

BBSR-
Online-Publikation
105/2024

von

Jana Deurer
Dr. Jan Steinbach
Malte Bei der Wieden
Dr. Sibylle Braungardt
Dr. Veit Bürger
Dr. Charlotte Senkpiel
Jessica Berneiser
Connor Thelen
Hannah Nolte
Dr. Christoph Kost



Maßnahmenkonzepte für einen klimaneutralen Gebäudebestand bis 2045

Das Projekt des Forschungsprogramms Zukunft Bau wurde vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Auftrag des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) durchgeführt.

IMPRESSUM

Herausgeber

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
Deichmanns Aue 31–37
53179 Bonn

Wissenschaftliche Begleitung

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
Referat WB 2 „Instrumente zur Emissionsminderung im Gebäudebereich“
Nicolai Domann
nicolai.domann@bbr.bund.de

Autorinnen und Autoren

IREES – Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien GmbH, Karlsruhe
Jana Deurer
Dr. Jan Steinbach

Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg
Dr. Charlotte Senkpiel
Jessica Berneiser
Connor Thelen
Hannah Nolte
Dr. Christoph Kost

Öko-Institut e.V., Freiburg
Malte Bei der Wieden
Dr. Sibylle Braungardt
Dr. Veit Bürger

Stand

März 2024

Gestaltung

IREES GmbH, Karlsruhe

Bildnachweis

Titelbild: Creative Commons

Vervielfältigung

Alle Rechte vorbehalten

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Zitierweise

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.),
2024: Maßnahmenkonzepte für einen klimaneutralen Gebäudebestand bis 2045. BBSR-Online-Publikation 105/2024, Bonn.



Foto: privat

Liebe Leserinnen und Leser,

die nationale Gesetzgebung sieht für Deutschland die Netto-Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045 vor, so auch für den Gebäudebereich. Mit der Novellierung des Klimaschutzgesetzes (KSG) im April 2024 werden zwar keine verbindlichen sektorspezifischen Jahresemissionsmengen mehr festgelegt, diese werden aber weiterhin im Rahmen der Emissionsberichterstattung überprüft und ausgewiesen.

In der im Jahr 2021 vom BBSR veröffentlichten Studie „Wege zur Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestandes 2050“ wurde ein aus gesamtsystemischer Sicht optimaler Zielpfad zur Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestands bis zum Jahr 2050 ermittelt (der Zeitpunkt entspricht dem damals gültigen KSG). Dieser beinhaltet unter anderem die notwendige Steigerung der Sanierungsaktivität im Gebäudebereich sowie erforderliche Ausbautzahlen von Wärmepumpen.

In der vorliegenden Studie wurde nun darauf aufbauend untersucht, mit welchen konkreten Politikmaßnahmen sich der auf das Zieljahr 2045 angepasste Pfad einhalten lässt. Es zeigt sich, dass ein klimaneutraler Gebäudebestand sowohl mit einem auf „Dekarbonisierung“ als auch mit einem auf „Effizienz“ basierenden Instrumentenmix erreicht werden kann. Ersteres fokussiert mit der Senkung des Wärmepumpen-Strompreises sowie einem Energieeinsparverpflichtungssystem für Energieversorger auf die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung. Im Szenario „Effizienz“ spielen zusätzlich die Einführung von verpflichtenden Mindestenergiestandards für Bestandsgebäude sowie die Verschärfung der Energiestandards im Gebäudeenergiegesetz eine zentrale Rolle. Die gesamtsystemische Wirkungsanalyse zeigt im Vergleich der beiden Szenarien, dass zusätzliche Effizienzmaßnahmen zur Reduktion des Energiebedarfs im Gebäudebereich nicht zwingend notwendig sind. Sie bieten jedoch eine „Robustheit“ auf dem Weg zum klimaneutralen Gebäudebestand, nämlich dann, wenn sich andere Maßnahmen in der konkreten Umsetzung als weniger effektiv erweisen. Auch erweitern zusätzliche Effizienzmaßnahmen im Gebäudebereich den Lösungsspielraum in anderen Bereichen, insbesondere hinsichtlich der Anstrengungen zum Ausbau erneuerbarer Energien.

Die Forschungsergebnisse liefern wichtige Erkenntnisse für die konkrete Ausgestaltung ordnungs- und förderrechtlicher Maßnahmen. Ebenso können auf dieser Grundlage deren Treibhausgas-Minderungspotenziale sowie die Wechselwirkungen mit anderen Sektoren abgeschätzt werden. Dabei sollte weiterhin an ambitionierten Effizienzsteigerungen im Gebäudebereich festgehalten werden.

Ich wünsche eine erkenntnisreiche Lektüre.

Dr. Robert Kaltenbrunner

Leiter der Abteilung Wohnungs- und Bauwesen im Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	7
Abstract	10
Zentrale Ergebnisse	13
Hintergrund und Zielsetzung	17
Klimaneutralität als politisches Ziel	17
Zielsetzung und Vorgehen	17
Begrifflichkeiten	18
Methodisches Vorgehen	19
Entwicklung eines zielkompatiblen Minderungspfads	20
Analyse und Entwicklung von Instrumenten für einen klimaneutralen Gebäudebestand	20
Bewertung ausgewählter Instrumente in verschiedenen Szenarien	21
Strategien für ein Monitoring und die Nachjustierbarkeit von Instrumenten	22
Rahmendaten für die Szenarienentwicklung	23
Akteure und Instrumente für einen klimaneutralen Gebäudebestand	27
Zentrale Akteure für die Umsetzung eines klimaneutralen Gebäudebestands	27
Instrumente für einen klimaneutralen Gebäudebestand	30
Beschreibung und Ausgestaltung der ordnungsrechtlichen Instrumente	31
Beschreibung und Ausgestaltung der ökonomischen Instrumente	35
Beschreibung und Ausgestaltung der flankierenden Instrumente	37
Verflechtung und Abhängigkeiten ordnungsrechtlicher, ökonomischer und flankierender Instrumente	39
Hemmnisse bei der Umsetzung der Instrumente	41
Reduktionspfad und Instrumente zur Erreichung der Ziele des KSG	44
Sektorübergreifende Analyse zur Erreichung eines klimaneutralen Energiesystems	44
Reduktionspfad im Referenzszenario	51
Reduktionspfade in den Zielszenarien	57
Wechselwirkungen der Zielszenarien mit dem Gesamtsystem	65
Monitoring und Nachsteuerung	69
Erstrebenswertes Monitoring und Nachsteuerungskonzept	69
Voraussetzungen	70
Übergreifende Einordnung	75
Anhang	76
Analyse der Energieausweisdatenbank (Exkurs)	76
Effizienzklassen-Verteilung	76
Vergleich mit anderen Datenquellen	78
Ableitung von Schwellenwerten für MEPS	80
Qualitative Bewertung der nicht abgeschätzten Instrumente	88

Modellbeschreibung Invert/ee-Lab	89
Modellbeschreibung REMod	93
Instrumentensteckbriefe	100
Literaturverzeichnis	118
Abbildungsverzeichnis	121
Tabellenverzeichnis	124

Kurzfassung

Ausgangslage und Ziel

Das Klimaschutzgesetz (KSG) sieht vor, dass Deutschland bis 2045 klimaneutral ist, und definiert den Weg dorthin über sektorspezifische Ziele für die Reduktion von Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) (§ 4 Bundes-Klimaschutzgesetz). Mit der Novellierung des KSG im Jahr 2021 sind die Sektorziele für das Jahr 2030 verschärft worden. Die jährlichen THG-Emissionen im Gebäudesektor sollen damit bis 2030 auf 66 Mio. t CO₂äq¹ reduziert werden. Bis zum Jahr 2045 ist für alle Sektoren die Treibhausgasneutralität zu erreichen² (Umweltbundesamt 2023).

Allerdings wurde das jahresscharfe Ziel im Gebäudesektor im Jahr 2023 erneut verfehlt, wie der Projektionsbericht für Deutschland (Harthan et al. 2023) zeigt und vom Expertenrat für Klimafragen bestätigt wurde (vgl. ERK 2023). Zur Erreichung des Sektorziels im Jahr 2030 sowie der Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045 sind weitere Anstrengungen notwendig. Ziel dieses Vorhabens ist deshalb die qualitative und quantitative Bewertung von politischen Instrumenten im Gebäudebereich, mit denen der Zielpfad des Klimaschutzgesetzes 2021 aus einzelwirtschaftlicher Perspektive erreicht werden kann. Damit baut das Vorhaben auf dem Projekt „Wege zur Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestands 2050“ (Steinbach et al. 2021) auf.

Vorgehen

Dafür wird zunächst ein kostenoptimaler, sektorübergreifender, zielkompatibler Minderungspfad mit dem Energiesystemmodell REMod modelliert. Dieser zeigt auf, wie sich unter Vorgabe der CO₂-Minderungsziele im Jahr 2030, 2040 und 2045 sowie eines CO₂-Budgets in den Jahren 2020 bis 2045 eine kostenoptimale Systemzusammenstellung unter Betrachtung der Sektoren Gebäude, Industrie, Verkehr sowie der Energiewirtschaft entwickeln könnte. Daraus werden Handlungsbedarfe für die notwendigen Instrumente abgeleitet.

Anschließend werden im Rahmen dieses Vorhabens politische Instrumente für einen klimaneutralen Gebäudebestand in einer Literaturrecherche, Expertenbefragung und Policy-Design-Workshops im Projektteam zusammengestellt und (weiter)entwickelt. Zur Bewertung der Instrumente wird sowohl eine modellbasierte Abschätzung von Instrumentenbündeln und eine Einzelbewertung der Instrumente mit dem bottom-up *Wirkmodell Politikinstrumente* (WIRPOL) des Öko-Instituts durchgeführt. Für die modellbasierte Abschätzung wird das von IREES betriebene agentenbasierte Gebäudesimulations- und Investitionsentscheidungsmodell *Invert/ee-Lab* verwendet. Insgesamt wird ein Referenzszenario zur Darstellung der Entwicklung im Status quo sowie zwei Zielszenarien mit unterschiedlichen Schwerpunkten mit Invert/ee-Lab berechnet. Die Zielszenarien werden danach zum Abgleich im Energiesystemmodell REMod gespiegelt, um die gesamtsystemischen Auswirkungen zu betrachten.

Abschließend wird im Rahmen des Projektes ein Monitoring entwickelt, welches zum einen Hemmnisse für die Instrumente identifiziert als auch die Effekte und Wirksamkeit der Instrumente langfristig überprüft. Damit werden die Grundlagen für ein Werkzeug geschaffen, um politische Instrumente rechtzeitig inhaltlich und zeitlich zu korrigieren, damit diese ihre Wirkung entfalten.

¹ Vor dem Hintergrund der Einhaltung des Gesamtbudgets werden die Sektorziele bei Nichteinhaltung der jährlichen Ziele angepasst.

² Eine Neufassung des Klimaschutzgesetzes, die künftige Überprüfung der Klimaschutzziele anhand einer sektorübergreifenden und mehrjährigen Gesamtrechnung, wurde im Juni 2023 durch die Bundesregierung beschlossen. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Endberichts ist die Novelle allerdings noch nicht verabschiedet, weshalb das Klimaschutzgesetz 2021 die Grundlage bildet.

Ergebnisse

Im Referenzszenario, welches alle derzeit gültigen politischen Instrumente als auch Rahmenbedingungen umfasst (Stand November 2023), sinken die jährlichen THG-Emissionen für Raumwärme und Warmwasser bis 2030 auf 65 Mio. t CO₂äq. Unter Berücksichtigung der THG-Emissionen für Geräte und Prozesse wird im Referenzszenario damit das Ziel von 66 Mio. t CO₂äq im Jahr 2030 verfehlt. Bis 2045 können mit den bestehenden Instrumenten allerdings bereits hohe Einsparungen erzielt werden. Die THG-Emissionen sinken auf rund 7 Mio. t CO₂äq.

Der Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser reduziert sich, ausgehend von 2020, um etwa 16 % bis 2030 und um 41 % bis 2045. Durch die Anforderung im Gebäudeenergiegesetz, bei einem Heizungstausch mindestens 65% Erneuerbare Energien zu nutzen, reduziert sich der Verbrauch an fossilen Energieträgern bis 2030 zugunsten von Wärmepumpen, Biomasse und Wärmenetzen. Die Bundesförderung für effiziente Gebäude sowie das Energiepreisgefüge führen zu einer moderaten Sanierungsrate von durchschnittlich 1,7 % bis zum Jahr 2030.

In der Modellierung eines kostenoptimalen Zielpfads wird das sektorspezifische Ziel im Jahr 2030 gemäß KSG 2021 eingehalten, obwohl in der Modellierung mit REMod keine sektorspezifischen Zielwerte vorgegeben wurden. Dies liegt vor allem in einer schnellen und ausgeprägten Dekarbonisierung der Gebäudewärme durch Wärmepumpen und Fernwärme begründet. Die Reduktion der CO₂-Emissionen ist insbesondere auf eine Substitution der Heizsysteme und den damit verbundenen Energieträgern zurückzuführen. Die heute am meisten verbreiteten Heizsysteme Gas- und Ölkessel werden bis 2045 durch Wärmenetze, Wärmepumpen und synthetische bzw. biobasierte Gase substituiert. Die Sanierungsrate und Sanierungstiefe sind dagegen laut REMod auf einem moderaten Niveau. Bis zum Jahr 2030 reduziert sich der Endenergieverbrauch in diesem Szenario gegenüber 2020 nur um 9 %, bis zum Jahr 2045 um 37 %.

Die identifizierte Ziellücke im Referenzszenario zeigt den notwendigen Handlungsbedarf zur Erreichung des Sektorziels im Jahr 2030 und der Klimaneutralität bis 2045 auf. Der kostenoptimale Zielpfad zeigt darüber hinaus, dass es im Vergleich zur Steigerung der Energieeffizienz gesamtwirtschaftlich günstiger ist, den Fokus auf die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung zu legen. Wie bereits in Steinbach et al., 2021 beschrieben, ist dies allerdings auch auf die Modelllogik von REMod zurückzuführen, welche keine politischen Maßnahmen wie die Förderung der Sanierung berücksichtigt, wodurch die energetische Sanierung damit im Vergleich zur CO₂-Reduktion durch die ohnehin erforderliche Umstellung der Wärmeversorgung teurer ist. Dies gilt insbesondere vor dem kurzen Zeithorizont bis 2030. Zusätzlich gilt es bei der Interpretation des Ergebnisses zu berücksichtigen, dass Transformationsträgheiten nicht in dem Maße in REMod hinterlegt sind, wie die reale Umsetzungsgeschwindigkeit nahelegt, wie beispielsweise bei der Substitution von Verbrennern durch Elektromobilität oder dem Zubau von Wärmepumpen und Fernwärme. Zusätzlich sind im Modell berücksichtigte Importe synthetischer Energieträger zum einen hinsichtlich der Kosten und zum anderen hinsichtlich der Verfügbarkeit mit großen Unsicherheiten verbunden. Hierdurch zeigt sich, dass entgegen des Modellergebnisses Emissionseinsparungen durch Effizienzgewinne in der realen Umsetzung eine große Bedeutung bei der Erreichung der Klimaschutzziele haben.

In dieser Studie werden deshalb zwei Zielszenarien mit unterschiedlichen Instrumenten betrachtet. Das Zielszenario „Dekarbonisierung“ fokussiert die Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung und die Anforderungen bzgl. Energieeffizienz werden nicht verschärft. Zentrale Instrumente sind die Einführung eines Energieeinsparverpflichtungssystems für Energieversorgungsunternehmen und die Reduktion des Wärmepumpen-Strompreises.

Das Zielszenario „Effizienz“ strebt zur Entlastung des Gesamtsystems einen niedrigeren Endenergieverbrauch im Gebäudesektor an und berücksichtigt zusätzliche Instrumente, die auf die Erhöhung von Sanierungsrate und -tiefe abzielen. Dazu gehören die Einführung von verpflichtenden Mindesteffizienzstandards für Bestandsgebäude (MEPS) und die Verschärfung der Energieeffizienzstandards im Gebäudeenergiegesetz. Gleichzeitig werden alle Instrumente des Zielszenarios „Dekarbonisierung“ auch im Zielszenario „Effizienz“ berücksichtigt.

In beiden Szenarien wird das sektorspezifische Ziel von 66 Mio. t CO₂äq im Jahr 2030, unter Berücksichtigung der THG-Emissionen von Geräten und Prozessen erreicht. Im Zielszenario „Effizienz“ wird das Ziel sogar leicht übererfüllt. Beide Zielszenarien erreichen die Klimaneutralität im Jahr 2045. Im Vergleich zum Szenario „Dekarbonisierung“ wird im Szenario „Effizienz“ jedoch aufgrund der Mindeststandards für Gebäude eine höhere Reduktion der fossilen Energieträger und des gesamten Endenergieverbrauchs bis 2045 erzielt.

Zur Beantwortung der Frage, welche gesamtsystemischen Auswirkungen sich durch die Entwicklung des Gebäudesektors ergeben, die die beiden betrachteten Zielszenarien vorgeben, wurde eine Rückkopplung mit dem sektorübergreifenden Modell REMod durchgeführt. Die Modellergebnisse zeigen folgendes: In der rein kostenoptimalen Betrachtung spielt die direkte Biomasseverwendung im Gebäudesektor eine untergeordnete Rolle. In beiden Zielszenarien des Gebäudesektors hingegen nimmt die Biomasseverwendung im Gebäudesektor jedoch zu. Gleichzeitig legt die rein kostenoptimale Betrachtung nahe, dass die Sanierung nur moderat durchgeführt wird, während die Zielszenarien des Gebäudesektors eine deutlich ambitioniertere Sanierungsrate und -tiefe zeigen. Beide Effekte i) die verstärkte Biomassenutzung³ im Gebäudesektor und ii) der niedrigere Endenergieverbrauch durch Sanierungsaktivitäten führen im Gesamtsystem dazu, dass es Verlagerungseffekte zwischen den Sektoren gibt. Hierzu zählt, dass weniger direkte Biomassenutzung im Industriesektor und in der Erzeugung von Biokraftstoffen verwendet wird, was wiederum unter anderem zu einer höheren Elektrifizierungsrate im Verkehrssektor führt. Zudem kommt es zu einer geringeren Verwendung von Wasserstoff um 88 TWh. Zusammenfassend zeigt sich so, dass durch die Effizienzgewinne im Gebäudesektor auch weitere positive Effekte im Gesamtsystem ergeben.

Ein konsequentes Monitoring- gekoppelt mit einem Nachsteuerungskonzept ermöglicht es, die Klimaschutzziele im Gebäudesektor zu verwirklichen. Hierfür wurde ein idealisiertes Konzept entwickelt. Hierbei sollte bereits die Ex-ante-Wirkabschätzung von Maßnahmenbündeln zu einem zielkompatiblen Ergebnis kommen. Ist dies nicht der Fall sollte die Ausgestaltung von Maßnahmen oder das Maßnahmenbündel so angepasst werden, dass Zielkompatibilität gegeben ist. Nach der Implementierung sollte eine konsequente Ex-post-Evaluation stattfinden, sowie anhand von Indikatoren identifiziert werden, ob ein Nachsteuern erforderlich ist. Zielgrößen hierfür sind Energiebereitstellung und Energienachfrage, letztere unterteilt in die Bereiche Bedarf und Verbrauch, um gegebenenfalls Rebound-Effekte zu identifizieren. Grundsätzliche Voraussetzung für das Monitoring und Nachsteuern ist eine zielgerichtete Datenerhebung. Hierbei sind regelmäßige stichprobenartige Erfassung unter Berücksichtigung von Repräsentativität sinnvoll. Eine Möglichkeit hierfür wäre beispielsweise ein digitales Gebäuderegister. Hinsichtlich des Instrumentenmix sollte auf Sozialverträglichkeit und langfristige Folgewirkungen geachtet werden.

³ Hierbei ist anzumerken, dass die Potenzialgrenze der Biomassenutzung um 30 TWh erhöht wurde, um eine gültige Modelllösung zu finden.

Abstract

The Climate Protection Act defines the path to make Germany climate-neutral by 2045 using sector-specific targets for the reduction of greenhouse gas emissions (GHG emissions). With the amendment of the KSG in 2021, the sector targets for 2030 have been tightened. The new target GHG emissions in the building sector have been reduced to 66 million tons of CO₂eq by 2030. Greenhouse gas neutrality is to be achieved for all sectors by 2045.

However, the annual target in the building sector was missed in 2023, as shown in the projection report for Germany and confirmed by the Expert Council for Climate Issues. Further efforts are needed to achieve both the sector target in 2030 and greenhouse gas neutrality by 2045. This project aims to assess both qualitatively and quantitatively the policy instruments available to the building sector to achieve the target path of the Climate Protection Act 2021 from a microeconomic perspective.

Methodology

Initially, we employ the REMod energy system model to map out a cost-effective pathway for reducing carbon emissions across various sectors, aligning with the CO₂ reduction targets for 2030, 2040, and 2045, and a CO₂ budget spanning from 2020 to 2045. This model provides insights into how we can optimize our system composition across buildings, industry, transport, and energy sectors to meet these targets. Subsequently, we derive the necessary policy actions based on these findings.

As part of this project, we will compile political instruments for a greenhouse gas-neutral building stock and develop them in a literature review, expert survey, and policy design workshops within the project team.

To evaluate the instruments, we utilize the Öko-Institut's bottom-up impact model for policy instruments (WIRPOL). This involves both a model-based evaluation of instrument bundles and an individual assessment of each instrument. We will assess the models using the agent-based building simulation and investment decision model Invert/ee-Lab operated by IREES. A reference scenario is calculated with Invert/ee-Lab to represent the development in the status quo and two target scenarios with different focal points. The target scenarios are then mirrored in the REMod energy system model to consider the overall systemic effects.

Finally, we will develop a monitoring system, which will identify obstacles to the instruments and review the effects and effectiveness of the instruments in the long term. This will create the basis for a tool to correct the content and timing of political instruments in good time so that they can achieve their full effect.

Results

In the reference scenario, which includes all currently valid policy instruments and framework conditions (as of November 2023), annual GHG emissions for space heating and hot water fall to 65 million tons CO₂eq by 2030. Considering GHG emissions for appliances and processes, the reference scenario misses the target of 66 million tons CO₂eq in 2030. However, high savings can be achieved by 2045 with the existing instruments. GHG emissions fall by around 7 million t CO₂eq.

Based on 2020, final energy consumption for space heating and hot water will be reduced by around 16 % by 2030 and 41 % by 2045. The requirement in the Building Energy Act to use at least 65 % renewable energy when replacing heating systems will reduce the consumption of fossil fuels by 2030 in favor of heat pumps, biomass, and heating networks. Federal subsidies for efficient buildings and the energy price structure will lead to a moderate renovation rate of 1.7 % on average by 2030.

In the modeling of a cost-optimal target path, the sector-specific target specified in the KSG 2021 is met in 2030, although no sector-specific target values were specified in the modeling with REMod. This is primarily due to the rapid and pronounced decarbonization of building heating through heat pumps and district heating. The reduction in CO₂ emissions is due to the substitution of heating systems and the associated energy sources. The most common heating systems today - gas and oil boilers - will be replaced by district heating, heat pumps, and synthetic or bio-based gases by 2045. According to REMod, however, the renovation

rate and depth of renovation are at a moderate level. By 2030, final energy consumption in this scenario will only be reduced by 9 % compared to 2020, and by 37 % by 2045.

The target gap identified in the reference scenario shows the need for action to achieve the sector target in 2030 and climate neutrality by 2045. The cost-optimal target path also shows that, compared to increasing energy efficiency, it is more cost-effective in macroeconomic terms to focus on decarbonizing the heat supply. However, as already described in Steinbach et al., 2021, this is also due to the model logic of REMod, which does not consider political measures such as the promotion of refurbishment, which makes energy refurbishment more expensive compared to CO₂ reduction through the conversion of the heat supply, which is necessary anyway. This is particularly true for the short time horizon up to 2030. When interpreting the results, it is also important to bear in mind that transformation inertia is not reflected in REMod to the extent suggested by the actual implementation speed, such as the substitution of combustion engines with electromobility or the expansion of heat pumps and district heating. In addition, imports of synthetic energy sources included in the model are associated with major uncertainties in terms of both costs and availability.

This shows that contrary to the model results, emission savings through efficiency gains in real implementation are of great importance in achieving the climate protection targets.

Two target scenarios with different instruments are therefore considered in this study. The "decarbonization" target scenario focuses on the decarbonization of heat generation and the energy efficiency requirements are not tightened. The central instruments are the introduction of an energy-saving obligation system for energy supply companies and the reduction of the heat pump electricity price. The "Efficiency" target scenario aims to reduce final energy consumption in the building sector to relieve the overall system and considers additional instruments aimed at increasing the rate and depth of refurbishment. These include the introduction of mandatory minimum efficiency standards for existing buildings (MEPS) and the tightening of energy efficiency standards in the Building Energy Act. At the same time, all instruments of the "decarbonization" target scenario are also considered in the "efficiency" target scenario.

In both scenarios, the sector-specific target of 66 million tons of CO₂eq in 2030 is achieved, considering GHG emissions from appliances and processes. In the "Efficiency" target scenario, the target is even slightly exceeded. Both target scenarios achieve climate neutrality in 2045. However, compared to the "Decarbonization" scenario, the "Efficiency" scenario achieves a higher reduction in fossil fuels and total final energy consumption by 2045 due to the minimum standards for buildings. To answer the question of what overall systemic effects result from the development of the building sector, which is specified by the two target scenarios under consideration, a feedback loop was carried out using the cross-sector model REMod. The model results show the following: In the purely cost-optimal view, the direct use of biomass in the building sector plays a subordinate role. In both target scenarios for the building sector, however, the use of biomass in the building sector increases. At the same time, the purely cost-optimal view suggests that refurbishment will only be carried out moderately, while the target scenarios for the building sector show a significantly more ambitious refurbishment rate and depth. Both effects i) the increased use of biomass in the building sector and ii) the lower final energy consumption due to refurbishment activities lead to shifting effects between the sectors in the overall system.

This includes less direct use of biomass in the industrial sector and in the production of biofuels, which in turn leads to a higher electrification rate in the transport sector, among other things. In addition, the use of hydrogen is reduced by 88 TWh. In summary, this shows that the efficiency gains in the building sector also result in further positive effects on the overall system.

Consistent monitoring coupled with a follow-up control concept makes it possible to achieve the climate protection targets in the building sector. An idealized concept was developed for this purpose. The ex-ante impact assessment of bundles of measures should already produce a result that is compatible with the targets. If this is not the case, the design of measures or the bundle of measures should be adapted to ensure target compatibility. After implementation, a consistent ex-post evaluation should take place and indicators should be used to identify whether readjustments are necessary. The target variables for this are energy supply and energy demand, the latter divided into the areas of demand and consumption to identify any rebound effects.

The basic prerequisite for monitoring and readjustment is targeted data collection. Regular sample-based recording, considering representativeness, makes sense here. One possibility for this would be a digital building register, for example. Regarding the mix of instruments, attention should be paid to social compatibility and long-term consequences.

Zentrale Ergebnisse

Diese Studie beschreibt und bewertet politische Instrumente, mit denen die sektorspezifische Zielmarke für den Gebäudesektor bis 2030 und die Klimaneutralität bis 2045 erreicht werden kann. Weiterhin werden die relevanten Akteure für einen klimaneutralen Gebäudebestand und spezifische Hemmnisse bei der Umsetzung der politischen Instrumente dargestellt.

Methodik

Dafür wird zunächst ein kostenoptimaler, zielkompatibler Minderungspfad modelliert, welcher den Handlungsbedarf zur Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestands (nach KSG 2021) aus Sicht des gesamten Energiesystems aufzeigt. Weiterhin werden politische Instrumente für einen klimaneutralen Gebäudebestand zusammengestellt und entwickelt. Zur Bewertung der Instrumente wird sowohl eine modellbasierte Abschätzung von Instrumentenbündeln und eine Einzelbewertung der Instrumente durchgeführt. Insgesamt wird ein Referenzszenario zur Darstellung der Entwicklung im Status Quo sowie zwei Zielszenarien mit unterschiedlichen Schwerpunkten berechnet. Abschließend wird im Rahmen des Projektes auch ein idealisiertes Monitoringkonzept entwickelt, welches die Effekte und Wirksamkeit der Instrumente langfristig überprüft.

Zentrale Ergebnisse

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen nicht nur den Handlungsbedarf zur Erreichung des Sektorziels 2030 sowie der Klimaneutralität 2045 auf, sondern bewertet die Wirkungsweise politischer Instrumente, die für die Zielerreichung eingesetzt werden können. Darüber hinaus zeigt die umfassende Analyse von zentralen Akteuren und Hemmnisse die Ansatzpunkte für ein wirksames Instrumentarium im Gebäudesektor.

Handlungsbedarf zur Reduktion der Treibhausgasemissionen

Die derzeit gültigen politischen Instrumente sind nicht ausreichend, um das Sektorziel 2030 und Klimaneutralität bis 2045 zu erreichen. Angereizt durch das Gebäudeenergiegesetz und die Bundesförderung für effiziente Gebäude sowie Rahmenbedingungen wie Energie- und CO₂-Preise wird zwar energetisch saniert und fossile Heizkessel gegen Wärmepumpen, Wärmenetzanschlüsse und Biomasse-Kessel getauscht, für die Zielerreichung sind jedoch weitere Anstrengungen notwendig.

- Im Referenzszenario sinken die THG-Emissionen des Gebäudesektors im Jahr **2030** auf rund **68 Mio. t CO₂äq**. Das Sektorziel im Klimaschutzgesetz im Jahr 2030 wird damit um **2 Mio. t CO₂äq** verfehlt.
- Die bestehenden Instrumente, insbesondere das im Jahr 2024 novellierte **Gebäudeenergiegesetz** und die angepasste **Bundesförderung für effiziente Gebäude** tragen mit rund **29 Mio. t CO₂äq** bis 2030 maßgeblich zur Reduktion der THG-Emissionen bei.
- Bis 2045 wird mit den bestehenden Instrumenten und Annahmen zur Entwicklung der Energiepreise bereits im Referenzszenario die Klimaneutralität nahezu erreicht. Die THG-Emissionen betragen im **Jahr 2045** noch rund **7 Mio. t CO₂äq**.
- Für die **Zielerreichung** im Jahr 2030 und für Klimaneutralität 2045 sind nichtsdestotrotz **weitere Instrumente notwendig**.
- Der kostenoptimale Zielpfad betrachtet das gesamte Energiesystem unter der Prämisse der Zielerreichung von -65 % bis zum Jahr 2030 gegenüber 1990 sowie der Klimaneutralität im Jahr 2045. Der Fokus der Transformation liegt dabei auf der schnellen Substitution von Öl und Gas durch Wärmepumpen und Wärmenetze, unter Berücksichtigung von Sektorkopplung und kostenoptimaler Transformation.

Die Rolle der Effizienz im Gebäudesektor und im gesamten Energiesystem

Der mit REMod berechnete kostenoptimale Zielpfad zeigt, dass eine zügige Dekarbonisierung des Gebäudesektors aus sektorübergreifender Sicht günstiger ist, als wenn andere Sektoren des Klimaschutzgesetzes einen langsamen

dekarbonisierenden Gebäudesektor ausgleichen müssen. Vor dem kurzen Zeithorizont bis 2030 ist es sinnvoll, den Austausch der Wärmeversorgung gegenüber hoher Energieeffizienz zu priorisieren. Nicht zu vernachlässigen ist allerdings, dass eine energetische Sanierung von Gebäuden nicht nur zur Energieunabhängigkeit und zum Erhalt des Gebäudebestands beiträgt, sondern auch das Gesamtsystem entlastet.

- Im **kostenoptimalen Zielpfad** reduziert sich der Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser von 2020 bis 2045 **um 37 % auf 472 TWh**. Das Modell lässt jedoch Förderung wie beispielsweise für energetische Gebäudesanierung und nicht-ökonomische Hemmnisse unberücksichtigt. Im **Referenzszenario** ergibt sich bis 2045 durch bestehende Instrumente bereits eine Reduktion **um 41 % auf 427 TWh**. Durch Implementierung weiterer Instrumente zur Erhöhung der Energieeffizienz im Zielszenario *Effizienz* wird der Endenergieverbrauch **um 50 % auf 363 TWh** reduziert.
- Sofern die Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung zügig voranschreitet, legen die Ergebnisse der Gesamtsystemoptimierung nahe, dass **aus Sicht des Gesamtsystems nicht noch ambitioniertere Instrumente zur Steigerung der Effizienz** im Gebäudesektor **notwendig** wären. **Gleichwohl** würde dies bedeuten, dass der Energiesektor **zusätzliche Anstrengungen beim Ausbau Erneuerbarer Energien** erbringen muss, der durch die Verfügbarkeit geeigneter Flächen bzw. Importe begrenzt ist.
- Bleiben diese Fortschritte hinter den Erwartungen zurück, erhöhen zusätzliche Instrumente jedoch die Wahrscheinlichkeit, dass der Gebäudesektor seine Klimaziele erreicht. Eine **Weiterentwicklung** des Politik-Mix mit Fokus auf Energieeffizienz und erneuerbare Wärme erscheint daher **trotzdem sinnvoll**.
- Aus Gesamtsystemsicht ist die Verwendung von Biomasse für Gebäudewärme nicht kostenoptimal, sondern wird vor allem in anderen Sektoren benötigt. Entsprechend wichtig ist ihr effizienter Einsatz. Gleiches gilt für die Nutzung von Biogas und Wasserstoff.
- Mehr Energieeffizienz in Gebäuden führt zu einer geringeren Energiekostenbelastung im Einzelfall, mehr Unabhängigkeit von Importen fossiler Brennstoffe (sowie zukünftig Wasserstoff), Begrenzungen beim Ausbau erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung und die Niedrig-Temperatur-Fähigkeit von Gebäuden als Einstieg in die Nutzung von erneuerbarer Wärme.

Das Gelingen der Wärmewende hängt von dem Zusammenspiel einer Vielzahl von Akteuren ab, die unterschiedliche Perspektiven, Informationsgrade und auch Ziele haben

Für die erfolgreiche Umsetzung der Wärmewende müssen die Akteure unterstützt und ihre Hemmnisse adressiert werden.

- Der Erfolg der Wärmewende ist von vielen Akteuren mit unterschiedlichen Rollen abhängig. Die Politik setzt dabei übergreifende Rahmenbedingungen, innerhalb derer verschiedene Akteure agieren. Für die Umsetzung der Wärmewende sind die Eigentümer und Eigentümerinnen von Gebäuden als verantwortliche Instanzen entscheidend. Dabei sind sowohl die Wohnungs- und Immobilienwirtschaft als auch die privaten Eigentümer und Eigentümerinnen von Intermediären wie Energieberatern und Handwerkern, abhängig. Insbesondere das Handwerk spielt eine zentrale Rolle für die Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestands. Energieversorgungsunternehmen bzw. Stadtwerke und Netzbetreiber sind darüber hinaus wichtige Akteure für die Umsetzung und Finanzierung der Wärmewende, insbesondere für große Infrastrukturmaßnahmen. Das Potenzial zur Treibhausgas-Einsparung wird durch verschiedene Hemmnisse bei der Umsetzung und Wirkung beeinträchtigt. Hemmnisse liegen auf verschiedenen Ebenen vor und können die Planung und Umsetzung von Gebäudemaßnahmen erschweren.
- Zentrale Hemmnisse umfassen finanzielle Aspekte, wie hohe Investitionskosten, die Verfügbarkeit von Fördermitteln und Unsicherheiten hinsichtlich der Energie- und CO₂-Preisentwicklung.
- Unzureichendes Wissen bzw. fehlende Informationen bei Eigentümerinnen und Eigentümern, Planern und Planerinnen und dem ausführenden Handwerk wirken zusätzlich hemmend auf die Wärmewende. Diese Aspekte sind insbesondere aufgrund der Komplexität der Technologien im Zusammenspiel mit den baulichen Maßnahmen relevant, die sich sowohl in regulatorischen, aber auch organisatorischen

und technischen Aspekten widerspiegeln. Aus technischer Sicht sind auf Ebene des Einzelgebäudes eine Vielzahl von Gewerken betroffen, für die jeweils Expertenwissen erforderlich ist. In der Umsetzung fehlt es dabei oftmals am Zusammenbringen dieses Wissens, um eine Klimaneutralitätsstrategie unter Berücksichtigung der finanziellen Möglichkeiten des jeweiligen Gebäudeeigentümers zu entwickeln. Die Optimierung jedes einzelnen Gewerkes führt zwar zu einem aus Effizienz­sicht optimalen Ergebnis, was dann jedoch in der Umsetzung aufgrund fehlender finanzieller Mittel scheitern kann.

- Darüber hinaus sind soziale Faktoren mit der Wärmewende verbunden, so beispielsweise Fragen hinsichtlich der sozio-ökonomischen Verteilungswirkung und wahrgenommenen Fairness politischer Instrumente. Zudem stellt der Mangel an Fachkräften im ausführenden Gewerbe eine große Herausforderung für die Umsetzung der Wärmewende dar. Diesem entgegenzuwirken ist daher von essenzieller Bedeutung zur Erreichung der Klimaschutzziele.

Ziele des Klimaschutzgesetzes im Gebäudesektor sind mit wenigen zusätzlichen Instrumenten erreichbar

Im Referenzszenario ist bereits mit den bestehenden Instrumenten eine große Dynamik zu beobachten. Das Sektorziel 2030 und die Klimaneutralität sind deshalb mit wenigen zusätzlichen, aber effektiven Instrumenten zu erreichen. Die betrachteten Zielszenarien werden hinsichtlich Fokussierung von Dekarbonisierung der Wärmeversorgung und Effizienz unterschieden.

- In beiden Zielszenarien wird begleitend zum Gebäudeenergiegesetz durch einen reduzierten Wärmepumpen-Strompreis ein Anreiz zur Nutzung von Wärmepumpen gesetzt. Die Reduktion umfasst die Stromsteuer, Mehrwertsteuer und den Wegfall von Abgaben und führt zu einer Reduktion der THG-Emissionen um rund **1 Mio. t CO₂äq**.
- Die Adressierung von Energieversorgungsunternehmen durch Energieeinsparverpflichtungssysteme können zu einem effizienteren Betrieb von Wärmeversorgungssystemen sowie zu mehr Installationen von Wärmepumpen führen. Dadurch wird eine Reduktion der THG-Emissionen um ebenfalls rund **1 Mio. t CO₂äq** erzielt.
- Die **Einführung von Mindesteffizienzstandards für Wohn- und Nichtwohngebäude** sowie die **Verschärfung der Effizienzanforderungen im Gebäudeenergiegesetz** können zu mehr Unabhängigkeit von Energieimporten sowie einem resilienteren Gebäudebestand führen. Der Endenergieverbrauch wird bis 2030 damit um insgesamt **21 % auf 574 TWh** reduziert, die THG-Emissionen um **2 Mio. t CO₂äq**

Wärmewende erfordert zusätzliche flankierende Instrumente, um die Akteure zu unterstützen

Neben den Instrumenten, die zu direkter Einsparung führen, sind weitere, flankierende Instrumente notwendig: Für eine sozialverträgliche Wärmewende, zur Aufhebung des Fachkräftemangel sowie zur Unterstützung von Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträgern durch Informationen.

- Durch die kommunale Wärmeplanung erfolgt eine konkrete Planung der Wärmewende vor Ort. Die Festlegung von Ausbaugebieten für Fernwärme und ggf. Wasserstoff steigert die Planungssicherheit aller Akteure.
- Informativische Instrumente wie Energieberatungen, Sanierungsfahrpläne und Gebäuderessourcenpässe unterstützen Eigentümerinnen und Eigentümer bei informierten Investitionsentscheidungen in ihr Gebäude.
- Die Verfügbarkeit und Ausbildung von Fachkräften in Planung und Umsetzung energetischer Sanierungen und Heizungstausche ist essenziell für den Erfolg der Wärmewende.
- Für die Akzeptanz der Wärmewende ist es wichtig, niemanden über die Gebühr zu belasten. Für eine sozialverträgliche Wärmewende ist die zielgerichtete Unterstützung/ Förderung einkommensschwacher Haushalte wichtig.

Notwendigkeit eines Monitorings zur kontinuierlichen Überprüfung der Instrumentenwirkung und Zielerreichung

Eine konsequente Ex-ante- und Ex-post-Wirksamkeitsbewertung von Instrumenten(-bündeln) sowie eine Fortschrittsmessung anhand geeigneter Indikatoren sind sinnvoll, um die Erreichung der Klimaschutzziele im Gebäudesektor zu gewährleisten. Datenseitige Voraussetzungen müssen hierfür geschaffen werden, um ein gezieltes Nachsteuern zu ermöglichen. Im Rahmen der Quantifizierung der Instrumentenwirkung sollte sich hierbei an Best Practices orientiert werden.

- Ein erstrebenswertes Konzept impliziert, dass die Ex-ante-Instrumentenwirkung im Rahmen des Klimaschutzprogramms Zielkompatibilität sicherstellt. Wird hiervon abgewichen, sollte das politische Instrumentarium angepasst werden.
- Ein jährliches Ex-post-Monitoring ermöglicht es, Zielabweichungen zu identifizieren und nachzusteuern.
- Zielgrößen für das Monitoring sind Energiebereitstellung und Energienachfrage (unterteilt in Bedarf und Verbrauch).
- Datenseitige Anforderungen an die Energiebereitstellung, -bedarf und -verbrauch sind:
 - Regelmäßige (z. B. jährliche) Aktualisierung der Verfügbarkeit kommunaler Wärmepläne, Erfassung der Umsetzung der kommunalen Wärmepläne sowie des Anteils der erneuerbaren Wärmeerzeugung der Wärmenetze
 - Hohe räumliche Auflösung des Heizungsbestands, zum Abgleich mit der kommunalen Wärmeplanung, jährliche Aktualisierung, nach Möglichkeit amtliche Statistik
 - Vollständige Energieausweisdatenbank (DiBt)
 - Digitaler Gebäudepass
 - Regelmäßige stichprobenartige Erfassung von Energiebedarf und -verbrauch unter Berücksichtigung von Repräsentativität und Vergleichbarkeit/Konfidenzintervalle der ausgewiesenen Werte
 - Digitales Gebäuderegister/ Datenraum für Gebäude (Gaia-X)
- Auf Basis der Ex-post-Evaluationen sowie dem Monitoring der Wirkfelder kann ein gezieltes Nachsteuern erfolgen.
- Sozialverträglichkeit und weitere Folgewirkungen sind bei der Ausgestaltung der Instrumente zu berücksichtigen.

Hintergrund und Zielsetzung

Klimaneutralität als politisches Ziel

Das Klimaschutzgesetz (KSG) sieht die Klimaneutralität bis 2045 aber auch sektorspezifische Zielmarken für die Reduktion von Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) in den einzelnen Jahren vor (Abschnitt 2, § 4 Bundes-Klimaschutzgesetz). Die Bilanzierung der THG-Emissionen in denen im Klimaschutzgesetz definierten Sektoren Energie, Industrie, Gebäude, Verkehr und Landwirtschaft erfolgt nach dem Quellenprinzip, welches besagt, dass THG-Emissionen am Ort bzw. Sektor des Entstehens bilanziert werden.

Mit der Novellierung des KSG im Jahr 2021 sind die Sektorziele für das Jahr 2030 verschärft worden. Die THG-Emissionen im Gebäudesektor sollen damit bis 2030 auf 66 Mio. t CO₂äq reduziert werden (Umweltbundesamt 2023). Bis zum Jahr 2045 ist für alle Sektoren die Treibhausgasneutralität zu erreichen. Eine Neufassung des Klimaschutzgesetzes wurde im Juni 2023 durch die Bundesregierung beschlossen. Zentrale Änderung dabei ist die Veränderung des Monitorings, welches nicht mehr eine jährliche Überprüfung von Sektorzielen durchführt, sondern die Klimaschutzziele künftig anhand einer sektorübergreifenden und mehrjährigen Gesamtrechnung überprüft (Entwurf eines Zweiten Gesetzes zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes 2023). Damit würde auch das bisherige Erfordernis der Vorlage eines sektorspezifischen Sofortprogramms bei Zielverfehlung entfallen. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Endberichts ist die Novelle allerdings noch nicht verabschiedet, weshalb das Klimaschutzgesetz 2021 die Grundlage bildet.

Zielsetzung und Vorgehen

Das jahresscharfe Ziel wurde im Gebäudesektor im Jahr 2023 erneut verfehlt, wie der Projektionsbericht für Deutschland (vgl. Harthan et al. 2023) zeigt und vom Expertenrat für Klimafragen bestätigt wurde. Zur Erreichung des Sektorziels im Jahr 2030 sowie der Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045 sind weitere Anstrengungen notwendig.

Ziel dieses Vorhabens war deshalb die qualitative und quantitative Bewertung von politischen Instrumenten im Gebäudebereich, mit denen der Zielpfad des Klimaschutzgesetzes 2021 aus einzelwirtschaftlicher Perspektive erreicht werden kann. Damit baut das Vorhaben auf dem Projekt Wege zur Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestands 2050 (Steinbach et al. 2021) auf. Darin wurde untersucht, welche Ziellücke bis zum Jahr 2045 mit Bezug auf die Klimaneutralität besteht und mit welchem kostenoptimalen Zielpfad aus Gesamtsystemsicht eine vollständige Reduktion der THG-Emissionen im Gebäudebereich erreicht werden kann

Die Bewertung in diesem Vorhaben umfasst bestehende Instrumente, aber auch derzeit politisch diskutierte Instrumente und Entwicklungen auf europäischer Ebene. Die Auswahl der Instrumente erfolgt in verschiedenen Workshops mit Expertinnen, Experten und Stakeholdern. Bei der Auswahl und Entwicklung der Instrumente wird insbesondere auf die Perspektive der einzelnen Akteure eingegangen und dabei herausgearbeitet, welche Herausforderungen bzw. Hemmnisse jeweils adressiert und welche zusätzlichen Entlastungen und Belastungen entstehen (Verteilungswirkungen). Die ausgewählten Instrumente werden daraufhin zunächst qualitativ anhand eines Steckbriefs bewertet. Die quantitative Wirkungsabschätzung erfolgt mit den Gebäudesimulationsmodellen Invert/ee-Lab und REMod. Zudem wird eine Einzelinstrumentenbewertung durchgeführt. Dabei kommt auch das Wirkmodell Politikinstrumente (WIRPOL) zum Einsatz. Zuletzt werden Strategien des Monitorings und damit Möglichkeiten entwickelt, die Instrumente inhaltlich und zeitlich anzupassen, damit die Ziele des KSG zu erreichen sind.

Es ist anzumerken, dass dieses Vorhaben im Zeitraum von April 2022 bis Dezember 2023 bearbeitet worden ist. In dieser Zeit gab es insbesondere im Gebäudebereich energiepolitisch viele Diskussionen und Änderungen, so dass manche der hier diskutierten und vorgeschlagenen Instrumente teilweise bereits in ähnlichem Design umgesetzt wurden oder eine Umsetzung ausgeschlossen wurde.

Begrifflichkeiten

Der **Gebäudesektor** nach Klimaschutzgesetz stellt keinen Wirtschaftssektor im Sinne der allgemeinen Statistik dar und ist somit in der Energiebilanz auch nicht als Energieverbrauchssektor definiert. Durch die große Relevanz des Energieverbrauchs in Gebäuden wird dieser jedoch durch sektorspezifische Ziele und Politikinstrumente adressiert. Im Gebäudesektor des Klimaschutzgesetzes werden ausschließlich direkte THG-Emissionen durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe der Sektoren Haushalte und Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) ohne die Bereiche Landwirtschaft, Fischerei und Forstwirtschaft bilanziert. Durch das Quellenprinzip werden die Energieverbräuche von Strom und Fernwärme in Gebäuden im KSG der Energiewirtschaft zugeschrieben. Im Rahmen dieses Vorhabens wird mit Bezug auf die Zielerreichung der Gebäudebereich entsprechend dem Klimaschutzgesetz abgegrenzt. In der Simulation werden alle Energieverbräuche und Wärmeversorgungstechnologien berücksichtigt, die der thermischen Konditionierung des Gebäudebestandes zuzuschreiben sind.

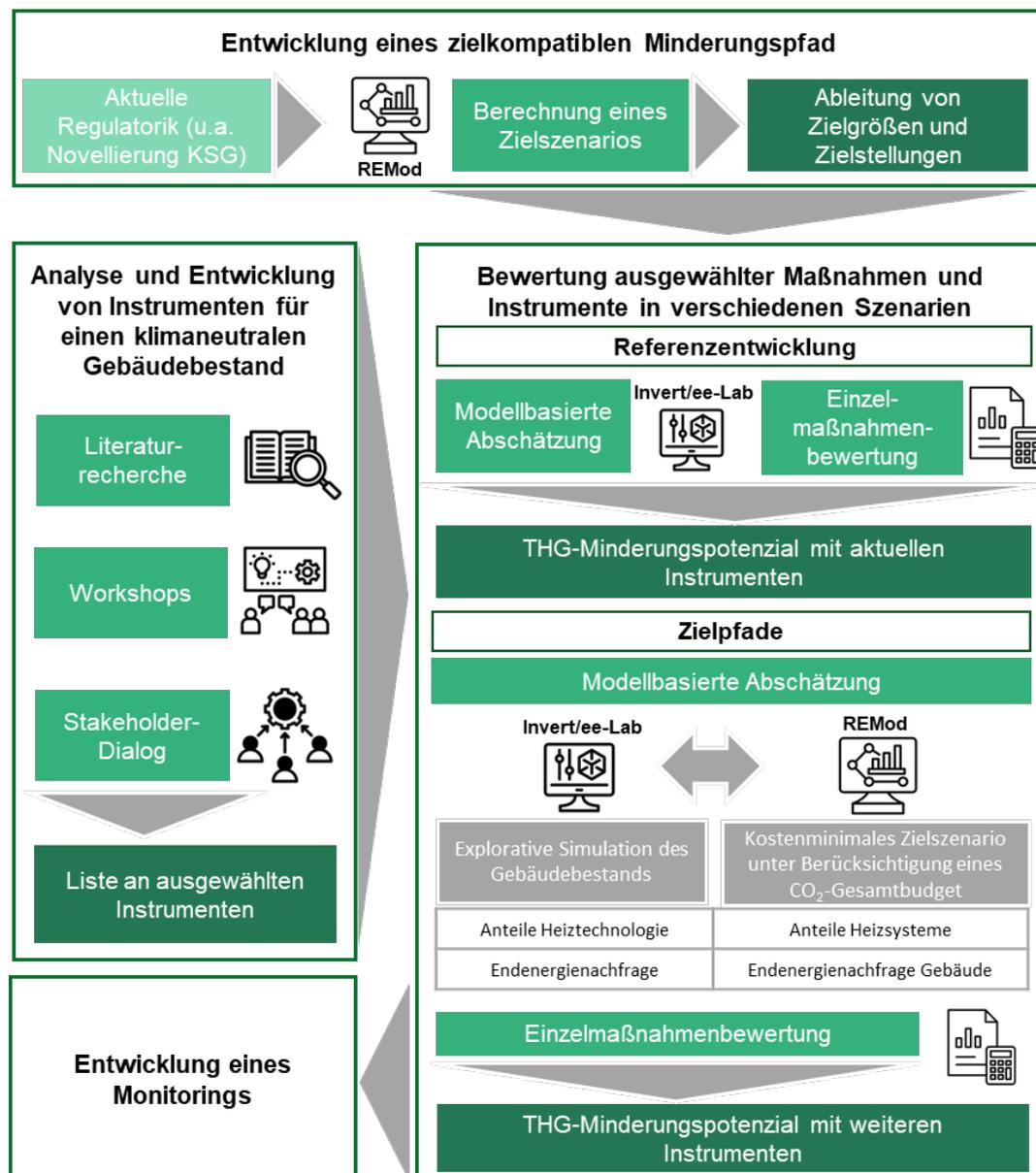
Unter politischen **Instrumenten** werden in diesem Bericht die Möglichkeiten staatlichen Handelns verstanden, die Einfluss auf die Wärmewende haben. Dazu gehören Gesetze, Verordnungen oder Förderprogramme. Mit dem Begriff **Maßnahmen** sind in diesem Bericht konkrete technische Vorhaben gemeint, wie z. B. der Austausch eines Wärmeerzeugers oder die Dämmung der Gebäudehülle.

Das Ziel der **Klimaneutralität** bis 2045 ist im Klimaschutzgesetz verankert. Klimaneutralität meint dabei ein Gleichgewicht zwischen dem Ausstoß und der Aufnahme von Treibhausgasemissionen, also die **Treibhausgasneutralität**. Im eigentlichen Sinne geht die Begriffsdefinition der Klimaneutralität über die Treibhausgasneutralität hinaus und umfasst auch die nicht-klimawirksame Veränderung von Böden und Oberflächen (Schneeweiß 2023). Nichtsdestotrotz wird in diesem Projekt der Begriff Klimaneutralität verwendet, da dieser in der öffentlichen Diskussion akzeptiert ist.

Methodisches Vorgehen

Abbildung 1 zeigt das methodische Vorgehen im Projekt. Im ersten Schritt wird ein kostenoptimaler, zielkompatibler Minderungspfad modelliert. Der Zielpfad wird mit dem Energiesystemmodell REMod bestimmt, welches nicht nur den Gebäudesektor, sondern das gesamte Energiesystem abbildet. Im zweiten Schritt werden politische Instrumente für einen klimaneutralen Gebäudebestand in einer Literaturrecherche, Expertenbefragung und internen Policy-Design-Workshops im Projektteam zusammengestellt. In mehreren Workshops mit fachlichen Experten, Expertinnen und Stakeholdern werden die Instrumente ausgewählt und konkretisiert sowie weitere notwendige Instrumente entwickelt. Nach Auswahl und Definition der Instrumente wird das Treibhausgas-minderungspotenzial der Instrumente bewertet.

Abbildung 1
Methodisches Vorgehen im Projekt



Quelle: Eigene Darstellung

Hierfür wird sowohl eine modellbasierte Abschätzung von Instrumentenbündeln und eine Einzelbewertung der Instrumente mit dem bottom-up *Wirkmodell Politikinstrumente* (WIRPOL) des Öko-Instituts durchgeführt. Für die modellbasierte Abschätzung wird das von IREES betriebene agentenbasierte Gebäudesimulations- und Investitionsentscheidungsmodell *Invert/ee-Lab* verwendet. Mit Invert/ee-Lab werden ein Referenzszenario und zwei Zielszenarien mit unterschiedlichen Schwerpunkten berechnet. Die Zielszenarien werden zum Abgleich in REMod gespiegelt, um die gesamtsystemischen Auswirkungen zu betrachten.

Abschließend wird im Rahmen des Projektes auch ein Monitoring entwickelt, welches zum einen Hemmnisse für die Instrumente identifiziert als auch die Effekte und Wirksamkeit der Instrumente langfristig überprüft. Damit werden die Grundlagen für ein Werkzeug geschaffen, um politische Instrumente rechtzeitig inhaltlich und zeitlich zu korrigieren, damit diese ihre Wirkung entfalten.

Entwicklung eines zielkompatiblen Minderungspfads

Das sektorübergreifende Energiesystemmodell REMod quantifiziert einen möglichen Entwicklungspfad unter Berücksichtigung eines Kostenminimums für den Technologieausbau und Betrieb. Hierbei werden alle Stunden eines Jahres bis zum Jahr 2045 berücksichtigt und intersektorale Wirkzusammenhänge abgebildet. Es werden die Endenergieverbrauchssektoren Industrie, Gebäude und Verkehr sowie die Energiebereitstellung und Speicherung der Energieträger berücksichtigt. Die Zielvorgabe hierbei ist, neben dem Aspekt der stündlichen Versorgung, die Einhaltung der CO₂-Ziele im KSG in den Jahren 2030 und 2045 sowie das in dem Zeitraum einzuhaltende CO₂-Budget. Eine ausführliche Beschreibung des Modells findet sich im Anhang.

Analyse und Entwicklung von Instrumenten für einen klimaneutralen Gebäudebestand

Um einen Überblick über bestehende politische Instrumente zu ermitteln und erste Instrumente zu identifizieren, wird eine grundlegende, systematische Untersuchung von Veröffentlichungen und Studien zum Thema Instrumente im Gebäude- und Wärmesektor durchgeführt. Ziel der Literaturrecherche ist es, einen strukturierten Überblick über die Instrumente zu geben und für die Studie relevante Instrumente zu identifizieren. Dabei wird sowohl auf die ökonomischen und technischen Auswirkungen der Instrumente eingegangen als auch die Perspektive der Akteure auf die einzelnen Instrumente umrissen.

Basierend auf der Literaturrecherche werden im nächsten Schritt konkrete Vorschläge für politische Instrumente ausgearbeitet, mit denen eine Reduktion der Treibhausgasemissionen entlang des Zielpfads sowie die Erreichung der Ziele des novellierten Bundes-Klimaschutzgesetzes sichergestellt werden. In mehreren Workshops werden die konkreten Instrumente, aber auch die zentralen Akteure für die Transformation des Gebäudesektors diskutiert. In einem Workshop mit Experten und Expertinnen wurde über die Themen Fachkräftemangel, soziale Gerechtigkeit und Digitalisierung diskutiert und dabei von Erfahrungen aus anderen Ländern profitiert. In einem Stakeholder-Dialog wurden die Herausforderungen in der Praxis und geeignete Lösungsansätze gesprochen. Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse wird eine Liste mit zu untersuchenden und zu bewertenden Instrumenten erstellt.

Ein besonderer Fokus liegt auf der Entwicklung von Mindestenergieeffizienzstandards von Gebäuden. Zur Vorbereitung des für Deutschland neuartigen politischen Instruments der Mindesteffizienzstandards für Bestandsgebäude wird eine Analyse der Verteilung von Effizienzklassen durchgeführt.

Bewertung ausgewählter Instrumente in verschiedenen Szenarien

Für die ausgewählten Instrumente erfolgt eine qualitative und quantitative Wirkungsabschätzung. Die ausgewählten Instrumente werden zunächst qualitativ in Steckbriefen hinsichtlich ihrer Wirkung und der sozialen und gesellschaftlichen Auswirkungen beschrieben. Für alle untersuchten Instrumente wird ein Steckbrief erstellt, der sowohl qualitative als auch quantitative Informationen enthält. Noch vor der Modellierung wird die Wirkung der Instrumente zunächst qualitativ anhand der Effektivität, Verteilungswirkung und Akzeptanz nach verschiedenen Kategorien und Parametern bewertet. Tabelle 1 zeigt die Kategorien, Parameter und Indikatoren zur Bewertung der Instrumente.

Tabelle 1
Kategorien, Parameter und Indikatoren zur qualitativen Bewertung der Instrumente

Kategorie	Parameter	Einschätzung der Wirkung
Effizienz	Reduktion des Endenergieverbrauchs durch Optimierung und Nutzverhalten	Negative Wirkung, keine Änderung, gering, mittel, hoch
Effizienz	Reduktion des Endenergieverbrauchs von Neubauten	Negative Wirkung, keine Änderung, gering, mittel, hoch
Effizienz	Steigerung der Sanierungstiefe	Negative Wirkung, keine Änderung, gering, mittel, hoch
Effizienz	Steigerung der Sanierungsrate	Negative Wirkung, keine Änderung, gering, mittel, hoch
Erneuerbare Energien	Steigerung der Heizungsaustauschrate	Negative Wirkung, keine Änderung, gering, mittel, hoch
Erneuerbare Energien	Erhöhung des Anteils zielkonformer Wärmeversorgung	Negative Wirkung, keine Änderung, gering, mittel, hoch
Suffizienz	Reduktion der spezifischen Wohnfläche	Negative Wirkung, keine Änderung, gering, mittel, hoch
Soziale und gesellschaftliche Auswirkungen	Verteilungswirkung	Verstärkung der Ungleichheit, geringfügige Verteilungswirkung
Soziale und gesellschaftliche Auswirkungen	Gesellschaftliche Akzeptanz	keine, gering, mittel, hoch
Soziale und gesellschaftliche Auswirkungen	Förderung gesellschaftlicher Teilhabe an der Energiewende	keine, gering, mittel, hoch
Soziale und gesellschaftliche Auswirkungen	Auswirkungen auf den Fachkräftemangel	Verstärkend, mindernd, keinen Effekt
Ökobilanz von Gebäuden	Reduktion der grauen Energie	Positiver Effekt, keinen Effekt, negativer Effekt

Quelle: Eigene Darstellung

Anschließend werden drei Szenarien entwickelt, um quantitativ das Treibhausgasreduzierungspotenzial sowie den Endenergieverbrauch von verschiedenen Instrumenten bis 2045 quantitativ zu bemessen.

Im Referenzszenario wird die Wirkung der aktuell geltenden politischen Instrumente auf die Diffusion von Wärmeversorgungstechnologien sowie energetischer Gebäudesanierung aus einzelwirtschaftlicher

Perspektive der Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen untersucht. Dafür wird das bottom-up Gebäudesektor-Modell *Invert/ee-Lab* eingesetzt. Im Modell wird dazu der Gebäudebereich hinsichtlich des energetischen Zustands der Bestandsgebäude und der installierten Wärmeversorgungstechnologien detailliert abgebildet. Eine ausführliche Beschreibung findet sich im Anhang.

Die Veränderung des Gebäudebestandes wird dabei anhand einer agentenbasierten Simulation der Investitionsentscheidungen der unterschiedlichen Gebäudeeigentümern und Gebäudeeigentümerinnen modelliert. Grundlage des Modells ist eine detaillierte Darstellung des Gebäudebestands nach Gebäudetypen, Baualtersklassen und Sanierungszuständen mit relevanten bauphysikalischen und ökonomischen Parametern, einschließlich der Technologien zur Bereitstellung von Raumwärme, Warmwasser und Klimatisierung. Darauf aufbauend wird der Heiz- und Kühlenergiebedarf unter Einbeziehung von Nutzerverhalten und Klimadaten ermittelt. Die Investitionsentscheidung in Technologien und Effizienzmaßnahmen wird unter Berücksichtigung von investorenspezifischen Entscheidungskalkülen und Hemmnissen sowie Energieträgerpotentialen im Modul INVERT-Agents ermittelt (vgl. Steinbach 2015). Mit *Invert/ee-Lab* ist es möglich, die Auswirkung unterschiedlicher Politikinstrumente und Ausgestaltungsvarianten auf den Ausbau der Erneuerbaren Energien im Gebäudebereich in Szenarien zu analysieren.

In zwei **Zielszenarien** wird darüber hinaus die Wirkung zusätzlicher Instrumente bis 2045 bemessen. Dabei wird sowohl das Modell *Invert/ee-Lab* für eine einzelwirtschaftliche Perspektive als auch das Modell *REMod* für eine gesamtwirtschaftliche Betrachtung eingesetzt. *REMod* untersucht die erforderliche Diffusion der verschiedenen Wärmeversorgungstechnologien und Gebäudeenergiestandards, um einen klimaneutralen Gebäudesektor zu erreichen. Die Perspektive liegt dabei nicht auf der Entscheidung der einzelnen Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen, sondern auf der Optimierung des gesamten Energiesystems. Dabei wird auch die Dekarbonisierung der leitungsgebundenen Energieträger Gas, Fernwärme und Strom und deren Beitrag zur Zielerreichung im Gebäudesektor untersucht.

Durch die Kopplung der beiden Modelle können die explorative Simulation von Akteursentscheidungen (Mikro-Perspektive) der Gebäudeeigentümern und Gebäudeeigentümerinnen und der daraus resultierenden Technologiediffusion von Wärmeversorgungssystemen und Gebäudesanierung mit dem kostenoptimalen Zielsystem aus Makro-Perspektive verglichen werden. Diese Herangehensweise ermöglicht es, mögliche Handlungslücken zur Erreichung der CO₂-Minderungsziele unter gesetztem politischem Rahmen zu identifizieren und zu analysieren. Zudem können die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen von Entscheidungen im Gebäudebereich abgebildet und die Synergien, aber auch Konflikte mit den anderen Sektoren des KSG dargestellt werden. Die Modellkopplung ist schematisch in Abbildung 1 dargestellt.

Zusätzlich findet sowohl im Referenzszenario als auch in den Zielszenarien eine Einzelabschätzung der Instrumente mit dem Bottom-up Wirkmodell Politikinstrumente (WIRPOL) des Öko-Instituts statt. Mit dessen Hilfe kann die Wirkung politischer Interventionen auf die wichtigsten energetischen Kenngrößen abgeschätzt werden und es ist für verschiedene Arten von Politikinstrumenten anwendbar. Grundlage der quantitativen Wirkungsabschätzung ist dabei eine Parametrisierung der zu untersuchenden Politikinstrumente, insbesondere im Hinblick auf die wirkmächtigen Ausgestaltungscharakteristika, wie beispielsweise zur Verfügung stehendes Förderbudget. Das Wirkmodell arbeitet mit einer Reihe verschiedener Wirkmechanismen, wie Wirtschaftlichkeitsvergleiche und Preiselastizitäten. Das Wirkmodell erfasst sowohl ordnungsrechtliche als auch marktwirtschaftliche, fördernde und informatorische Politikinstrumente.

Strategien für ein Monitoring und die Nachjustierbarkeit von Instrumenten

Für die Entwicklung der Monitoringstrategie werden in einem ersten Schritt mögliche Hemmnisse der einzelnen Instrumente identifiziert, die der Instrumentenwirkung entgegenstehen könnten und damit ggf. eine Nachjustierung erfordern würden. In einem zweiten Schritt wird ein idealisiertes Monitoringkonzept vorgestellt und dessen methodische und datenseitige Voraussetzungen diskutiert. Einzelne Möglichkeiten der Nachsteuerung werden aufgeführt und eine übergreifende Einordnung vorgenommen.

Rahmendaten für die Szenarientwicklung

In diesem Kapitel werden allgemeine Rahmendaten für die Modellierung, wie Bevölkerungs- und Wohnflächenentwicklung und die Entwicklung der Endverbraucherpreise erläutert. Tabelle 2 zeigt eine Übersicht der Rahmenbedingungen mit Angaben zur Herkunft der Daten.

Tabelle 2
Rahmenbedingungen für die simulationsbasierte Bewertung

Rahmendaten	Quelle
Bevölkerungsentwicklung	Projektionsbericht 2024
Wohnflächenentwicklung	Berechnungen IREES (Steinbach et al. 2021)
Temperaturentwicklung	Projektionsbericht 2024
Entwicklung der Endverbraucherpreise	Projektionsbericht 2024
Preisprojektionen für synthetisches Methan, Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe	Fraunhofer ISE basierend auf Hank 2020
CO ₂ -Preise im Brennstoffemissionshandelsgesetz	Projektionsbericht 2024
Finanzielle Förderung von Wärmeversorgungssystemen und Energieeffizienzmaßnahmen	Projektionsbericht 2024
Spezifische Investitionen in Wärmeversorgungssysteme	Fraunhofer ISE basierend auf Sterchele et al. 2020b, Fichtner et al., 2019; Maas & Schlitzberger, 2017 und eigene Berechnungen
Effizienzen der Wärmeversorgungssysteme	Fraunhofer ISE basierend auf Sterchele et al. 2020b
CO ₂ -Budget	Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 – Szenarien und Pfade im Modellvergleich 2021 (Report, 2021)

Quelle: Eigene Darstellung

Bevölkerungsentwicklung

Die demographische Entwicklung ist ein entscheidender Faktor bei der antizipierten Berechnung von THG-Emissionen. Zum einen besteht ein direkter Zusammenhang zwischen Bevölkerung und THG-Emissionen bei der Nutzung von Brennstoffen für beispielsweise Beheizung. Zum anderen wird die Brennstoffnutzung durch die Erwerbstätigkeit der Bevölkerung beeinflusst. In der Berechnung wird die Prognose des Projektionsberichts 2024 verwendet, die wiederum der 15. Koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamts entspricht (Mendelevitch et al., 2023).

Wohnflächenentwicklung

Seit 2002 ist die Wohnfläche pro Kopf von 41,4 m² auf 46,7 m² pro Person im Jahr 2018 angestiegen (vgl. Destatis 2020). Eine Prognose der Entwicklung der Pro-Kopf-Wohnfläche wurde gemeinsam mit dem BBSR im Rahmen des Projektes „Wege zur Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestands“ (siehe Steinbach et al. 2021) entwickelt. Diese wird auch im vorliegenden Projekt verwendet.

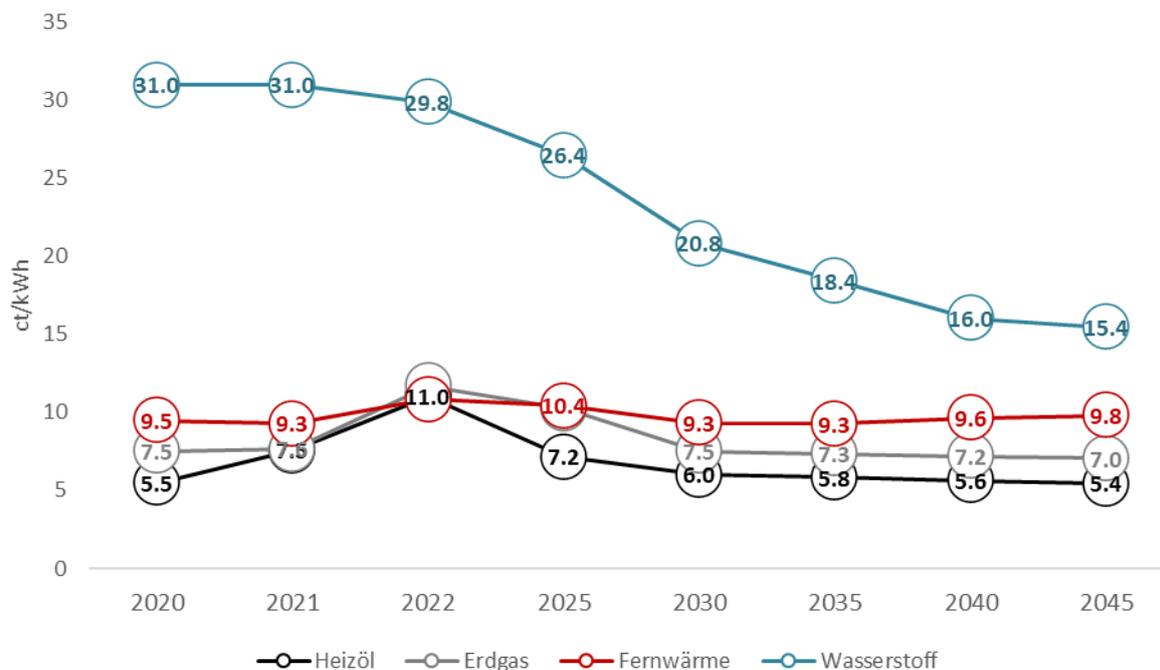
Temperaturentwicklung

Bei der Berechnung des Endenergieverbrauchs des Referenzszenarios und der Zielszenarien wird der Einfluss des Klimawandels in Form von steigenden Temperaturen berücksichtigt, da dieser bis zum Jahr 2050 Einfluss auf den Wärme- und Kältebedarf hat. Für die Simulation wird die Entwicklung der Heizgradtage aus dem Projektionsbericht 2023 hinterlegt, die auch im Projektionsbericht 2024 unverändert ist (vgl. Harthan et al. 2023).

Entwicklung der Endverbraucherenergiepreise

Abbildung 2 bis Abbildung 4 zeigen die Entwicklung der realen Endverbraucherpreise (inkl. Mehrwertsteuer) nach Energieträgern von 2020 bis 2045. Es werden Preise für Strom, Heizöl, Erdgas, Fernwärme, Holzpellets, Scheitholz, Hackschnitzel und Biogas sowie Wasserstoff verwendet. Die Preise sind abzüglich des CO₂-Preises dargestellt.

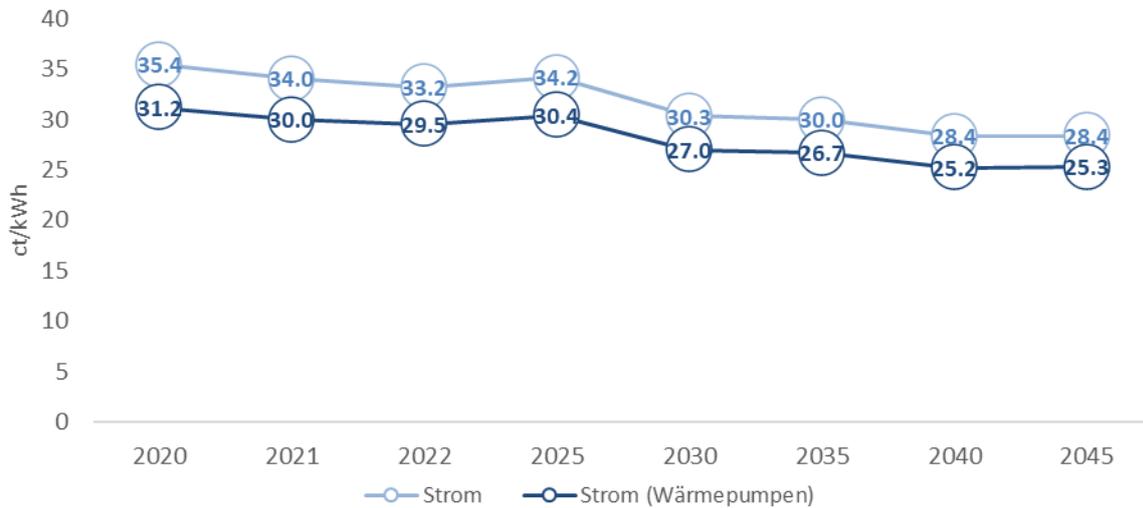
Abbildung 2
Endverbraucherpreise für Heizöl, Erdgas, Fernwärme und Wasserstoff



Quelle: Eigene Darstellung nach Mendelevitch/Matthes/Deurer 2023

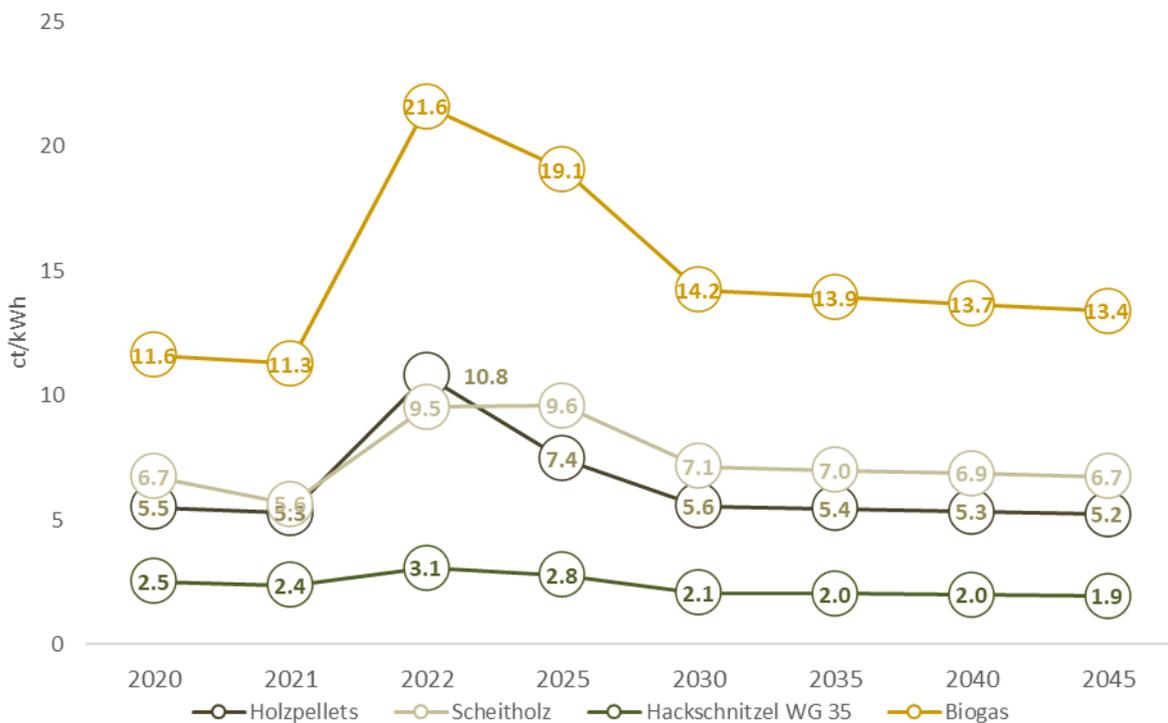
Der Strompreis besteht aus den Komponenten Beschaffung, Verteilung, EEE-Umlage (bis 2022) und Steuern. Die Stromsteuer beträgt etwa 7 % des Preises. Für Wärmepumpen gilt ein separater, günstiger Stromtarif. Etwa 50 % der Haushalte in Deutschland nutzen einen speziellen Stromtarif für Wärmepumpen. Der Wärmepumpen-Strompreis ist deshalb ein Mittelwert aus konventionellem Strompreis und Wärmepumpen-Tarif.

Abbildung 3
Endverbraucherpreise für Strom



Quelle: Eigene Darstellung nach Mendelevitch/Matthes/Deurer 2023

Abbildung 4
Endverbraucherpreise für feste und flüssige Biomasse

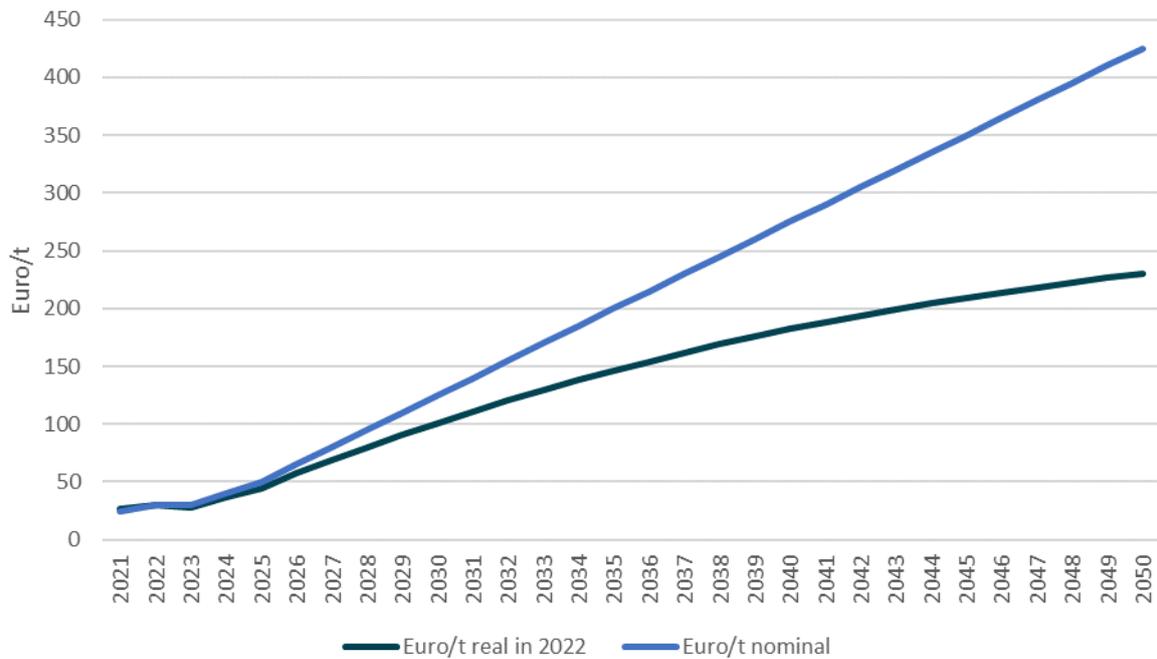


Quelle: Eigene Darstellung nach Mendelevitch/Matthes/Deurer 2023

CO₂-Preis im Brennstoffemissionshandelsgesetz

Abbildung 5 zeigt die angenommene Entwicklung des CO₂-Preises im Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG). Die angenommene Entwicklung stammt aus dem Projektionsbericht 2024 (Mendelevitch/Matthes/Deurer 2023). Der CO₂-Preis ist bis 2026 im BEHG vorgegeben, danach wird der Preis am Markt festgelegt. Der reale Preis steigt ausgehend von 26,5 € pro t CO₂ im Jahr 2021 über 101,3 € pro t CO₂ im Jahr 2030 auf 182 € pro t CO₂ im Jahr 2040.

Abbildung 5
Annahmen zur Entwicklung des CO₂-Preises im Brennstoffemissionshandelsgesetz



Quelle: Eigene Darstellung nach Mendelevitch/Matthes/Deurer 2023

CO₂-Budget

Die Verschärfung des Bundes-Klimaschutzgesetzes auf eine Reduktion der THG-Emissionen von 65 % bis 2030 und Treibhausgasneutralität im Jahr 2045 wird im aktuellen Zielpfad, berechnet mit REMod, berücksichtigt. Zur Abbildung der Ziele wurden sowohl die Ziele der Jahre 2030 als auch ein CO₂-Budget implementiert. Die sektorspezifischen jährlichen Emissionsmengen werden nicht als Inputgrößen berücksichtigt. Tabelle 3 zeigt die Annahmen zu den Treibhausgasemissionen im Zielpfad.

Tabelle 3
Annahmen zu den Treibhausgasemissionen im Zielpfad

Jahr	THG-Emissionsreduktionsziel	Budget (bis 2045)
2030	-65 % ggü. 1990	
2045	-100 %	
2020 bis 2045		7,7 Gt CO ₂

Quelle: Eigene Darstellung nach „Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 - Szenarien und Pfade im Modellvergleich“ 2021

Akteure und Instrumente für einen klimaneutralen Gebäudebestand

In diesem Kapitel erfolgt eine Vorstellung relevanter Akteure für einen klimaneutralen Gebäudebestand sowie der ausgewählten, zu bewertenden Instrumente.

Zentrale Akteure für die Umsetzung eines klimaneutralen Gebäudebestands

Für die Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestands und somit zur Zielerreichung im Gebäudebereich ist die Einbeziehung einer großen Anzahl an verschiedenen Akteuren erforderlich. Abbildung 6 zeigt die zentralen Akteursgruppen mit ihrer Rolle bei der Wärmewende, ihren Herausforderungen und gegenseitigen Abhängigkeiten. Im Folgenden wird auf die einzelnen Akteure näher eingegangen. Die beschriebenen Akteure und Herausforderungen sind Ergebnis des durchgeführten Stakeholder-Dialogs.

Die **Politik** setzt hinsichtlich finanzieller Unterstützung sowie rechtlicher Anforderungen und Verpflichtungen die Rahmenbedingungen für die Wärmewende. Damit beeinflusst sie alle weiteren Akteure, die in Zusammenhang mit einem klimaneutralen Gebäudebestand stehen. Die Politik bewegt sich damit im Spannungsfeld von Wirtschaftlichkeit und Umsetzbarkeit. Unter Politik sind sowohl die Bundes-, Landes- und Kommunalpolitik zusammengefasst.

Die Wohnungs- und Immobilienwirtschaft und die Privaten Eigentümer und Eigentümerinnen sind für die praktische Umsetzung der Wärmewende verantwortlich, indem sie die notwendigen technischen Maßnahmen beauftragen und finanzieren. Die **Wohnungs- und Immobilienwirtschaft** verantwortet den Neubau und die Sanierung von zahlreichen Bestandsgebäuden. Dabei sind wirtschaftliche Rahmenbedingungen die Voraussetzung für Sanierungen. Allerdings haben diese Akteure kaum eigene Kapazitäten für die Planung der Sanierungsmaßnahmen und sind deshalb von Energieberatenden abhängig. **Private Eigentümer und Eigentümerinnen** verfolgen mitunter andere Ziele als Wohnungs- und Immobilienwirtschaft, da Wirtschaftlichkeit nicht der einzige Treiber ist. Durch energetische Sanierung der Gebäude im Privatbesitz sowie Änderung des Verbrauchsverhalten besteht ein hohes Energieeinsparpotenzial. Allerdings besteht zum Teil ein geringer Informationsstand in Bezug auf die Durchführung von Sanierungsmaßnahmen sowie deren Vorteile, Förderung und ordnungsrechtliche Anforderungen. Energieberatung ist an dieser Stelle wichtig, um auf die Potenziale aufmerksam zu machen. Sowohl die Wohnungs- und Immobilienwirtschaft als auch die privaten Eigentümer und Eigentümerinnen sind in der Umsetzung ihrer Sanierungsvorhaben vom Handwerk abhängig.

Mietende bewegen sich im Spannungsfeld von knappem, preiswertem Wohnraum sowie den Auswirkungen von steigenden Energiepreisen und sind damit stark von der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft sowie privaten Kleinvermietenden abhängig. Durch energetische Sanierung der Gebäude sowie Änderung des Verbrauchsverhaltens besteht ein hohes Energieeinsparpotenzial. Eine soziale Verteilung der Sanierungskosten ist allerdings notwendig, um den Druck auf die Mietenden nicht noch zu erhöhen. Es ist nicht im Interesse der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft und der Politik, dass Mietende aufgrund von zu hohen Kosten nicht in ihrer Wohnung bleiben können.

Handwerksbetriebe sind die operativ Umsetzenden der Wärmewende. Das **Handwerk** ist durch Installation von Wärmeversorgungssystemen, Bau der Infrastruktur und Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen der zentrale Akteur für die Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestands. Im Zuge der Wärmewende steigen allerdings die Anforderungen an die zu installierenden Technologien. Deshalb ist Weiterbildung notwendig. Darüber hinaus besteht ein genereller Mangel an Fachkräften, die für eine zügige Realisierung der Wärmewende erforderlich sind.

Energieberatende stellen zentrale Akteure bei der Information dar. Mit ihrer Expertise informieren sie Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen und planen energieeffiziente Neubauten und Sanierungsvorhaben, was den Energieverbrauch von Gebäuden reduziert. Energieberater und

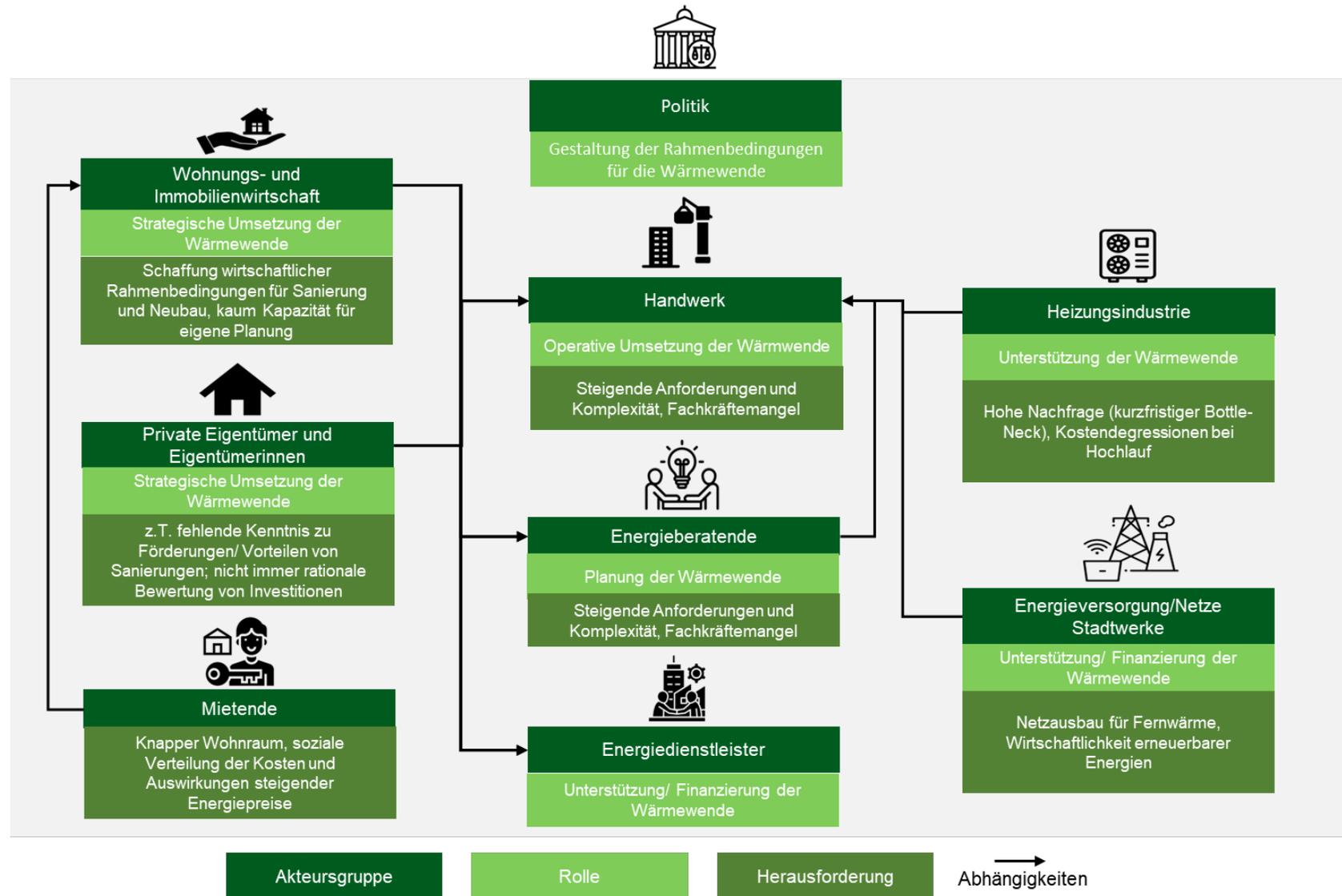
Energieberaterinnen sind jedoch immer mehr Anforderungen und einer erhöhten Komplexität gegenübergestellt. Zudem besteht auch hier ein Mangel an Fachkräften.

Weitere Intermediäre stellen die **Energiedienstleister bzw. das Contracting** dar, die Finanzierung, Installation und Betrieb von Wärmeversorgungssystemen und Sanierungen anbieten und damit mit Lösungen zur Finanzierung der Wärmewende beitragen. Hemmnisse bestehen durch die Ausgestaltung der Modernisierungumlage (BGB) und der Wärmelieferverordnung.

Weitere Akteure sind die **Energieversorgungsunternehmen bzw. Netzbetreiber bzw. Stadtwerke und Technologiehersteller**. Die Energieversorgungsunternehmen, Netzbetreiber und Stadtwerke sind für die Beauftragung und Koordination großer Infrastrukturmaßnahmen verantwortlich und damit ein wichtiger Akteur für die Umsetzung und Finanzierung der Wärmewende. In der Umsetzung sind die Unternehmen jedoch abhängig von Planenden und dem Handwerk. Beim Netzanschluss stellt die hohe Vielfalt an beteiligten Akteuren (Stadtwerke, Kommune, Gebäudeeigentümern und Gebäudeeigentümerinnen etc.) mit unterschiedlichen rechtlichen Anforderungen eine Herausforderung dar.

Die Hersteller (Heizungsindustrie) beliefern Handwerksbetriebe und sind somit als Akteur unterstützend für die Wärmewende tätig.

Abbildung 6
Akteure für einen klimaneutralen Gebäudebestand



Quelle: Eigene Darstellung

Instrumente für einen klimaneutralen Gebäudebestand

Zur Unterstützung und Aktivierung der zahlreichen Akteure sind verschiedene Instrumente notwendig. Die zuvor beschriebenen Workshops und Diskussionen haben zu einer Auswahl von Instrumenten geführt, die in diesem Kapitel näher ausgeführt werden. Die Instrumente werden hinsichtlich Umsetzungsstand unterschieden. Bereits bestehende Instrumente werden sowohl dem Referenzszenario als auch den Zielszenarien zugeordnet. Instrumente, die derzeit noch in der politischen Diskussion sind, werden den Zielszenarien zugeordnet.

Tabelle 4 gibt eine Übersicht über die Instrumente im Referenzszenario und in den Zielszenarien und kategorisiert diese als ordnungsrechtlich, ökonomisch und flankierend (inkl. informatorisch). Die im Referenzszenario berücksichtigten Instrumente werden auch in den Zielszenarien berücksichtigt und um weitere Instrumente ergänzt.

Es werden zwei Zielszenarien definiert und bewertet. Das Zielszenario „Dekarbonisierung“ fokussiert die Dekarbonisierung der Wärmezeugung, die Anforderungen bzgl. Energieeffizienz werden nicht verschärft. Das Zielszenario „Effizienz“ strebt darüber hinaus zur Entlastung des Gesamtsystems einen niedrigeren Endenergieverbrauch im Gebäudesektor an und berücksichtigt zusätzlich Instrumente, die auf die Erhöhung von Sanierungsraten und Sanierungstiefen abzielen. Gleichzeitig werden alle Instrumente des Zielszenarios „Dekarbonisierung“ auch im Zielszenario „Effizienz“ berücksichtigt.

Weiterhin gibt es eine Reihe von flankierenden Instrumenten, für die keine detaillierte quantitative Instrumentenbewertung durchgeführt wird. Im Anhang finden sich Steckbriefe mit ausgewählten Charakteristika der Instrumente.

Tabelle 4
Berücksichtigte Instrumente nach Szenario und Kategorie

Szenario	Name	Kategorie
Referenz	Gebäudeenergiegesetz	Ordnungsrecht
Referenz	Brennstoffemissionshandelsgesetz	Ökonomisch
Referenz	Bundesförderung effiziente Gebäude	Ökonomisch
Referenz	Förderprogramm Klimafreundlicher Neubau	Ökonomisch
Referenz	Steuerliche Förderung der energetischen Gebäudesanierung	Ökonomisch
Referenz	Verpflichtung zur Heizungsoptimierung (EnSimiMaV)	Ordnungsrecht
Referenz	Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (WPG)	Ordnungsrecht/ Flankierend
Referenz	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze	Ökonomisch/ Flankierend
Referenz	Vorgaben für öffentliche Gebäude im Energieeffizienzgesetz und Effizienzerlass	Ordnungsrechtlich
beide Zielszenarien	Energieeinsparverpflichtungssystem (für Energieversorgungsunternehmen)	Ordnungsrechtlich
beide Zielszenarien	Senkung staatlich bestimmter Bestandteile des Wärmepumpen-Strompreis	Ökonomisch

Szenario	Name	Kategorie
Zielszenario Effizienz	Verschärfung der Energieeffizienzstandards im GEG auf EH40 (Neubau) bzw. EH70 (Bestand)	Ordnungsrechtlich
Zielszenario Effizienz	Verpflichtende Mindesteffizienzstandards (MEPS) für Bestandsgebäude	Ordnungsrechtlich
<i>Zielszenarien, keine Bewertung</i>	Kommunale Aktionsstelle zur effizienten Gebäudenutzung	Flankierend
<i>Zielszenarien, keine Bewertung</i>	Instrumentenpaket hinsichtlich Fachkräftemangel	Flankierend
<i>Zielszenarien, keine Bewertung</i>	Individueller Sanierungsfahrplan	Flankierend
<i>Zielszenarien, keine Bewertung</i>	Progressive Energiesteuer mit Grundsicherung	Ökonomisch
<i>Zielszenarien, keine Bewertung</i>	Verteilung der Kosten für Sanierung und Energie (Teilwarmmietenmodell)	Flankierend
<i>Zielszenarien, keine Bewertung</i>	Digitaler Gebäudepass bzw. Gebäuderessourcenpass	Flankierend
<i>Zielszenarien, keine Bewertung</i>	Soziale Förderung (Länderprogramme zum Sozialen Wohnungsbau und Städtebauförderung)	Ökonomisch

Quelle: Eigene Darstellung

Beschreibung und Ausgestaltung der ordnungsrechtlichen Instrumente

Das Gebäudeenergiegesetz als zentrales Instrument für Energieeffizienz und die Nutzung erneuerbarer Energien in Gebäuden

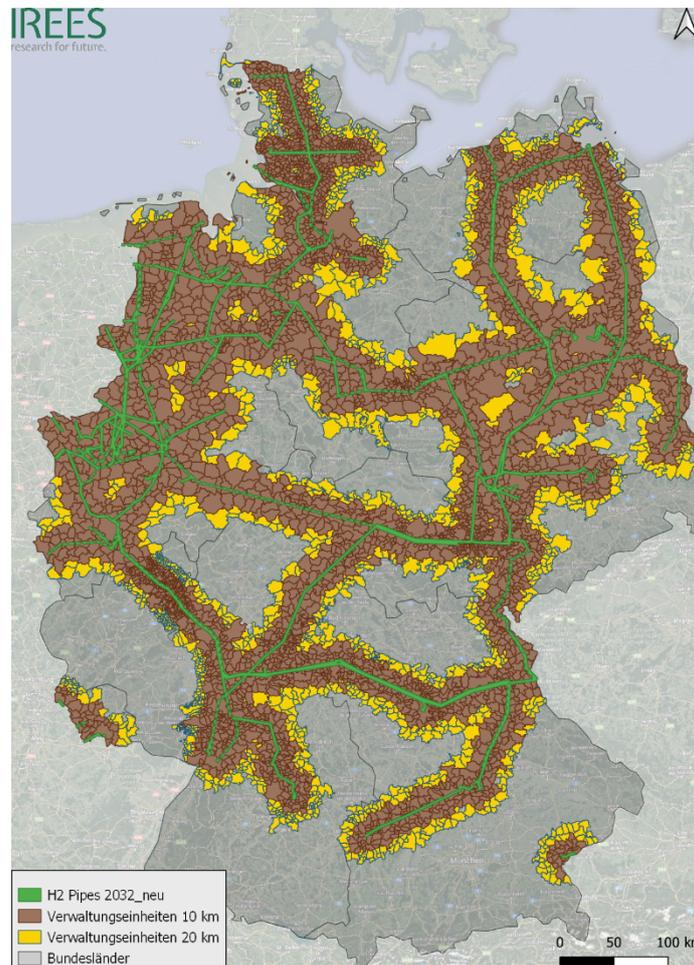
Das im Jahr 2020 verabschiedete Gebäudeenergiegesetz (GEG) umfasst Regelungen für die Energieeffizienz durch Wärmeschutz und die Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien in Gebäuden. Das GEG wurde im Juli 2022 in Bezug auf den Effizienzstandard von Neubauten novelliert. Seitdem gelten in Bezug auf den Primärenergieeinsatz die Anforderungen des Effizienzhaus 55 (EH 55). Die Anforderungen an den Wärmeschutz der Gebäudehülle entsprechen weiterhin der Ausgestaltung der Energieeinsparverordnung (EnEV 2014).

Mit einer weiteren Novelle im Jahr 2023 wurde zudem verabschiedet, dass ab 2024 neu installierte Wärmeversorgungssysteme mit einem Mindestanteil erneuerbarer Energien von 65 % betrieben werden müssen. Die Anforderung gilt jedoch zunächst nur in Neubaugebieten ab 2024. Das GEG ist an das Gesetz zur kommunalen Wärmeplanung (WPG) gekoppelt. In allen Kommunen gilt die 65 %-EE-Anforderung je nach ihrer Größe spätestens ab Mitte 2026 bzw. Mitte 2028. Solange noch kein Wärmeplan vorhanden ist, dürfen bis 2026 bzw. 2028 weiter Gas- und Ölheizungen eingebaut werden, sofern diese ab 2028 mindestens 15 % ab 2035 mindestens 30 % und ab 2040 mindestens 60 % der bereitgestellten Wärme aus Biomethan, grünem oder blauem Wasserstoff oder flüssigen erneuerbaren Energien verwenden. Bei Einbau eines Gas- oder Ölkessels ist eine Energieberatung verpflichtend.

In der Wärmeplanung können Kommunen zudem Wasserstoffnetzausbaugebiete ausweisen, in denen weiterhin Gaskessel verbaut werden dürfen. Diese müssen bis spätestens 2045 mit Wasserstoff (H₂) betrieben werden. Für diese Gebäude gelten die zeitlich gestaffelten Mindestquoten nicht – es darf bis 2044 fossiles Erdgas genutzt werden. Für die Wirkungsabschätzung des GEG in diesem Bericht wird festgelegt, wie viele

Gebäude ab spätestens 2028 in einem H₂-Ausbaubereich liegen und damit Zugang zu Wasserstoff haben. Dafür wird der geplante H₂-Backbone herangezogen, wie in Abbildung 7 dargestellt. In einer GIS-Analyse werden Puffer von 10 bzw. 20 km um das zukünftige H₂-Fernleitungsnetz gelegt und angenommen, dass hier potenziell Wasserstoff über das Gas-Verteilnetz zu Gebäuden geliefert werden könnte. Den Annahmen von Braungardt *et al.* 2023 folgend, ergibt sich ein Anteil von etwa 10 % der Gebäude, die mit Gas betrieben und potenziell in H₂-Ausbaubereichen liegen. Da dies eine sehr sensitive Annahme ist, wird zusätzlich mit einem Anteil von 25 % gerechnet.

Abbildung 7
Wasserstoff-Backbone und mögliche Gebiete mit Zugang zu Wasserstoff



Quelle: Eigene Darstellung IREES

Gesetz zur Wärmeplanung als flankierendes Instrument für die Ausweisung von Wasserstoffausbaubereichen, Wärmenetzen und dezentralen Versorgungsgebieten

Innerhalb einer Wärmeplanung wird eine auf die lokalen Gegebenheiten und Stakeholder angepasste Strategie zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung einer Kommune erarbeitet. Auf diese Weise werden ein Orientierungsrahmen und Umsetzungsplan für die notwendigen Investitionen geschaffen. Die Einführung einer Verpflichtung zur Durchführung einer kommunalen Wärmeplanung fordert die Kommunen und macht sie zu aktiven Akteuren der Wärmewende. Weiteres Kernelement sind Anforderungen an Wärmenetzbetreiber zur Dekarbonisierung der Fernwärme durch Transformationspläne und EE-Quoten.

Das Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (WPG) wurde im November 2023 verabschiedet. Darin werden die Länder verpflichtet sicherzustellen, dass ihre Kommunen Wärmepläne

erstellen. Die Wärmeplanung ist ein zentrales Planungs- und Koordinierungsinstrument zur Umsetzung der Wärmewende und steht in Verbindung mit der 65 % Regel im GEG.

Das WPG ist ein ordnungsrechtliches Instrument, wirkt allerdings nur indirekt auf die Klimaschutzziele im Gebäudesektor. Es wird deshalb als flankierendes Instrument kategorisiert, welches Voraussetzung für den Ausbau von Wärmenetzen ist.

Die Heizungsoptimierung in der Mittelfristenergieversorgungsmaßnahmenverordnung (EnSimiMaV) als kurz- und mittelfristiges Element der Effizienzsteigerung

Die Verpflichtung zur Heizungsoptimierung (EnSimiMaV) ist ein Instrument, welches im Zuge der Energiekrise erlassen wurde. Es hat zum Ziel, durch Absenkung der Vorlauftemperaturen und Heizgrenztemperatur sowie Nachtabsenkung und hydraulischen Abgleich zu Einsparungen von fossilen Energieträgern zu führen. In der EnSimiMaV sind die in Tabelle 5 dargestellten Maßnahmen vorgeschrieben. Nach Ablauf der EnSimiMaV am 1.10.2024 werden die Kernpunkte der Verordnung automatisch als §§60 b, c ins GEG überführt.

Tabelle 5
Vorgaben der EnSimiMaV zum Gebäudesektor

Paragraph	Anwendungsbereich
§ 2: Heizungsprüfung und Heizungsoptimierung	Bis 15.9.2024: Alle Gebäude mit Wärmeerzeugung mit Erdgas
§ 3: Hydraulischer Abgleich	Nichtwohngebäude und Wohngebäude mit mindestens 10 Wohneinheiten: bis 30.9.2023 Wohngebäude mit 6 bis 10 Wohneinheiten: Bis 15.9.2024

Quelle: Verordnung zur Sicherung der Energieversorgung über mittelfristig wirksame Maßnahmen, Titel 1

Verschärfung der Effizienzanforderungen im Gebäudeenergiegesetz zur Reduktion des Endenergieverbrauchs im Gebäudesektor (Leitstandard EH70/EH40)

Im Koalitionsvertrag der Bundesregierung wurde vereinbart, die Effizienzanforderungen von Neubauten und Bestandssanierungen zu verschärfen. Neubauten sollten ab 2025 als Effizienzhaus 40 gebaut werden. Das Anforderungsniveau für Sanierungen im Bestand sollte sich an einem Effizienzhaus 70 orientieren. Die Umsetzung dieses Vorhabens wurde ausgesetzt und ist politisch in dieser Legislaturperiode nicht mehr wahrscheinlich. Im Zielszenario „Effizienz“ wird dennoch angenommen, dass die Anforderungen im Jahr 2026 umgesetzt werden.

Mindestenergieeffizienzstandards als wichtiger Hebel der Effizienzsteigerung in Bestandsgebäuden und zur Verminderung von Ungleichheit

Im Zuge der Revision der EU-Gebäuderichtlinie wird das Instrumente der energetischen Mindesteffizienzstandards Bestandsgebäude (Minimum Energy Performance Standards; MEPS) diskutiert. MEPS sehen vor, dass bestimmte Gebäude bis zum Zieljahr einen bestimmten Effizienzstandard erreichen müssen. Je nach Ambitionsgrad des Instruments kann dadurch ein großes Sanierungspotenzial gehoben werden. In der Einigung des Trilogs wird das Instrument nur für Nichtwohngebäude eingeführt. Für Wohngebäude sieht die EU-Gebäuderichtlinie keine MEPS vor, sondern nur ein Effizienzziel. Um dieses zu erreichen könnte die Bundesregierung trotzdem MEPS einführen.

Im Zielszenario „Effizienz“ wird deshalb eine MEPS-Variante für Wohngebäude angenommen. In dieser Variante werden die Triggerpunkte bzw. Auslösetatbestände Eigentumsübergang und Neuvermietung definiert. Treten diese ein, muss eine Mindesteffizienz erreicht werden: Ab 2025 Effizienzklasse $D_{EPBD,COM}$ („worst 45 %“), was ungefähr der Effizienzklasse D_{GEG} im Energieausweis entspricht ab 2030 $C_{EPBD,COM}$ („worst 60 %“), ab 2035 $B_{EPBD,COM}$ („worst 75 %“).

Eine komplette Neuvermietung oder der Eigentumsübergang ganzer Mehrfamilienhäuser tritt seltener auf als bei Ein- und Zweifamilienhäusern. Deshalb werden für Mehrfamilienhäuser in dieser Studie zusätzlich zeitpunktbezogene MEPS angenommen.⁴ Alle MEPS induzierten Sanierungen sind durch die Sanierung auf EH 70 erreichbar. Für die zeitpunkt-bezogenen MEPS für Mehrfamilienhäuser werden außerdem folgende Flexibilitätsoptionen angenommen:

- Befreiung von den Anforderungen durch verpflichtende Transformations-/Portfoliopläne für Eigentümer und Eigentümerinnen großer Gebäudebestände
- Mehr zeitlicher Spielraum bei der Erfüllung bei Anfertigung eines verbindlichen Sanierungsfahrplans

Im Anhang befinden sich Auswertungen der Energieausweisdatenbank bezüglich möglicher Schwellenwerte für MEPS für Wohn- und Nichtwohngebäude.

Energieeinsparverpflichtungssystem für Energieversorgungsunternehmen als (finanzieller) Anreiz für die Reduktion von Energie in Gebäuden

Ein weiteres ordnungsrechtliches Instrument in den Zielszenarien ist das Energieeinsparverpflichtungssystem (Energy Efficiency Obligation Scheme, EEOS) z. B. für Energieversorger. Artikel 7 der europäischen Energieeffizienz-Richtlinie (Energy Efficiency Directive, EED) beschreibt dieses Instrument. Im Rahmen eines EEOS wird durch den Staat oder eine beauftragte Einrichtung ein Einsparziel definiert und auf Akteure allokiert, die zu dem Einsparziel verpflichtet werden. Die Akteure können dann ihren Reduktionsverpflichtungen durch Auferlegung von Einsparmaßnahmen in ihrem Wirkungsbereich nachkommen oder durch Zertifikatehandel kompensieren (Schloman et al. 2021).

In der Studie von Schloman et al. 2021 wird eine mögliche Ausgestaltung eines Energieeinsparverpflichtungssystem beschrieben und diskutiert. Der Vorschlag umfasst alle Endverbrauchssektoren, somit auch die Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser in GHD. Anrechenbare Maßnahmen sind typisierbare und standardisierte Maßnahmen (wie beispielsweise die Durchführung eines hydraulischen Abgleiches, Design und Grenzwerte von Wärmeversorgungssystemen). Im Instrumentendesign wird angenommen, dass durch ein EEOS vor allem gering-investive Maßnahmen (z. B. hydraulischer Abgleich, Dämmung von Rohrleitungen, Austausch Zirkulationspumpe etc.) realisiert werden. Auf diese Weise können auch in Gebäuden, die in 2030 noch fossil beheizt werden, Emissionseinsparungen realisiert werden. Außerdem bringt ein EEOS mit den Verpflichteten weitere professionelle Akteure auf den Markt, was die Wärmewende voranbringen kann.

⁴ Angelehnt an den Vorschlag der EU-Kommission zur Revision der EPBD inkl. Weiterführung: bis 2030 FEPBD („worst 15%“), bis 2033 EEPBD („worst 30%“), bis 2036 DEPB („worst 45%“), bis 2039 CEPBD („worst 60%“).

Vorgaben für öffentliche Gebäude im Energieeffizienzgesetz und Effizienzerlass für Bundesgebäude

Das „Gesetz zur Steigerung der Energieeffizienz in Deutschland“, kurz Energieeffizienzgesetz wurde im November 2023 verabschiedet und legt zum einen nationale Ziele zur Reduktion des Endenergieverbrauchs fest. Zum anderen enthält es konkrete Vorgaben für öffentliche Stellen und Unternehmen, die einen bestimmten Energieverbrauch überschreiten. Öffentliche Stellen, die mehr als 1 GWh/a an Endenergie verbrauchen, müssen jedes Jahr ihren Energieverbrauch um 2 % senken. Verbrauchen sie mehr als 3 GWh/a ist ein Energiemanagementsystem einzuführen. Beides gilt explizit nicht für kommunale Liegenschaften, sondern nur für die des Bundes und der Länder. Unternehmen müssen ein Energiemanagementsystem etablieren (bei >7,5 GWh/a) oder Umsetzungspläne erstellen (>2,5 GWh/a).

Die „Energieeffizienzfestlegungen für klimaneutrale Neu-/ Erweiterungsbauten und Gebäude-sanierungen des Bundes“, auch Effizienzerlass für Bundesgebäude genannt, legen die Anforderungen an die Effizienz von Bundesgebäuden in Neubau und Bestand fest. Zudem wird eine kontinuierlich ansteigende anzustrebende Sanierungsrate festgelegt (kontinuierlicher Anstieg von 1 % im Jahr 2022 bis 5 % in den Jahren 2030 bis 2040).

Beide Regulierungen sollen dazu führen, die Vorbildfunktion öffentlicher Gebäude bezüglich der Wärmewende zu stärken. Da die Bundes- und Landesliegenschaften nur einen sehr kleinen Teil des Gebäudebestandes ausmachen, ist die direkte Klimaschutzwirkung jedoch begrenzt.

Beschreibung und Ausgestaltung der ökonomischen Instrumente

Die Bundesförderung für effiziente Gebäude als zentrales Finanzierungsinstrument der Wärmewende

Die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) fördert sowohl die energetische Sanierung von Gebäuden als auch die Installation von Wärmeversorgungssystemen. Im Zuge der Novelle des GEG wurde auch die BEG angepasst, um die Installation von Wärmeversorgungssystemen mit 65 % erneuerbaren Energien verstärkt zu fördern (vgl. BMWK 2023b). Seit Januar 2024 gilt eine Grundförderung von 30 % für alle Wärmeversorgungssysteme. Zudem wird für selbstnutzende Eigentümer und Eigentümerinnen ein Geschwindigkeitsbonus in Höhe von 20 % gewährt, der ab 2029 jährlich um 3 % reduziert wird. Weiterhin gilt ein Bonus von 30 % für selbstnutzende Eigentümer und Eigentümerinnen mit einem zu versteuernden Haushaltsjahreseinkommen von bis zu 40.000 € (vgl. BMWK 2023a).

Daneben gibt es seit 2023 innerhalb der BEG ein Förderprogramm für Neubauten. Im Programm „Klimafreundliche Neubauten“ wird der Neubau sowie der Ersterwerb neu errichteter klimafreundlicher und energieeffizienter Wohn- und Nichtwohngebäude gefördert. Diese müssen sowohl spezifische Grenzwerte für die Treibhausgas-Emissionen im Lebenszyklus unterschreiten (Anforderungen nach Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG Plus)) und den energetischen Standard eines Effizienzhauses 40 / Effizienzgebäudes 40 für Neubauten vorweisen. Innerhalb des Programms wird eine Kreditförderung gewährt.

Bundesförderung für effiziente Wärmenetze als Finanzierungsinstrument der kommunalen Wärmeplanung

Die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) soll die THG-Emissionen im Energiewirtschaftssektor reduzieren. Bis 2030 soll die Installation von bis zu 681 MW erneuerbarer Wärmeerzeugungsleistung pro Jahr gefördert und somit Investitionen von rund 1.174 Mio. Euro jährlich angestoßen werden. Die THG-Emissionen sollen damit um ca. 4 Mio. t pro Jahr im Jahr 2030 reduziert werden. Die BEW wirkt nach Sektoreneinteilung im Klimaschutzgesetz nicht direkt im Gebäudesektor. Allerdings wird angenommen, dass die BEW zu einem erhöhten Anteil wärmenetzbasierter Versorgung führt, wodurch die THG-Emissionen des Gebäudesektors sinken.

Brennstoffemissionshandelsgesetz als Anreizinstrument für die Nutzung erneuerbarer Energien

Das Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) regelt die Bepreisung für die THG-Emissionen fossiler Brennstoffe und ist somit ein ökonomisches Instrument. Im BEHG wird das CO₂-Bepreisungssystem auf nationaler Ebene geregelt, das fossile Brennstoffe in allen Sektoren umfasst, die außerhalb des EU-

Emissionshandels verwendet werden. Der CO₂-Preis wird zunächst vorgegeben (von 25€/tCO₂ in 2021 bis 55-65€/tCO₂ in 2026) und soll sich ab 2027 über die Verknappung der ausgegebenen Zertifikate am Markt bilden.

Steuerliche Förderung der energetischen Gebäudesanierung

Alternativ zur Investitions- oder Kreditförderung können Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen, die ihr Gebäude selbst bewohnen, die Kosten für energetische Gebäudesanierungen steuerlich geltend machen. Es können über drei Jahre kumuliert insgesamt 20 % der Kosten (maximal 40.000 €) von der Steuerschuld abgezogen werden gemäß § 35c Einkommenssteuergesetz. Die steuerliche Förderung ist nicht mit anderen Förderprogrammen kombinierbar. Vermietende können Sanierungskosten als Werbungskosten oder Betriebsausgaben in ihrer Steuererklärung ansetzen. Dies gilt aber nur für Aufwendungen, die die Vermietenden selbst tragen. Kosten, die über ein Förderprogramm ausgeglichen werden, mindern die Steuerlast nicht.

Einführung einer progressiven Energiesteuer zur Reduktion des Energieverbrauchs in Haushalten

Preissignale stellen im Bereich privater Haushalte eine Möglichkeit dar, Anreize für eine Reduzierung des Energieverbrauchs zu setzen. Durch eine steigende Kostenbelastung aufgrund höherer Energiepreise sind private Haushalte verschiedener Einkommensgruppen jedoch in unterschiedlichem Ausmaß betroffen. Um diesem Umstand zu begegnen, besteht die Idee progressiver Energietarife darin, einen zu definierenden Grundbedarf nur mit geringen Abgaben zu belasten, Verbräuche darüber hinaus mit einem progressiven Tarifverlauf zu bepreisen, um Einsparungen und Effizienzsteigerungen anzureizen (vgl. Tews 2011; Thiele 2022).

Inwiefern progressive Energiesteuern jedoch dabei helfen können, Energieeinsparungen zu erzielen, darüber besteht bisher eine unzureichende Studienlage. Das Potenzial zur Energieeinsparung aufgrund von Energiepreisen hängt dabei von der Preiselastizität der Nachfrage ab. In der einfachsten Variante werden Verbrauchszonen bzw. -blöcke festgelegt, die je nach Verbrauchshöhe mit unterschiedlichen Preisen belegt werden. Zudem könnte ein Grundfreibetrag bereitgestellt werden, durch den ein festzulegender Verbrauch zu keinen oder geringen Kosten zur Verfügung gestellt wird. Aus normativer Sicht könnte dies als eine Sicherstellung einer kostengünstigen Energiemenge zur Deckung von Grundbedürfnissen erachtet werden und somit Energiearmut verhindern. Erfahrungen mit progressiven Energietarifen wurden in verschiedenen Ländern, beispielsweise Italien, Australien und China gesammelt. Aufgrund der Liberalisierung des europäischen Strommarkts stellt die durch die erste Ölpreiskrise bedingte Einführung progressiver Stromtarife in Italien 1975 für Deutschland vermutlich den transferierbarsten Vergleich dar. Werden durch progressive Energietarife staatliche Mehreinnahmen generiert, könnten diese für eine zusätzliche Entlastung von privaten Haushalten mit niedrigen Einkommen bzw. zusätzlichen Anforderungen (z. B. bei krankheitsbezogenen höheren Energieverbräuchen) verwendet werden. Mietshaushalte, die in Gebäuden mit niedrigem Effizienzstandard leben, müssten ggf. gezielt entlastet werden. Auch begleitende Informationskampagnen zu haushaltsbezogenen Maßnahmen zur Energieeinsparung sowie zielgruppenspezifische Förderprogramme, die den Austausch ineffizienter Verbrauchsgeräte adressieren, werden als sinnvoll erachtet.

Förderung sozialer Staffelung

Um Haushalte mit geringem Einkommen gezielt bei der Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen zu unterstützen, kann die bestehende Förderkulisse weiter ausgebaut werden. In Öko-Institut (2024)⁵ werden dazu verschiedene Ansätze diskutiert: Einerseits können die Programme zur sozialen Wohnraumförderung weiter ausgebaut und mit zusätzlichen Mitteln ausgestaltet werden, so dass neben dem bereits bestehenden Fokus auf den Neubau von Wohnungen mit Sozialbindung auch noch stärker als bisher die Sanierung von Wohnraum (mit anschließender Sozialbindung) adressiert wird. Andererseits könnte, ergänzend zum

⁵ Studie der Öko-Instituts mit Vorschlägen für sozial gestaffelte Förderinstrumente im Auftrag der ECF. Veröffentlichung im Februar. Die Referenz wird im finalen Endbericht ergänzt.

bestehenden Einkommensbonus, ein weiter Bonus für Sanierungen im vermieteten Wohnraum eingeführt werden, der an Vorgaben zur Mietpreisbindung geknüpft ist. Eine weitere Möglichkeit zur gezielten Adressierung von Haushalten mit geringem Einkommen in unsanierten Gebäuden liegt in einer Ausweitung der Förderung, um zusätzlich zu den bereits bestehenden Schwerpunkten auch die Sanierung von Wohnraum für diese Zielgruppe stärker zu berücksichtigen.

Senkung staatlich bestimmter Bestandteile des Wärmepumpen-Strompreises

Die Wärmepumpe ist eine zentrale Technologie der Wärmewende. Um die Attraktivität des erneuerbaren Wärmeerzeugers zusätzlich zu steigern und noch mehr Eigentümer und Eigentümerinnen zum frühzeitigen Umstieg zu bewegen, kann eine zusätzliche Förderung der Betriebsphase beitragen. Dazu wird angenommen, dass die Spielräume zur Senkung der staatlich bestimmten Energiepreisbestandteile des Wärmepumpen-Strompreises genutzt werden. Das umfasst erstens die Senkung der Stromsteuer auf das EU-Minimum von derzeit 2,05 ct/kWh auf 0,05 ct/kWh. Zweitens, die Senkung der Mehrwertsteuer auf Wärmepumpenstrom von derzeit 19 % auf 7 %. Drittens, die Abschaffung bzw. Querfinanzierung durch den Bund von KWK-, Offshore- und Konzessionsabgabe.

Beschreibung und Ausgestaltung der flankierenden Instrumente

Teilwarmmietenmodell

Die Einführung eines Teilwarmmietenmodells wurde im Koalitionsvertrag als Prüfauftrag formuliert, mit dem Ziel das Mieter-Vermieter-Dilemma zu überwinden. Bei der Teilwarmmiete zahlen die Vermietenden vollständig oder teilweise die Heizkosten und bekommen im Gegenzug einen festen monatlichen Betrag zusätzlich zur Grundmiete. Dadurch besteht ein Anreiz, in energetische Sanierungen zu investieren, da die Heizkostensparnisse bei den Vermietenden anfallen. Gleichzeitig sollen Teilwarmmieten Mietenden einen Anreiz für sparsames Heizen schaffen, indem weiterhin verbrauchsabhängig abgerechnet wird.

Instrumentenpaket für die Auflösung des Fachkräftemangels im ausführenden Gewerbe

Der Fachkräftemangel im ausführenden Gewerbe (SHK, Planung, Sanierung) droht zu einem Flaschenhals für die Wärmewende zu werden. Das Instrumentenpaket soll deshalb mehrere Ziele verfolgen: Die Steigerung der Attraktivität des Berufsbildes, die Sicherstellung der notwendigen Qualifizierung bestehender Fachkräfte, die Veränderung der Ausbildung mit Fokus auf zukunftsgerichtete Technologien und Themen sowie die Verbesserung der Effizienz bei der gewerkeübergreifenden Zusammenarbeit.

Die Steigerung der Attraktivität des Berufsbildes kann mit einer signifikanten Veränderung der Ausbildung und der Verschiebung der Schwerpunkte auf Digitalisierung und Klimaschutztechnologien im Gebäudebereich einhergehen. Der Zugang zu Informationen von Schülern und Schülerinnen auch in weiterführenden Schulen über sogenannte „Klimaschutzberufe“ sollte verbessert werden. Neue Ausbildungsberufe mit gewerkeübergreifenden und auf Digitalisierung ausgerichteten Schwerpunkten sind in der praktischen Ausbildung nicht unbedingt kompatibel mit bestehenden Handwerksbetrieben. Daher sollte die Möglichkeit der Ausbildungspartnerschaften in relevanten Klimaberufen ausgeweitet und gefördert werden. Dies ist im Zusammenhang mit einer Etablierung und Förderung von regionalen Netzwerken für die gewerkeübergreifende Zusammenarbeit von Handwerksbetrieben zu sehen, welches als weiterer Bestandteil des Instrumentenpaketes zu sehen ist.

Darüber hinaus ist es denkbar, (zeitlich befristete) finanzielle Anreize, wie Prämien oder Steuererleichterungen, für Installateure zu entwickeln, die durch Aus- und Weiterbildung von Fachkräften sowie Planung und Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen eine aktive Rolle bei der Wärmewende einnehmen. Durch diese Maßnahme könnten verschiedene Wirkungen erzielt werden: Zum einen würde eine direkte finanzielle Wertschätzung für die Umsetzenden bzw. das Handwerk erfolgen. Zum anderen würde die Attraktivität des Berufsbildes gesteigert werden, indem die Relevanz dieser Akteursgruppe für den Erfolg der Wärmewende hervorgehoben wird. Im besten Fall ergibt sich daraus eine Wechselwirkung, so dass die Identifikation der Handwerksbetriebe als zentrale Akteure für das Gelingen dieser gesamtgesellschaftlichen Herausforderung gestärkt wird. Dadurch nehmen sie möglicherweise eine noch aktivere Rolle bei der Entwicklung und Planung

energetischer Maßnahmen und der erneuerbaren Wärmeversorgung ein. Bei der Ausgestaltung solcher Maßnahme müssen Verteilungseffekte sowie die wahrgenommene Fairness und Verfahrensgerechtigkeit berücksichtigt werden.

Der individuelle Sanierungsfahrplan als Ablauf- und Zeitplan für Sanierungsmaßnahmen

Die verpflichtende Erstellung und Umsetzung eines individuellen Sanierungsfahrplans (iSFP) als Komponente im GEG, zeigt konkrete Schritte und Investitionskosten der energetischen Sanierung für das individuelle Gebäude. Durch das Aufzeigen der Sanierungsmöglichkeiten, Investitionskosten und Betriebskosteneinsparungen wird die Sanierung greifbarer. Dadurch kann die Sanierungsrate und die Sanierungstiefe erhöht werden. Der iSFP sollte Anforderungen an einen Zielzustand des Gebäudes enthalten, den Endenergieverbrauch sowie Anforderungen an graue Energie (zudem Ressourcenverbrauch) der eingesetzten Baustoffe umfassen. Das Instrument ist insbesondere in Verbindung mit Mindestenergieeffizienzstandards (MEPS) von Gebäuden sinnvoll, um notwendige Sanierungsmaßnahmen zu erarbeiten, darzustellen und diese dann auch durchzuführen. Ausgehend von der energetischen Bewertung des Gebäudes wird ein Reduktionspfad bis zur Erreichung der durch MEPS vorgegebenen Effizienzklassen gezeichnet. Die Anfertigung eines iSFP könnte ggf. als Kriterium für einen zeitlichen Aufschub der Sanierungsanforderungen eines MEPS-Systems dienen. Ausgehend von der energetischen Bewertung des Gebäudes wird ein Reduktionspfad bis zur Erreichung der durch MEPS vorgegebenen Effizienzklassen gezeichnet. Die Sanierung muss dann zwar weiterhin erfolgen, kann jedoch in einem anderen bzw. eigenen Tempo umgesetzt werden.

Der Gebäuderessourcenpass als Erweiterung des Energieausweises zur Koordination der Gebäudedaten und Sanierungsmaßnahmen

Die Informationen können ergänzt werden durch einen Gebäuderessourcenpass, der allerdings auf die im Gebäude eingesetzten Baustoffe abzielt und deshalb aufgrund des Zuschnitts der Sektoren im Klimaschutzgesetz auch keine direkte Wirkung im Gebäudesektor hat. Die Einführung eines digitalen Gebäudepasses ermöglicht die Dokumentation und Weitergabe aller energie- und ressourcenrelevanten Daten des Gebäudes. Energieberatungen, Planung und Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen, Maßnahmen in der Wärmeversorgung und technischer Gebäudeausrüstung können damit schneller und in besserer Qualität ausgeführt werden. Zudem ermöglicht die Dokumentation der verwendeten Baustoffe eine ökobilanzielle Bewertung der Gebäude und vereinfacht das Recycling beim Rückbau. Auch Energieverbräuche aus Smart-Metern können in den Pass eingespielt werden. Der digitale Gebäudepass muss dabei einen offenen Datenstandard verwenden, so dass Informationen aus verschiedenen Quellen eingespielt werden können. Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen können entscheiden, mit wem die Daten geteilt werden, beispielsweise mit Energieberatern, Architekten und Architektinnen oder Installateurbetrieben. Umgekehrt werden diese Akteure verpflichtet, relevante Informationen auf dem digitalen Gebäudepass abzugeben.

Kommunale Aktionsstelle für effiziente Wohnraumplanung

Durch eine kommunale Aktionsstelle für effiziente Wohnraumplanung sollen Informationen für verschiedene Akteursgruppen (Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen, Mietende, Wohnbaugesellschaften, Bauträger etc.) zu Wohnungsvermittlung, -tausch, Vermietungsmanagement, rechtlichen Aspekten, baulicher Teilung, Architekturbeispiele, bereitgestellt werden. Übergreifend soll öffentliche Aufmerksamkeit für eine effiziente Nutzung von Wohnraum geschaffen sowie Planungs- und Handlungsunterstützung geleistet werden. Dabei wird angestrebt, durch eine kommunal etablierte Aktionsstelle einen Raum für die Vernetzung relevanter Akteure zu ermöglichen: Wohnungsgesellschaften, Bauträger, Zivilgesellschaft, Mietervereine, Bauleitplanung etc. Darüber hinaus sollen von der kommunalen Aktionsstelle sinnvolle unterstützende Maßnahmen für eine effektive Gebäudenutzung identifiziert werden. Auf lokaler Ebene impliziert dies beispielsweise eine organisatorische und finanzielle Förderung von freiwilligen Umzügen, die Übernahme „doppelter“ Mieten sowie die Zahlung einer Umzugsprämie. Darüber hinaus könnte eine Prüfung weiterer (bundespolitischer) möglicher Maßnahmen erfolgen, wie beispielsweise die Förderung baulicher Teilung von Einfamilienhäusern und modularen bzw. flexiblen Bauens. Zudem könnte geprüft werden, inwiefern

Unterbelegungsabgaben in Anlehnung an existierende Erfahrungen, wie beispielsweise in der Schweiz, ermöglicht werden können.

Insgesamt bestehen für die Einrichtung von kommunalen Aktionsstellen für effiziente Wohnraumplanung zahlreiche Detailfragen, die hinsichtlich Kompetenz- und Zuständigkeitsbereiches zu klären sind. Auch für mögliche Förderungen hinsichtlich der Verkleinerungen von Wohnfläche bestehen große Ausgestaltungs- und Abgrenzungsfragen (Tatbestände, ab wann eine Förderung greift, Ausschlusskriterien, räumliche Distanz etc.).

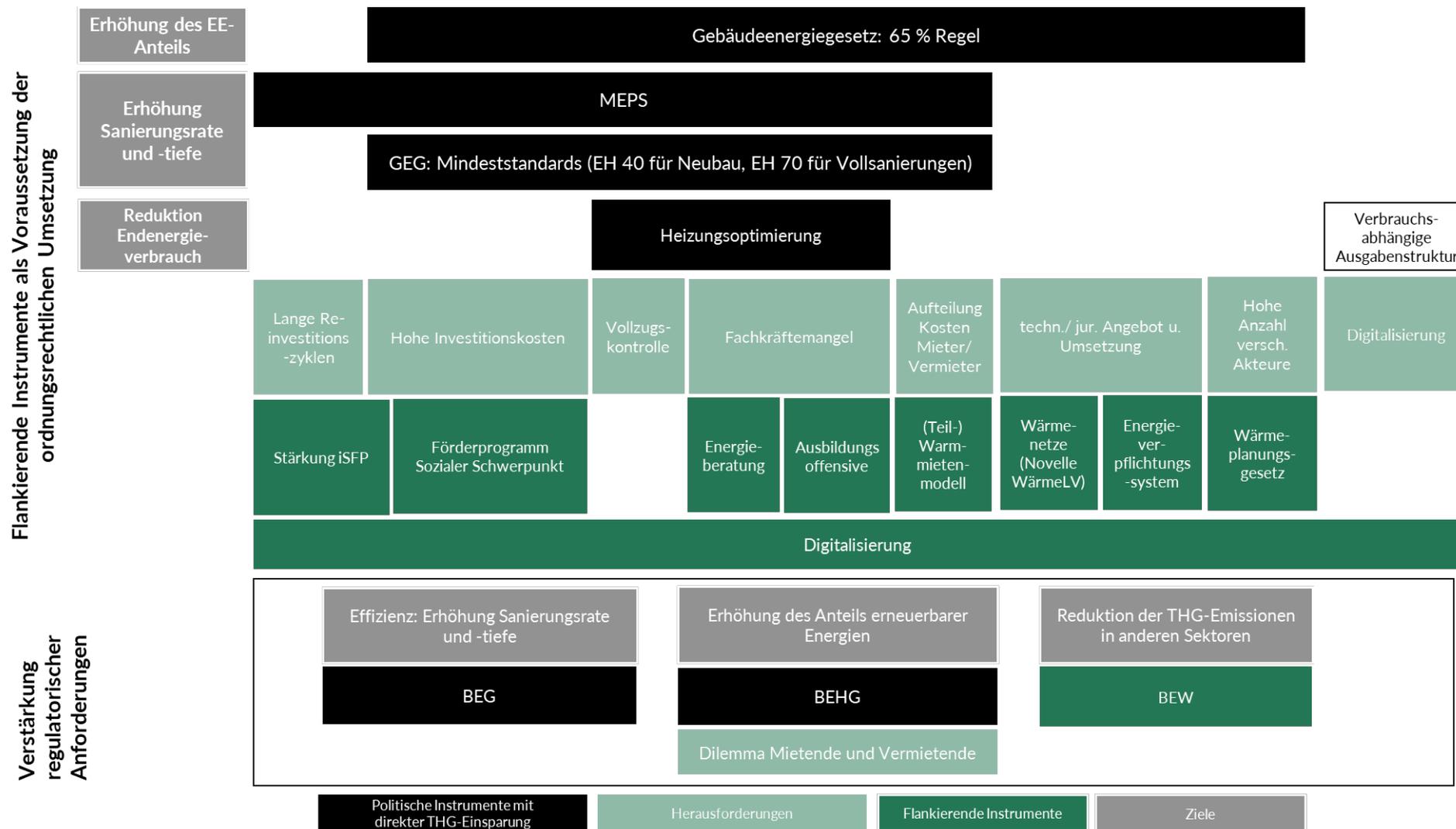
Verflechtung und Abhängigkeiten ordnungsrechtlicher, ökonomischer und flankierender Instrumente

Die ausgewählten Instrumente werden in die Kategorien ordnungsrechtlich, ökonomisch und flankierend unterschieden. Dabei wirken die ordnungsrechtlichen und ökonomischen Instrumente unmittelbar auf die THG-Emissionen, während für flankierende Instrumente meist keine Wirkung abgeleitet werden kann. Allerdings sind flankierende Instrumente meist eine Voraussetzung für die Umsetzung und das Gelingen von ordnungsrechtlichen und ökonomischen Instrumenten. Deshalb wurde die Abhängigkeit zwischen der Instrumentenkategorie und den konkreten Instrumenten qualitativ bewertet und in Abbildung 8 dargestellt.

In schwarz sind die ordnungsrechtlichen und ökonomischen Instrumente dargestellt, denen eine direkte THG-Minderung zugeschrieben werden kann. In grau ist die Zieldimension für die Transformation des Gebäudesektors gefärbt. In dunklem grün sind die flankierenden Instrumente dargestellt, in hellem grün die Hemmnisse bzw. Herausforderungen bei der Wirkungsentfaltung der Instrumente mit direkten THG-Minderungen (schwarz).

Die Hemmnisse und Herausforderungen bilden die Verlinkung zwischen den flankierenden und ordnungsrechtlichen Instrumenten. Die ökonomischen Instrumente im Kasten fungieren als Verstärker der regulatorischen Anforderungen.

Abbildung 8
Abhängigkeit ordnungsrechtlicher, ökonomische und flankierender Instrumente



Quelle: Eigene Darstellung

Hemmnisse bei der Umsetzung der Instrumente

Politische Instrumente wie Förderprogramme, Gesetze und Verordnungen sollen den Umbau des Gebäudesektors hin zu energieeffizienten und klimafreundlichen Lösungen unterstützen. Jedoch können Umsetzungs- und Wirkhemmnisse den Erfolg dieser Instrumente beeinträchtigen. Umsetzungs- und Wirkhemmnisse können beispielsweise bürokratische Hürden, fehlende Finanzierungsmöglichkeiten oder mangelnde Akzeptanz bei den Gebäudeeigentümern und Gebäudeeigentümerinnen sein. Diese Hindernisse erschweren die Umsetzung und den schnellen Fortschritt der Energiewende im Gebäudesektor. Wirkhemmnisse hingegen können auftreten, wenn die umgesetzten Instrumente nicht die gewünschten Effekte erzielen. Beispielsweise könnten energetische Sanierungen durch Rebound-Effekte oder unzureichende technische Ausführung nicht die erhofften Energieeinsparungen bringen. Die Betrachtung von Umsetzungs- und Wirkhemmnissen hilft mögliche Schwachstellen bei der Implementierung und dem Monitoring von Instrumenten zu identifizieren und geeignete Lösungsansätze zu entwickeln.

Im Folgenden werden Umsetzungs- und Wirkhemmnisse der betrachteten Instrumente anhand der Kategorien regulatorisch/politisch, organisatorisch/planerisch, technisch, sozial und marktbezogen, ökonomisch sowie psychologisch dargestellt. Der Fokus der nachfolgenden Tabellen liegt hierbei auf den Hauptinstrumenten der Wärmewende: 65 %-Regel, BEHG, BEG sowie der kommunalen Wärmeplanung.

Tabelle 6
Hemmnisse bei der Umsetzung und Wirkung der 65 %-Regel im Gebäudeenergiegesetz

Kategorie	Hemmnis
Regulatorisch/ politisch	Vollzugskontrolle; Verfügbarkeit von Fördermitteln; bürokratischer Aufwand bei der Beantragung von Fördermitteln
Organisatorisch/ planerisch	Abhängig vom Ergebnis der lokalen kommunalen Wärmeplanung; Komplexität bei der Umsetzung durch Abhängigkeiten bei Ausnahmen (Ausweisung Wasserstoffnetzausbaubereich in kommunaler Wärmeplanung, Beschluss zur Umstellung der Netzinfrastruktur, Umgang mit Nacherfüllung der Pflicht bei Änderungen in Planungen/Umsetzung von Wasserstoffnetzen)
Technisch	Umgang mit unsicheren Fällen hinsichtlich technischer Wärmelösung; beschleunigter Ausbau erneuerbarer Stromerzeugung sowie von Stromnetzen notwendig; Verbesserung baulicher Wärmeschutz für die Effizienz erneuerbarer Wärmeerzeuger von Vorteil
Sozial/Markt	Bei realisierter Ausgestaltung Fragen hinsichtlich Verbraucherschutzes (Lock-in-Effekte, Stranded Assets durch „renewable ready Gaskessel“; Planungssicherheit bei Wasserstoffnetzausbaubereichen); Fachkräftemangel; ggf. Entstehen sozialer Härten, Vermieter-Mieter-Dilemma; Präferenzen bei Teilen der SHK-Betriebe für fossile Wärmeversorgungs-technologien; Fehlende, flächendeckende Erfahrungswerte beim SHK-Handwerk; lange Lieferzeiten
Ökonomisch	Hohe Investitionskosten; unsichere Preisentwicklung (Erdgas, Strom); Strompreisentwicklung möglicherweise unvorteilhaft gegenüber fossilen Alternativen (u. a. abhängig von Zunahme des CO ₂ -Preises)
Psychologisch	„Akzeptanz“ von „Pflichten“; subjektive Unsicherheit bzgl. Technologien, Preisentwicklung

Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 7

Hemmnisse bei der Umsetzung und Wirkung des Brennstoffemissionshandelsgesetz

Kategorie	Hemmnis
Regulatorisch/ politisch	Unsicherheit bzgl. perspektivischer Entwicklung des CO ₂ -Preises bzw. des politischen Einflusses (zum Beispiel Jahr 2023: Erhöhung des CO ₂ -Preises krisenbedingt ausgesetzt sowie Implementierung Energie- und Gaspreisbremse); ein steigender Preispfad nach 2026 ist gesetzlich nicht implementiert; Eigentümer und Eigentümerinnen können die Wirkung über 25 Jahre nicht vorhersehen und schwer berücksichtigen
Organisatorisch/ planerisch	Unklare Gestaltung des Übergangs von nEHS zu ETS2 und des resultierenden Preispfades
Technisch	
Sozial/Markt	Hohe Energiepreise weisen eine regressive Verteilungswirkung auf, d.h. einkommensschwache Haushalte werden besonders stark belastet
Ökonomisch	Hohe Investitionskosten für erneuerbare Wärmeerzeuger; unsichere Preisentwicklung (Erdgas, Strom); ggf. Strompreisentwicklung unvorteilhaft gegenüber fossilen Alternativen
Psychologisch	Unzureichendes Wissen in der Bevölkerung über Funktionsweise und langfristige Auswirkungen des CO ₂ -Preises; ggf. zu erwartende Verringerung der Unterstützung der Bevölkerung bei stark ansteigenden Preisen ohne sozialverträgliche und als fair wahrgenommene Ausgleichsmechanismen

Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 8

Hemmnisse bei der Umsetzung und Wirkung der Bundesförderung effiziente Gebäude

Kategorie	Hemmnis
Regulatorisch/ politisch	Hohe fiskalische Kosten bei gleichzeitig begrenztem Bundeshaushalt; Wirkung abhängig von der Höhe der bereitgestellten Mittel und der Fördersätze
Organisatorisch/ planerisch	Komplexe und aufwändige Antragsstellung; lange Prüf- und Bearbeitungszeiten; über die Jahre schwankende Fördersätze
Technisch	
Sozial/Markt	Fachkräftemangel; grundsätzliche Fragen bzgl. der Verteilungswirkung (durch geänderte Förderkonditionen zusätzliche Förderung für einkommensschwache Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen); Vermieter-Dilemma
Ökonomisch	Verringerung der Fördersätze reduziert Profitabilität von Investitionen in Sanierung
Psychologisch	Ggf. unbeabsichtigte Incentivierung einer „Abwartehaltung“ hinsichtlich einer möglichen weiteren Bereitstellung von Fördermitteln (betrifft alle investitionsrelevanten Aspekte der Energiewende); Unsicherheit durch kurz- und mittelfristige Änderungen in den Förderbedingungen und -voraussetzungen

Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 9
Hemmnisse bei der Umsetzung und Wirkung der kommunalen Wärmeplanung

Kategorie	Hemmnis
Regulatorisch/ politisch	Hinderliche Regelungen zur kostenoptimalen Verdichtung von ausgewiesenen Fernwärmegebieten ohne Anschlusszwang (WärmeLV, BGB); Fehlende Regulatorik für Rückbau von Gasverteilnetzen
Organisatorisch/ planerisch	Unterschiedliche Begriffsverständnisse; Differenzen hinsichtlich des Umfangs der Wärmepläne, welche Handlungsfelder werden betrachtet; einmaliger Plan oder reziproker Prozess, wie kann systematisches Lernen unter Kommunen sichergestellt werden; Wärmeplanung als Grundlage für Transformationsprozess ausreichend? Management des Transformationsprozesses insb. nach Erstellung des Wärmeplans zentral; Ausweisung von H ₂ -Ausbaugebieten kann zu „gefangenen Kunden und Kundinnen“ führen
Technisch	Praktische Implikationen einer räumlich gebietscharfen Darstellung; Datenverfügbarkeit
Sozial/Markt	Fachkräftemangel auf Seiten Planungsbüros und Kommunen; Kollaboration und Kooperation zwischen relevanten Akteuren notwendig: z. B. Planung/Koordination durch Kommunen, Umsetzung durch Stadtwerke; Förderung gesellschaftlicher Trägerschaft relevant – Wärmeplanung bedarf Partizipationsstrukturen
Ökonomisch	Je später die kommunalen Wärmepläne veröffentlicht werden, ggf. mehr Lock-in-Effekte und stranded assets bei Haushalten, die Heiztechnologie aufgrund von Defekten wechseln müssen; Erstellung/Beauftragung/Betreuung belastet kommunalen Haushalt
Psychologisch	Know-How in Kommunen; unzureichende Transparenz/Einbindung von Bürgern und Bürgerinnen; fehlendes Wissen über sinnvolle Zeitpunkte und Umfang von Partizipationsmaßnahmen sowie Ressourcenknappheit in Kommunen

Quelle: Eigene Darstellung

Reduktionspfad und Instrumente zur Erreichung der Ziele des KSG

In diesem Kapitel erfolgt zunächst die Darstellung des Handlungsbedarfs zur Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestands (nach KSG 2021) aus Sicht des gesamten Energiesystems, die mit dem Energiesystemmodell REMod gerechnet wurden. Das Ergebnis entspricht einem kostenoptimalen Zielpfad zur Erreichung der CO₂-Neutralität. Anschließend erfolgt die quantitative Bewertung der Instrumente, getrennt nach Referenzszenario und Zielszenarien. Dabei werden die Ergebnisse der simulationsbasierten Bewertung von mehreren Instrumenten im Bündel und die Einzelbewertung der Instrumente dargestellt.

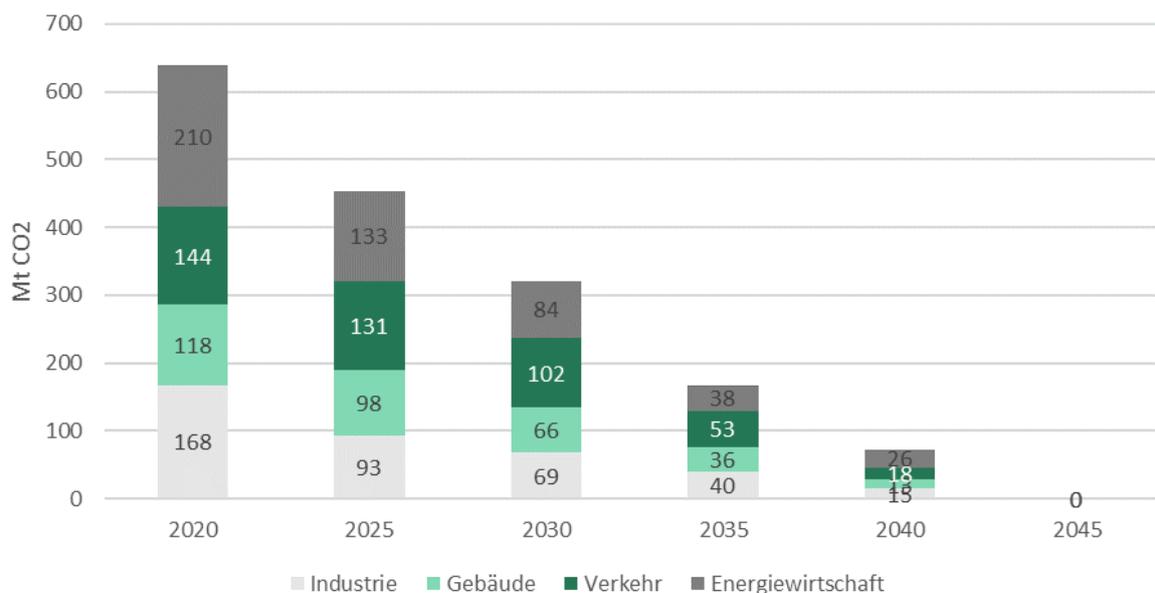
Sektorübergreifende Analyse zur Erreichung eines klimaneutralen Energiesystems

Das Modell REMod berechnet unter kostenminimierenden Gesichtspunkten die Transformation des Energiesystems unter Einhaltung eines CO₂-Budgets von 7,7 Mio. CO₂⁶ in den Jahren 2020 bis 2045 sowie unter Einhaltung der sektorübergreifenden Zielwerte des KSG 2021 für die Jahre 2030 (-65 %), 2040 (-88 %) und 2045 (-100 %) im Vergleich zum Jahr 1990. Hierbei werden die Sektoren Energiewirtschaft, Industrie, Gebäude und Verkehr integriert betrachtet. Die sektorspezifischen jährlich zulässigen Emissionsmengen laut KSG werden hingegen nicht als Randbedingung in der Modellierung betrachtet.

Entwicklung des Endenergieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen

Abbildung 9 stellt die Entwicklung der energiebedingten Emissionen in den Sektoren Energiewirtschaft, Verkehr, Industrie und Gebäude dar.

Abbildung 9
Entwicklung der CO₂-Emissionen nach KSG-Sektoren



Quelle: Eigene Darstellung

⁶ Das angenommene CO₂-Budgets ist bereits um die nicht-energiebedingten Emissionen des Landwirtschaftssektors und des Sektors LULUCF bereinigt.

Im Jahr 2030 erfüllen alle Sektoren mit Ausnahme des Verkehrssektors das sektorspezifische Ziel im KSG, der Energiewirtschafts- und der Industriesektor tragen den größten Beitrag zur Kompensation der Zielüberschreitung im Verkehrssektor bei.

Abbildung 10 zeigt hingegen die im Zielpfad resultierende Entwicklung der CO₂-Emissionen im Gebäudesektor im Zeitraum 2020 bis 2045. Im Jahr 2030 wird der sektorspezifische Zielpfad gemäß Bundes-Klimaschutzgesetz etwa eingehalten, obwohl in der Modellierung keine sektorspezifischen Zielwerte vorgegeben wurden. Die Modellergebnisse legen nahe, dass es aus Sicht des Gesamtsystems günstiger ist, die CO₂-Emissionen im Gebäudesektor zu reduzieren. Dies liegt vor allem in einer starken Dekarbonisierung der Gebäudewärme durch Wärmepumpen begründet, die sich derzeit jedoch noch nicht in diesem Umfang real abzeichnet, sich aus Gesamtsystemperspektive jedoch ökonomisch als vorteilhaft erweisen.

Für das Jahr 2020 sind die Werte des Umweltbundesamtes dargestellt, für die Folgejahre die Ergebnisse des Energiesystemmodells REMod. Dargestellt sind nur die CO₂-Emissionen, die jedoch im Jahr 2020 einen Anteil von 88 % an den gesamten THG-Emissionen hatten (vgl. Umweltbundesamt 2023).

Abbildung 10
Treibhausgasemissionen im Zielpfad im Gebäudesektor im Zeitraum 2020 bis 2045



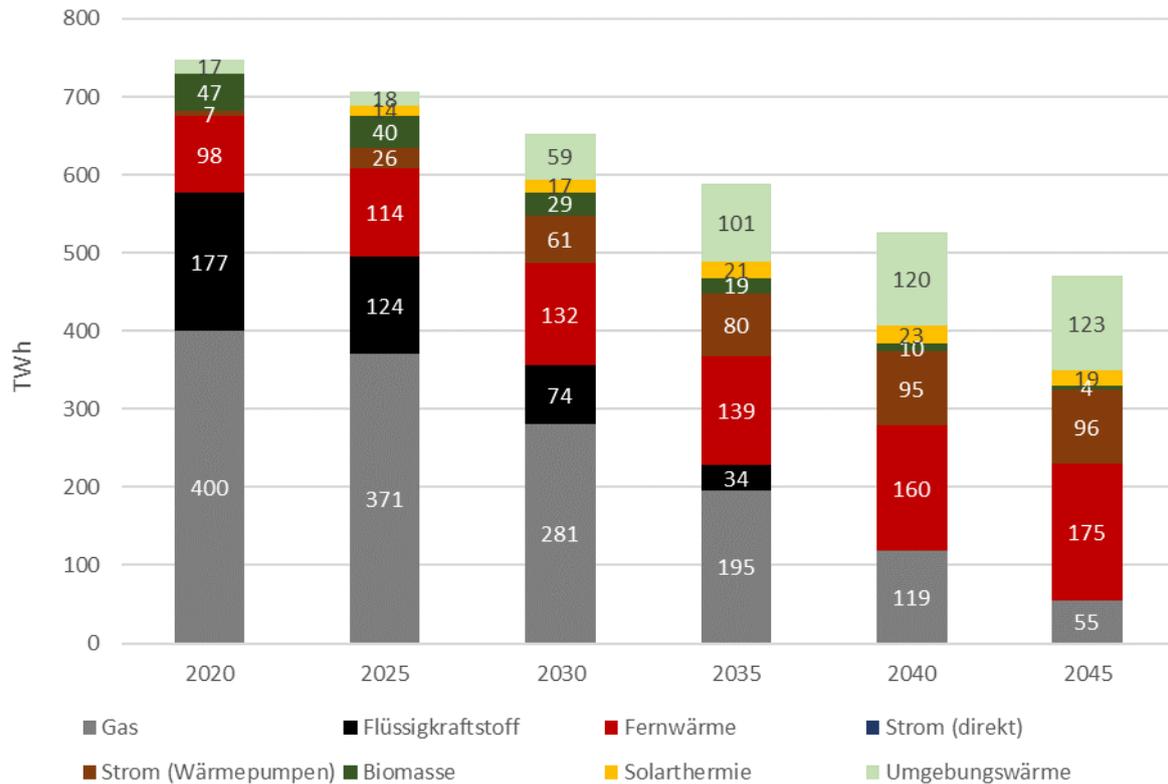
Quelle: Eigene Darstellung

Dargestellt sind die THG-Emissionen. Für das Jahr 2020 sind die Werte des Umweltbundesamtes dargestellt, für die Folgejahre die Ergebnisse des Energiesystemmodells REMod. Zudem sind die angepassten KSG-Ziele gemäß Ausgleichsmechanismus für die Jahre 2025 und 2030 als Vergleichsgröße dargestellt. Die Verfehlung der Zielwerte und die gleichmäßige Anrechnung bis zum nächsten Zieljahr wurde hierbei nicht durchgeführt.

Abbildung 11 zeigt den Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser im Gebäudesektor im Zeitraum 2020 bis 2045. Bis zum Jahr 2030 zeigt sich gegenüber 2020 eine Reduktion des Endenergieverbrauchs um 9 % auf rund 653 TWh und bis zum Jahr 2045 um 37 % auf rund 472 TWh. Die Reduktion des Endenergieverbrauchs ist dabei zum einen auf eine moderate Sanierungsrate und Sanierungstiefe zurückzuführen und zum anderen auf eine Substitution der Heizsysteme (siehe Abbildung 12 und den damit verbundenen Energieträgern).

Während aktuell Erdgas und Heizöl (Flüssigkraftstoff) dominierende Energieträger sind, werden diese durch Strom und Umweltwärme sowie Fernwärme substituiert. Heizöl spielt bereits ab 2035 keine Rolle mehr.

Abbildung 11
Endenergieverbrauch im Zielpfad im Gebäudesektor im Zeitraum 2020 und 2045



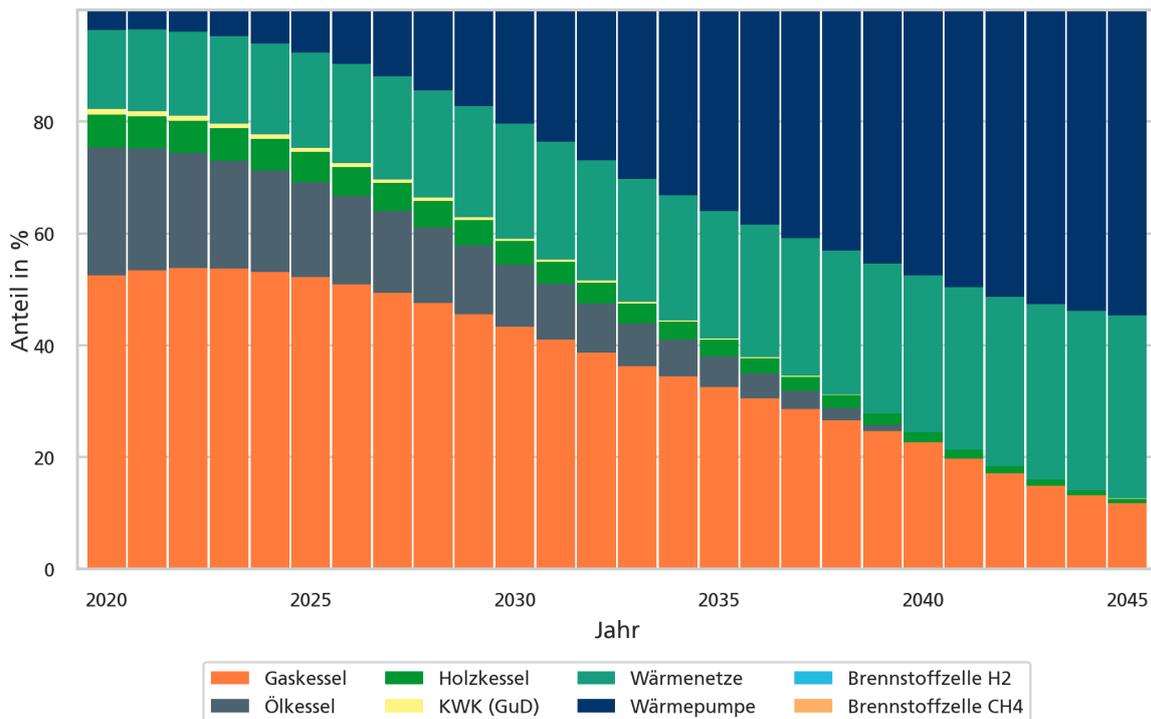
Quelle: Eigene Darstellung

Umweltwärme enthält ausschließlich die Umweltwärme der lokalen Wärmepumpen nicht der Fernwärme.

Entwicklung der installierten Wärmeversorgungstechnologien

Abbildung 12 stellt die Entwicklung des Heizsystembestands im Zielszenario dar. Die Substitution der heute am meisten verbreiteten Heizsysteme Gas- und Ölkessel ist deutlich. Wärmepumpen machen im Jahr 2045 mit rund 55 % den größten Teil der Heizsysteme aus, Fernwärme 33 %. Holzkessel werden nahezu vollständig substituiert. Gaskessel verbleiben mit ca. 12 %, während Ölkessel bereits ab 2035 Anteile geringer 5 % an den verbauten Heizsystemen haben.

Abbildung 12
Entwicklung des Heizsystembestands im Zielpfad im Zeitraum 2020 bis 2045



Quelle: Eigene Darstellung

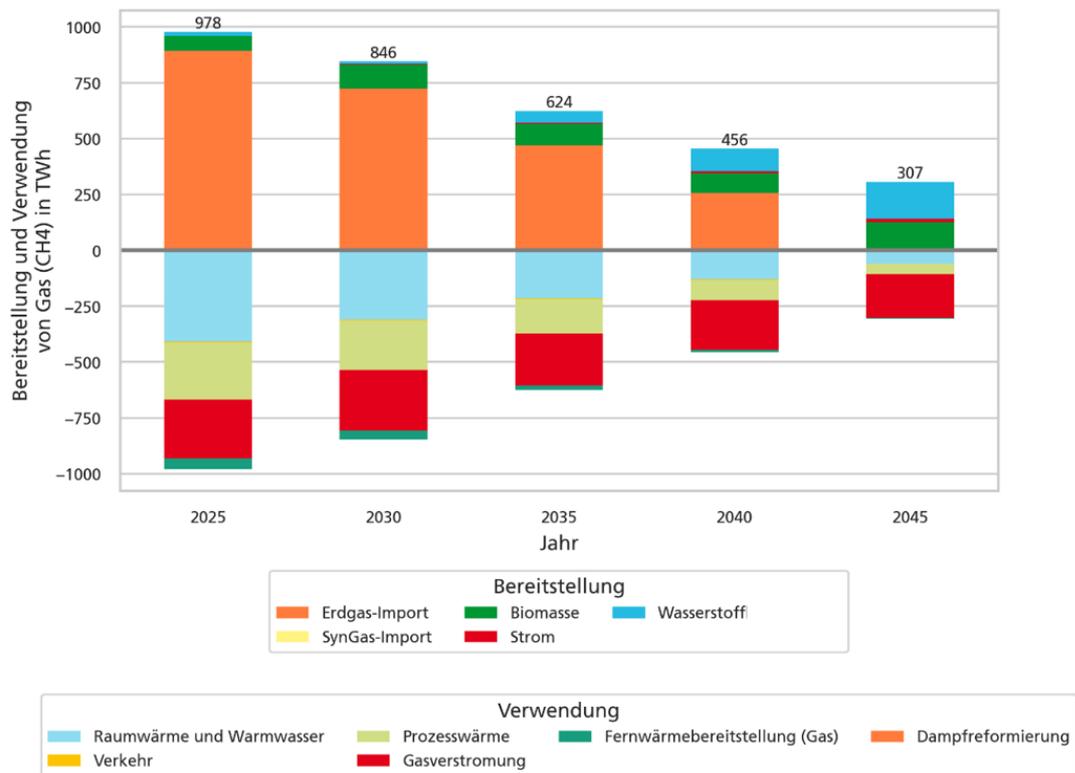
Entwicklung der Verwendung und Bereitstellung von Fernwärme, Gas und flüssigen Kraftstoffen

Die Verwendung von Gas⁷ als Energieträger reduziert sich im Gesamtsystem um ca. 70 % im Jahr 2045 gegenüber heute deutlich, wie in Abbildung 13 dargestellt. Auch im Gebäudesektor nehmen gasförmige Energieträger um 86 % ab. Gleiches gilt für den Industriesektor. Die verbleibende Gasverwendung im Jahr 2045 wird mit dem Mix aus Biogas und Wasserstoff bereitgestellt, sodass fossiles Erdgas vollständig substituiert wird.

Abbildung 14 zeigt die Bereitstellung und die Verwendung von Fernwärme. Die Fernwärmennutzung steigt bis 2045 auf etwa den doppelten Wert der heutigen Nutzung. Der Anstieg ist insbesondere auf den Technologiewechsel im Gebäudesektor zurückzuführen. Ein leichter Anstieg ist zudem im Industriesektor sichtbar. Die Verwendung von gasförmigen Energieträgern nimmt bis zum Jahr 2045 um etwa 65 % ab. Der Gasmix ändert sich dabei gemäß der Entwicklung in Abbildung 13. Die Hauptbereitstellung der Fernwärme erfolgt zunehmend größtenteils durch Großwärmepumpen (Strom und Umweltwärme). Auch Solar- und Geothermie stellen geringe Anteile der Fernwärme bereit.

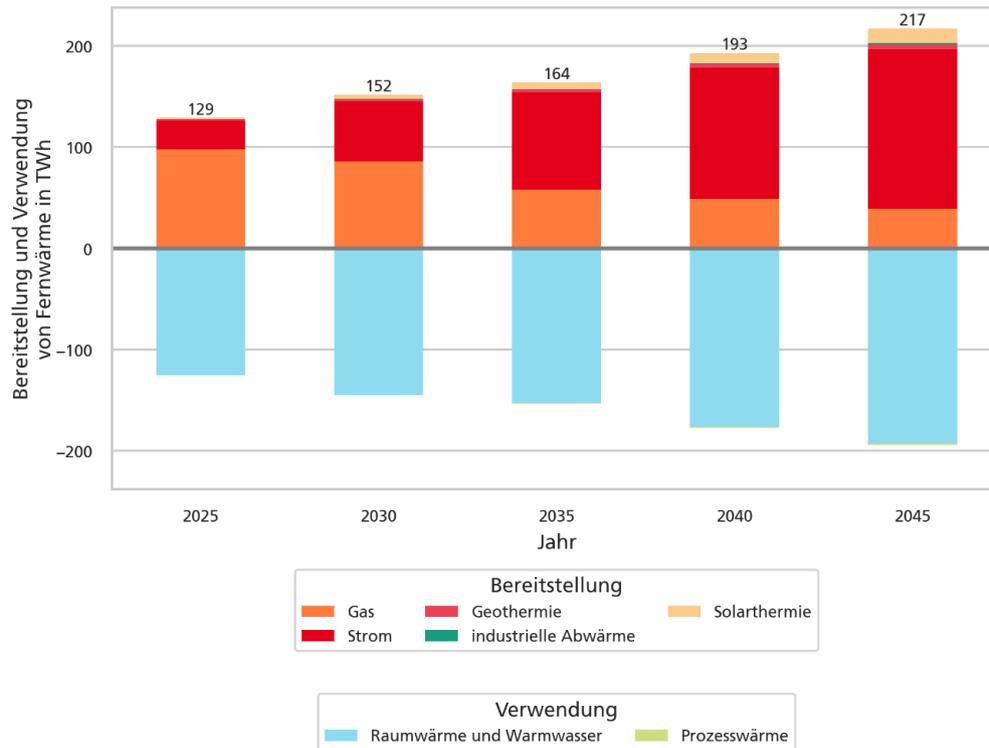
⁷ Gas bezieht sich im Folgenden auf den Mix an gasförmigen Energieträgern. Abbildung 13 zeigt den Mix im Verlauf der Transformation. Während der Gasmix derzeit vorrangig auf fossilem Erdgas beruht, ändert sich dieser Mix zu erneuerbarem Gas, was sich aus synthetischem Gas wie Wasserstoff oder Biogas zusammensetzt.

Abbildung 13
Bereitstellung und Verwendung von Gas im Zielpfad im Zeitraum 2025 bis 2045



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 14
Bereitstellung und Verwendung von Fernwärme im Zielpfad im Zeitraum 2025 bis 2045



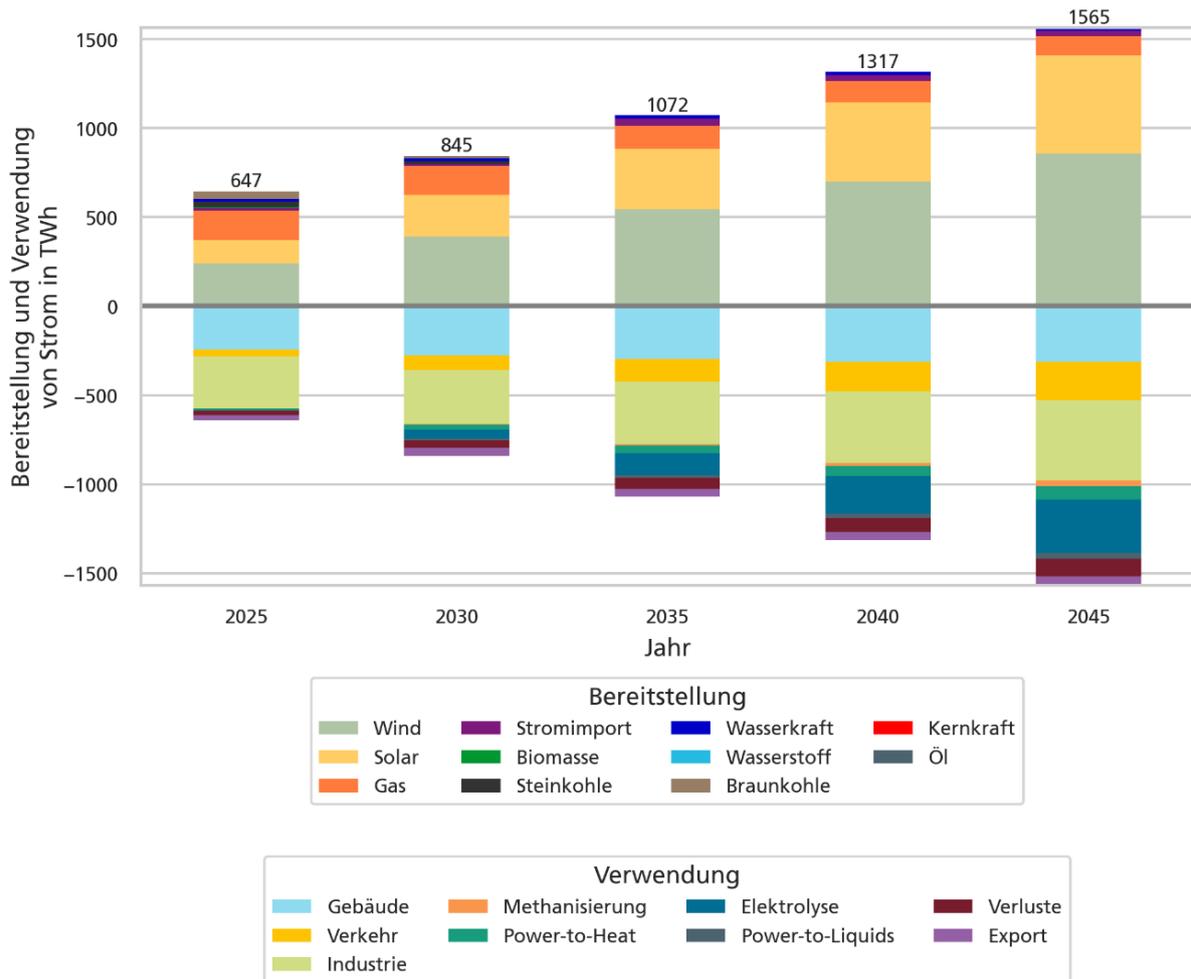
Quelle: Eigene Darstellung

Die Strombereitstellung erfolgt zunehmend auf Basis erneuerbarer Energieträger, wie Abbildung 15 zeigt. Wind und Solarenergie stellen hierbei die Hauptenergieträger dar. Die Strombereitstellung und Verwendung in den Sektoren Gebäude, Industrie und Verkehr zeigt eine Verdreifachung im Jahr 2045 gegenüber den heutigen Werten. Hier zeigt sich die zunehmende Elektrifizierung in den Sektoren.

- Im Gebäudesektor liegt der aktuelle Elektrifizierungsgrad für die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser bei unter 1 % und steigt bis 2045 auf 17 %
- Im Industriesektor liegt der Elektrifizierungsgrad bei 38 % heute und steigt auf 74 % in 2045
- Im Verkehrssektor steigt der heutige Elektrifizierungsgrad von 1,9 % auf 69 %

Hierfür findet ein massiver Zubau an erneuerbaren Energietechnologien statt. Die Photovoltaik Kapazität im Jahr 2045 beträgt 530 GW, Wind 300 GW. Während Kohlekraftwerke vollständig substituiert werden, findet ein Ausbau an Zubau an Gaskraftwerken, Speichern und Sektorenkopplungstechnologien wie der Elektrolyse statt, die einen Ausgleich zwischen Erzeugung und Verbrauch sicherstellen können. Neben der heimischen Erzeugung von Wasserstoff werden im Jahr 2045 etwa 385 TWh synthetische Energieträger (Wasserstoff und flüssige synthetische Energieträger) importiert.

Abbildung 15
Bereitstellung und Verwendung von Strom im Zielpfad im Zeitraum 2025 bis 2045



Quelle: Eigene Darstellung

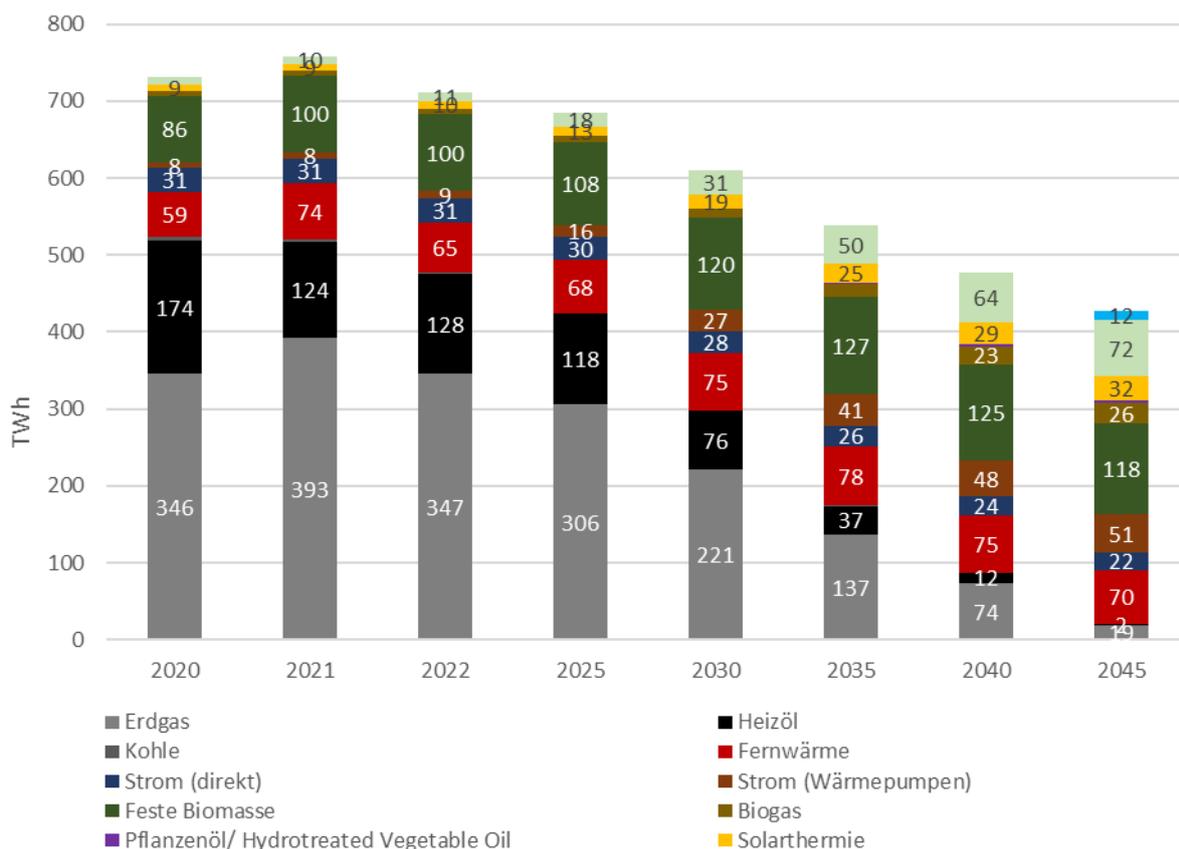
Reduktionspfad im Referenzszenario

Im vorherigen Kapitel wurde mit dem Modell REMod untersucht, welcher Transformationspfad des Gebäudebestands sektorübergreifend für das Gesamtsystem kostenoptimal ist. In diesem Kapitel wird der Gebäudesektor näher beleuchtet, indem zum einen das hochaufgelöste Bottom-up-Modell Invert/ee-Lab zum Einsatz kommt, mit dem die Entwicklungen nachgebildet werden, um detailliertere Rückschlüsse für den Transformationspfad ziehen zu können. Zum anderen erfolgt eine Einzelbewertung der politischen Instrumente mit dem Wirkmodell Politikinstrumente (WIRPOL).

Entwicklung des Endenergieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor

Abbildung 16 zeigt die Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Referenzszenario. Wie zuvor beschrieben, umfasst die Abbildung nur den Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser. Bis zum Jahr 2022 sind statistische Verbräuche dargestellt, die Projektion beginnt im Jahr 2023.

Abbildung 16
Endenergieverbrauchs im Referenzszenario im Zeitraum 2020 bis 2045



Quelle: Eigene Darstellung, Werte bis 2022 basierend auf AGEB-Anwendungsbilanzen und BMWK-Energiedaten (Stand November 2023)

Der Endenergieverbrauch reduziert sich ausgehend von 2020 um etwa 16 % bis 2030 und um 41 % bis 2045. Der Endenergieverbrauch von Erdgas reduziert sich durch die 65 %-Erneuerbare-Energien-Regel der GEG-Novelle bis 2030 um rund 26 % auf 220 TWh. Im Jahr 2045 verbleiben jedoch noch rund 30 TWh, die durch alternative Brennstoffe ersetzt werden müssen. Der Endenergieverbrauch von Heizöl reduziert sich bis 2030 um 56 % auf 76 TWh. Im Jahr 2045 verbleiben nur rund 2 TWh.

Zur Erfüllung der 65 % Regel im GEG können auch nach 2024 noch Öl- und Gaskessel installiert werden. In ausgewiesenen Wasserstoff-Ausbaugebieten kann Erdgas sogar bis spätestens 2045 eingesetzt werden. Kessel, die zwischen 2024 und 2028 (vor der Gültigkeit von Wärmeplänen) installiert werden, müssen jedoch

ab 2029 anteilig erneuerbare Energien nutzen. Es wird angenommen, dass in Gaskesseln ausschließlich Biogas verwendet wird, in Heizölkesseln werden Pflanzenöle bzw. Hydrotreated Vegetable Oils eingesetzt. In Abbildung 16 ist der Zuwachs dieser Energieträger ab 2030 sichtbar.

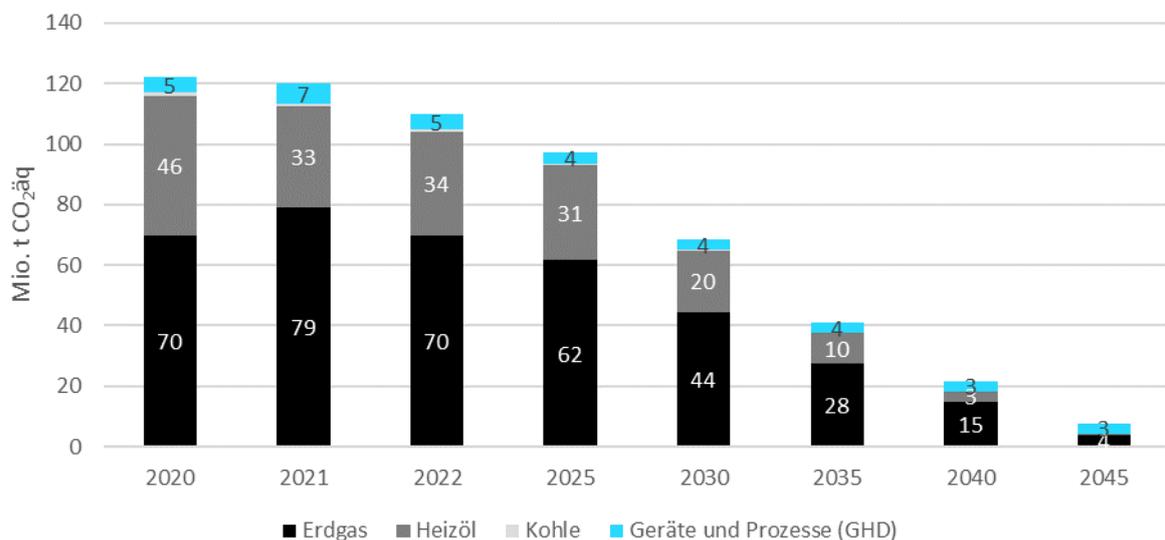
Die Nutzung von Fernwärme steigt ausgehend von 2020 bis 2030 um 27 % auf 75 TWh, der Verbrauch von Biomasse steigt um 39 % auf 120 TWh. Eine deutliche Steigerung ist auch bei Wärmepumpen-Strom zu beobachten. Bis 2030 steigt der Verbrauch, ausgehend von 2020, um ein Vielfaches an, bis 2045 erhöht sich die Nutzung um dem Faktor 6.

Der Anteil erneuerbarer Energien steigt bis 2030 insgesamt auf 30 %, inklusive anteiliger Nutzung in den Gas- und Ölkesseln.

Abbildung 17 zeigt daneben die Entwicklung der THG-Emissionen im Referenzszenario. Die THG-Emissionen des Gebäudesektors umfassen nach KSG weitere Emissionen aus der Verbrennung von Brennstoffen, die nach der Anwendungsbilanz der Energiebilanz dem Prozesswärmebereich im GHD-Sektor bzw. im Falle von mobilen Quellen dem Bereich Militär und damit dem Verkehrssektor zugeordnet sind. Durch Geräte und Prozesse resultieren im Jahr 2030 rund 4 Mio. t CO₂äq. (vgl. Schultz et al. 2024).

Im Referenzszenario sinken die THG-Emissionen für Raumwärme und Warmwasser bis 2030 auf 65 Mio. t CO₂äq. Unter Berücksichtigung der THG-Emissionen für Geräte und Prozesse wird im Referenzszenario das Ziel von 66 Mio. t CO₂äq im Jahr 2030 verfehlt. Durch die Nutzung von Wasserstoff in den Ausbaugebieten, sinken die THG-Emissionen bis 2045 auf rund 7 Mio. t CO₂äq.

Abbildung 17
Treibhausgasemissionen im Referenzszenario von 2020 bis 2045



Quelle: Eigene Darstellung

Wie zuvor beschrieben, wurde im Referenzszenario angenommen, dass 10 % der Gebäude in einem H₂-Ausbaugelände liegen. Zusätzlich wurde berechnet, wie sich der Endenergieverbrauch und die THG-Emissionen entwickeln, wenn stattdessen 25 % der Gebäude in H₂-Ausbaugeländen liegen. Dadurch, dass mehr Gebäude länger mit Erdgas versorgt werden können, erhöht sich im Vergleich zu Abbildung 16 der Endenergieverbrauch auf 615 TWh im Jahr 2030 und die Nutzung von Erdgas auf 214 TWh. Durch die längere Nutzung von Erdgas erfolgen weniger Neuanlagen von neuen, effizienteren Wärmeversorgungssystemen, insbesondere Wärmepumpen. Zudem verbleiben im Jahr 2030 mehr THG-Emissionen, diese sind mit ca. 66 Mio. t CO₂äq (für Raumwärme und Warmwasser) um ca. 1 Mio. t höher als im Referenzszenario. Je mehr Gebäude also in Zukunft möglicherweise an ein Wasserstoffnetz angeschlossen

werden, desto mehr THG-Emissionen resultieren für den Gebäudesektor. Die Gebäude in den ausgewiesenen Gebieten können potenziell bis 2045 mit Erdgas versorgt werden.

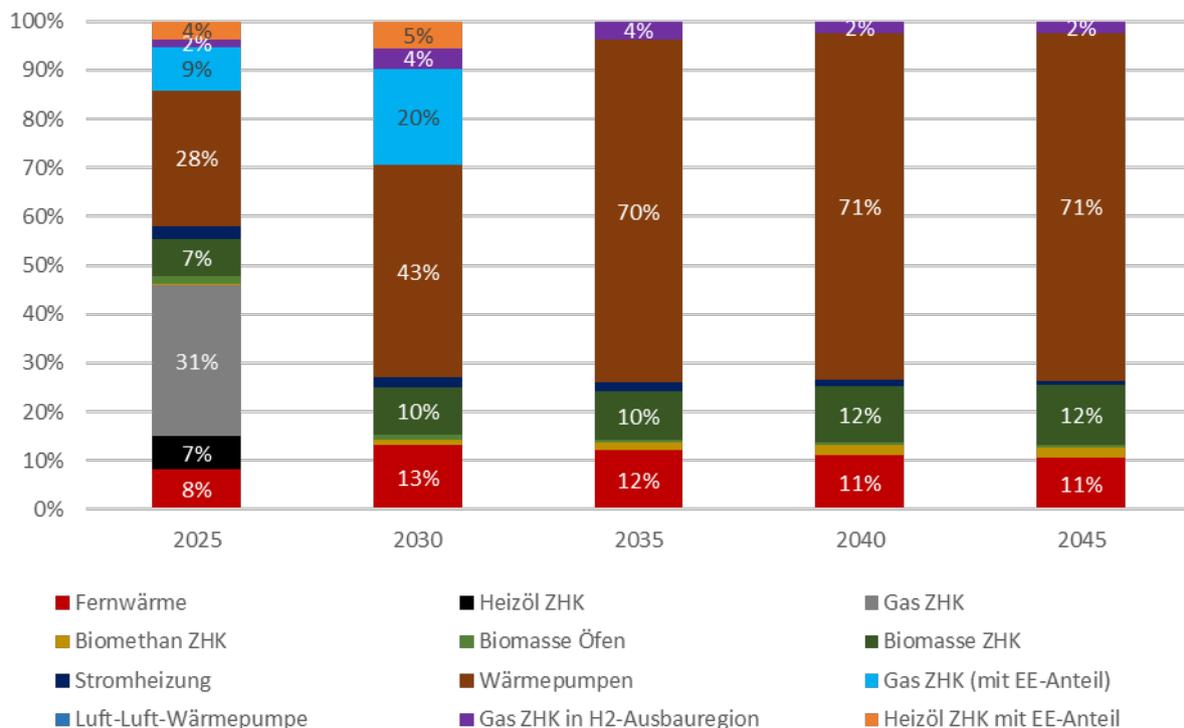
Entwicklung der installierten Wärmeversorgungstechnologien und der Sanierungsrate

Abbildung 18 zeigt die Marktanteile der neu installierten Wärmeversorgungssysteme. Abgebildet sind jeweils die mittleren jährlichen Installationszahlen über einen Zeitraum von fünf Jahren. Der Zubau von Wärmepumpen steigt kontinuierlich über den gesamten Simulationszeitraum. Der Anteil der Biomasseheizungen (Biomasse ZHK) ist über den Simulationszeitraum konstant. Der Anteil von Fernwärme am Zubau steigt von 2025 bis 2030 wegen des angereizten Netzausbaus im GEG und Wärmeplanungsgesetz (WPG) an und verbleibt anschließend auf gleichbleibendem Niveau.

Eine kleine Rolle spielen Stromheizungen und Luft-Luft-Wärmepumpen, die bis 2030 aber nur einen Marktanteil von 2,3 % haben.

Die Abbildung unterscheidet zudem die verschiedenen Erfüllungsoptionen bzgl. Gas- und Ölkessel ab 2024. Gas- und Heizöl-Zentralheizkessel (ZHK) dürfen ab 2024 zwar noch installiert werden, jedoch nur mit anteiliger Nutzung erneuerbarer Energien (EE-Anteil) ab 2029 bzw. in den ausgewiesenen H2-Ausbauregionen. Im Modell wird deshalb in drei verschiedene mit Gas betriebene zentrale Heizkessel (ZHK) und zwei verschiedene Heizöl ZHK unterschieden. Rein fossile Gas- und Heizölkessel dürfen ab 2024 nicht mehr installiert werden. Von 2024 bis 2028 dürfen zwar weiter Gas- und Heizölkessel verbaut werden, für die aber später Mindestquoten für erneuerbare Brennstoffe gelten.

Abbildung 18
Marktanteile neu installierter Wärmeversorgungssysteme im Referenzszenario im Zeitraum 2025 bis 2045



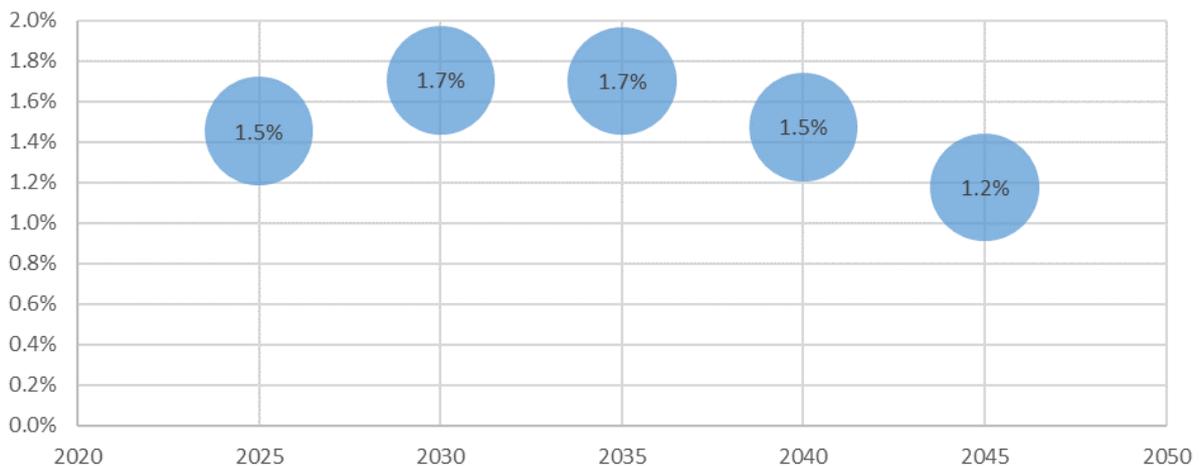
Quelle: Eigene Darstellung

Es werden zudem spätestens ab 2028 Wasserstoff-Ausbauggebiete ausgewiesen. Gaskessel, die in diesen Gebieten installiert werden, dürfen noch bis 2045 Erdgas verwenden. Da der Anteil von H2-Ausbauregionen im Modell auf Grundlage der GIS-Analyse in Abbildung 7 auf 10 % des Gebäudebestands begrenzt ist, erreicht der Marktanteil von Gaskesseln in den H2-Ausbauregionen im Jahr 2030 insgesamt nur 4 %. Gaskessel, die ab 2029 anteilig erneuerbare Energien nutzen müssen (Gas ZHK mit EE-Anteil), erreichen bis 2030

durchschnittlich 20 %. Im Vergleich mit rein fossilen Gas ZHK, die bis 2024 installiert werden können, sinkt damit der Marktanteil. Der Anteil von Heizöl ZHK mit EE-Anteil beträgt rund 4 % bis 2030 und sinkt damit ebenfalls im Vergleich zu rein fossilen Heizöl ZHK.

Abbildung 19 zeigt die energetische Sanierungsrate (Vollsanierungsäquivalente) im Referenzszenario, bezogen auf die Gebäudefläche. Dargestellt ist die über einen Zeitraum von fünf Jahren gemittelte Sanierungsrate. Ausgehend von einer Sanierungsrate von rund 1 % in 2020 steigt die Sanierungsrate auf 1,7 % im Jahr 2030 und sinkt anschließend auf 1,2 % im Jahr 2045.

Abbildung 19
Durchschnittliche Sanierungsrate im Referenzszenario in Fünf-Jahresschritten



Quelle: Eigene Darstellung

Bewertung der Instrumente

Abbildung 20 zeigt die Ergebnisse der qualitativen Wirkungsabschätzung für die Instrumente im Referenzszenario. Zudem sind die durch das Instrument adressierten Akteure zugeordnet. Eine Einschätzung zu den sozialen und gesellschaftlichen Auswirkungen finden sich in den Steckbriefen im Anhang.

Das Gebäudeenergiegesetz, die Bundesförderung für Effiziente Gebäude, das Brennstoffemissionshandelsgesetz, die Steuerliche Förderung und die Vorbildfunktion der Öffentlichen Gebäude führen zu einer höheren Sanierungsaktivität. Das Gebäudeenergiegesetz führt zu einer aufgrund der Nachrüstverpflichtungen z. B. für die obere Geschossdecke (§ 47 GEG) zu einer leichten Steigerung der Sanierungsrate. Zum anderen wird eine mittlere Sanierungstiefe sichergestellt durch Anforderungen an den Mindest-Wärmeschutz von Bauteilen bei Sanierungen (§ 48 GEG). BEG und steuerliche Förderung wirken ebenfalls positiv auf die Sanierungsrate und Sanierungstiefe. Der Vorbildcharakter der Öffentlichen Gebäuden ist aufgrund des geringen Anteils dieses Gebäudesegments eingeschränkt. Weiterhin entsteht auch durch den (langsam) steigenden CO₂-Preis im BEHG und die daraus resultierende Belastung für Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen nur ein geringer Zusatzanreiz zur energetischen Sanierung. Eine Abschätzung bzgl. der erreichten Sanierungstiefe ist nicht möglich. Das Gebäudeenergiegesetz, das Brennstoffemissionshandelsgesetz, die Bundesförderung für effiziente Gebäude, das Wärmeplanungsgesetz und die Vorbildfunktion Öffentlicher Gebäude haben eine Wirkung auf die Art der Wärmeversorgung in Gebäuden. Die Wirkung des GEG auf die Heizungstauschrate wird als gering bewertet, da sich durch Übergangsfristen (§ 71 GEG) kein unmittelbarer Handlungsdruck ergibt, bestehende Heizungen sofort zu ersetzen. Die Erhöhung des Anteils zielkonformer Wärmeversorgung wird dagegen als hoch bewertet. Das BEHG wirkt in mittlerem Maße auf die Heizungstauschrate und den Anteil zielkonformer Wärmeversorgung, da fossile Energien nutzende Technologien bepreist werden.

Abbildung 20
Qualitative Bewertung der Instrumente im Referenzszenario mit adressierten Akteuren

Wirkungsabschätzung	GEG	BEHG	BEG	EnSimiMaV	WPG	Steuerliche Förderung	BEW	Vorbild Öffentliche Gebäude
Steigerung der Sanierungstiefe	Gering	Keine Änderung	Mittel	Keine Änderung	Keine Änderung	Mittel	Keine Änderung	Gering
Steigerung der Sanierungsrate	Mittel	Gering	Mittel	Keine Änderung	Keine Änderung	Mittel	Keine Änderung	Gering
Steigerung Heizungs-austauschrate	Gering	Mittel	Mittel	Keine Änderung	Mittel	Mittel	Keine Änderung	Gering
Erhöhung Anteil zielkonformer Wärmeversorgung	Hoch	Mittel	Mittel	Keine Änderung	Mittel	Mittel	Hoch	Gering
Reduktion spezi fischer Wohnfläche	Keine Änderung	Keine Änderung	Keine Änderung	Keine Änderung	Keine Änderung	Keine Änderung	Keine Änderung	Keine Änderung
Reduktion Endenergieverbrauchs von Neubauten	Hoch	Gering	Keine Änderung	Keine Änderung	Keine Änderung	Keine Änderung	Keine Änderung	Gering
Reduktion des Endenergieverbrauchs (durch Optimierung/ Nutzverhalten)	Gering	Gering	Gering	Mittel	Keine Änderung	Keine Änderung	Negative Wirkung	Keine Änderung
Förderung gesellschaftlicher Teilhabe an Energiewende	Mittel	Keine	Gering	Keine	Mittel	Keine	Mittel	Keine
Verteilungswirkung/-effekt	Keine	Geringfügig	Keine	Geringfügig	Keine	Keine	Keine	Keine
Gesellschaftliche Akzeptanz des Instruments	Gering	Mittel	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch	Mittel
Auswirkungen auf Fachkräftemangel	Verstärkend	Keinen Effekt	Verstärkend	Verstärkend	Verstärkend	Verstärkend	Verstärkend	Keinen Effekt
Adressierte Akteure								
	Mietende	Handwerk	Heizungsindustrie	Energieberatende	Private Eigentümer und Eigentümerinnen	Wohnungs- und Immobilienwirtschaft	Energieversorgung	

Quelle: Eigene Darstellung

Das Preisniveau ist allerdings derzeit noch zu niedrig, um einen großen Effekt zu haben. Die Fördersätze in der BEG, die im Zuge der Novellierung des GEG Ende 2023 ebenfalls aktualisiert wurden, bieten einen starken Anreiz, in erneuerbare Wärmeversorgung zu investieren. Allerdings ist die Nachfrage derzeit noch nicht absehbar, weshalb die Wirkung als mittel eingeschätzt wird.

Eine Reduktion des Endenergieverbrauchs wird durch das Gebäudeenergiegesetz, die Bundesförderung Effiziente Gebäude, das Brennstoffemissionshandelsgesetz, die EnSimiMaV und die Bundesförderung Effiziente Wärmenetze adressiert. Die Reduktion des Endenergieverbrauchs in Neubau und Bestand durch das BEHG wird als gering eingeschätzt, da der CO₂-Preis nur langsam steigt und derzeit auf einem geringen Niveau ist. Die Wirkung der BEG auf den Endenergieverbrauch durch Optimierung des Nutzverhaltens bzw. Optimierung wird ebenfalls als gering eingeschätzt, da dies nur ein kleiner Teil der Förderung ist. Durch die Anforderungen nach § 10 GEG sind Neubauten als Niedrigstenergiegebäude zu errichten, wodurch ein geringer Endenergieverbrauch dieser Gebäude resultiert

Als Ergänzung zur qualitativen Bewertung der Instrumente erfolgt im Folgenden eine quantitative Abschätzung der Wirkung von Einzelinstrumenten auf die THG-Emissionen des Gebäudesektors. Dabei beziehen wir uns nur auf die Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser in Gebäuden – entsprechend der Definition des Sektors im Klimaschutzgesetz. Die Wirkungsabschätzung erfolgt mit dem Wirkmodell Politikinstrumente (WIRPOL).

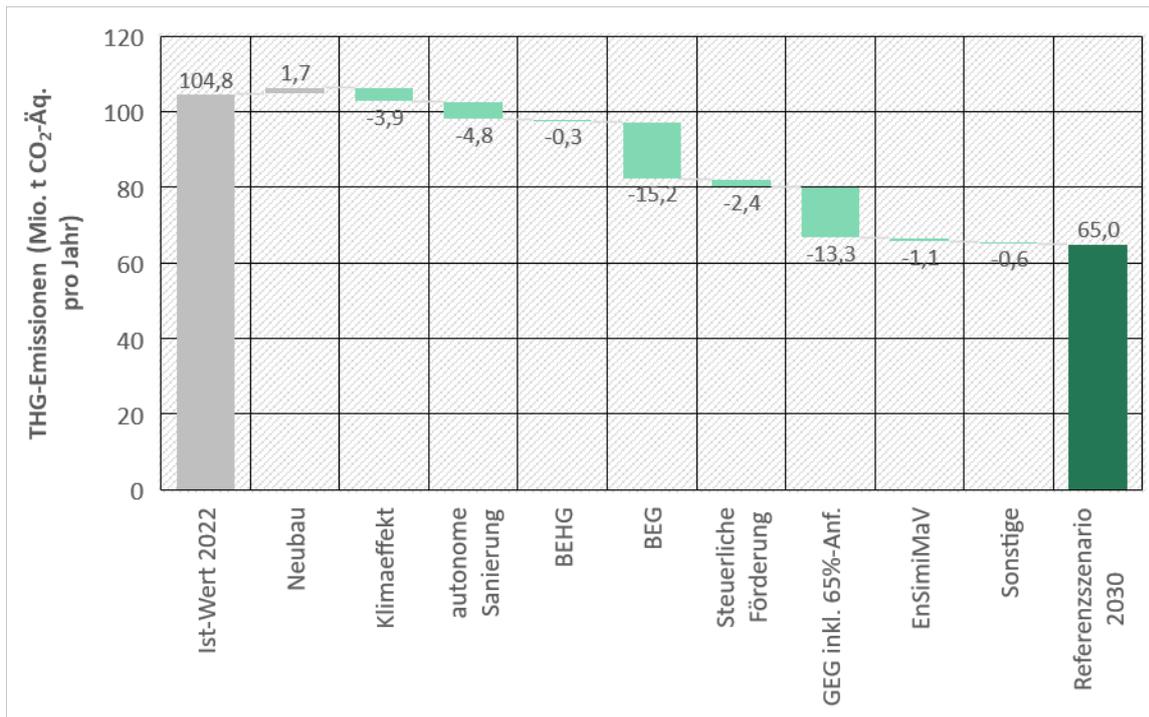
Grundlage ist eine Parametrisierung der zu untersuchenden Instrumente, insbesondere im Hinblick auf die wirkmächtigen Ausgestaltungscharakteristika (z. B. Auslösetatbestände, zur Verfügung stehende Förderbudgets, Förderkonditionen, etc.). WIRPOL quantifiziert zunächst die Brutto-Wirkungen auf die Einsparung bzw. den Mehrbedarf an fossilen Brennstoffen, Strom und Fernwärme sowie die damit verbundenen Treibhausgasemissionsminderungen.

Es wird die Netto-Wirkung ausgewiesen. Auf diese Weise werden berücksichtigt: sowieso erfolgte Minderungen in einer „business-as-usual“- bzw. Referenzentwicklung, Vorzieh- und Mitnahmeeffekte z. B. bei Förderinstrumenten sowie Überschneidungseffekte zwischen Instrumenten (Schlomann et al. 2020b; Öko-Institut et al. 2023). Wird beispielsweise unter Inanspruchnahme von Förderung eine Heizung mit erneuerbaren Energien eingebaut, verteilt sich die dadurch erzielte Emissionseinsparung sowohl auf die ordnungsrechtliche Vorgabe im GEG als auch auf die dafür in Anspruch genommenen Fördermittel der BEG. Je mehr Instrumente miteinander in Wechselwirkung stehen, desto stärker sind die Überschneidungen und entsprechend geringer fallen die Netto-Minderungen je Instrument aus.

Abbildung 21 zeigt die abgeschätzte Minderungswirkung je Instrument im Jahr 2030. Ausgangspunkt sind die Emissionen des Gebäudesektors im Startjahr 2022. Die wirkmächtigsten Instrumente sind zum einen das Gebäudeenergiegesetz mit Anforderungen an die Effizienz der Hülle bei Sanierungen und Neubau sowie der Anforderung, dass neu eingebaute Heizungen zu 65 % mit erneuerbaren Energien betrieben werden müssen. Zum anderen mindert die Bundesförderung für effiziente Gebäude die Emissionen in erheblichem Umfang durch den Anreiz zur Investition in erneuerbare Heizungstechnologien und energetische Sanierungen der Hülle (Dämmung). Das Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) wirkt bis 2030 eher als Türöffner und verstärkt die Wirkung von GEG und BEG. Weitere Instrumente mit direkter Minderungswirkung sind die steuerliche Förderung der energetischen Gebäudesanierung und die Einsparverordnung mit Vorgaben zum hydraulischen Abgleich (EnSimiMaV). Unter „Sonstige“ werden die Instrumente Förderprogramm Klimafreundlicher Neubau, das Energieeffizienzgesetz mit Vorgaben zur Sanierung von Bundes- und Landesgebäuden sowie der Effizienzerlass für Bundesgebäude zusammengefasst.

Neben den Minderungen durch die Politikinstrumente wirken sich auch weitere Rahmenbedingungen auf die Entwicklung der Emissionen aus: Bis 2030 trägt die Steigerung der Wohnfläche zu einer leichten Erhöhung der Emissionen bei, weil neu gebaut wird. Zwei nicht-instrumentell bedingte Einspareffekte markieren zum einen der Klimateffekt: Durch den Anstieg der Temperaturen infolge des Klimawandels muss weniger geheizt werden. Zum anderen eine autonome Sanierung: Auch ohne politische Instrumente wird ein bestimmter Teil des Gebäudebestands energetisch saniert.

Abbildung 21
 Netto-Wirkung der Instrumente im Referenzszenario bis 2030



Quelle: Eigene Darstellung

Reduktionspfade in den Zielszenarien

Im Vergleich zu dem kostenoptimalen Zielpfad aus Gesamtsystemsicht erfolgt in diesem Kapitel die Ergebnisdarstellung der instrumentengetriebenen Zielszenarien sowie die Rückkopplung dieser Zielszenarien im Gesamtsystem. Dabei steht die Frage um Raum, inwiefern eine Steigerung der Energieeffizienz kostengünstiger für das sektorübergreifende Gesamtsystem ist als nur die Dekarbonisierung der Wärmeerzeuger. Die beiden Zielszenarien unterscheiden sich hinsichtlich der Ausprägung der Energieeffizienz des Gebäudesektors. Für ein besseres Verständnis der Ergebnisse werden in Tabelle 10 die relevanten Instrumente mit Beginn der Wirkung gelistet.

Tabelle 10
 Instrumente in den Zielszenarien mit Startjahr

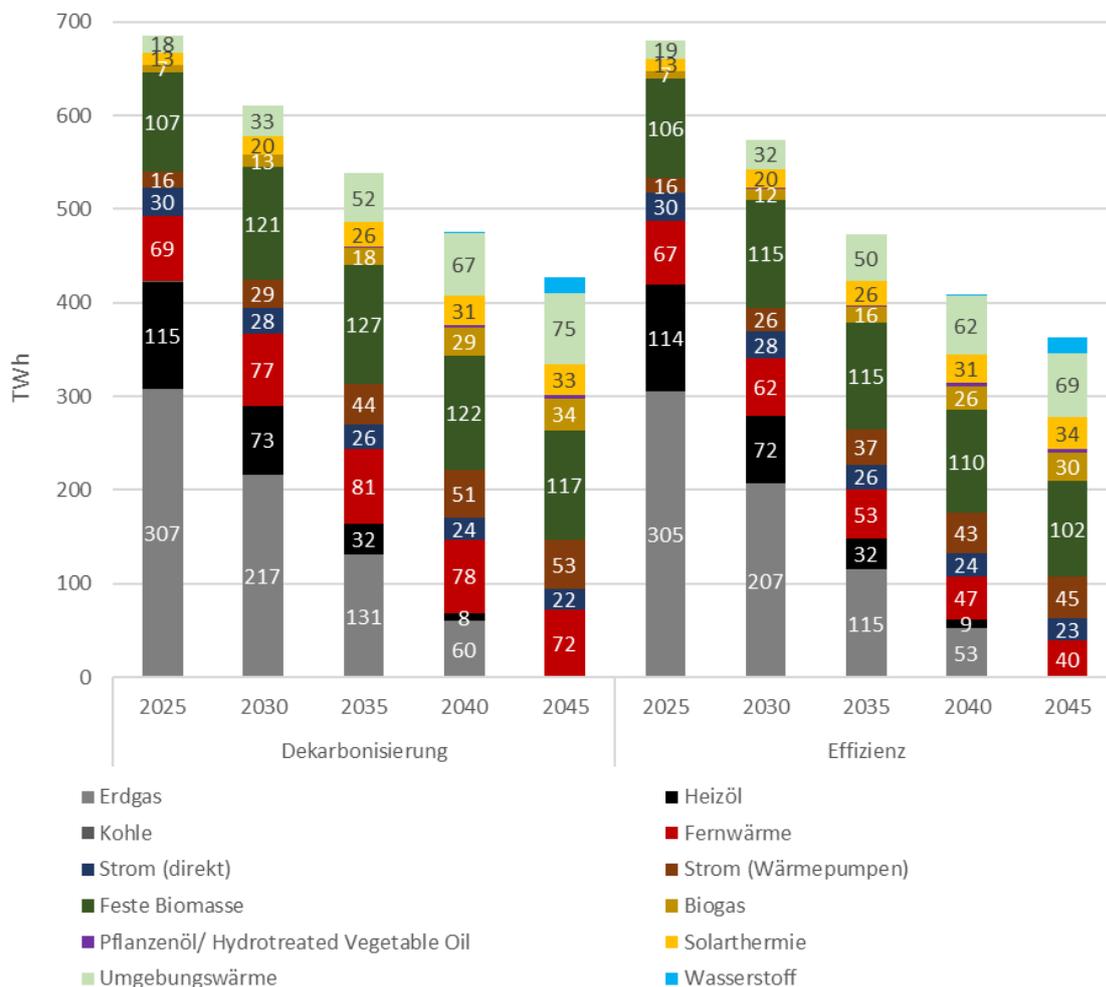
Instrument	Start
Energieeinsparverpflichtungssystem (für Energieversorgungsunternehmen)	2025
Senkung staatlich bestimmter Bestandteile des Wärmepumpen-Strompreises	2025
Verschärfung der Energieeffizienzstandards im GEG auf EH40 (Neubau) bzw. EH70 (Bestand)	2026
Verpflichtende Mindesteffizienzstandards (MEPS) für Bestandsgebäude	2028

Quelle: Eigene Darstellung

Entwicklung des Endenergieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor

Abbildung 22 zeigt die Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Raumwärme und Warmwasser in Gebäuden in den Zielszenarien „Dekarbonisierung“ und „Effizienz“ im Zeitraum 2025 bis 2045. Die Entwicklung vor 2025 ist analog zu Abbildung 16. In beiden Szenarien ist im Vergleich zum Referenzszenario ein stärkerer Rückgang der fossilen Energieträger zu beobachten. Durch mehr Heizungstauch wird im Jahr 2045 in beiden Szenarien die vollständige Substitution von fossilen Energieträgern ermöglicht. Dadurch erhöht sich allerdings im Vergleich zum Referenzszenario die Nutzung von Wasserstoff und Biogas.

Abbildung 22
Endenergieverbrauchs in den Zielszenarien im Zeitraum 2025 bis 2045

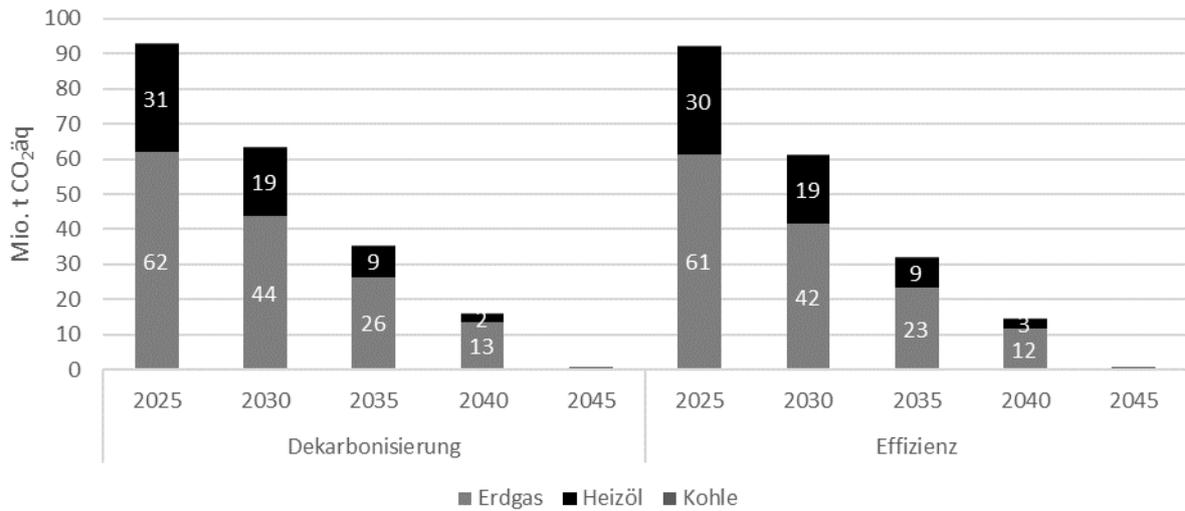


Quelle: Eigene Darstellung

Im Vergleich zum Szenario „Dekarbonisierung“ wird im Szenario *Effizienz* aufgrund der Mindeststandards für Gebäude eine höhere Reduktion der fossilen Energieträger und des gesamten Endenergieverbrauchs bis 2045 erzielt. Im Szenario *Effizienz* wird ausgehend von 2020 bis 2030 eine Reduktion des EEV um 21 % und bis 2045 um 50 % erreicht. Im Szenario „Dekarbonisierung“ reduziert sich der EEV analog zum Referenzszenario um 16 % bis 2030 und 41 % bis 2045.

Abbildung 23 zeigt darüber hinaus die Entwicklung der THG-Emissionen in den beiden Zielszenarien von 2025 bis 2045. In beiden Szenarien wird das sektorspezifische Ziel von 66 Mio. t CO₂äq in 2030, unter Berücksichtigung der THG-Emissionen von Geräten und Prozessen (siehe Abbildung 17), erreicht. Im Zielszenario *Effizienz* wird das Ziel sogar leicht übererfüllt. Beide Zielszenarien erreichen die Klimaneutralität im Jahr 2045.

Abbildung 23
Treibhausgasemissionen in den Zielszenarien im Zeitraum 2025 bis 2045

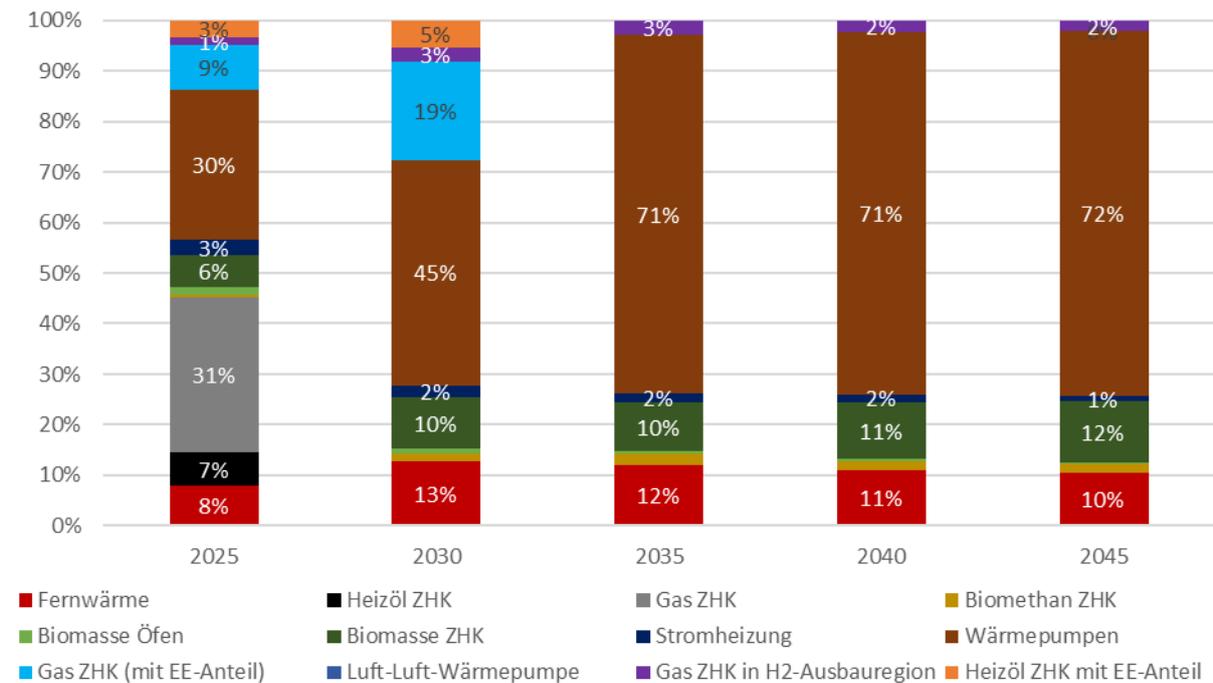


Quelle: Eigene Darstellung

Entwicklung der Marktanteile und der Sanierungsrate

Abbildung 24 zeigt die Marktanteile der neu installierten Wärmeversorgungssysteme in den Zielszenarien. Da sich die Instrumente in den beiden Szenarien nur bzgl. Effizienz der Gebäudehülle und nicht bzgl. Wärmeversorgung unterscheiden, ist die Installation neuer Wärmeversorgung identisch.

Abbildung 24
Marktanteile neu installierter Wärmeversorgungssysteme in den Zielszenarien im Zeitraum 2025 bis 2045

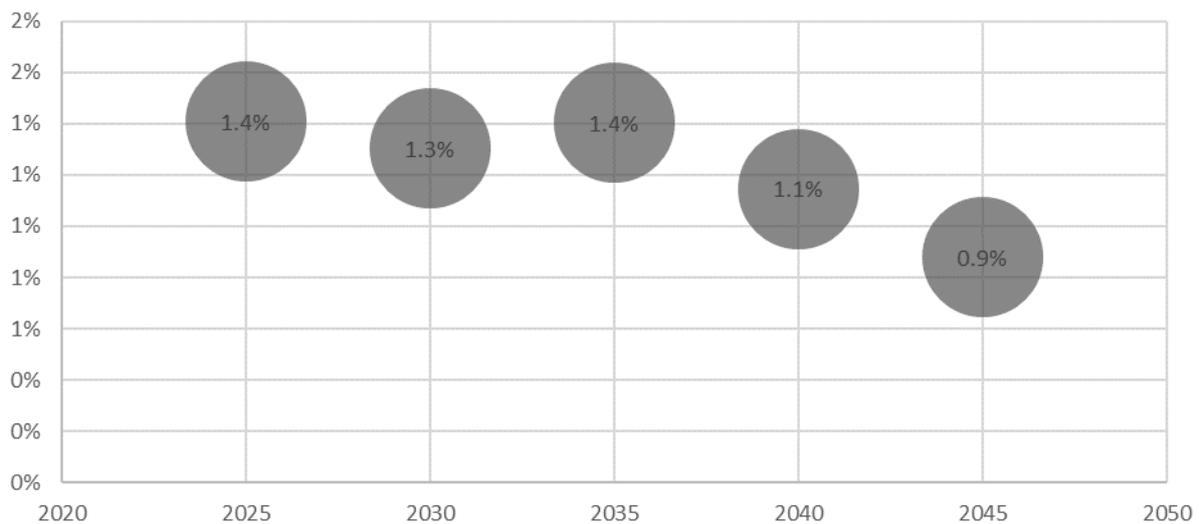


Quelle: Eigene Darstellung

Abgebildet sind jeweils die mittleren jährlichen Installationszahlen über einen Zeitraum von fünf Jahren. Im Vergleich zum Referenzszenario werden in den Zielszenarien etwas mehr Wärmepumpen installiert. Dies ist zum einen auf den reduzierten Wärmepumpen-Strompreis zurückzuführen, welcher den Betrieb der Wärmepumpen günstiger macht. Zum anderen führt das Energieeinsparverpflichtungssystem für Energieversorgungsunternehmen über Contracting-Lösungen zu mehr neu installierten Wärmepumpen.

Abbildung 25 zeigt analog zum Referenzszenario die Sanierungsrate im Szenario „Effizienz“. Die Sanierungsrate des Zielszenarios „Dekarbonisierung“ entspricht der des Referenzszenarios, da keine weiteren Effizienzmaßnahmen berücksichtigt werden. Die Sanierungsrate im Zielszenario „Effizienz“ ist niedriger als im Referenzszenario. Dies ist auf die Verschärfung der Anforderungen bzgl. Gebäudehülle im GEG zurückzuführen. Die höheren Anforderungen führen dazu, dass Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen nach der Logik des Modells anstelle von energetischen Sanierungsmaßnahmen mehr Instandhaltungsmaßnahmen durchführen.

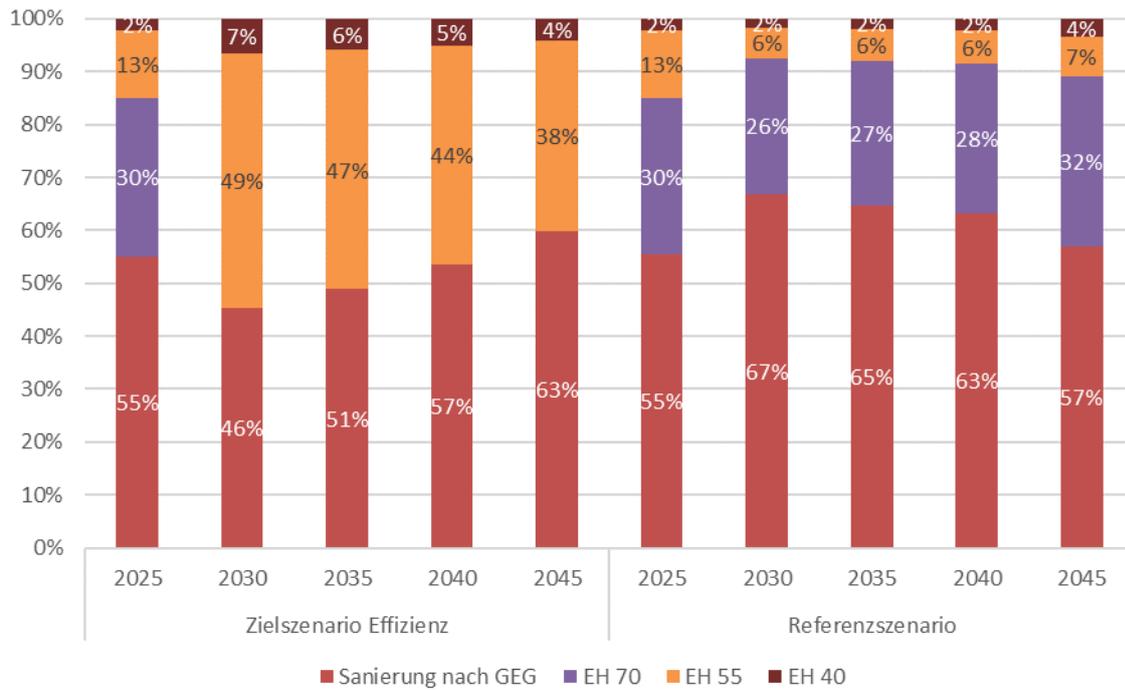
Abbildung 25
Sanierungsrate im Zielszenario „Effizienz“



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 26 zeigt ergänzend die Sanierungstiefe im Zielszenario „Effizienz“ und im Referenzszenario. Die Werte sind ebenfalls über einen Zeitraum von fünf Jahren gemittelt. In der Abbildung wird deutlich, dass nach Verschärfung des Ambitionsniveaus im GEG das Sanierungsniveau steigt. Der Anteil von Sanierungen nach GEG sinkt von 55 % auf 46 %, dafür steigt der Anteil von Sanierungen nach dem Standard EH 55. Im Referenzszenario werden ungefähr 30 % der Gebäude nach Effizienzhaus 70 saniert.

Abbildung 26
Sanierungstiefe im Zielszenario "Effizienz"



Quelle: Eigene Darstellung

Bewertung der Instrumente

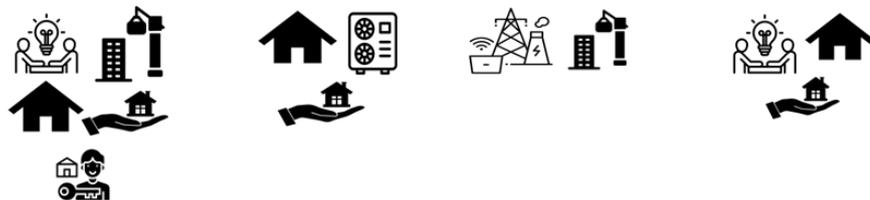
Analog zum Referenzszenario zeigt Abbildung 27 die qualitative Bewertung der zusätzlichen Instrumente in den beiden Zielszenarien. MEPS und eine Reform des GEG (Einführung EH70 als Leitstandard bei Sanierungen sowie EH 40 für Neubauten) erhöhen den Sanierungsfortschritt. Eine Reduktion des Strompreises für Wärmepumpen befördert die Heizungsaustauschrate und ein Energieeinsparverpflichtungssystem kann zur Konsistenz des Politik-Mix beitragen, indem gering-investive Maßnahmen und Contracting-Lösungen verstärkt werden. Weitere Informationen zu den Instrumenten finden sich in den Steckbriefen in der Anlage.

Die Bewertung der flankierenden Instrumente, für die keine detaillierte quantitative Instrumentenbewertung durchgeführt wird, befindet sich in Abbildung 42 im Anhang.

Abbildung 27
Qualitative Bewertung der ordnungsrechtlichen und finanziellen Instrumente in den Zielszenarien

Wirkungsabschätzung	MEPS	Reduzierter Strompreis für Wärmepumpen	Energieeinsparverpflichtungssystem	Verschärfung des GEG
Steigerung der Sanierungstiefe	● Hoch	● Keine Änderung	● Keine Änderung	● Mittel
Steigerung der Sanierungsrate	● Hoch	● Keine Änderung	● Keine Änderung	● Mittel
Steigerung Heizungsaustauschrate	● Mittel	● Mittel	● Mittel	● Gering
Erhöhung Anteil zielkonformer Wärmeversorgung	● Mittel	● Mittel	● Hoch	● Hoch
Reduktion spezifischer Wohnfläche	● Keine Änderung	● Keine Änderung	● Keine Änderung	● keine Änderung
Reduktion Endenergieverbrauchs von Neubauten	● Keine Änderung	● Keine Änderung	● Keine Änderung	● Hoch
Reduktion des Endenergieverbrauchs (durch Optimierung/ Nutzverhalten)	● Keine Änderung	● Keine Änderung	● Mittel	● Gering
Förderung gesellschaftlicher Teilhabe an Energiewende	● Keine	● Keine	● Mittel	● Mittel
Verteilungswirkung/-effekt	● Verminderung der Ungleichheit	● Geringfügig	● Verminderung der Ungleichheit	● Keine
Gesellschaftliche Akzeptanz des Instruments	● Gering	● Mittel	● Hoch	● Gering
Auswirkungen auf Fachkräftemangel	● Verstärkend	● Verstärkend	● Verstärkend	● Verstärkend

Adressierte Akteure



Quelle: Eigene Darstellung

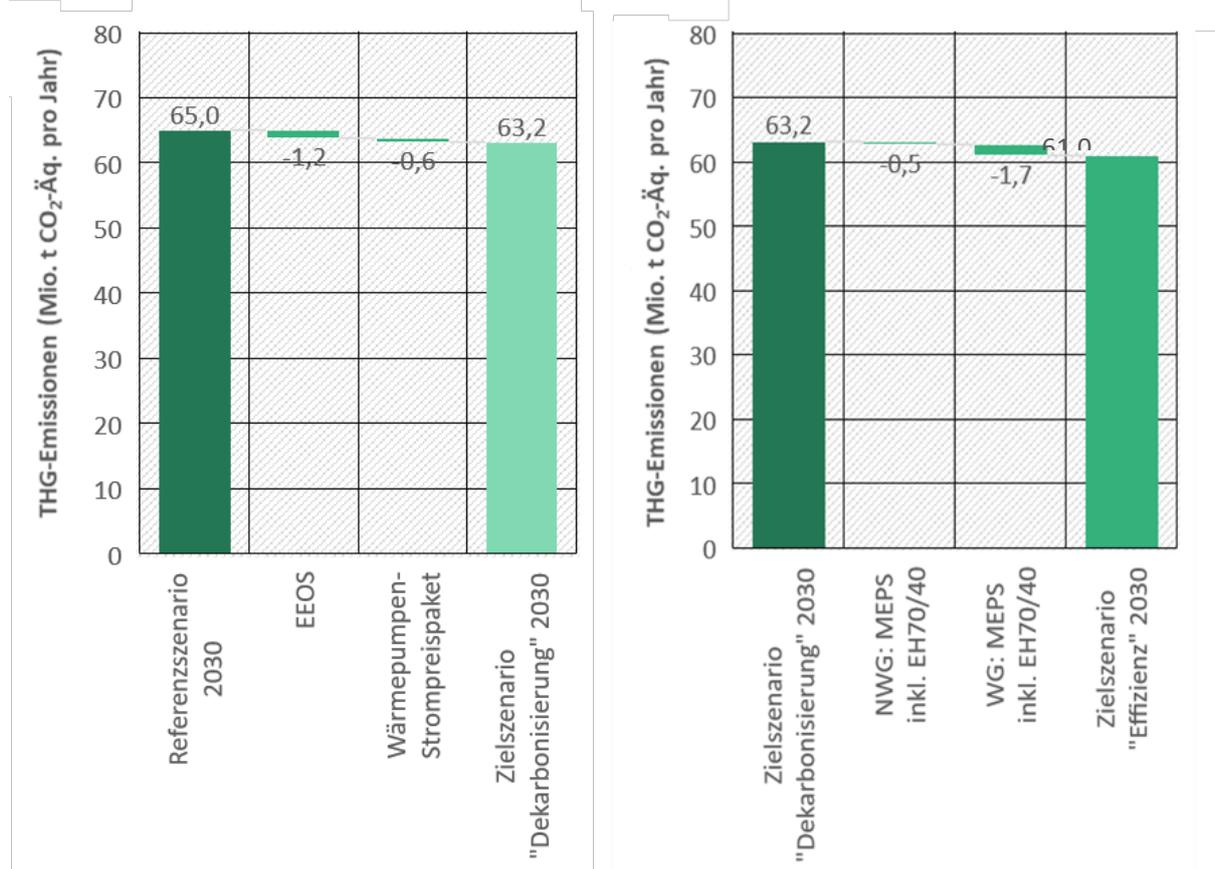
Um die Netto-Wirkung der Instrumente abzuschätzen, wird für beide Zielszenarien dieselbe Methodik angewandt wie im Referenzszenario. Ausgangspunkt der Minderungswirkung in Abbildung 28 sind die THG-Emissionen im Referenzszenario im Jahr 2030. Das bedeutet, dass alle weiteren Einsparungen zusätzlich zum Referenzszenario abgeschätzt werden. Die Brutto-Minderung der Instrumente allein (also ohne Wechselwirkung untereinander) ist deutlich höher als die Netto-Wirkung. Dies gilt besonders für die Instrumentenwirkung innerhalb der Zielszenarien, da bereits das Referenzszenario – getrieben durch die 65 %-EE-Anforderung und die BEG – ambitioniert dekarbonisiert.

Im Zielszenario „Dekarbonisierung“ wird die Ziellücke des Referenzszenarios durch die Einführung eines Energieeinsparverpflichtungssystems (Energy Efficiency Obligation System; EEOS) geschlossen. Das

Instrument schreibt verpflichteten Akteuren (z. B. Energieversorgungsunternehmen) jährliche Ziele zur Einsparung der von ihnen vertriebenen Energie vor (vgl. Schloman et al., 2021). Es wird ein Design angenommen, das die Umsetzung von gering-investiven Maßnahmen (z. B. hydraulischer Abgleich, Austausch Zirkulationspumpe) sowie Energieeinspar-Contracting-Lösungen befördert und Energieversorgungsunternehmen als zusätzliche, professionelle Akteure für die Wärmewende mobilisiert. Die Einsparungen finden v.a. bei Gebäuden statt, deren Heizung im Jahr 2030 noch fossil betrieben wird. Das Paket zur Senkung des Wärmepumpenstrompreises verstärkt die Wirkung der 65 %-EE-Anforderung im GEG sowie der BEG und führt zu einer leicht erhöhten Zahl vorzeitiger Heizungswechsel. Die Wirkung des reduzierten Wärmepumpen-Strompreises wird dadurch gemindert, dass nur 50 % der Haushalte einen Wärmepumpen-Tarif beziehen und in der Modellierung deshalb ein Mittelwert aus normalem Strom- und Wärmepumpentarif angenommen wird.

Das Zielszenario „Effizienz“ ist nochmals ambitionierter als das Zielszenario „Dekarbonisierung“ und legt einen Fokus auf die Senkung des Endenergieverbrauchs. Hier kommen die Instrumente energetische Mindesteffizienzstandards (Minimum Energy Performance Standards; MEPS) sowie die Einführung des Leitstandards EH70 für Bestandssanierungen zum Einsatz. Beide Instrumente führen zu einer Senkung des Endenergieverbrauchs, was bei fossil beheizten Gebäuden Emissionen einspart. MEPS und EH-70 überschneiden sich jedoch stark in ihrer Wirkung: Wenn Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen vorausschauend handeln, berücksichtigen sie zukünftige Anforderungen durch MEPS und sanieren die Bauteile des Gebäudes direkt auf ein Niveau, das EH-70 entspricht. Die Anforderung an ambitioniertere U-Werte in Anlage 7 des GEG würde also bereits aus diesem Grund beachtet werden. Daher ist die Abschätzung der Instrumente zusammengefasst.

Abbildung 28
 Netto-Minderungswirkung der Instrumente in den beiden Zielszenarien in 2030



Quelle: Eigene Darstellung

Das Referenzszenario kommt vor allem durch die 65 %-EE-Anforderung und die BEG nah an das Sektorziel nach KSG im Jahr 2030. Zu seiner Erreichung bedarf es aber mindestens eines der vorgestellten Instrumente aus den Zielszenarien. Eine (zeitlich begrenzte) Subvention des Wärmepumpenstrompreises (Absenkung Mehrwertsteuer, Stromsteuer, weiterer Abgaben) könnte die Wahrscheinlichkeit erhöhen, dass die Trendwende hin zum erneuerbaren Heizen früh genug einsetzt. Die Einführung von MEPS für Nichtwohngebäude ist Teil der novellierten EU-Gebäuderichtlinie und leistet einen wichtigen Beitrag zum Schließen der Klimaziellücke. Die Einführung von MEPS für Wohngebäude wird nicht von der EU-Gebäuderichtlinie vorgeschrieben. Die Einführung von „soft MEPS“, die nicht zeitpunktbezogen wirken, sondern beim Eintreten bestimmter Auslösetatbestände wie Eigentumsübergang, ist ebenfalls dem sichereren Erreichen der Klimaziele im Gebäudesektor zuträglich.

Die tatsächliche Entwicklung des Gebäudebestandes ist mit Unsicherheiten verbunden – genau wie die Abschätzung der Instrumentenwirkung. Vor allem unsere Annahmen zur Wirkungsweise der 65 %-EE-Anforderung im GEG führen zu den ambitionierten Emissionseinsparungen in Referenz- und Zielszenario. In der Realität können sich Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen jedoch anders verhalten als im Modell abgeschätzt und z. B. stärker auf Reparaturen fossiler Heizungen setzen oder es werden mehr Wasserstoffausbaugelände ausgewiesen, in denen bis 2044 mit Erdgas geheizt werden darf. Ein konsistenter, ambitionierter Politik-Mix mit Instrumenten, die sich in ihrer Wirkung auch ergänzen, steigert die Wahrscheinlichkeit, dass die Klimaziele im Gebäudesektor erreicht werden können.

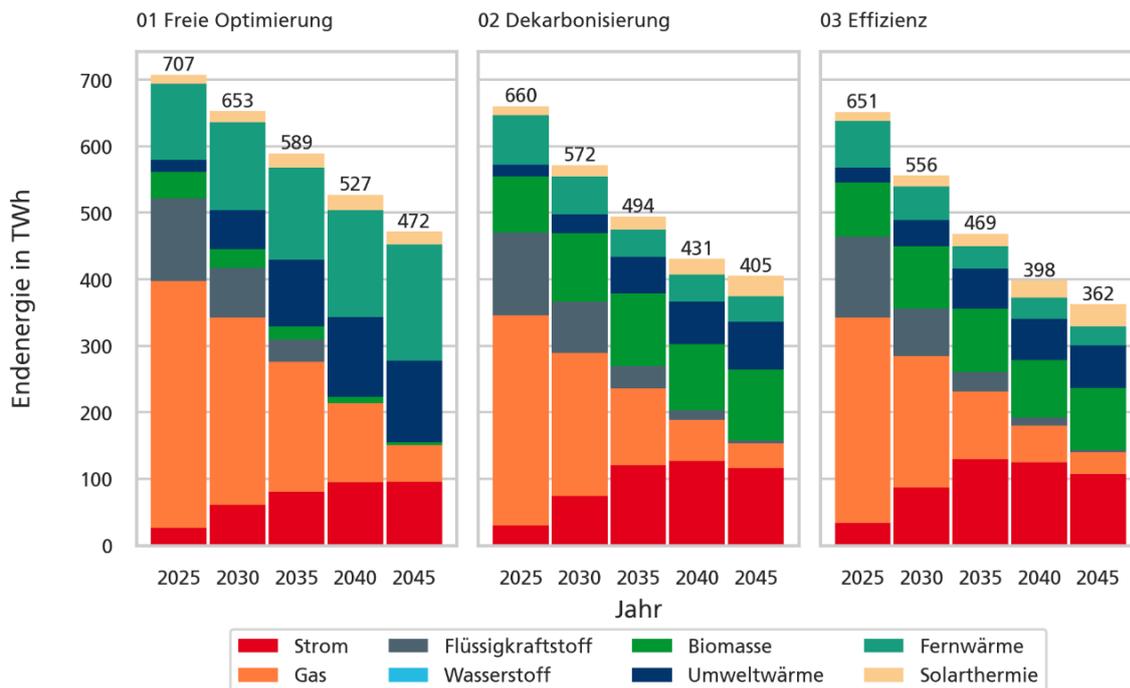
Wechselwirkungen der Zielszenarien mit dem Gesamtsystem

Um die Wechselwirkungen der Zielszenarien des Gebäudesektors im Gesamtsystem zu bewerten, wurde eine Modellkopplung zwischen den Modellen Invert/EE-Lab und REMod durchgeführt. Iterativ wurden hierbei die Marktanteile der Heiztechnologien und die Sanierungsaktivitäten in REMod an die Ergebnisse der Szenarien „Dekarbonisierung“ und „Effizienz“ angepasst, sodass der Endenergieverbrauch der Energieträger bestmöglich harmonisiert wurde. Für die Bewertung der Effekte wird im Folgenden jeweils der Vergleich zum Zielpfad gezogen. Dieses Szenario wird im Folgenden als „Freie Optimierung“ bezeichnet.

Für das politische Zielszenario „Dekarbonisierung“ konnte unter den Rahmenbedingungen des freien Optimierungsszenarios keine gültige Modelllösung gefunden werden, sodass das angenommene Biomassepotenzial aufgrund des Zuwachses an Biomassekesseln erhöht wurde (von jährlich 130 TWh auf 150 TWh). Durch den geringeren Endenergieverbrauch im „Effizienz“ Szenario stellt dies hier kein Problem dar. Im Vergleich zwischen den Szenarien zeigen sich eine Reihe von Effekten, worunter einige als Verlagerungseffekte zu klassifizieren sind.

Abbildung 29 zeigt die Entwicklung des EEV im Gebäudesektor in den Szenarien.

Abbildung 29
Endenergieverbrauch im Gebäudesektor in den Gesamtsystemszenarien



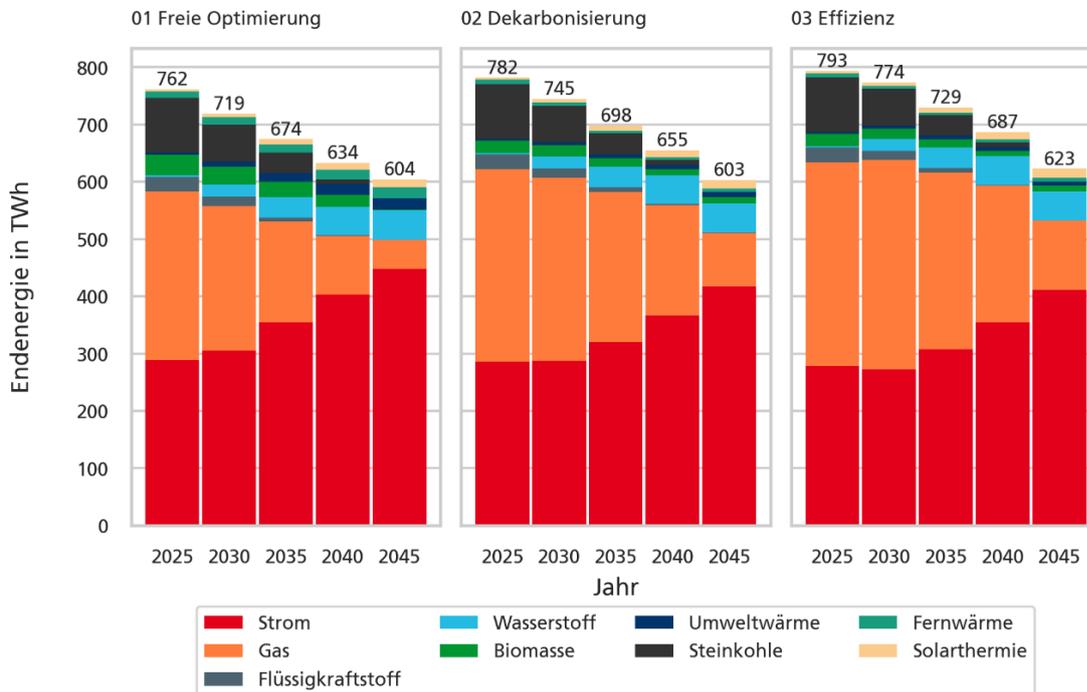
Quelle: Eigene Darstellung

Die wesentlichen Abweichungen zwischen den Szenarien zeigen sich in der Verwendung von Biomasse. Zum einen zeigt sich, dass in der freien Optimierung die Biomasse im Gebäudesektor nahezu vollständig substituiert und in den anderen Sektoren verwendet wird. In den Szenarien „Dekarbonisierung“ und „Effizienz“ nimmt die Verwendung von Biomasse hingegen bis zum Jahr 2045 zu, während die Fernwärmenutzung deutlich zurück geht. Das bedeutet, dass aus Perspektive der Investitionsentscheidung die Verwendung von Biomasse im Gebäudesektor attraktiv ist, aus einer Gesamtsystemperspektive hingegen nicht. Zum anderen zeigt sich eine Reduktion des EEV, auf Grund einer höheren Sanierungsaktivität und -tiefe in den Szenarien Dekarbonisierung und Effizienz, im Vergleich zur freien Optimierung. Im Vergleich zur freien Optimierung liegt der EEV im Gebäudesektor im „Effizienz“ Szenario um rund 110 TWh niedriger. Auch der Gasverbrauch liegt

bedingt durch das effizientere System um 20 TWh im Jahr 2045 unterhalb des Verbrauchs der freien Optimierung.

Die Veränderungen im Gebäudesektor führen zu Verlagerungseffekten in den anderen Sektoren. Abbildung 30 zeigt die Entwicklung des EEVs im Industriesektor.

Abbildung 30
Endenergieverbrauch im Industriesektor in den Gesamtsystemszenarien

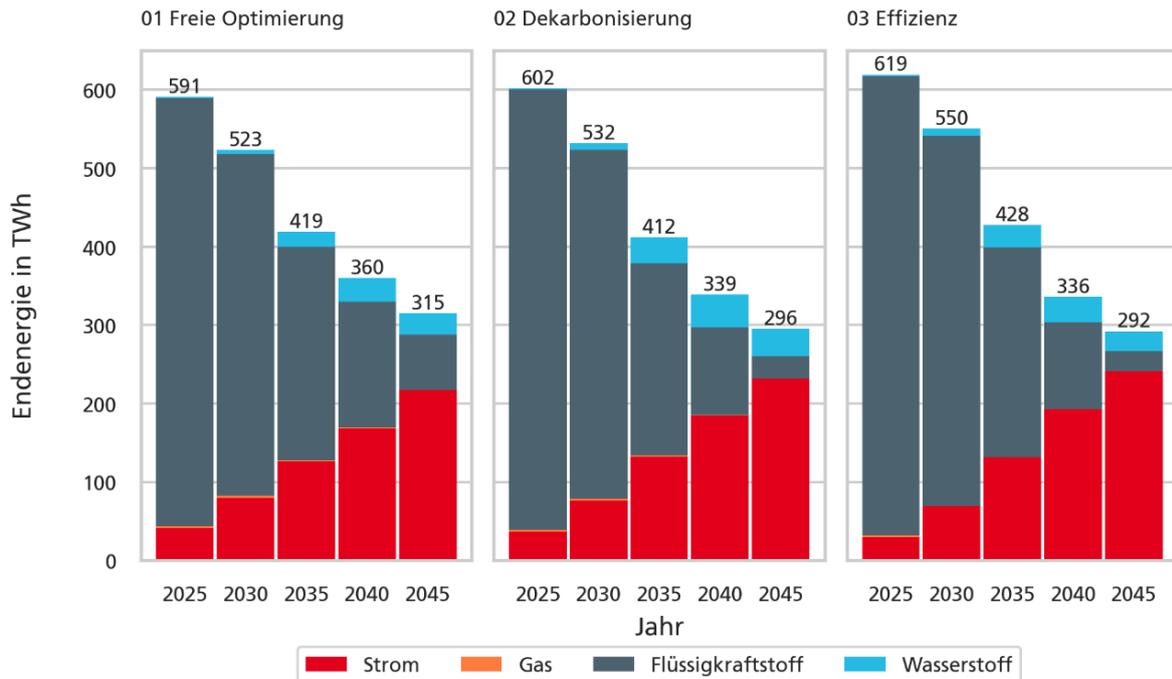


Quelle: Eigene Darstellung

Es zeigt sich, dass der EEV im Vergleich zur freien Optimierung in den Szenarien „Dekarbonisierung“ und „Effizienz“ leicht höher ist (ca. 20 TWh im Jahr 2045) und einen langsameren Rückgang zeigt, was sich auf die höhere Effizienz im Gebäudesektor zurückführen lässt. Außerdem wird Gas im Industriesektor weniger stark substituiert. Zudem zeigt sich im Industriesektor ein leichter Rückgang der Biomassennutzung. Insgesamt zeigt sich eine leicht niedrigere Elektrifizierungsrate in der Industrie (in der freien Optimierung liegt diese bei 74 %, im Szenario „Dekarbonisierung“ bei 70 % und im Effizienzscenario bei 66 %), unter anderem kommen weniger Wärmepumpen zum Einsatz.

Im Verkehrssektor zeigt sich hingegen ein höherer Elektrifizierungsgrad. Während der Elektrifizierungsgrad in Szenario „freie Optimierung“ bei 69 % im Jahr 2045 liegt, steigt dieser im Dekarbonisierungsszenario auf 78 % und im Effizienzscenario auf 83 %. Dies ist auf eine schnellere Elektrifizierung des LKW-Sektors zurückzuführen. Hierdurch werden die Flüssigkraftstoffe stärker substituiert. Im Jahr 2045 verbleiben 70 TWh synthetische Flüssigkraftstoffe oder E-Fuels in der freien Optimierung, während in den beiden anderen Szenarien mit 26 bis 29 TWh deutlich weniger Flüssigkraftstoffe verbraucht werden. Wasserstoff wird ausschließlich im LKW-Sektor, nicht bei PKW eingesetzt. Es zeigen sich hier nur geringe Verschiebungen zwischen den Szenarien. Im Dekarbonisierungsszenario kommen ca. 10 TWh mehr Wasserstoff zum Einsatz. Gleichzeitig zeigt sich eine stärkere Reduktion des EEVs, durch die verstärkte Nutzung von effizienterer Elektromobilität, wenngleich die Dekarbonisierung des Sektors bis zum Jahr 2030 im Vergleich zur freien Optimierung verlangsamt ist.

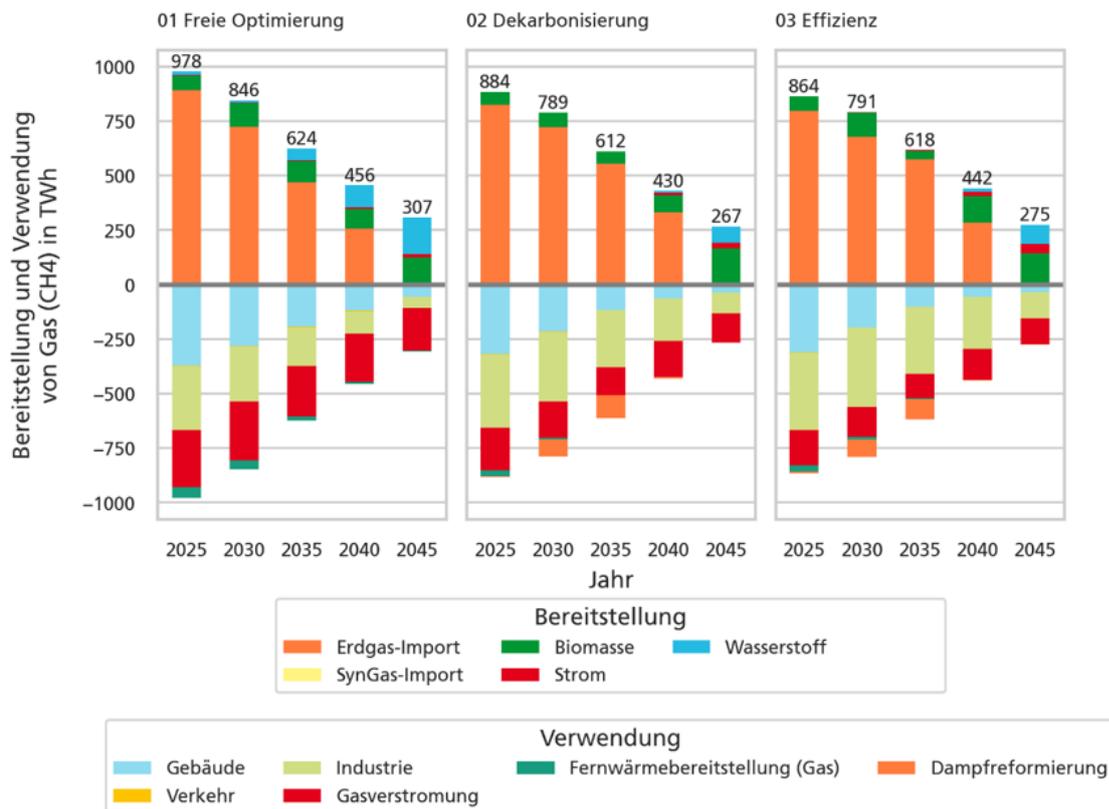
Abbildung 31
Endenergieverbrauch im Verkehrssektor in den Gesamtsystemszenarien



Quelle: Eigene Darstellung

Der Vergleich der Szenarien zeigt, dass im Dekarbonisierungsszenario 30 TWh und im Effizienzzenario 40 TWh weniger Gas im Jahr 2045 im Vergleich zur offenen Optimierung verbraucht wird. Dies ist zu geringen Teilen auf einen geringeren Verbrauch im Gebäudesektor zurückzuführen, insbesondere wird jedoch deutlich weniger Gas rückverstromt. Die Höhe der Fernwärmenutzung geht deutlich zurück. Während in der freien Optimierung Gas noch den größten Anteil der Fernwärmebereitstellung ausmachte, ist Gas im Szenario „Dekarbonisierung“ und „Effizienz“ vollständig substituiert. Die Fernwärme in 2045 wird durch Wärmepumpen und Solarthermie gedeckt. Im Vergleich zeigt sich außerdem eine Reduktion des Wasserstoffverbrauchs um ca. 88 TWh. Im Dekarbonisierungs- und Effizienzzenario zeigt sich zudem, dass im Vergleich zum freien Optimierungsszenario weniger Biomasse zu Biodieselherstellung verwendet wird. Insgesamt reduziert sich der Verbrauch von Flüssigkraftstoffen, insbesondere durch die geringere Nachfrage im Verkehrssektor.

Abbildung 32
Bereitstellung und Verwendung von Gas in den Gesamtsystemszenarien



Quelle: Eigene Darstellung

Zusammenfassend führt die stärkere Sanierungsaktivität und -tiefe im Gebäudesektor in Kombination mit einer höheren Biomassenutzung zu Verlagerungseffekten in den anderen Verbrauchs- und den Umwandlungssektor. Hierbei ist folgendes anzumerken: Bei einer ambitionierteren Treibhausgasminderung innerhalb eines Sektors hat das System bzw. Modell bedingt durch den Budgetansatz wieder größere Freiheitsgrade in anderen Sektoren weniger Treibhausgase zu mindern, wie es sich hier insbesondere im Industriesektor zeigt. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass das Potenzial der Biomassenutzung um 30 TWh im Dekarbonisierungsszenario erhöht wurde, um eine gültige Modelllösung zu finden. Dies gibt einen Hinweis darauf, dass entweder der Endenergieverbrauch zum Beispiel durch MEPS gesenkt werden muss, um innerhalb der angenommenen Potenzialgrenzen zu bleiben, oder eine stärkere Reduzierung der Biomassenutzung zugunsten der Fernwärme und Wärmepumpen im Gebäudesektor angestrebt werden sollte, wie es das freie Optimierungsszenario nahelegt.

Monitoring und Nachsteuerung

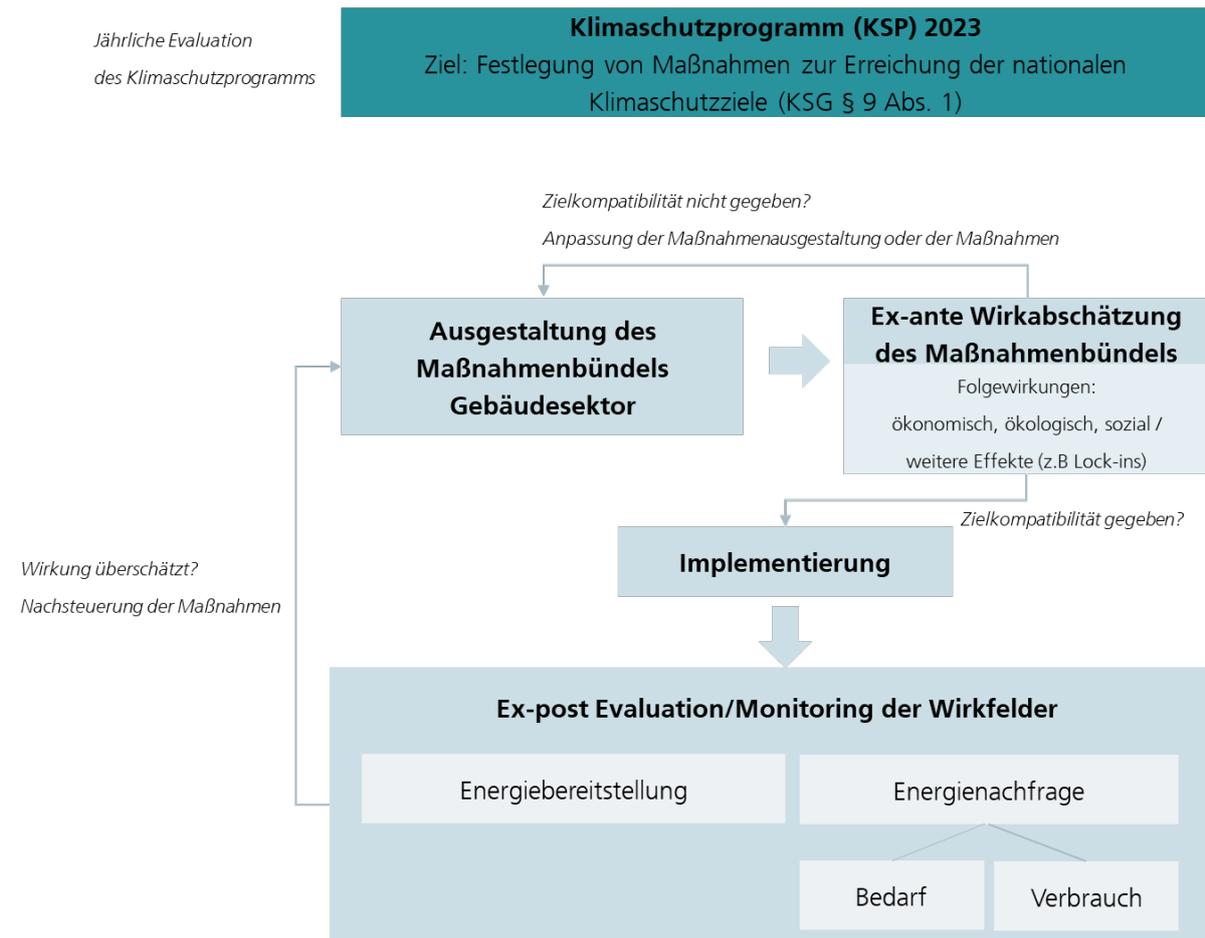
Erstrebenswertes Monitoring und Nachsteuerungskonzept

Auf nationaler und europäischer Ebene gibt es eine Reihe von Berichtspflichten, die dem Ex-post- oder Ex-ante-Monitoring oder in Teilen der Evaluation von Einzelinstrumenten oder Instrumentenbündeln dienen. Hierzu zählen auf nationaler Ebene der Klimaschutzbericht, der Monitoring-Bericht „Energie der Zukunft“ und auf europäischer Ebene der Nationale Treibhausgasinventarbericht, der Projektionsbericht, der nationale Energie- und Klimaplan und dessen Fortschrittsbericht sowie die Langfriststrategie. Der Expertenrat für Klimafragen weist in seinem Zweijahresgutachten jedoch darauf hin, dass hieraus in den allermeisten Fällen keine Handlungspflichten entstehen (ERK 2022). Ein Beispiel für die Bewertung der Klimaschutzwirkung eines Instrumentenprogramms stellt das Aktionsprogramm Klimaschutz (APK) dar, für welches jährlich ein Quantifizierungsbericht veröffentlicht wurde, um den aktuellen Umsetzungsstand zu beziffern (ERK 2022).

Abbildung 33 stellt ein anzustrebendes Konzept für das Monitoring und Nachsteuern von klimapolitischen Instrumenten dar. Hierbei bildet das **Klimaschutzprogramm** den Ausgangspunkt. Das Ziel eines Klimaschutzprogramms ist laut § 9 Abs. 1 KSG das Festlegen von Instrumenten, welche die Bundesregierung ergreifen wird, um die nationalen Klimaschutzziele in den einzelnen Sektoren zu erreichen. Wünschenswert wäre an dieser Stelle ein jährliches Monitoring, um ein zeitnahes Nachsteuern bei sich abzeichnender Zielverfehlung sicherstellen zu können. Diesem Monitoring will die Bundesregierung in Form der Emissionsdatenerstellung des Vorjahres, der Projektionsdaten für die Jahre 2030, 2035, 2040 und 2045 sowie der Abfrage des Umsetzungsstands bei den Ressorts und der Berichterstattung im Rahmen des Klimaschutzberichts nachkommen (BMWK 2022). Die Wirkung der Einzelinstrumente ist demnach im Monitoringkonzept der Bundesregierung nur in der Ex-ante-Projektion enthalten. Die Anforderungen an ein Ex-post-Monitoring (Evaluation) ergeben sich aus den einzelnen, in den jeweiligen Gesetzen definierten, Pflichten. Der Anspruch weicht damit von in der Vergangenheit bereits bestehenden Ansprüchen (wie beim APK) ab.

Die Instrumente des Gebäudesektors, die im Klimaschutzprogramm aufgeführt sind, sollen dem Klimaschutzgesetz zufolge die Erfüllung der jährlich zulässigen Jahresemissionsmengen gemäß Anlage 2 des KSG sicherstellen. Für das Instrumentenbündel sollte in einem Monitoringkonzept eine hierzu passende **Ex-ante-Wirkabschätzung** durchgeführt werden. In dem anzustrebenden Konzept sollte an dieser Stelle bei Abzeichnung oder Identifikation einer Ziellücke bereits eine Nachsteuerung beispielsweise hinsichtlich der Ausgestaltungsoptionen der Instrumente oder des gesamten Instrumentenbündels durchgeführt werden, sodass die quantifizierte Instrumentenwirkung in Einklang mit der Zielsetzung steht. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Ex-ante-Instrumentenbewertung mit Unsicherheiten verbunden ist. Neben dem Aspekt der Treibhausgasreduzierung sollten auch weitere ökonomische, ökologische und soziale Folgewirkungen berücksichtigt werden, wie im KSG § 9 Abs. 2 verankert. Bei gegebener Zielkompatibilität und der Implementierung der Klimaschutzinstrumente im Gebäudesektor gilt es im Rahmen eines **Ex-post-Monitorings**, die realisierte THG-Minderungswirkung zu verfolgen.

Abbildung 33
Monitoring und Evaluierungskonzept



Quelle: Eigene Darstellung

Hierfür sind die Wirkfelder Energiebereitstellung und Energienachfrage von Relevanz. Letzteres wird unterteilt in die Bereiche Bedarf und Verbrauch, um gegebenenfalls Rebound-Effekte zu identifizieren. Ergibt das Monitoring oder die Einzelevaluation von Instrumenten, dass die intendierte Minderungswirkung nicht erreicht wird, gilt es die Einzelinstrumente oder das Instrumentenbündel anzupassen. Deren Ex-ante-Wirkung sollte wiederum abgeschätzt werden. Die methodischen, datenseitigen und sonstigen Voraussetzungen zur Durchführung des skizzierten Konzepts werden im folgenden Kapitel dargestellt.

Voraussetzungen

Methodische Voraussetzungen

Eine Übersicht über methodische Standards der Evaluation von energie- und klimapolitischen Instrumenten fasst der Expertenrat für Klimafragen zusammen. Generelle Standards werden von der Gesellschaft für Evaluation gesetzt (vgl. DeGEval 2016). Die Expertenkommission zum Monitoringprozess „Energie der Zukunft“ hat 10 Leitsätze formuliert, das BMWK formuliert Methodikempfehlungen für Energieeffizienzmaßnahmen (vgl. Löschel et al. 2021) und Maßnahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (vgl. Schumacher et al. 2023). Die wesentlichen Kriterien sind demnach wie vom Expertenrat für Klimafragen zusammengefasst die Relevanz, die Effektivität und die Effizienz im Hinblick auf die Zielerreichung, die Belastbarkeit der Datengrundlage, Methodik und Indikatorik, die Berücksichtigung weiterer indirekter Wirkungen sowie die Transparenz und Neutralität der Erstellung (vgl. ERK 2022). Zusätzlich sind in der Ex-ante-

Betrachtung zentrale Rahmenannahmen, eine geeignete Referenz und der Umgang mit Unsicherheiten relevant (vgl. Matthes et al. 2021; Schlomann et al. 2022).

Datenseitige Voraussetzungen

Im Folgenden werden die datenseitigen Voraussetzungen für ein umfangreiches Monitoring im Gebäudesektor skizziert. Hierbei wird zunächst die Zielgröße Energiebereitstellung (Heiztechnologiewechsel) und die entsprechenden Anforderungen an ein Monitoringkonzept detaillierter betrachtet. Anschließend erfolgt eine Darlegung der datenseitigen Anforderungen im Bereich der Energienachfrage (Bedarf und Verbrauch).

Hinsichtlich der **Energiebereitstellung** definieren das Gebäudeenergiegesetz sowie das Wärmeplanungsgesetz die EE-Anforderungen an Heizsysteme und Wärmenetze. Darüber hinaus ist der Zeitrahmen für die Erstellung kommunaler Wärmepläne im Wärmeplanungsgesetz festgelegt. EE-Anforderungen sowie Zeithorizont stellen die übergeordneten Zielgrößen des Monitorings dar. Die 65 %-EE Anforderungen an neu eingebaute Heizungssysteme in Bestandsgebäuden (GEG) ist dabei eng mit der kommunalen Wärmeplanung und der Ausweisung von Wärmenetzgebieten oder Wasserstoffnetzausbaugebieten verknüpft. Da sich hierdurch zeitlich und regional unterschiedliche Anforderungen ergeben, ist für ein zielgerichtetes Monitoring eine in der Tendenz höhere zeitliche und räumliche Datenverfügbarkeit anzustreben, wodurch sich deutliche datenseitige Anforderungen ergeben. In Tabelle 11 sind die datenseitigen Anforderungen für ein Monitoringkonzept im Bereich der Energiebereitstellung dargestellt. Dafür werden in der Tabelle zunächst die politischen Zielgrößen genannt. Zusätzlich werden jeweils für Kommunale Wärmepläne und den regionalen Heiztechnologiebestand die aktuelle Verfügbarkeit an Daten den Anforderungen für ein Monitoring gegenübergestellt.

Tabelle 11
Datenseitige Anforderungen für Monitoring und Evaluierung der Energiebereitstellung im Gebäudesektor

Übergeordnete Ebene	Heiztechnologien (Bestand) in Kombination mit kommunaler Wärmeplanung
Politische Zielgrößen	<p>Laut GEG: Installation von Heizungen mit 65 % Erneuerbaren Energien ab 01.01.2024 in allen Neubauten in Neubaugebieten und ab 01.01.2026 in allen Neubauten. Für bestehende Gebäude gelten Übergangsfristen und verschiedene technologische Möglichkeiten. Spätestens ab Mitte 2028 ist Regelung für alle neu eingebauten Heizungen verbindlich.</p> <p>Laut Wärmeplanungsgesetz: Alle Kommunen müssen bis dahin festlegen, wo in den nächsten Jahren Wärmenetze oder klimaneutrale Gasnetze ausgebaut werden. Ab 30.06.2028 in Gemeindegebieten mit weniger als 100.000 Einwohner und Einwohnerinnen, ab 30.06.2026 in Großstädten mit mehr als 100.000 Einwohnern und Einwohnerinnen. Gemeindegebiete mit weniger als 10.000 Einwohnern und Einwohnerinnen können vereinfachte Verfahren vorlegen.</p> <p>Betreiber von bestehenden Wärmenetzen sind rechtlich verpflichtet ihre Wärmenetze mit Wärme aus erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme zu betreiben, und zwar bis 2030 mit mindestens 30 %, bis 2040 mit mindestens 80 % und ab 2045 vollständig klimaneutral.</p>
Unterkategorie	Kommunale Wärmepläne
Verfügbarkeit aktuell	Auf der Seite des Kompetenzzentrums Kommunale Wärmeplanung (KKW) stehen Wärmepläne einzelner Städte, Gemeinden oder Landkreise öffentlich zur Verfügung.

Übergeordnete Ebene	Heiztechnologien (Bestand) in Kombination mit kommunaler Wärmeplanung
Verfügbarkeit geplant	<p>Das BMWK wird 6 Monate nach Ablauf der oben genannten Fristen erstellte Wärmepläne auf einer Internetseite zentral zugänglich machen. Ebenfalls wird hier für die Jahre 2030 und 2040 sowie den Stichtag 01.01.2045 der bundesweite Erneuerbare-Energien- und/oder aus unvermeidbarer Abwärme-Anteil der Nettowärmeerzeugung in Wärmenetzen ausweisen. Die Länder sind verpflichtet, dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz hierzu auf Anforderung die erforderlichen Informationen mitzuteilen.</p>
Monitoring/Evaluation der Zielgrößen	<p>Die von den Ländern bestimmte planungsverantwortliche Stelle ist verpflichtet, den Wärmeplan spätestens alle fünf Jahre zu überprüfen und die Fortschritte bei der Umsetzung der ermittelten Strategien und Maßnahmen zu überwachen.</p> <p>Das BMWK muss zusätzlich vier Evaluierungen durchführen. Bei der ersten Evaluierung ab 31.12.2027 wird überprüft:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ob für alle Großstädte >100.000 Wärmepläne erstellt wurden; 2. für wie viele Gemeinden <100.000 Wärmepläne erstellt wurden; 3. welchen Anteil des Hoheitsgebietes der einzelnen Länder die bereits geplanten Gebiete ausmachen; 4. für wie viele Gebiete Landesstellen Entscheidung über die Ausweisung eines Gebiets zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen oder als Wasserstoffnetzausbauggebiet getroffen haben; 5. ob auf der Grundlage der Pläne folgendes erreicht werden wird: <ul style="list-style-type: none"> ■ Ziel nach § 2 Absatz 1: Wärmenetze sollen zur Verwirklichung einer möglichst kosteneffizienten klimaneutralen Wärmeversorgung ausgebaut werden und die Anzahl der Gebäude, die an ein Wärmenetz angeschlossen sind, soll signifikant gesteigert werden; ■ Zwischenziele nach § 29 Absatz 1: Nettowärmeerzeugung für jedes Wärmenetz soll ab dem 01.01.2030 zu mind. 30 % aus Erneuerbarer Energie und/oder unvermeidbarer Abwärme gespeist werden, ab 2040 zu 80 %. 6. Notwendigkeit und Umfang der Begrenzung des Anteils Biomasse an der jährlich erzeugten Wärmemenge in neuen Wärmenetzen mit einer Länge von 20 bis 50 km auf max. 35 % um 50+ km auf max. 25 % ab 01.01.2045 (§ 31 Absatz 2). <p>Bei der zweiten Evaluierung 2031 werden die Punkte 1-6 erneut geprüft. Bei der dritten Evaluierung 2041 wird überprüft, ob 2040 80 % der Wärmenetze mit Erneuerbaren Energien und/oder unvermeidbarer Abwärme gespeist werden.</p> <p>Bei der vierten Evaluierung 2045 wird überprüft, ob alle Wärmenetze Erneuerbaren Energien und/oder unvermeidbarer Abwärme gespeist werden.</p>
Weitergehende datenseitige Anforderungen an ein Monitoring	<ul style="list-style-type: none"> ■ Regelmäßige (z. B. jährliche) Aktualisierung der Verfügbarkeit kommunaler Wärmepläne ■ Regelmäßige (z. B. jährliche) Erfassung der Umsetzung der kommunalen Wärmepläne ■ Regelmäßige (z. B. jährliche) Erfassung des regionalen Anteils der erneuerbaren Wärmeanteils der Wärmenetze
Regionalisierter Heiztechnologiebestand	

Übergeordnete Ebene	Heiztechnologien (Bestand) in Kombination mit kommunaler Wärmeplanung
Verfügbarkeit aktuell	Verbandszahlen zur Heizungsstruktur auf nationaler sowie auf Bundeslandebene: <ul style="list-style-type: none"> ■ BDEW-Daten zur Beheizungsstruktur nach Wohngebäudetypen, zum Alter der Heizungen und zu zusätzliche vorgenommenen Modernisierungs- und Energiesparmaßnahmen (BDEW 2023) ■ (BDH 2023) zum Heizungsbestand ■ Bafa Zahlen zu Heizungsförderungen ■ Zensus-Erhebung (Energieträger der Heizung, Wohnraumgröße)
Weitergehende datenseitige Anforderungen an ein Monitoring	<ul style="list-style-type: none"> ■ Hohe räumliche Auflösung des Heizungsbestands, zum Abgleich mit der kommunalen Wärmeplanung, jährliche Aktualisierung, nach Möglichkeit amtliche Statistik ■ Digitaler Gebäudepass/ Datenraum für Gebäude (Gaia-X)

Quelle: Eigene Darstellung

Auf der **Energienachfrageseite** werden die Gebäudeanforderungen durch das GEG geregelt. Hierbei ist anzumerken, dass es, wie bereits zuvor dargestellt, keine repräsentative Datenquelle hinsichtlich der Energieeffizienz des Gebäudebestands gibt. In anderen Ländern wurden Gebäuderegister eingeführt (z. B. in Estland (Ministry of Climate 2023)), um dieses Problem zu lösen, was an dieser Stelle auch für Deutschland vorgeschlagen wird. Hierbei bieten sich Möglichkeiten wie die Nutzung von sicheren Datenräumen wie GaiaX. In Tabelle 12 sind die derzeit geltenden Anforderungen sowie die verfügbaren Datenquellen dargestellt. Auch in dieser Tabelle werden zunächst Zielgrößen angeführt, anschließend für die Bereiche Bedarf und Verbrauch jeweils die aktuelle Verfügbarkeit an Daten den Anforderungen an ein Monitoring gegenübergestellt.

Tabelle 12
Datenseitige Anforderungen für Monitoring und Evaluierung des Energiebedarfs und -verbrauchs im Gebäudesektor

Übergeordnete Ebene	Energienachfrage (Bestand)
Zielgröße	Gebäudeanforderungen u.a.: <ul style="list-style-type: none"> ■ Seit 01.01.2023 Neubaustandard EH 50 (bezogen auf Primärenergie eines Referenzgebäudes) ■ 65%-Regel GEG ■ Austausch- und Nachrüstpflichten in Bestandsgebäuden: <ul style="list-style-type: none"> ○ Austausch von Heizungen ohne Brennwert- oder Niedertemperaturkessel, die älter als 30 Jahre sind ○ Dämmpflicht für alle obersten Geschossdecken (Ausnahme Eigentum) ○ Neue Heizungs- und Warmwasserrohre in unbeheizten Räumen müssen gedämmt werden ■ Anforderungen bei einer freiwilligen Modernisierung: <ul style="list-style-type: none"> ○ Einzelne Sanierungsmaßnahmen oder Erneuerung von Bauteilen: GEG gibt bestimmte Anforderungswerte an den Wärmedurchgangskoeffizienten des Bauteils vor; ○ Umfassende Modernisierungen: energetische Gesamtbilanzierung (Bedarf an Primärenergie des sanierten Gebäudes darf maximal 155 % höher als der eines entsprechenden Neubaus sein)
Unterkategorie	Energiebedarf
Verfügbarkeit aktuell	<ul style="list-style-type: none"> ■ Datenerhebung zu Nicht-Wohngebäuden (vgl. Hörner et al. 2022) ■ Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016 (vgl. Cischinsky/Diefenbach 2018)

Übergeordnete Ebene	Energienachfrage (Bestand)
	<ul style="list-style-type: none"> ■ DiBt: Verbrauchs- und Bedarfsausweise von rund 200.000 Wohngebäuden und 20.000 Nichtwohngebäuden (Stand 01/2023) ■ KfW-Förderzahlen
Datenseitige Anforderungen an ein Monitoring	<ul style="list-style-type: none"> ■ Vollständige Energieausweisdatenbank (DiBt) ■ Digitaler Gebäudepass ■ Regelmäßige stichprobenartige Erfassung unter Berücksichtigung von Repräsentativität und Vergleichbarkeit/Konfidenzintervalle der ausgewiesenen Werte ■ Digitales Gebäuderegister/ Datenraum für Gebäude (Gaia-X)
Verfügbarkeit aktuell	<p>Verbrauch</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Messwerte verschiedener privater Anbieter (z. B. Ista, Techem, CO2-online)
Datenseitige Anforderungen an ein Monitoring	<ul style="list-style-type: none"> ■ Regelmäßige stichprobenartige Erfassung unter Berücksichtigung von Repräsentativität und Vergleichbarkeit/Konfidenzintervalle der ausgewiesenen Werte ■ Digitales Gebäuderegister/ Datenraum für Gebäude (Gaia-X)

Quelle: Eigene Darstellung

Neben den datenseitigen Voraussetzungen ist anzumerken, dass auch ausreichend Budget für Daten und Evaluationsprojekte bereitgestellt werden sollte. Zudem werden Forschungs- und Entwicklungsprojekte, beispielsweise zur detaillierten Konzeptionierung von digitalen Gebäudepässen, als sinnvoll erachtet.

Nachsteuerung

Auf Basis der Ex-post-Evaluationen sowie des Monitorings der Wirkfelder kann ein gezieltes Nachsteuern erfolgen. Hierbei gilt es, Instrumente oder Instrumentenbündel neu zu konzeptualisieren oder anzupassen und diese ex-ante hinsichtlich ihrer Wirkung zu bewerten.

Ideen für Nachsteuerungen sind:

- Informatorisch auf Seiten der Verbraucher und Verbraucherinnen
 - zukünftige Entwicklung der Energiepreise, insbesondere des Gaspreises unter Berücksichtigung des CO₂-Preises bzw. des ETS-2 Preises
 - Aufklärung hinsichtlich zukünftiger Verfügbarkeit von Wasserstoff für Haushalte
 - Aufklärung hinsichtlich eines langen Umstellungs-/Abschaltungszeitraumes von Gasnetzen
 - Relevanz und Nutzen kommunaler Wärmeplanung für Privatpersonen
 - Digitalisierung von Verbrauchsdaten durch digitale Messgeräte
- Nachschärfung der Ausgestaltung von Mindesteffizienzstandards (MEPS)
- Anpassung Fördermechanismen (hinsichtlich Fördereffizienz, Verteilungswirkung bzw. Abfederung sozialer Härten)
- Angebotsseitig:
 - Wärmepumpenförderung durch Steuererleichterungen und/oder Imagekampagnen Installateure

Übergreifende Einordnung

Bisher zeigt die Klimapolitik meist größere Umsetzungslücken, wie es beispielsweise der jüngste Projektionsbericht darstellt, der gleichzeitig als Grundlage für die Wirkabschätzung des Klimaschutzprogramms 2023 dient. Der Gebäudesektor weist hier bis zum Jahr 2030 eine Überschreitung des zulässigen Treibhausgasbudgets um 35 Mio. t CO₂äq im Mit-Weiteren-Maßnahmen Szenario auf (vgl. Harthan et al. 2023). Ein Argument, was teilweise gegen eine stringenter Klimapolitik verwendet wird, ist die Sozialverträglichkeit bzw. die Belastungen der Bürger und Bürgerinnen. Daher sollte die Sozialverträglichkeit in der Konzeptionierung der Maßnahmenpakete mitgedacht und instrumentalisiert werden. Dies könnte beispielsweise auf Basis einer transparenten Darstellung, auf welche Akteure/Haushaltstypen Maßnahmen in welcher Weise wirken, dargelegt werden. Zudem könnten langfristige Folgewirkungen veranschaulicht werden, z. B. mit Hilfe von Wirtschaftlichkeitsrechnungen anhand zukünftiger – nicht historischer oder aktueller – Preise sowie der Schaffung von Transparenz über Planung und Verfügbarkeit von Wasserstoff auf Haushaltsebene. Ein zusätzlicher Aspekt ist das Zielbild der Treibhausgasneutralität. Durch die sich abzeichnenden Zielverfehlungen und das Voranschreiten des Klimawandels sollten Klimawandelanpassung sowie die Sicherstellung von Lebensqualität, gesellschaftlicher Teilhabe und Verteilungsgerechtigkeit mitgedacht werden, um potenziell negativen Konsequenzen entgegenzuwirken und eine gesellschaftliche Trägerschaft der Wärmewende zu fördern.

Anhang

Analyse der Energieausweisdatenbank (Exkurs)

Mindesteffizienzstandards für Bestandsgebäude (Minimum Energy Performance Standards, MEPS) können eine Schlüsselrolle spielen, wenn es darum geht sicherzustellen, die Klimaziele zu erreichen. Zurzeit wird die Revision der Europäischen Gebäuderichtlinie (Energy Performance of Buildings Directive, EPBD) verhandelt zwischen Kommission, Rat und Parlament. Diskutiert wird über MEPS für Wohn- und Nichtwohngebäude, wobei in den veröffentlichten Positionen insbesondere Nichtwohngebäude adressiert werden. Neben den Gebäudetypen wird allerdings auch die Energieform, als Primärenergie und Endenergie diskutiert.

Zur Schaffung einer Grundlage für die Umsetzung von MEPS wird in diesem Exkurs die Verteilung der Energieeffizienz im Bestand anhand der Energieausweisdatenbank des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) untersucht.

Alle neu ausgestellten Energieausweise müssen seit 2014 online registriert werden bei der GEG-Registrierungsstelle des DIBt⁸. Ein Energieausweis muss in folgenden Fällen vorliegen oder neu ausgestellt werden (§80 GEG):

- bei Neuerrichtung eines Gebäudes
- wenn Sanierungsarbeiten anfallen, die mehr als 10 % der Bauteilfläche betreffen (§48 GEG)
- beim Verkauf eines Gebäudes
- bei Neuvermietung, Neuverpachtung oder Abschluss eines Leasing-Verhältnisses
- für öffentliche Gebäude mit starkem Publikumsverkehr

Außerdem gelten Anforderungen, wann ein Verbrauchs- und wann ein Bedarfsausweis ausgestellt werden darf. Ein Bedarfsausweis ist vorgeschrieben bei Gebäuden mit weniger als fünf Wohnungen, die vor 1977 errichtet wurden und bei Neubauten.

Alle anderen Wohngebäude (große Mehrfamilienhäuser und kleinere Gebäude mit Baujahr nach 1977) können auch mit einem Verbrauchsausweis bewertet werden (§80 Abs. 3 GEG).

Die Datenbank ist demnach nicht statistisch repräsentativ, weil sie nur Gebäude beinhaltet, bei denen die genannten Gründe seit 2014 zutrafen. Nichtsdestotrotz ist sie die Quelle mit der größten Stichprobe zum energetischen Zustand des deutschen Gebäudebestandes mit Verbrauchs- und Bedarfsausweisen von rund 200.000 Wohngebäuden und 20.000 Nichtwohngebäuden (Stand Januar 2023).

Effizienzklassen-Verteilung

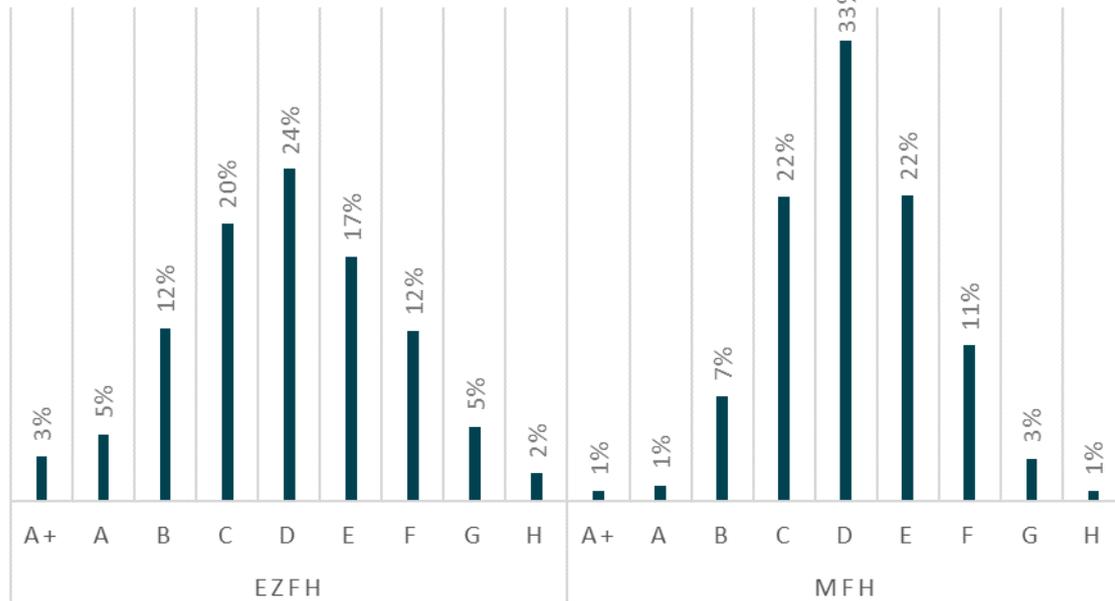
Abbildung 34 zeigt die Verteilung der Effizienzklassen nach GEG von Endenergie-Verbrauchsausweisen, getrennt nach Ein- und Zweifamilienhäusern (EZFH) sowie Mehrfamilienhäuser (MFH). Gemäß den Kriterien im GEG umfassen die EZFH nur Gebäude, die nach 1977 errichtet wurden. Es ist also zu erwarten, dass energieeffiziente Gebäude überrepräsentiert sind. Außerdem sind nur große Mehrfamilienhäuser mit mehr als fünf Wohnungen Teil der Stichprobe. Es ist jeweils eine Normalverteilung zu sehen mit Effizienzklasse D als Mitte.

Für die Verteilung nach Endenergie-Bedarfsausweisen in Abbildung 35 ergibt sich ein anderes Bild mit deutlich höherem Anteil schlechter Effizienzklassen, insbesondere bei EZFH. Das liegt ebenfalls in den Kriterien für Bedarfsausweis im GEG begründet: EZFH mit Baujahr vor 1977 sind hier überrepräsentiert. Außerdem lässt sich der Unterschied auf das Heizverhalten zurückführen: In Gebäuden mit geringer

⁸ Zunächst auf Grundlage §17 Abs. 4 EnEV2013 und später §114 GEG

Energieeffizienz ergibt sich ein hoher rechnerischer Energiebedarf. Darin enthalten ist die Annahme einer Vollbeheizung aller Fläche auf eine Normtemperatur. In der Realität heizen Nutzende von ineffizienten Gebäuden diese – eingedenk der hohen Energiekosten – weniger als in der Norm angenommen und es ergeben sich niedrigere Verbräuche.⁹

Abbildung 34
Verbrauchsausweise Endenergie von Wohngebäuden nach Gebäudeanzahl (Stichprobengröße: 116.050)



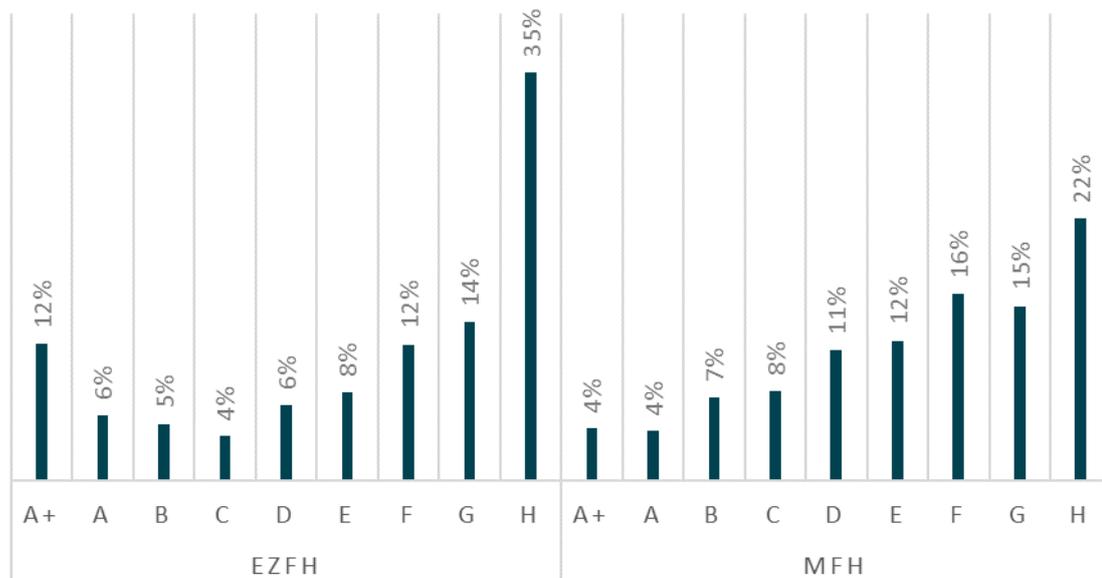
Quelle: Eigene Darstellung

⁹ Für den Unterschied zwischen Bedarfs- und Verbrauchsausweisen siehe Loga et al. 2015, S. 75 ff.

Abbildung 35

Bedarfsausweise Endenergie: GEG-Effizienzklassenverteilung von Wohngebäuden nach Gebäudeanzahl

(Stichprobengröße: 79.055)



Quelle: Eigene Darstellung

Die Verteilung der Effizienzklassen ist in diesem Kapitel je Baualtersklasse, getrennt für Ein- und Mehrfamilienhäuser sowie Verbrauchs- und Bedarfsausweise zu sehen. In Anbetracht der z.T. sehr geringen Stichprobengrößen und der erläuterten, fehlenden Repräsentativität, sind diese Werte jedoch mit Vorsicht zu betrachten.

Vergleich mit anderen Datenquellen

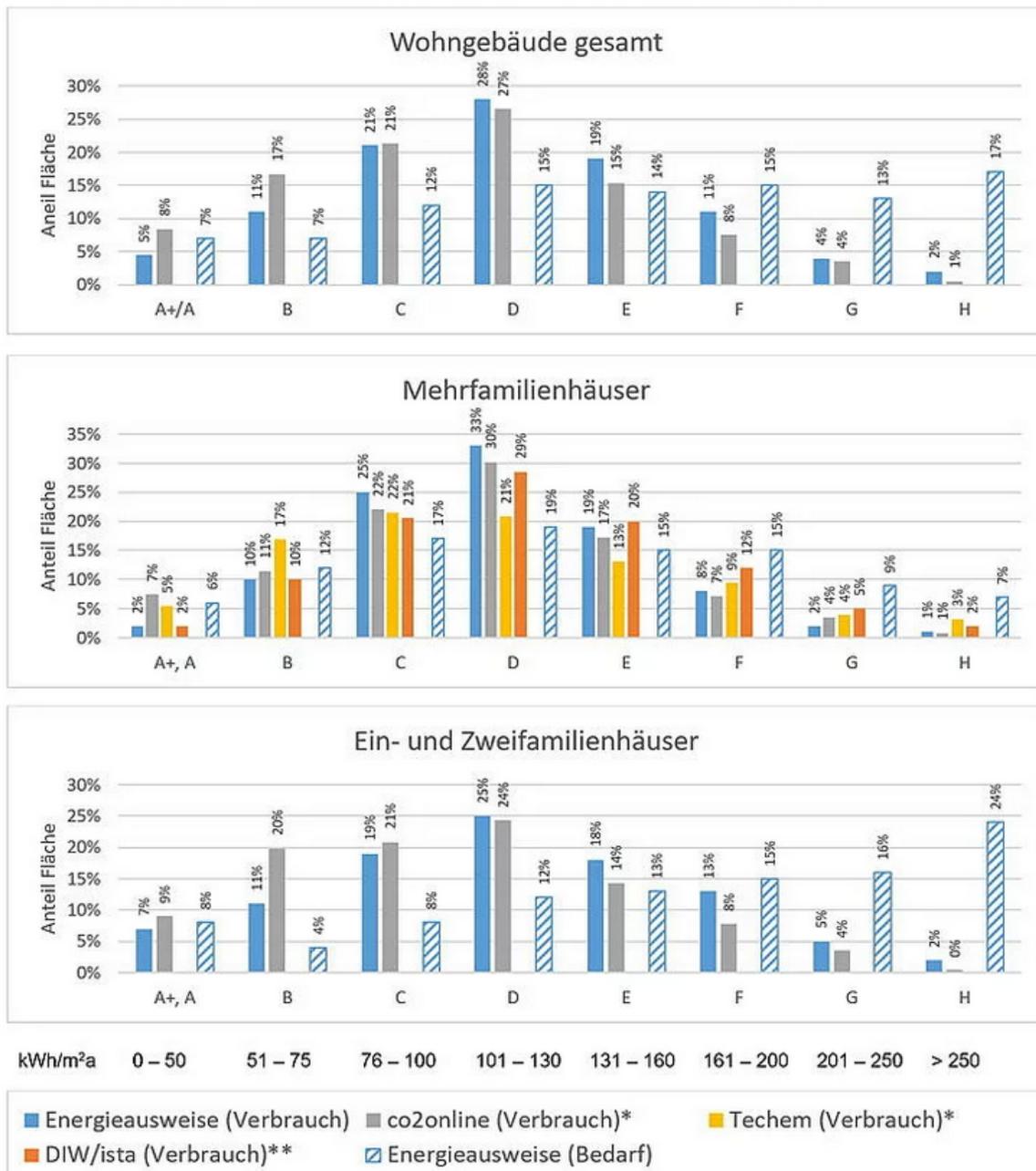
Es existiert keine repräsentative Datenquelle, die die Energieeffizienz des Gebäudebestands abbildet. In anderen Ländern wurden Gebäuderegister eingeführt, um dieses Problem zu lösen.

Um ein Gesamtbild zur Effizienzverteilung des Gebäudebestandes zu erhalten, hilft der Vergleich mit anderen Datenquellen und -auswertungen:

- Die DIBt-Datenbank wurde auch von Krieger et al. 2019 und Braungardt et al. 2022 ausgewertet. Über den Vergleich mit unseren Auswertungen sowie den direkten Austausch mit den Autoren und Autorinnen lassen sich weitere Erkenntnisse gewinnen.
- Köveker et al. 2022 werten Verbrauchsdaten des Energiedienstleistungsunternehmens *ista* für 1,8 Millionen Wohneinheiten in 250.000 Wohngebäuden (v.a. Mehrfamilienhäuser) aus.
- Das andere große Messdienstleistungsunternehmen Techem Services GmbH veröffentlicht ebenfalls Auswertungen zu den Verbräuchen von 1,6 Millionen Wohneinheiten in 120.000 Mehrfamilienhäusern (vgl. Techem Energy Services GmbH 2023).

Bei Der Wieden und Braungardt 2023 haben die Verteilung der Effizienz von Wohngebäuden aus den beschriebenen Erhebungen zusammengefasst (siehe Abbildung 36).

Abbildung 36
Verteilung der Effizienz von Wohngebäuden nach Endenergie



* Nicht bezogen auf die Fläche, sondern auf die Gebäudeanzahl ** Nur mit Gas beheizte Gebäude

Quelle: Bei Der Wieden/ Braungardt 2023

Bezüglich der Nichtwohngebäude haben Hörner et al. 2022 in einer repräsentativen Stichprobe die energetische Beschaffenheit des Nichtwohngebäudebestandes vermessen. Aus diesen Auswertungen lassen sich Rückschlüsse zur Effizienzklassenverteilung ziehen wie z. B. in Abbildung 37 für den kalibrierten Primärenergiebedarf (vergleichbar mit Primärenergieverbrauch).¹⁰

¹⁰ Grundlage der Werte ist eine Energiebedarfsrechnung (Raumwärme und Warmwasser, ohne Prozesswärme, ohne Geräte) auf Basis von statistisch erhobenen Bauteilflächen und ihrer thermischen Beschaffenheit (U-Wert). Für 464 Gebäude einer Tieferenerhebung

Abbildung 37
Verteilung des kalibrierten Primärenergiebedarfs in kWh/m²a der deutschen Nichtwohngebäude



Quelle: Hörner 2023 unter Verwendung des Dynamic ISO Building Simulators

Ableitung von Schwellenwerten für MEPS

Notwendig ist die Erfassung der Verteilung von Effizienzklassen für die konkrete Ausgestaltung von MEPS. Die konkrete Anforderung auf Gebäudeebene orientiert sich in den Vorschlägen auf EU-Ebene an Schwellenwerten, die einen bestimmten Anteil der energetisch ineffizientesten Gebäude abdecken. Beispiel zur Veranschaulichung: Ein Gebäudebestand umfasst 100.000 Gebäude. Diese werden nach ihrer Energieeffizienz geordnet von „schlecht“ nach „gut“. Der Schwellenwert für MEPS beträgt 15 %. Das bedeutet, dass die Energieeffizienz des 15.000sten Gebäudes von allen Gebäuden erreicht werden muss, die ineffizienter sind. Als Folge müssen energetische Sanierungsmaßnahmen an diesen „worst performing buildings“ durchgeführt werden.

Der anzusetzende Schwellenwert zum erfassten Anteil des Bestandes ist in Verhandlung. Für eine erste Auswertung wird der Schwellenwert von 15 % für Wohn- und Nichtwohngebäude herangezogen. Dies spiegelt eine Mischung aus den Positionen des Europäischen Rats und der Kommission wider. Der Rat sieht vor, dass die 15 % schlechtesten Nichtwohngebäude bis 2030 von MEPS adressiert werden und verzichtet auf konkrete MEPS für Wohngebäude (siehe Art. 9, Abs. 1 in der Richtlinie 13280/22 COR 1). Die Kommission setzt für Wohn- und Nichtwohngebäude einen ersten Schwellenwert für 2027 an, der in etwa 25 % des jeweiligen Bestandes betreffen soll (siehe Art. 9 Abs. 1 i.V.m. Art. 16 Abs. 2 in der Richtlinie 2021/0426/COD).

Als Anforderungsgröße definiert der Rat Primärenergie. Rat und Kommission überlassen die Definition weiterer Anforderungsgrößen jedoch den Mitgliedsstaaten, weshalb zusätzlich Auswertungen zu Endenergie vorgenommen werden. Außerdem obliegt dem Mitgliedsstaat, ob er gemessenen Verbrauch oder berechneten Bedarf als Anforderung definiert, weshalb wir im Folgenden beides zeigen.

Eine weitere Detailfrage richtet sich danach, nach welchem Kriterium die schlechtesten 15 % von der Grundgesamtheit ausgewählt werden sollen. Deshalb wurde zum einen die Gebäudeanzahl analysiert. Dabei fallen jedoch alle Gebäude gleich stark ins Gewicht unabhängig von ihrer Größe und ihrem Energieverbrauch. Als Konsequenz ist der Einfluss kleiner Gebäude überbewertet. Deshalb wurde zusätzlich der absolute Energieverbrauch/-bedarf je Gebäude berechnet und der Schwellenwert der ineffizientesten 15 % gebildet. Ein weiterer Ansatz für ein Kriterium wäre die Wohn-/Nutzfläche.

Tabelle 13 führt die konkreten 15 %-Schwellenwerte für Wohngebäude auf, die aus der DIBt-Energieausweis-Datenbank abgeleitet wurden. Es fällt auf, dass die Werte für Bedarf deutlich höher sind als für Verbrauch. Da die meisten Gebäude fossil beheizt werden und somit einen Primärenergiefaktor über 1

wurde der tatsächliche Energieverbrauch ermittelt. Daraus leiten Hörner et al. 2022 Kalibrierungsfaktoren für den Zusammenhang von rechnerischem Bedarf und messbarem Verbrauch ab, die in Form des „kalibrierten Primärenergiebedarfs“ zum Tragen kommen.

haben, ist der Primärenergiewert ungefähr 1,1-mal so hoch wie der Endenergiewert. Die Schwellenwerte geordnet nach absolutem Energieverbrauch/-bedarf sind jeweils bis zu 10 % höher als die nach Gebäudeanzahl ermittelten. Dies deutet darauf hin, dass vermehrt große Gebäude über eine schlechte Energieeffizienz verfügen.

Tabelle 13
MEPS-Schwellenwerte von 15 % für Wohngebäude gesamt (Achtung: nicht repräsentativ)

	Nach Gebäudeanzahl		Nach absolutem Energieverbrauch/-bedarf	
	[kWh/m ² a]	Stichprobe	[kWh/m ² a]	Stichprobe
Primärenergieverbrauch	178	120.000	187	105.000
Endenergieverbrauch	160	120.000	166	105.000
Primärenergiebedarf	348	103.000	372	90.000
Endenergiebedarf	308	103.000	310	90.000

Quelle: Eigene Auswertung der DIBt-Energieausweis-Datenbank

In Tabelle 14 werden zusätzlich Schwellenwerte für Einfamilienhäuser und in Tabelle 15 nur für Mehrfamilienhäuser ausgewertet. Nach Gebäudeanzahl haben die Einfamilienhäuser höhere Schwellenwerte als die Mehrfamilienhäuser. Einziger Unterschied: Die Mehrfamilienhäuser erzielen höhere Primärenergiebedarfe bei den schlechtesten 15 %. Ein Grund kann der etwas geringere Anteil von erneuerbaren Energien in Mehrfamilienhäusern sein (vgl. Destatis 2019).

Tabelle 14
MEPS-Schwellenwerte von 15 % für Einfamilienhäuser (Achtung: nicht repräsentativ)

	Nach Gebäudeanzahl		Nach absolutem Energieverbrauch/-bedarf	
	[kWh/m ² a]	Stichprobe	[kWh/m ² a]	Stichprobe
Primärenergieverbrauch	182	36.000	206	36.000
Endenergieverbrauch	166	36.000	186	36.000
Primärenergiebedarf	368	49.000	325	49.000
Endenergiebedarf	327	49.000	322	49.000

Quelle: Eigene Auswertung der DIBt-Energieausweis-Datenbank

Tabelle 15
MEPS-Schwellenwerte von 15 % für Mehrfamilienhäuser (Achtung: nicht repräsentativ)

	Nach Gebäudeanzahl		Nach absolutem Energieverbrauch/-bedarf	
	[kWh/m ² a]	Stichprobe	[kWh/m ² a]	Stichprobe
Primärenergieverbrauch	176	80.000	160	80.000

	Nach Gebäudeanzahl		Nach absolutem Energieverbrauch/-bedarf	
Endenergieverbrauch	158	80.000	144	80.000
Primärenergiebedarf	386	31.000	353	31.000
Endenergiebedarf	318	31.000	316	31.000

Quelle: Eigene Auswertung der DIBt-Energieausweis-Datenbank

Für Nichtwohngebäude in Tabelle 16 gelten die gleichen Effekte wie für Wohngebäude. Allerdings fallen die großen Gebäude durch einen deutlich höheren Primärenergieverbrauch auf. Insgesamt ist die Energieeffizienz von Nichtwohngebäuden geringer als von Wohngebäuden, was sich in höheren Schwellenwerten äußert. Ein von der Energieeffizienz losgelöster Grund kann der zum Teil hohe Technisierungsgrad (z. B. Krankenhäuser) sein.

Tabelle 16
MEPS-Schwellenwerte von 15 % für Nichtwohngebäude (Achtung: nicht repräsentativ)

Einheit	Nach Gebäudeanzahl		Nach absolutem Energieverbrauch/-bedarf	
	[kWh/m ² a]	Stichprobe	[kWh/m ² a]	Stichprobe
Primärenergieverbrauch	328	6.900	627	7.800
Endenergieverbrauch	173	6.900	219	7.500
Primärenergiebedarf	402	14.700	408	14.600
Endenergiebedarf	346	14.700	337	14.800

Quelle: Eigene Auswertung der DIBt-Energieausweis-Datenbank

Insbesondere Tabelle 17 ist mit großer Vorsicht zu genießen, da die Repräsentativität der Energieausweise für Nichtwohngebäude nicht gewährleistet ist. Bei Der Wieden et al. 2023 haben auf Grundlage der repräsentativen Erhebung von Hörner et al. 2022 belastbare 15%/25%-Schwellenwerte abgeleitet für den kalibrierten Primärenergiebedarf (entspricht -verbrauch), die in Abbildung 41 aufgeführt werden. Die Werte aus der DIBt-Datenbank weichen stark von dieser deutlich belastbareren Auswertung ab.

Tabelle 17
Schwellenwerte für MEPS für Nichtwohngebäude für kalibrierten Primärenergiebedarf

kWh/m ² a	„worst 15%“	„worst 25%“
Nach Gebäudeanzahl	292	208
Nach beheizter Nutzfläche	152	118

Quelle: (Bei Der Wieden et al., 2023)

Abbildung 38 zeigt die Analyse der Verbrauchsausweise für Mehrfamilienhäuser nach Gebäudeanzahl bezogen auf Endenergie. Tabelle 18 zeigt die zugrundeliegende Stichprobe.

Tabelle 18
Stichprobe für Auswertung der Verbrauchsausweise für Mehrfamilienhäuser

Baualterklasse	bis 1918	1919 bis 1948	1949 bis 1978	1979 bis 1994	1995 bis 2007	2008 bis 2016	ab 2016
Anzahl Verbrauchsausweise	9.100	6.800	31.700	17.500	12.400	1.200	500

Quelle: Eigene Auswertung der DIBt-Energieausweis-Datenbank

Abbildung 39 zeigt die Auswertung der Bedarfsausweise für Mehrfamilienhäuser nach Gebäudeanzahl bezogen auf Endenergie. Tabelle 19 zeigt die zugrundeliegende Stichprobe.

Tabelle 19
Stichprobe für Auswertung der Bedarfsausweise für Mehrfamilienhäuser

Baualterklasse	bis 1918	1919 bis 1948	1949 bis 1978	1979 bis 1994	1995 bis 2007	2008 bis 2016	ab 2016
Anzahl Bedarfsausweise	5.00	4.500	14.400	2.000	1.000	300	2.900

Quelle: Eigene Auswertung der DIBt-Energieausweis-Datenbank

Abbildung 40 zeigt die Auswertung der Bedarfsausweise für Mehrfamilienhäuser nach Gebäudeanzahl bezogen auf Endenergie. Tabelle 20 zeigt die zugrundeliegende Stichprobe.

Tabelle 20
Stichprobe für Auswertung der Verbrauchsausweise für Einfamilienhäuser

Baualterklasse	bis 1918	1919 bis 1948	1949 bis 1978	1979 bis 1994	1995 bis 2007	2008 bis 2016	ab 2016
Anzahl Verbrauchsausweise	2.200	2.200	6.700	10.800	11.300	2.200	100

Quelle: Eigene Auswertung der DIBt-Energieausweis-Datenbank

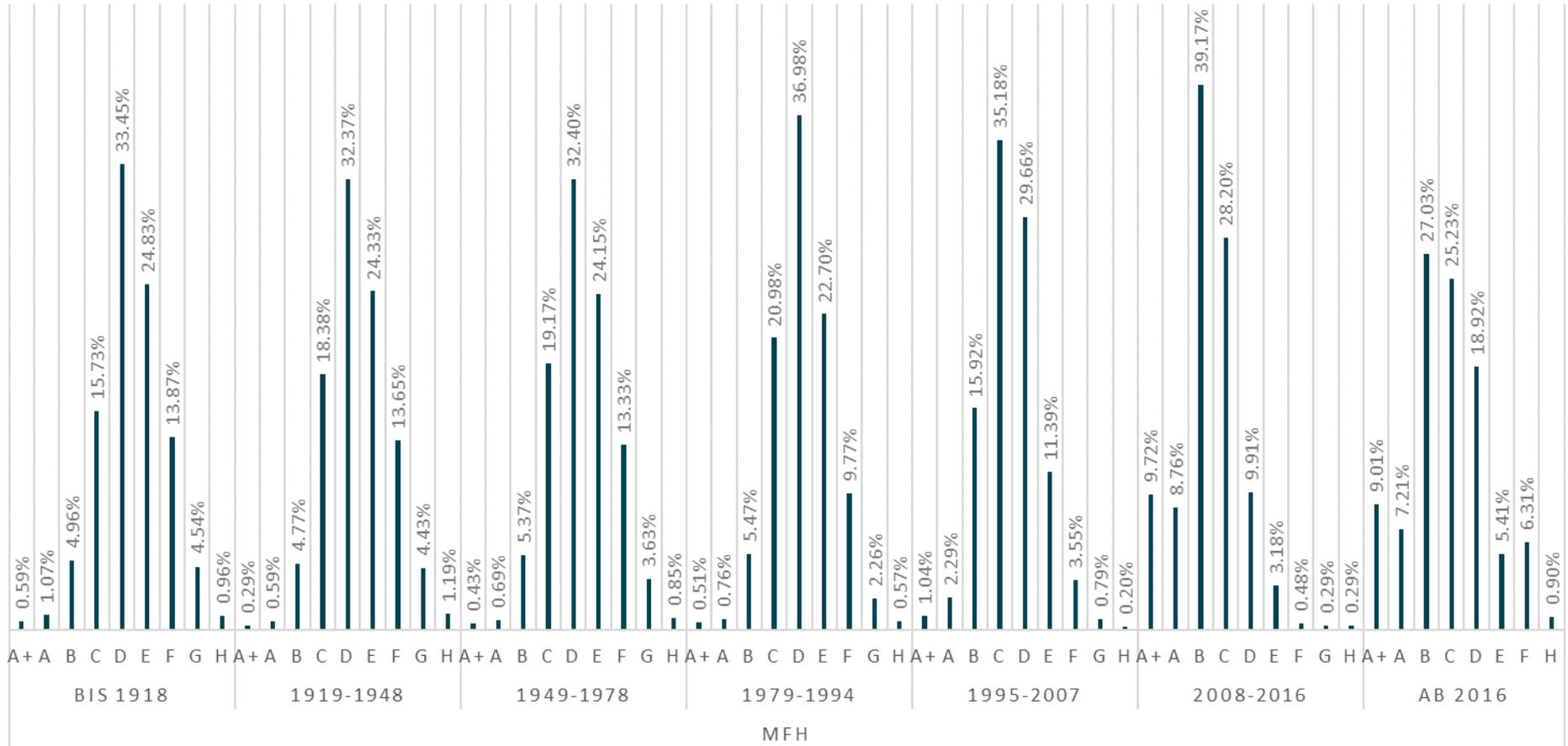
Abbildung 41 zeigt die Auswertung der Bedarfsausweise für Mehrfamilienhäuser nach Gebäudeanzahl bezogen auf Endenergie. Tabelle 21 zeigt die zugrundeliegende Stichprobe.

Tabelle 21
Stichprobe für Auswertung der Bedarfsausweise für Einfamilienhäuser

Baualterklasse	bis 1918	1919 bis 1948	1949 bis 1978	1979 bis 1994	1995 bis 2007	2008 bis 2016	ab 2016
Anzahl Bedarfsausweise	5.400	5.900	19.000	2.800	2.100	1.000	11.600

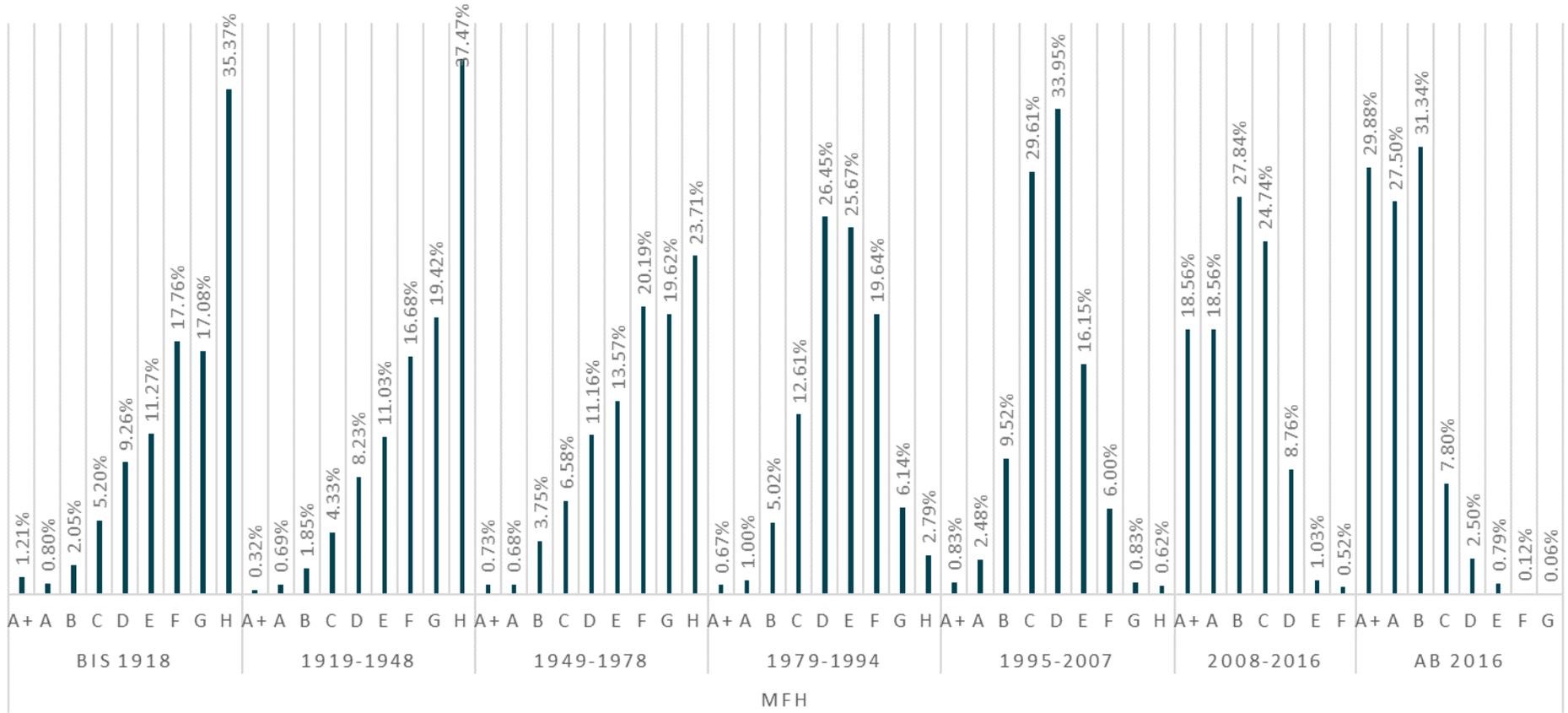
Quelle: Eigene Auswertung der DIBt-Energieausweis-Datenbank

Abbildung 38
Verbrauchsausweise Endenergie Mehrfamilienhäuser nach Gebäudeanzahl



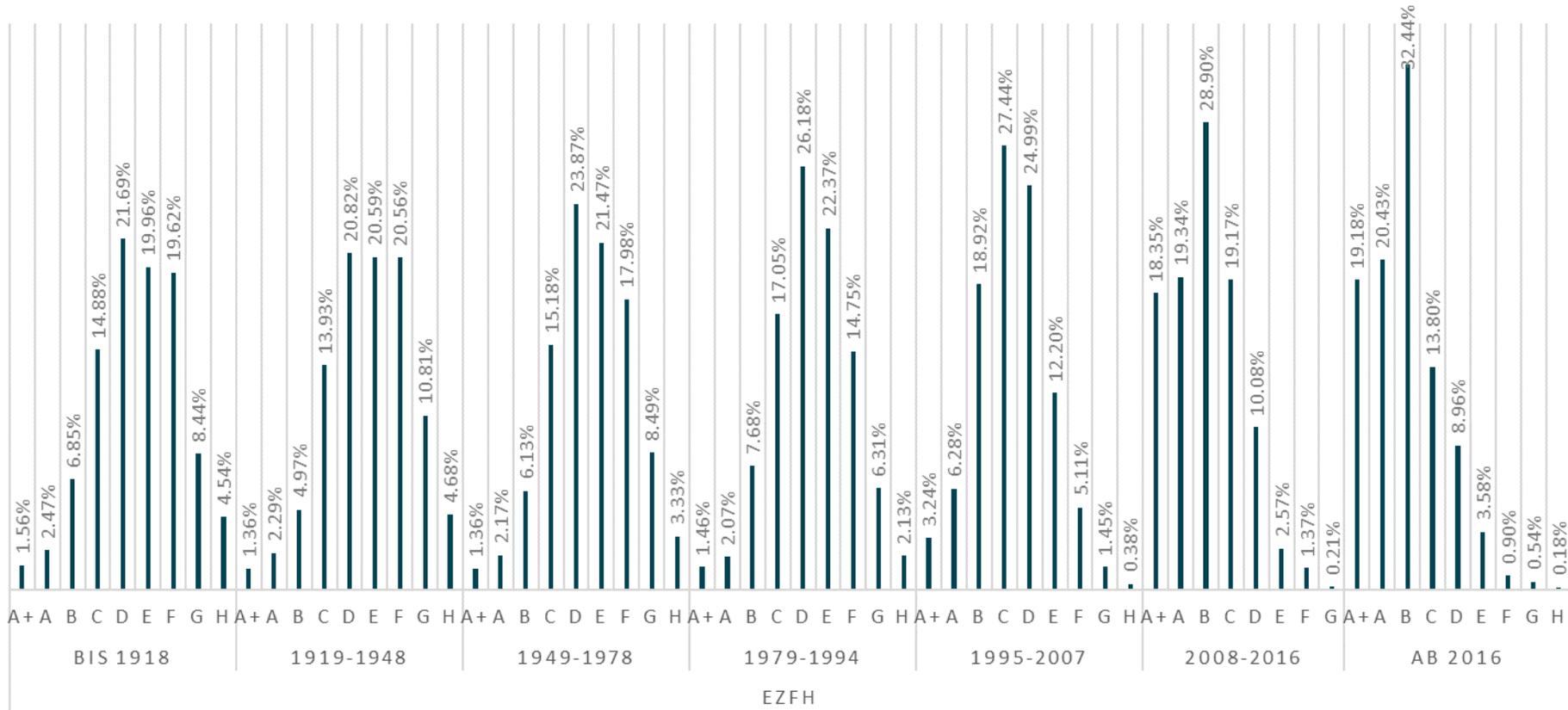
Quelle: Eigene Auswertung der DIBt-Energieausweis-Datenbank

Abbildung 39
Bedarfsausweise Endenergie Mehrfamilienhäuser nach Gebäudeanzahl



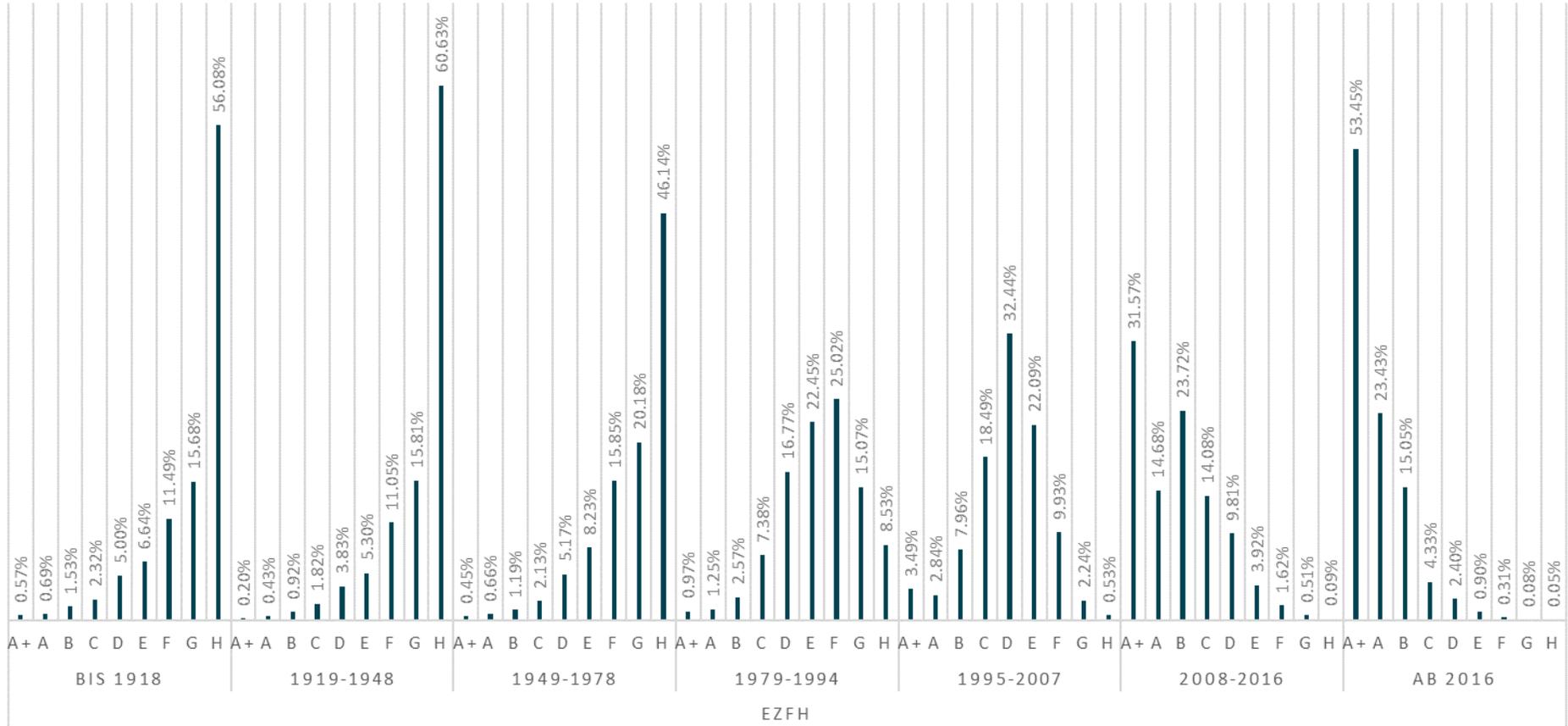
Quelle: Eigene Auswertung der DIBt-Energieausweis-Datenbank

Abbildung 40
Verbrauchsausweise Endenergie Einfamilienhäuser nach Gebäudeanzahl



Quelle: Eigene Auswertung der DIBt-Energieausweis-Datenbank

Abbildung 41
Bedarfsausweise Endenergie Einfamilienhäuser nach Gebäudeanzahl



Quelle: Eigene Auswertung der DIBt-Energieausweis-Datenbank

Qualitative Bewertung der nicht abgeschätzten Instrumente

Abbildung 42
Qualitative Bewertung der nicht abgeschätzten Instrumente

Wirkungsabschätzung	Kommunale Aktionsstelle für Wohnraumplanung	Paket für Fachkräftemangel	Verpflichtender ISFP	Progressive Energiesteuer	Teilwarmmietenmodell	Gebäuderessourcenpass	Förderprogramm sozialer Fokus
Steigerung der Sanierungstiefe	keine Änderung	Keine Änderung	Hoch	Mittel	Gering	Gering	Gering
Steigerung der Sanierungsrate	keine Änderung	Keine Änderung	Hoch	Mittel	Gering	Gering	Gering
Steigerung Heizungs-austauschrate	keine Änderung	Keine Änderung	Mittel	Mittel	Gering	Gering	Gering
Erhöhung Anteil zielkonformer Wärmeversorgung	keine Änderung	Hoch	Hoch	Mittel	Gering	Keine Änderung	Gering
Reduktion spezifischer Wohnfläche	Mittel	keine Änderung	Keine Änderung	Gering	Keine Änderung	Keine Änderung	Keine Änderung
Reduktion Endenergieverbrauchs von Neubauten	keine Änderung	keine Änderung	Keine Änderung	Mittel	Keine Änderung	Keine Änderung	Keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs (durch Optimierung/ Nutzverhalten)	Mittel	keine Änderung	Gering	Hoch	Gering	Mittel	Gering
Förderung gesellschaftlicher Teilhabe an Energiewende	Gering	Mittel	Hoch	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel
Verteilungswirkung/-effekt	Verminderung der Ungleichheit	Keine	Keine	Verminderung der Ungleichheit	Geringfügig	Keine	Verminderung der Ungleichheit
Gesellschaftliche Akzeptanz des Instruments	Hoch	Hoch	Mittel	Mittel	Mittel	Hoch	Hoch
Auswirkungen auf Fachkräftemangel	Mindernd	Mindernd	Verstärkend	Keinen Effekt	Keinen Effekt	Verstärkend	Keinen Effekt
Reduktion grauer Emissionen			Positiver Effekt			Positiver Effekt	
Adressierte Akteure	 	 	 		 	 	

Quelle: Eigene Darstellung

Modellbeschreibung Invert/ee-Lab

INVERT/ee-Lab Modellbeschreibung und INVERT-Agents

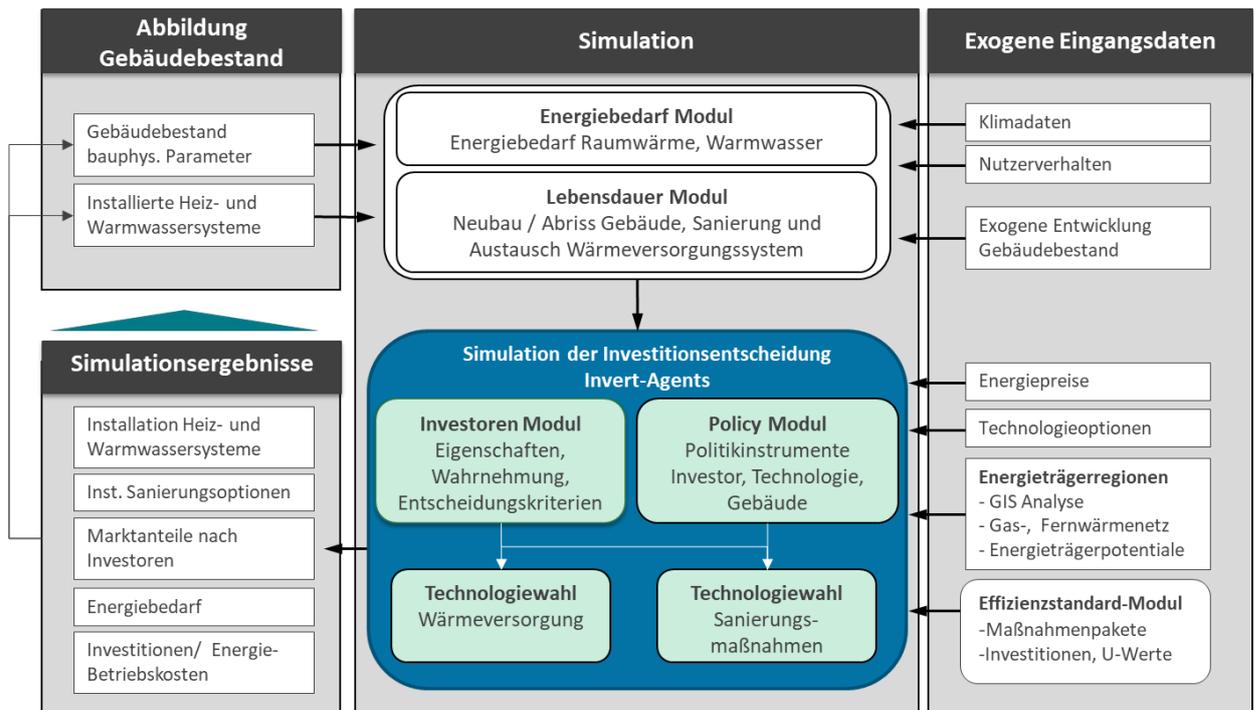
Methodisch stellt Invert/EE-Lab ein dem Bottom-up-Ansatz folgendes, techno-ökonomisches Simulationsmodell dar, mit dem Optionen des Energiebedarfs und dessen Deckung für Wärme (Raumwärme und Warmwasser) sowie Klimatisierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden ermittelt und die Auswirkungen verschiedener Förderinstrumente in Jahresschritten abgebildet werden können (Abbildung 43). Grundlage des Modells ist eine detaillierte Darstellung des Gebäudebestands nach Gebäudetypen, Baualtersklassen und Sanierungszuständen mit relevanten bauphysikalischen und ökonomischen Parametern einschließlich der Technologien zur Bereitstellung von Raumwärme, Warmwasser und Klimatisierung. Darauf aufbauend wird der Heiz- und Kühlenergiebedarf unter Einbeziehung von Nutzerverhalten und Klimadaten ermittelt. Die Investitionsentscheidung in Technologien und Effizienzmaßnahmen wird unter Berücksichtigung von investorenspezifischen Entscheidungskalkülen und Hemmnissen sowie Energieträgerpotentialen im Modul INVERT-Agents ermittelt (vgl. (Steinbach 2015)).

Mit INVERT/EE-Lab ist es möglich, die Auswirkung unterschiedlicher Politikinstrumente und Ausgestaltungsvarianten auf den Ausbau der Erneuerbaren Energien im Gebäudebereich in Szenarien zu analysieren. Im Rahmen des Forschungsprojektes *Diffusion EE* wird das Modell, um den Bereich der Intermediäre als zentrale Change Agents erweitert, um den Einfluss auf die Investitionsentscheidung im Gebäudebereich abzubilden.

Für eine realitätsnahe Simulation des Einsatzes erneuerbarer Energien im Gebäudebereich werden u.a. folgende relevante Zusammenhänge im Modell abgebildet:

- Berücksichtigung von investorenspezifischen Hemmnissen und Kalkülen bei der Investitionsentscheidung in Wärmeversorgungssysteme und Effizienzmaßnahmen.
- Das Temperaturniveau des Wärmeverteilungssystems wird in der Simulation berücksichtigt, hier besonders die Interaktion zwischen diesem und den Wirkungsgraden bzw. Arbeitszahlen der Bereitstellungstechnologien. Dies ist in besonderem Maße für eine realitätsnahe Simulation des Einsatzes von Wärmepumpen in älteren Gebäuden von Bedeutung.
- Die Modellierung der Energiebereitstellung aus solarthermischen Anlagen erfolgt auf monatlicher Basis unter Berücksichtigung der entsprechenden solaren Einstrahlung. Zudem wird entsprechend der Geometrie der Referenzgebäude, die den solarthermischen Anlagen zur Verfügung stehende Dachfläche im Modell berücksichtigt.
- Politikinstrumente zur Förderung von EE-Wärme und Effizienzmaßnahmen wie Investitionszuschüsse (Marktanreizprogramm), Nutzungspflichten (EEWärmeG) oder haushaltsunabhängige Umlagesysteme werden technologie- und gebäudespezifisch (Neubau, Bestand, öffentliche Gebäude) definiert.
- Darüber hinaus erfolgt eine Berücksichtigung der Limitierung erneuerbarer Energieträger über definierte Kostenpotenziale inklusive deren Entwicklung über den Simulationszeitraum.

Abbildung 43
Struktur des Simulationsmodells Invert/EE-Lab



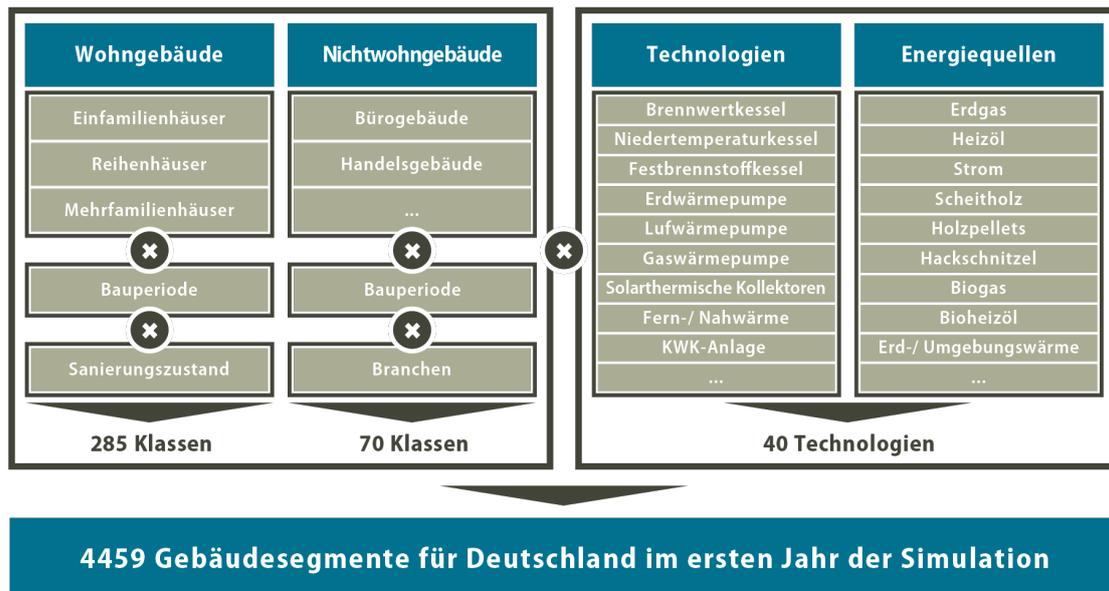
Quelle: Eigene Darstellung nach Steinbach 2015

Gebäudetypologische Abbildung von Referenzgebäuden und Wärmeversorgungs-technologien

Derzeit werden 40 verschiedene Technologien zur Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser unterschieden, welche über detaillierte technische und ökonomische Daten abgebildet werden.

Die Referenzgebäudetypologie mit den entsprechenden Zuordnungen von Gebäuden und Technologien wird auf Basis der Erhebungen „Datenbasis Wohngebäude“ (vgl. Cischinsky/Diefenbach 2018) und deren Aktualisierung aus dem Jahr 2018 erstellt. Die Gebäudetypologie von Nichtwohngebäuden basiert auf den Daten aus dem Projekt dataNWG: Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude (<https://www.datanwg.de>). Der aus der Modellrechnung resultierende Energiebedarf ist auf die temperaturbereinigten Werte der Anwendungsbilanzen sowie der EE-Wärmebereitstellung nach AGEE-Stat kalibriert.

Abbildung 44
Struktur der hinterlegten Gebäudetypologie in Invert/ EE-Lab

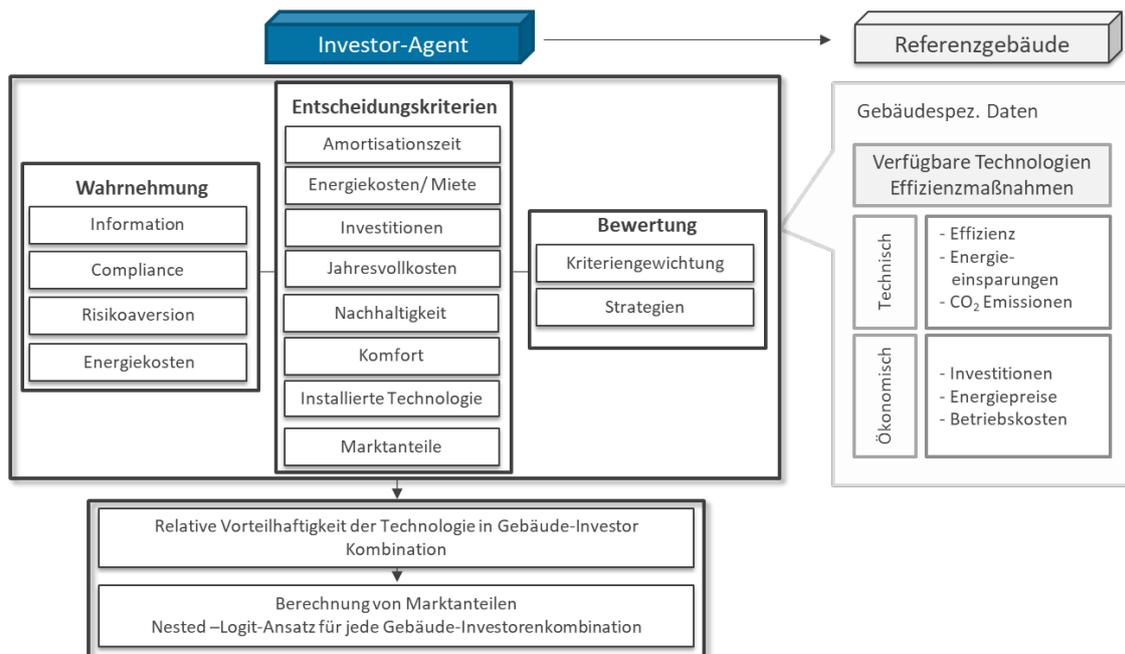


Quelle: Eigene Darstellung nach Steinbach 2015

Modellierung von Investoren im Gebäudebereich

Im Modell können einzelne Investorentypen implementiert werden, welche den Referenzgebäudesegmenten anteilig als Besitzer zugeordnet werden. Diese Anteile sind zeitabhängig und können somit exogen über den Simulationszeitraum verändert werden. Das Modell erlaubt die Definition beliebig vieler Investorenagenten, welche jeweils Instanzen einer von fünf möglichen Agentenklassen darstellen – *Selbstnutzende Eigentümer*, *Private Vermieter*, *Eigentümergeinschaften*, *Wohnungsbaugesellschaften*, *gewerbliche Gebäudebesitzer*. Als Grundlage der Investitionsentscheidung werden verschiedene ökonomische und nicht – ökonomische Entscheidungskriterien definiert, die für jede Kombination von Investoren, Referenzgebäudesegmenten und Technologieoptionen individuell ermittelt werden. Die Eigenschaften einer Investoreninstanz werden als Eingangsdaten definiert, womit einerseits die Relevanz unterschiedlicher Entscheidungskriterien über Gewichte bestimmt werden, andererseits auch die Ausprägung der Kriterien beeinflusst werden. Somit wird sowohl die Art der Investitionsentscheidung – Berücksichtigung unterschiedlicher Kriterien – als auch die Wahrnehmung der Technologieoptionen und der damit verbundenen Parameterausprägungen unterschieden. Für jede zur Verfügung stehende Technologieoption werden in jedem Referenzgebäudesegment aus Sicht jeder Investoreninstanz Nutzwerte berechnet, auf deren Basis die Marktanteile mit einem *Nested-Logit-Modell* ermittelt werden.

Abbildung 45
Modellierung der Gebäudeeigentümer als Investor-Agenten

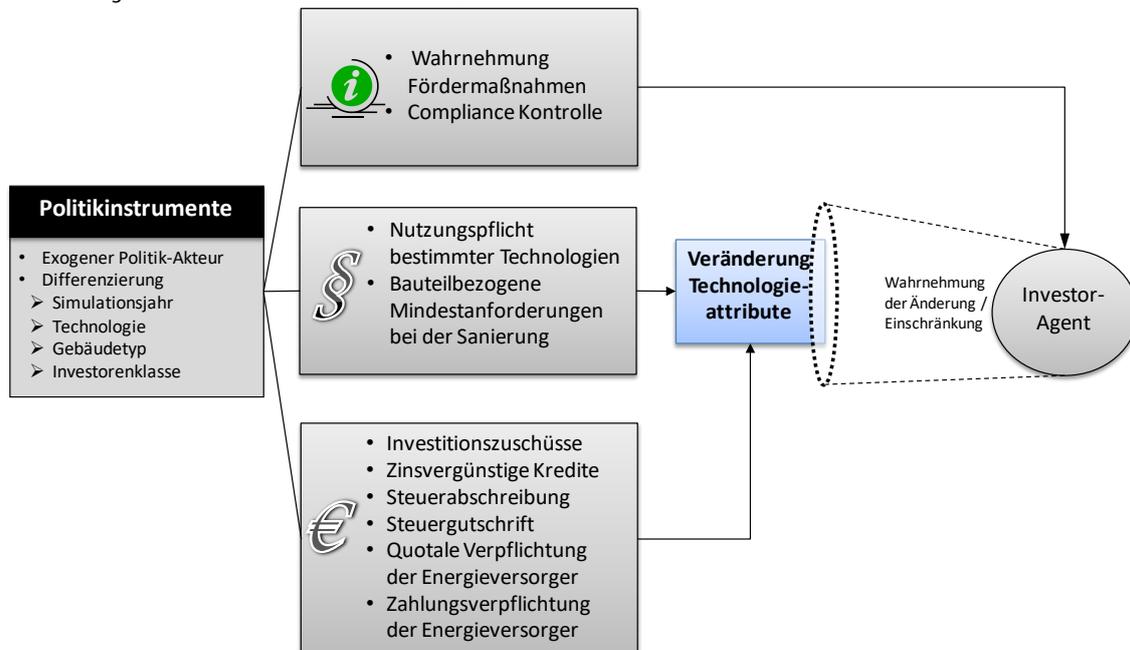


Quelle: Eigene Darstellung nach Steinbach 2015

Modellierung von Politikinstrumenten

Um die Wirkung der Politikinstrumente auf die Investitionsaktivität in Energieeffizienzmaßnahmen und Wärmeversorgungssysteme zu untersuchen, werden diese explizit im Modell abgebildet. Dies geschieht als integrale Modellierung von Politikinstrumenten und Investoren, die eine aktorenspezifische Untersuchung der Wirkungen der Instrumente ermöglichen sollen (vgl. Steinbach 2015).

Abbildung 46
Modellierung von Politikinstrumenten in Invert/ee-Lab



Quelle: Eigene Darstellung nach Steinbach 2015

Die Politikinstrumente und deren Ausgestaltung werden zunächst aus Sicht eines Politik-Akteurs für jedes Simulationsjahr exogen definiert. Dabei werden Förder- und Anforderungsbedingungen nach den adressierten Technologien und Maßnahmen sowie den Adressaten – Investorenklassen und

Gebäudetypen differenziert. Ordnungsrechtliche und finanzielle Fördermaßnahmen verändern die Attribute der Technologiealternativen oder schränken die Wahlmöglichkeiten durch Nutzungspflichten oder Mindestanforderungen ein. In Abhängigkeit der definierten Investor-Agenten werden diese Veränderungen oder Einschränkungen bei der Investitionsentscheidung berücksichtigt. Ein Investitionszuschuss beispielsweise verändert die relative Vorteilhaftigkeit einer Technologie hinsichtlich des Attributes Investitionen, wobei dies nicht zwangsläufig der wahrgenommenen Attributausprägung eines Investor-Agenten entspricht. Informativische Maßnahmen wiederum wirken indirekt auf die Attribute der Wahlmöglichkeiten, indem die investorenspezifische Wahrnehmung verändert wird.

Quellen Modell:

- Kranzl, Lukas, Marcus Hummel, Andreas Müller, and Jan Steinbach. 2013. "Renewable heating: perspectives and the impact of policy instruments." *Energy Policy* 59:44–58. Retrieved June 10, 2013 (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421513002280>).
- Lukas Kranzl, Filippos Anagnostopoulos, Eric Aichinger, Andreas Müller, Dan Staniaszek, Jan Steinbach, and Agne Toleikyte. 2016. "ENERGY SAVING COST CURVES FOR THE CASE OF THE GERMAN BUILDING STOCK." in 14. *Symposium Energieinnovation an der Technische Universität Graz*. Graz, Austria Retrieved (<https://www.tugraz.at/events/eninnov/nachlese/download-beitraege/stream-f/#c36892>).
- Müller, Andreas. 2015. "Energy Demand Assessment for Space Conditioning and Domestic Hot Water : A Case Study for the Austrian Building Stock." Technische Universität Wien.
- Steinbach, Jan. 2015. *Modellbasierte Untersuchung von Politikinstrumenten zur Förderung erneuerbarer Energien und Energieeffizienz im Gebäudebereich*. edited by Fraunhofer ISI. Stuttgart: Fraunhofer Verlag Retrieved (<https://www.verlag.fraunhofer.de/bookshop/buch/Modellbasierte-Untersuchung-von-Politikinstrumenten-zur-Förderung-erneuerbarer-Energien-und-Energieeffizienz-im-Gebäudebereich/245046>).
- Webseite Modell: www.invert.at

Quellen Datengrundlage Gebäude

- Cischinsky, Holger, Nikolaus Diefenbach, and Markus Rodenfels. 2018. Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016. Anleitung zur Durchführung von Auswertungen mit der Auswertungsdatenbank.
- Clausnitzer, Klaus-Dieter, Malte Jahnke, Clemens Rohde, and Jan Steinbach. 2015. Datenerhebung Gebäudebestand – Erfassung von statistischen Basisdaten zum Nichtwohngebäudebestand und empirische Analyse der energetischen Qualität ausgewählter Gebäudetypen. Band II : Mengengerüst Nichtwohngebäude u . energetische Eigenschaften.
- Diefenbach, Nikolaus, Holger Cischinsky, Markus Rodenfels, and Klaus-Dieter Clausnitzer. 2010. Datenbasis Gebäudebestand - Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand. Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt (IWU).
- Schломann, Barbara, Jan Steinbach, Heinrich Kleeberger, Bernd Geiger, Antje Pich, Edelgard Gruber, Michael Mai, and Werner Schiller Andreas Gerspacher. 2014. Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) für die Jahre 2004 bis 2006. Stuttgart: Fraunhofer-Verlag Retrieved (<https://portal.dnb.de/opac.htm?method=simpleSearch&cqlMode=true&query=idn%3D1049801253>).
- IWU et al (2020). Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude (dataNWG). www.dataNWG.de

Modellbeschreibung REMod

Die grundlegende Idee des Modells REMod basiert auf einer kostenbasierten Strukturoptimierung der Transformation des deutschen Energieversorgungssystems für alle Verbrauchssektoren – also die

Sektoren Strom, Niedertemperaturwärme (Raumwärme und Warmwasser), Prozesswärme und Verkehr. Ziel dieser Rechnungen ist es, einen kostenoptimierten Transformationspfad vom heutigen System hin zu einem Energiesystem im Jahr 2050 zu bestimmen, wobei auf dem gesamten Weg eine für jedes Jahr vorgegebene Obergrenze erlaubter CO₂-Emissionen über alle Sektoren hinweg nicht überschritten wird¹¹.

Die Modellrechnungen beschreiben technisch mögliche Entwicklungspfade des Energiesystems mit allen dazugehörigen Systemkomponenten (wie Wandler, Speicher, Netze und Fahrzeugparks) und optimieren diese in Bezug auf die Minimierung der energiesystemischen Kosten auf der Basis der gemachten Annahmen und des Analyserahmens. Anspruch der Rechnungen ist es nicht zu beschreiben, wie die Zukunft aussehen wird, sondern die Frage zu beantworten, wie aus systemtechnischer Perspektive die Entwicklung von Gesamtsystemen aussehen kann, bei der möglichst geringe systemische Gesamtkosten anfallen und zugleich die erwünschte Minderung der energiebedingten CO₂-Emissionen erreicht und die Energieversorgung zu jedem Zeitpunkt sichergestellt wird.

Die notwendigen Eingangsdaten enthalten unter anderem Kostenannahmen und zur Berechnung der stündlichen Energiebilanzen Wetterdaten und Last- und Erzeugerprofile. Das Modell berücksichtigt zwar geographisch aufgelöste Wetterinformationen, jedoch werden Energienachfrage, -erzeugung und -verteilung nicht räumlich aufgelöst. Kosten für benötigte Infrastruktur (zum Beispiel Netze) werden mittels eines Aufschlags für jede Anwendungstechnologie proportional zu deren Ausbau berücksichtigt. Dies kann im Hinblick auf notwendige Investitionsvolumen Verzerrungen erzeugen, da dadurch diese – im Vergleich zur Realität – zeitlich verzögert dargestellt werden.

Ziel der Optimierung ist es, die kostengünstigste zeitliche Entwicklung der Zusammensetzung aller relevanten Erzeuger, Wandler und Verbraucher zu bestimmen. Zugleich muss in jeder Stunde die Energiebilanz des Gesamtsystems erfüllt sein – es müssen also alle Energiebedarfe befriedigt werden – und es dürfen die jahresscharf vorgegebenen CO₂-Emissionen nicht überschritten werden¹². Als Stromerzeuger stehen im Modell verschiedene konventionelle Kraftwerke und Erneuerbare-Energien-Anlagen zur Verfügung. Biomasse kann in unterschiedlichen Nutzungspfaden entweder direkt oder nach Umwandlung in einen anderen Energieträger verwertet werden. So kann zum Beispiel Holz in Kesseln für die Industrie zur Bereitstellung von Prozesswärme verwendet werden oder zur Erzeugung von Niedertemperaturwärme im Gebäudesektor. Als Anlagen zur Umwandlung von Biomasse sind des Weiteren Biogasanlagen, Anlagen zur Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz, Vergaser-Anlagen mit anschließender Konversion des Synthesegases in Wasserstoff, Methan oder flüssige Brennstoffe und Biodieselanlagen implementiert. Als Speicher stehen dem Modell elektrische Energiespeicher und Pumpspeicherkraftwerke zur Verfügung. Zusätzlich werden Wasserstoffspeicher, Methanspeicher und thermische Warmwasserspeicher in verschiedenen Größenordnungen berücksichtigt. Die energetische Sanierung des Gebäudebestands wird ebenfalls modellendogen optimiert und ist durch drei Energiestandards abgebildet.

Abbildung 47 zeigt den schematischen Aufbau des abgebildeten Energiesystems. Die Energienachfrageseite (rechts) wird dabei in vier Nutzungsbereiche unterteilt: Verkehr, Strom, Niedertemperaturwärme und Prozesswärme. In den Rechnungen wird das sogenannte „Ein-Knoten-Modell“ oder „Kupferplatten-Modell“ angenommen, in dem die Verteilung von Strom keinen Restriktionen unterliegt, das heißt, dass jede erzeugte und jede nachgefragte Einheit Strom im betrachteten Zeitschritt in ganz Deutschland verfügbar ist. Die notwendigen Kosten für Ausbau beziehungsweise Betrieb des Stromnetzes sind in der Kostenrechnung enthalten.

Zur Berücksichtigung des historischen Anlagenbestands werden ausgehend von 1990 bis zum Jahr 2013 alle Anlagen beziehungsweise Einheiten aller implementierten Wandlungs- und Nutzungs-Technologien in Anzahl, Baujahr beziehungsweise installierter Leistung erfasst. Basierend auf den Bestandsdaten der Technologien wird mit Hilfe des Optimierungsalgorithmus der zukünftige Anlagenpark bestimmt und das System im Anschluss Stunde für Stunde über den vollständigen Betrachtungszeitraum simuliert.

¹¹ Dies ist nicht zu verwechseln mit Deckelung durch das EU ETS.

¹² Für die CO₂-Emissionen werden in den Modellrechnungen Dekadenziele und ein Zielwert für 2050 festgelegt, die sich, wenn nicht anders angegeben, an den Zielen der Bundesregierung orientieren. Zwischen diesen Werten wird jährlich ein lineares Reduktionsziel angesetzt.

Grundsätzliches Vorgehen

Das Vorgehen der Modellanwendung mit REMod sieht folgende Schritte vor:

- Das gesamte deutsche Energiesystem wird unter Berücksichtigung einer Vielzahl von Energieträgern, Wandlern und Speichern sowie den Verbrauchssektoren Strom (originäre Stromanwendungen), Wärme, Verkehr und industrielle Prozesswärme Stunde für Stunde simuliert. Bedingt durch die Komplexität des Systems wird hierbei mit etlichen Vereinfachungen und hoher Aggregation von Einzelverbrauchern gearbeitet.
- Die Modellierung (ein Simulationslauf) beginnt am 1. Januar 2014 und endet am 31. Dezember 2050. In jeder Stunde müssen alle Energieanforderungen aller Verbraucher gedeckt werden, das heißt, dass die Energiebilanz ausgeglichen und die Versorgungssicherheit gewährleistet ist. Ausgangspunkt ist der heutige Anlagenbestand. Dafür sind alle relevanten Daten von 1990 bis 2013 im Modell hinterlegt.

Abbildung 47
Schematische Darstellung des in REMod abgebildeten Energiesystems ohne die Darstellung der Subsysteme für Wärmeversorgung von Gebäuden und Verkehr



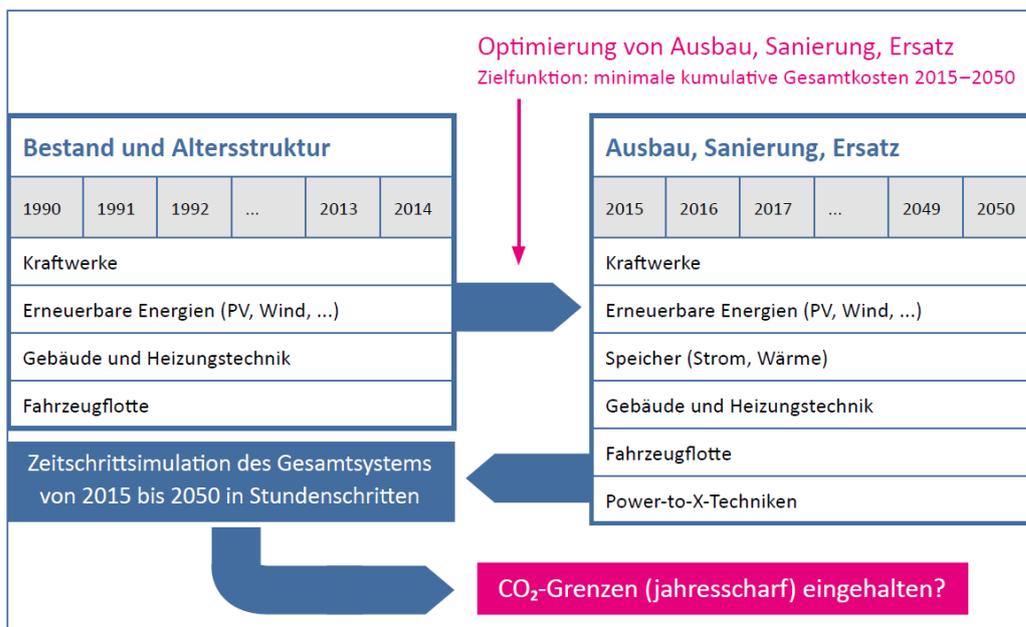
Quelle: Eigene Darstellung Fraunhofer ISE

- In jedem Jahr wird der Anlagenbestand basierend auf dem Vorjahr neu berechnet, wobei sich die Systemzusammensetzung ändern kann. Hier ist zwischen Ausbau und Ersatz zu unterscheiden. So können zum Beispiel Windenergieanlagen zugebaut werden, so dass am Ende des Jahres in Summe mehr Anlagen installiert sind als zu Beginn des Jahres. Gleiches gilt für viele weitere Komponenten des Systems (Wandler, Speicher). Zugleich müssen Altanlagen, die ihre Lebensdauer erreicht haben, ersetzt werden – oder sie fallen ersatzlos weg, wenn sich dies aus Systemsicht als günstiger erweist. Bei anderen Systemkomponenten wie Anlagen zur Wärmeversorgung oder Kraftfahrzeugen ist die Anzahl der Anlagen oder Einheiten dagegen von außen vorgegeben. Es werden zum Beispiel exakt so viele Heizungsanlagen benötigt, dass alle Gebäude ausreichend mit Wärme versorgt werden, es macht aber keinen Sinn darüber hinaus mehr Anlagen zu installieren. Innerhalb der Optimierung des Systems kann sich jedoch die Zusammensetzung der verwendeten Techniken ändern. Fallen zum Beispiel in einem Jahr 800.000 Heizungsanlagen altersbedingt weg, so können diese durch gleichartige oder aber auch andersartige Anlagen ersetzt werden. Diese Zusammensetzung und

ihre zeitliche Entwicklung ist insofern ebenso Ergebnis der Optimierung wie etwa die Entscheidung über Zubau von Windenergieanlagen oder der Umfang energetischer Sanierungsmaßnahmen im Gebäudebestand.

- Nach jedem Simulationslauf von 2014 bis 2050 wird überprüft, ob die vorgegebene CO₂-Menge in jedem Jahr eingehalten wurde, und es werden die Kosten des Systems (Investitionen, Wartung und Betrieb, Brennstoffkosten, etc.) berechnet.
- Die Zielfunktion für die Optimierung der Entwicklung des Gesamtsystems berücksichtigt die kumulierten Gesamtkosten für die Energieversorgung von 2014 bis 2050. In diesen Kosten sind folgende Kostenpositionen enthalten: Investitionen für Ausbau, Umbau und Ersatz von Systemkomponenten; Finanzierungskosten zur Finanzierung der Investitionen; Betriebs- und Wartungskosten für alle Anlagen; und die Kosten für fossile und biogene Energierohstoffe.
- Um kostengünstige **Transformationspfade** zu identifizieren, werden viele einzelne Simulationsläufe mit unterschiedlichen Systemzusammensetzungen beziehungsweise Entwicklungspfaden der Systemzusammensetzung durchgeführt. Unter Verwendung eines Optimierers werden peu à peu diejenigen Pfade ermittelt, bei denen die Zielfunktion, also die kumulativen Gesamtkosten, minimale Werte annehmen. Am Ende steht eine kostenminimale Variante, wobei auf Grund der Nichtlinearität der Problemstellung keine Garantie besteht, dass das absolute Minimum in dem hochdimensionalen Parameterraum (mit bis zu 2.000 unabhängigen Variablen) gefunden wird. Die Erfahrung aus sehr vielen Rechenläufen und Programmanwendungen mit unterschiedlichen Randbedingungen zeigt vielmehr, dass der Lösungsraum viele unterschiedliche Lösungen – Entwicklungspfade der Transformation – aufweist, die zu relativ ähnlichen kumulativen Gesamtkosten führen.

Abbildung 48
Schematische Darstellung der Funktionsweise von REMod



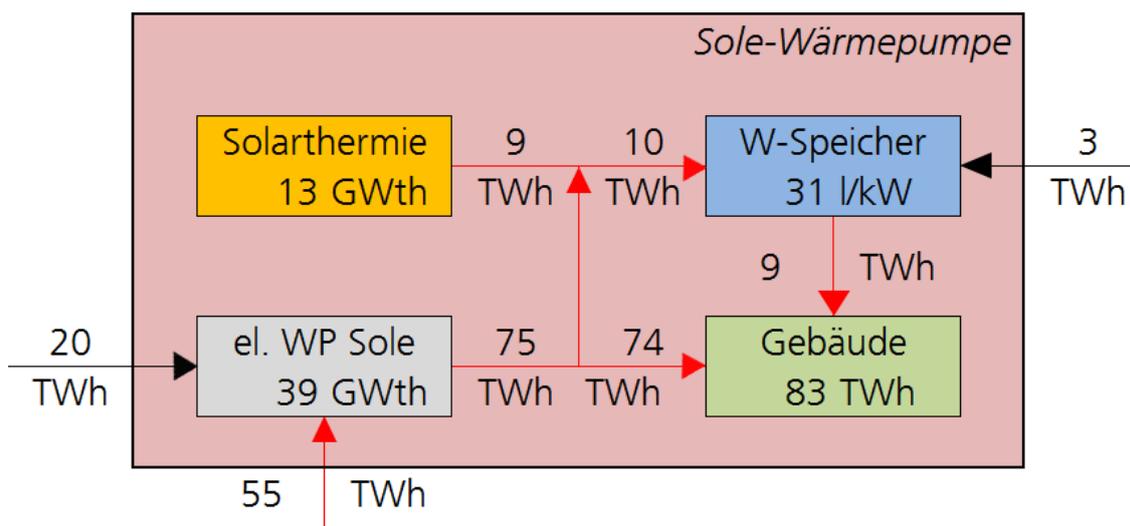
Quelle: Eigene Darstellung Fraunhofer ISE

Die **Energienachfrageseite** wird in vier Nutzungsbereiche unterteilt: Verkehr, originäre Stromanwendungen, Gebäudewärme (sowohl Wohngebäude als auch Nichtwohngebäude und Industriegebäude) und Prozesswärme¹³. Hierbei wird der **Verkehrssektor** im Detail durch Pkw und Lkw mit jeweils sieben Fahrzeugkonzepten abgebildet, die Nachfrage des Straßenverkehrs (auf Basis des Fahrverhaltens von Pkw und Lkw) wird zeitlich aufgelöst und unter Berücksichtigung unterschiedlicher

¹³ Den größten Anteil macht die Prozesswärme in der Industrie aus, aber hier ist auch der Verbrauch für Prozesswärme in Gewerbe, Handel und Dienstleistung sowie in privaten Haushalten enthalten.

optionaler Antriebskonzepte abgebildet. Rein bilanziell, das heißt nicht zeitlich aufgelöst, werden die Energienachfrage der Luftfahrt, Schifffahrt und die des brennstoffbasierten Bahnverkehrs berücksichtigt. Im Verkehr muss nicht die Endenergie als Verbrauch abgedeckt werden, sondern die gefahrenen Kilometer. Die Wahl der Antriebsart ist ein Ergebnis der Modellierung. Im **Gebäudesektor** muss im Modell eine festgelegte Raumtemperatur als Bedingung erfüllt werden. Die dafür verwendeten Heizungstechnologien, der Zustand der Gebäudehülle, sowie der Endenergieverbrauch sind wiederum Ergebnis der Modellierung.¹⁴ Die **Basisstromlast** (Verbrauch für originäre Stromanwendungen) wird über Lastprofile basierend auf den Daten der europäischen Übertragungsnetzbetreiber abgebildet, die um die Stromlast für Heizungsanlagen reduziert wurde. Diese Last wird modellendogen berechnet und ist somit nicht Teil der Basislast.¹⁵ Die **Energienachfrage der Industrie** ist abgeleitet aus den statistischen Daten des Bundeswirtschaftsministeriums¹⁶ und bezieht sich auf die brennstoffbasierte Energiebereitstellung für Prozesswärme. Die Stromnachfrage der Industrie ist in der Basisstromlast erfasst.

Abbildung 49
Schematischer Aufbau der Heizungssysteme am Beispiel einer erdreichgekoppelten, elektrischen Wärmepumpe



Erklärung: rote Linien = Wärme, schwarze Linie = Strom

Quelle: Eigene Darstellung Fraunhofer ISE

Der **Gebäudesektor** ist mit 18 möglichen Heizwärmeversorgungs-techniken implementiert. Jede dieser Heizungstechniken kann optional durch einen Wärmespeicher und optional durch eine Solarthermieanlage ergänzt werden. Abbildung 49 zeigt beispielhaft das System „elektrische Sole-Wärmepumpe“, also das einer Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdreich als Wärmequelle. Dargestellt sind die möglichen Energieflüsse zwischen den einzelnen Systemkomponenten. Thermische Speicher können sowohl über Solarthermie als auch mit Wärme aus Überschussstrom (direkt oder über die Wärmepumpe), beladen werden. Letzteres ermöglicht eine flexible Nutzung von Strom bei negativer Residuallast. Umgekehrt kann bei positiver Residuallast und gleichzeitigem Wärmebedarf die Wärmepumpe ausgeschaltet und der Speicher entladen werden.¹⁷

¹⁴ Die Berechnung der stündlichen Heizlast des Gebäudesektors wird nach der DIN EN 13790 (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V.: Energieeffizienz von Gebäuden – Berechnung des Energiebedarfs für Heizung und Kühlung (ISO 3790:2008); Deutsche Fassung EN ISO 13790:2008) mit dem sog. vereinfachten Stundenverfahren (Simply-Hourly-Method, SHM) berechnet. Innerhalb dieses Untermodells wird unterschieden in Wohn- und Nicht-Wohngebäude, die in insgesamt 19 charakteristische Typgebäude untergliedert sind (drei mal drei Wohngebäude - drei Baualtersklassen und drei Gebäudetypen und zehn Nicht-Wohngebäude). Als Eingangsdaten dienen Wetterdaten für die Jahre 2011 bis 2013 (Außentemperatur und Strahlung für zwei repräsentative Standorte in Deutschland, Braunschweig und Würzburg), Gebäudekubatur, durchschnittliche Wohn- bzw. Nutzflächen pro Gebäudetyp, Anzahl der Gebäude, altersabhängige U-Werte und allgemeine Werte der DIN EN 13790 (Palzer 2016).

¹⁵ Palzer 2016.

¹⁶ BMWi 2015

¹⁷ Palzer 2016.

Das Modell REMod basiert auf einfachen physikalischen Modellen aller enthaltenen Komponenten. Zentraler Bestandteil ist dabei der Austausch von Energie über das Stromsystem. Maßgeblich für die verschiedenen Residuallastzustände während der Simulation ist der **Einfluss des Wetters**. Um diesen adäquat abzubilden, werden im Rahmen der Rechnungen drei reale Datensätze der Jahre 2011 bis 2015 verwendet. Die im Modell verwendeten Wetterdaten zur Berechnung der Einspeise- und Lastprofile basieren auf öffentlich zugänglichen Daten des Deutschen Wetterdienstes.¹⁸ Verarbeitet werden im Modell Wetterdaten aus verschiedenen Referenzstandorten in Deutschland. Von den Standorten werden stündliche Außentemperaturwerte und Strahlungsdaten verwendet.

Modellreferenzen:

- Sterchele, P., Brandes, J., Heilig, J., Wrede, D., Kost, C., Schlegl, T., Bett, A., Henning, H-M (2020): „Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem – Die deutsche Energiewende im Kontext gesellschaftlicher Verhaltensweisen“, <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/wege-zu-einem-klimaneutralen-energiesystem.html>
- Analyse: Sektorkopplung - Untersuchungen und Überlegungen zur Entwicklung eines integrierten Energiesystems
- Handlungsempfehlung: Sektorkopplung - Untersuchungen und Überlegungen zur Entwicklung eines integrierten Energiesystems
- Optimierungsmodell REMod-D - Materialien des Akademienprojekts „Energiesysteme der Zukunft“
- Palzer, Andreas (2016): Sektorübergreifende Modellierung und Optimierung eines zukünftigen deutschen Energiesystems unter Berücksichtigung von Energieeffizienzmaßnahmen im Gebäudesektor. Dissertation. Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.
- Henning, H.-M.; Palzer, Andreas (2015): Was kostet die Energiewende? Wege zur Transformation des deutschen Energiesystems bis 2050. Hg. v. Fraunhofer ISE. Freiburg.
- Henning, Hans-Martin; Palzer, Andreas (2014): A comprehensive model for the German electricity and heat sector in a future energy system with a dominant contribution from renewable energy technologies – Part I: Methodology. In: Renewable and Sustainable Energy Reviews 30, S. 1003–1018. DOI: 10.1016/j.rser.2013.09.012 .
- Palzer, Andreas; Henning, H.-M. (2014a): A future German energy system with a dominating contribution from renewable energies: a holistic model based on hourly simulation. In: Energy Technology 2, S. 13–28.
- Palzer, Andreas; Henning, Hans-Martin (2014b): A comprehensive model for the German electricity and heat sector in a future energy system with a dominant contribution from renewable energy technologies – Part II: Results. In: Renewable and Sustainable Energy Reviews 30, S. 1019–1034. DOI: 10.1016/j.rser.2013.11.032 .
- Henning, Hans-Martin; Palzer, Andreas (2013): ENERGIESYSTEM DEUTSCHLAND 2050. Sektor- und Energieträgerübergreifende, modellbasierte, ganzheitliche Untersuchung zur langfristigen Reduktion energiebedingter CO₂-Emissionen durch Energieeffizienz und den Einsatz Erneuerbarer Energien. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE. Freiburg.
- Henning, Hans-Martin; Palzer, Andreas (2012): 100 % ERNEUERBARE ENERGIEN FÜR STROM UND WÄRME IN DEUTSCHLAND. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE. Freiburg.

¹⁸ DWD 2015-1; DWD 2015-2.

Instrumentensteckbriefe

Abbildung 50
Steckbrief Brennstoffemissionshandelsgesetz

Instrument	Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG)
Art des Instruments	ökonomisch
Subsektor (Adressierte Akteure)	Inverkehrbringer von fossilen Brennstoffen, Eigentümer und Eigentümerinnen, Unternehmen
Wirkungszeitraum	
Start	2021
Ende	2045
Beschreibung	Im BEHG wird das CO ₂ -Bepreisungssystem auf nationaler Ebene geregelt, das fossile Brennstoffe in allen Sektoren umfasst, die außerhalb des EU-Emissionshandels verwendet werden. Der CO ₂ -Preis wird zunächst vorgegeben (von 25€/tCO ₂ in 2021 bis 55-65€/tCO ₂ in 2026) und soll sich ab 2027 über die Verknappung der ausgegebenen Zertifikate am Markt bilden.
Qualitative Einschätzung der Wirkung	
Steigerung der Sanierungstiefe	Keine Änderung
Steigerung der Sanierungsrate	Gering
Steigerung der Heizungs-austauschrate	Mittel
Erhöhung Anteil zielkonformer Wärmeversorgung	Mittel
Reduktion der spezifischen Wohnfläche	Keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs von Neubauten	Gering
Reduktion des Endenergieverbrauchs im Bestand (durch Optimierung und Nutzerverhalten)	Gering
Förderung gesellschaftlicher Teilhabe an Energiewende	Keine
Verteilungswirkung/-effekt	Geringfügig
Gesellschaftliche Akzeptanz des Instruments	Mittel
Auswirkungen auf Fachkräftemangel	Keinen Effekt
Ausgestaltungsparameter	
Preispfad	Preisfad bis 2026 wie beschlossen, danach wie im Projektionsbericht angenommene Steigerung auf 275€ (nominal) in 2040
Aufteilung Mietende und Vermietende	Aufteilung nach Kohlendioxidkostenaufteilungsgesetz ab 2024
Überschneidungseffekte zu anderen Instrumenten	Ökonomische Maßnahmen (z.B. Fördersatz BEG) beruhen oft auf Wirtschaftlichkeitsvergleichen, in die der CO ₂ -Preis hineinspielt. Aber auch ordnungsrechtliche Vorgaben sind oft an die Wirtschaftlichkeit gekoppelt (z.B. Wirtschaftlichkeitsgebot GEG, WärmeLV). Die Einnahmen werden z.T. zur Refinanzierung der abgeschafften EEG-Umlage (geringerer Strompreis) verwendet.
Reboundeffekte	Keine signifikanten Effekte zu erwarten
Methodik zur Wirkungsabschätzung	Abschätzung mit Invert/ee-Lab
Wirkungsabschätzung	
Netto-THG-Emissionseinsparung in 2030	0,3 Mt/a
Beschreibung der sozialen und gesellschaftlichen Auswirkungen	Hohe Energiepreise führen zu besonders hohen relativen Belastungen bei unteren Einkommen. Gleichzeitig gibt es viele nicht-ökonomische Hemmnisse im Gebäudesektor (Vermieter-Mieter-Dilemma) sowie lange Reinvestitionszyklen. Ein stark steigender CO ₂ -Preis als Leitinstrument allein reicht deshalb insbesondere einkommensschwachen Mietenden zum Nachteil. Das Gesetz zur Aufteilung der CO ₂ -Kosten zwischen Vermietenden und Mietenden je nach energetischem Zustand der Gebäude mindert diesen Umstand und setzt einen stärkeren Anreiz für Vermietende, die klimapolitisch notwendigen Investitionen in die Gebäudesanierung vorzunehmen. Langfristig steigern hohe CO ₂ -Preise die Akzeptanz von Verboten fossiler Heizungen, da deren Wirtschaftlichkeit verschlechtert wird.
Wechselwirkungen mit anderen Instrumenten	CO ₂ -Kosten Aufteilungsgesetz

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 51
Steckbrief Gebäudeenergiegesetz

Instrument	Gebäudeenergiegesetz (GEG)
Art des Instruments	ordnungsrechtlich
Subsektor (Adressierte Akteure)	Eigentümerinnen und Eigentümer von Wohn- und Nichtwohngebäuden, kommunale Akteure, Planungsbüros
Laufzeit	
Startjahr	2021
Ende	2045
Beschreibung	Das im Jahr 2020 verabschiedete Gebäudeenergiegesetz (GEG) umfasst Regelungen für die Gebäudeenergieeffizienz und die Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien in Gebäuden. Das Gebäudeenergiegesetz wurde im Juli 2022 in Bezug auf den Effizienzstandard von Gebäuden novelliert. Seit 2024 gilt zudem die Anforderung, dass neu verbaute Wärmeerzeuger mit einem Mindestanteil erneuerbarer Energien von 65% betrieben werden müssen. In Neubauten gilt die Anforderung ab 2024. In allen anderen Kommunen je nach ihrer Größe ab 2026 bzw. 2028.
Qualitative Einschätzung der Wirkung	
Steigerung der Sanierungstiefe	● Gering
Steigerung der Sanierungsrate	● Mittel
Steigerung der Heizungs austauschrate	● Gering
Erhöhung Anteil zielkonformer Wärmeversorgung	● Hoch
Reduktion der spezifischen Wohnfläche	● Keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs von Neubauten	● Hoch
Reduktion des Endenergieverbrauchs im Bestand (durch Optimierung und Nutzerverhalten)	● Gering
Förderung gesellschaftlicher Teilhabe an Energiewende	● Mittel
Verteilungswirkung/-effekt	● Keine
Gesellschaftliche Akzeptanz des Instruments	● Gering
Auswirkungen auf Fachkräftemangel	● Verstärkend
Ausgestaltungsparameter	
Effizianz Anforderungen an Neubauten	bis Januar 2023 Primärenergiebedarf 0,75 von Referenzgebäude, ab Januar 2023 dann 0,55 (EH 55)
Nutzung erneuerbarer Energien in Neubauten	Nutzung von mind. 65% erneuerbarer Energien; Erfüllungsoptionen sind Wärmepumpen, Biomethan, feste Biomasse, Stromheizungen; ist noch kein Wärmeplan vorhanden dürfen bis 2026/28 Gas- und Ölheizungen eingebaut werden, sofern diese ab 2029 mind. 15 %, ab 2035 mind. 30 % und ab 2040 mind. 60 % der bereitgestellten Wärme aus Biomethan oder grünem oder blauem Wasserstoff erzeugen; Kommunen können Wasserstoffnetzausbaugebiete ausweisen, in denen weiterhin Gaskessel verbaut werden dürfen - diese müssen bis 2045 zu 100% mit Wasserstoff betrieben werden
Anforderungen an energetische Sanierungen	Sanierung einzelner Bauteile (Anlage 7): maximale U-Werte (entspricht circa EH85-EH100); Vollsanierung Wohngebäude: Primärenergiebedarf und HT' max. 1,4 * Referenzgebäude („EH140“); Nachrüstung der oberen Geschossdecke
Überschneidungseffekte zu anderen Instrumenten	Überschneidung zur Förderung von Heizungsanlagen in der BEG
Reboundeffekte	Keine signifikanten Effekte zu erwarten
Methodik zur Wirkungsabschätzung	Abschätzung mit Invert/ee-Lab
Wirkungsabschätzung	
Netto-THG-Emissionseinsparung in 2030	13,3 Mt/a
Beschreibung der sozialen und gesellschaftlichen Auswirkungen	Durch die Anforderungen an Neubauten und Bestandsgebäude werden die relevanten Akteure verpflichtet, sich mit Energieeffizienz, Klimaschutz und Dekarbonisierung auseinanderzusetzen. Durch das Instrument wird deshalb die gesellschaftliche Teilnahme an der Energiewende in einem mittleren Ausmaß gefördert. Durch das Gebäudeenergiegesetz können höhere Investitionskosten beim Neubau bzw. der Sanierung von Gebäuden entstehen, was die Akzeptanz zunächst reduziert. Um die Akzeptanz zu erhöhen, sollten Betroffene deshalb informiert und die Notwendigkeit und Vorteile umfassend kommuniziert werden. In Bezug auf die Anforderungen an die Wärmeversorgung zeigt sich in der öffentliche Debatte, dass das ordnungsrechtliche Instrument umstritten ist. Erneuerbare Wärmeerzeugung ist zunächst mit höheren Investitionskosten verbunden, was die Gefahr von finanzieller Überforderung für einkommensschwache Eigentümer und Eigentümerinnen birgt und entsprechender Flankierung durch gezielte Förderung bedarf. Auf lange Sicht hingegen kann das Gesetz dazu führen, dass Betriebskostenfallen v.a. auch für Mietende und Lock-Ins vermieden werden, wenn die Preise für fossile Brennstoffe, Wasserstoff und begrenzte Biomasse in Zukunft stark ansteigen. In Bezug auf den Fachkräftemangel wirkt die Maßnahmen verstärkend, da sich die Anzahl an Baumaßnahmen erhöht. Langfristig bietet das Gesetz aber Planungssicherheit für Handwerk und Industrie. Die Verteilungswirkung kann wie in der BEG nicht bewertet werden, da dazu eine Einzelfallbetrachtung notwendig ist.
Wechselwirkungen mit anderen Instrumenten	Förderung in der BEG

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 52
Steckbrief Bundesförderung für effiziente Gebäude

Instrument	Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)	
Art des Instruments	finanzielle Förderung	
Subsektor (Adressierte Akteure)	Eigentümerinnen und Eigentümer von Wohn- und Nichtwohngebäuden, kommunale Akteure	
Laufzeit		
Startjahr	2021	
Ende	2045	
Beschreibung	Die BEG umfasst Förderungen für Sanierungsmaßnahmen an Gebäudehülle, Anlagentechnik, Heizungsanlagen, Heizungsoptimierung sowohl von Wohngebäuden als auch Nichtwohngebäuden. Für den Neubau gelten seit der Novellierung im Jahr 2022 zudem weitere Anforderungen an die Nachhaltigkeit von Gebäuden, darunter THG-Emissionen und Flächenverbrauch. Die BEG wurde im Juli 2022 novelliert, mit dem Ziel bei gleicher Mittelausstattung mehr Anträge zu fördern. Im Programm „Klimafreundliche Neubauten“ wird der Neubau sowie der Ersterwerb neu errichteter klimafreundlicher und energieeffizienter Wohn- und Nichtwohngebäude gefördert. Diese müssen sowohl spezifische Grenzwerte für die Treibhausgas-Emissionen im Lebenszyklus unterschreiten (Anforderungen nach Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG Plus)) und den energetischen Standard eines EH 40 / EG 40 für Neubauten vorweisen.	
Qualitative Einschätzung der Wirkung		
Steigerung der Sanierungstiefe	●	Mittel
Steigerung der Sanierungsrate	●	Mittel
Steigerung der Heizungs-austauschrate	●	Mittel
Erhöhung Anteil zielkonformer Wärmeversorgung	●	Mittel
Reduktion der spezifischen Wohnfläche	●	Keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs von Neubauten	●	Keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs im Bestand (durch Optimierung und Nutzerverhalten)	●	Gering
Förderung gesellschaftlicher Teilhabe an Energiewende	●	Gering
Verteilungswirkung/-effekt	●	Keine
Gesellschaftliche Akzeptanz des Instruments	●	Hoch
Auswirkungen auf Fachkräftemangel	●	Verstärkend
Ausgestaltungsparameter		
Förderbudget	11 Mrd. € in 2022	
Zuschüsse bzw. Kreditförderung im Neubau	Kreditförderung für EH/EG 40 mit Nachhaltigkeitsklasse, Förderung max. 150.000 €	
Investitionskostenzuschuss für Sanierung	Gebäudehülle: 15 %, Anlagentechnik: 15 %, Heizungsoptimierung: 15 %, Bonus individueller Sanierungsfahrplan: 5 %	
Investitionskostenzuschuss für Wärmeversorgung bis 2024	Biomasse: 10 %, Solarthermie: 25 %, WP: 25 % (+5 % WP Bonus bei Sole-WP, Wasser-WP und Abwasser-WP), Wärmenetzanschluss: 25 %, EE-Hybrid ohne/mit Biomasse (WP + Solarthermie): 20 bzw. 25 % (+5 % WP Bonus), Boni: für Heizungstausch 10 % (Öl-/Kohle-/Nachtspeicherheizung, Gasetagenheizung, Gaskessel älter als 20 Jahre) und Fachplanung: 50 %	
Investitionskostenzuschuss für Wärmeversorgung ab 2024	Generelle Förderung von 30 % für alle Erfüllungsoption, für H2-ready-Kessel werden nur die zusätzlichen Komponenten gefördert, Bonus von 5 % für effiziente WP Geschwindigkeitsbonus von 2024 bis 2028 von 20 %, danach abnehmend um 3 % jährlich	
Überschneidungseffekte zu anderen Instrumenten	Überschneidung zur ordnungsrechtlichen Verpflichtung im GEG	
Methodik zur Wirkungsabschätzung	Abschätzung mit Invert/ee-Lab	
Wirkungsabschätzung		
Netto-THG-Emissionseinsparung in 2030	15,2 Mt/a	
Beschreibung der sozialen und gesellschaftlichen Auswirkungen	Die BEG unterstützt Vorhaben in Bezug auf Energieeffizienz und Dekarbonisierung der Wärmeversorgung finanziell und ermöglicht dadurch auch die gesellschaftliche Teilhabe an der Energiewende. Der Fachkräftemangel wird durch die Maßnahme verstärkt, da mehr Sanierungsaktivität und Heizungstausche angereizt werden. Die Akzeptanz von Instrumenten mit finanzieller Förderung kann im Grunde als hoch bewertet werden. Allerdings gab es an der Novellierung (2022) Kritik hinsichtlich Reduktion der spezifischen Fördersätze, da die Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen reduziert wird. Die Auswirkungen auf die Verteilungswirkung bzw. Effekte können nicht bewertet werden. Eine Bewertung ist nur im Einzelfall möglich, sofern klar ist, inwiefern die Kosten von Umbauten auf die Mietenden umgelegt werden und ob dies zur Folge hat, ob Mietende im Mietobjekt verbleiben können.	

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 53
Steckbrief Steuerliche Förderung

Instrument	Steuerliche Förderung der energetischen Gebäudesanierung	
Art des Instruments	ökonomisch	
Subsektor (Adressierte Akteure)	Eigentümer und Eigentümerinnen von Wohngebäuden	
Laufzeit		
Startjahr	2021	
Ende	2045	
Beschreibung	Anstelle eine Investitionsförderung zu beantragen, können Eigentümer und Eigentümerinnen die Kosten für energetische Sanierungen auch steuerlich geltend machen.	
Qualitative Einschätzung der Wirkung		
Steigerung der Sanierungstiefe	●●	Mittel
Steigerung der Sanierungsrate	●●	Mittel
Steigerung der Heizungs austauschrate	●●	Mittel
Erhöhung Anteil zielkonformer Wärmeversorgung	●●	Mittel
Reduktion der spezifischen Wohnfläche	●	Keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs von Neubauten	●	Keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs im Bestand (durch Optimierung und Nutzerverhalten)	●	Keine Änderung
Förderung gesellschaftlicher Teilhabe an Energiewende	●	Keine
Verteilungswirkung/-effekt	●	Keine
Gesellschaftliche Akzeptanz des Instruments	●●●	Hoch
Auswirkungen auf Fachkräftemangel	●●●	Verstärkend
Ausgestaltungsparameter		
Selbstnutzende Eigentümer und Eigentümerinnen	§35c Einkommenssteuergesetz: Über drei Jahre können Eigentümer und Eigentümerinnen, die ihr Gebäude selbst bewohnen, kumuliert insgesamt 20% der Kosten für die Sanierung geltend machen.	
Vermietende	Vermietende können Kosten für Sanierungen als Werbungskosten mit ihren Mieteinnahmen steuerlich verrechnen.	
Überschneidungseffekte zu anderen Instrumenten	Überschneidung zur Förderung in der BEG	
Reboundeffekte	Keine signifikanten Effekte zu erwarten	
Methodik zur Wirkungsabschätzung	Bottom-Up-Abschätzung	
Wirkungsabschätzung		
Netto-THG-Emissionseinsparung in 2030	2,4 Mt/a	
Beschreibung der sozialen und gesellschaftlichen Auswirkungen	Das Instrument hat keine Auswirkungen auf die gesellschaftliche Teilhabe an der Energiewende und auch keine Verteilungseffekte. Die gesellschaftliche Akzeptanz des Instruments wird als hoch bewertet. Es wird angenommen, dass durch die Anreizung von Sanierungsmaßnahmen eine Verstärkung des Fachkräftemangels besteht.	
Wechselwirkungen mit anderen Instrumenten	BEG	

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 54
Steckbrief EnSimiMaV

Instrument	Verpflichtung zur Heizungsoptimierung (EnSimiMaV, überführt in §§60b,c GEG)	
Art des Instruments	Ordnungsrecht	
Subsektor (Adressierte Akteure)	Eigentümer und Eigentümerinnen von Mehrfamilienhäusern (>=10WE bzw. 6 WE) und Nichtwohngebäuden	
Wirkungszeitraum		
Start	01.09.2022	
Ende	Aufhebung der zeitlichen Befristung der EnSimiMaV durch Überführung ins GEG	
Beschreibung	Verpflichtung zur Durchführung von Heizungsprüfungen und Heizungsoptimierungen gemäß der Mittelfristenergieversorgungsicherungsmaßnahmenverordnung: Absenkung Vorlauftemperatur, Nachtabenkung, Absenkung Heizgrenztemperatur, hydraulischer Abgleich).	
Qualitative Einschätzung der Wirkung		
Steigerung der Sanierungstiefe	●	Keine Änderung
Steigerung der Sanierungsrate	●	Keine Änderung
Steigerung der Heizungsaustauschrate	●	Keine Änderung
Erhöhung Anteil zielkonformer Wärmeversorgung	●	Keine Änderung
Reduktion der spezifischen Wohnfläche	●	Keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs von Neubauten	●	Keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs im Bestand (durch Optimierung und Nutzerverhalten)	●	Mittel
Förderung gesellschaftlicher Teilhabe an Energiewende	●	Keine
Verteilungswirkung/-effekt	●	Geringfügig
Gesellschaftliche Akzeptanz des Instruments	●	Hoch
Auswirkungen auf Fachkräftemangel	●	Verstärkend
Ausgestaltungsparameter		
Adressierung	nur Gas-Heizungen für MFH >= 10 WE bzw. 6 WE	
Überschneidungseffekte zu anderen Instrumenten	Überschneidung mit Instrumenten, die auf den Austausch von Heizungen sowie auf die Sanierungsrate wirken.	
Reboundeffekte	keine großen Effekte zu erwarten	
Methodik zur Wirkungsabschätzung	Es werden Daten des Mikrozensus verwendet, um die Anzahl der betroffenen Gebäude zu ermitteln. Es sind keine Daten zur Vollzugsrate der EnSimiMaV vorhanden. Über Annahmen zu durchschnittlichen Einsparungen durch gering-investive Maßnahmen und dem Vollzug kann eine THG-Einsparung abgeschätzt werden.	
Wirkungsabschätzung		
Netto-THG-Emissionseinsparung in 2030	1,1 Mt/a	
Beschreibung der sozialen und gesellschaftlichen Auswirkungen	Da das Instrument im Zusammenhang mit der Gaskrise eingeführt wurde und keine hohen Kosten entstehen, sondern sogar gespart werden, ist die Akzeptanz hoch. Haushalte mit geringen Einkommen wohnen vermehrt zur Miete in MFH, weshalb sie von den Effizienzmaßnahmen am stärksten profitieren dürften. Durch einen angespannten Fachkräftemarkt ist die Durchführung der Heizungsoptimierung ggf. eingeschränkt und der Vollzug der Verordnung nicht flächendeckend sichergestellt.	

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 55
Steckbrief Bundesförderung Effiziente Wärmenetze

Instrument	Bundesförderung Effiziente Wärmenetze	
Art des Instruments	finanzielle Förderung	
Subsektor (Adressierte Akteure)	Energiewirtschaft, Stadwerke, Kommunen	
Laufzeit		
Startjahr	2022	
Ende	2045	
Beschreibung	Die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) soll die Treibhausgasemissionen im Energiewirtschaftssektor reduzieren, um damit sowohl nationale als auch europäische Energie- und Klimaziele bis 2030 zu erreichen. Bis 2030 soll die Installation von bis zu 681 MW erneuerbarer Wärmeerzeugungsleistung pro Jahr gefördert und somit Investitionen von rund 1.174 Mio. Euro jährlich angestoßen werden. Die THG-Emissionen sollen damit um ca. 4 Mio. t pro Jahr im Jahr 2030 reduziert werden. Die BEW wirkt nach Sektoreneinteilung im Klimaschutzgesetz ebenfalls nicht direkt im Gebäudesektor. Die BEW wirkt deshalb insofern, als dass von einem erhöhten Anteil von wärmenetzbasierter Versorgung ausgegangen wird.	
Qualitative Einschätzung der Wirkung		
Steigerung der Sanierungstiefe	●	Keine Änderung
Steigerung der Sanierungsrate	●	Keine Änderung
Steigerung der Heizungsaustragsrate	●	Keine Änderung
Erhöhung Anteil zielkonformer Wärmeversorgung	●	Hoch
Reduktion der spezifischen Wohnfläche	●	Keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs von Neubauten	●	Keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs im Bestand (durch Optimierung und Nutzerverhalten)	●	Keine Änderung
Förderung gesellschaftlicher Teilhabe an Energiewende	●	Mittel
Verteilungswirkung/-effekt	●	Keine
Gesellschaftliche Akzeptanz des Instruments	●	Hoch
Auswirkungen auf Fachkräftemangel	●	Verstärkend
Ausgestaltungsparameter		
Wert		
Gegenstand der Förderung	Traflo-Pläne und Machbarkeitsstudien als Voraussetzung für Modul 2 (systemische Förderung), Umsetzungsförderung bei Neubau von Wärmenetzen mit EE-Anteil und Abwärme 75 %, Investitionen für die Transformation von bestehenden Wärmenetzen	
Zuwendungsempfänger	Unternehmen im Sinne des § 14 des Bürgerlichen Gesetzbuches, Kommunen (soweit wirtschaftlich tätig), kommunale Eigenbetriebe und kommunale Unternehmen, kommunale Zweckverbände, eingetragene Vereine und eingetragene Genossenschaften	
Fördersätze	Traflo-Pläne und Machbarkeitsstudie: bis zu 50 % der förderfähigen Kosten, max. 2 Mio. pro Antrag Umsetzung: 40 % der förderfähigen Kosten, max. 100 Mio. pro Antrag Betriebskostenförderung für Solarthermie und Wärmepumpen, max. 10 Jahre	
Übschneidungseffekte zu anderen Instrumenten	Gesetz zur Wärmeplanung	
Methodik zur Wirkungsabschätzung	nur indirekte Berücksichtigung im Gebäudesektor durch bereitgestellte Nah- und Fernwärme auf Basis von Erneuerbaren Energien und Abwärme; Annahme eines Emissionsfaktors	
Wirkungsabschätzung		
Netto-THG-Emissionseinsparung in 2030	keine Abschätzung	
Beschreibung der sozialen und gesellschaftlichen Auswirkungen	Das Instrument richtet sich an Energieversorgungsunternehmen bzw. Fernwärmenetzbetreiber und zielt darauf ab, bestehende Wärmenetze zu dekarbonisieren. Es wird angenommen, dass durch die Dekarbonisierung bestehender Netze eine geringe gesellschaftliche Teilhabe an der Energiewende besteht, nach dem Motto "meine Wärmeversorgung ist nun grün". Ein Effekt auf die Verteilung ist nicht zu erwarten, da mit der Förderung kein Ausbau der Wärmenetze verbunden ist. Die gesellschaftliche Akzeptanz wird aufgrund des Fördercharakters als hoch bewertet.	

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 56
Steckbrief Anforderungen für öffentliche Gebäude

Instrument	Anforderungen für öffentliche Gebäude	
Art des Instruments	ordnungsrechtlich	
Subsektor (Adressierte Akteure)	öffentliche Hand	
Wirkungszeitraum		
Start	2024	
Ende	2045	
Beschreibung	Öffentliche Gebäude sollen Vorbildcharakter für die Wärmewende haben. Der Gesetzgeber hat deshalb ambitionierte Vorgaben für den Sanierungsfortschritt von Bundes- und Landesgebäuden definiert.	
Qualitative Einschätzung der Wirkung		
Steigerung der Sanierungstiefe		Gering
Steigerung der Sanierungsrate		Gering
Steigerung der Heizungs-austauschrate		Gering
Erhöhung Anteil zielkonformer Wärmeversorgung		Gering
Reduktion der spezifischen Wohnfläche		Keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs von Neubauten		Gering
Reduktion des Endenergieverbrauchs im Bestand (durch Optimierung und Nutzerverhalten)		Keine Änderung
Förderung gesellschaftlicher Teilhabe an Energiewende		Keine
Verteilungswirkung/-effekt		Keine
Gesellschaftliche Akzeptanz des Instruments		Mittel
Auswirkungen auf Fachkräftemangel		Keinen Effekt
Ausgestaltungsparameter		
	Wert	Einheit
Energieeffizienzgesetz	Öffentliche Stellen, die mehr als 1 GWh/a an Endenergie verbrauchen, müssen jedes Jahr ihren Energieverbrauch um 2 % senken	
Effizienzerlass	Anforderungen an die Effizienz von Bundesgebäuden in Bestand und Neubau. Kontinuierlich ansteigende Sanierungsrate von 1%/a in 2022 bis 5%/a zwischen 2030 und 2040.	
Übschneidungseffekte zu anderen Instrumenten		
	MEPS für Nichtwohngebäude reizen ebenfalls bei den ineffizientesten öffentlichen Gebäuden Sanierungen an. Das Energiepreisgefüge (BEHG, Wärmepumpen-Strompreis) bestimmt die Wirtschaftlichkeit der Sanierungen.	
Methodik zur Wirkungsabschätzung	Bottom-Up Abschätzung Wirkmodell	
Wirkungsabschätzung		
Netto-THG-Emissionseinsparung in 2030	0,6 Mt/a (zusammen mit Klimafreundlicher Neubau)	
Beschreibung der sozialen und gesellschaftlichen Auswirkungen	Durch die erzeugte Nachfrage insbesondere ambitionierter Sanierungen kann ein Markthochlauf von Effizienztechnologien befördert werden, der mittelfristig allen anderen Akteuren zu gute kommt. Bundesgebäude können Vorbildcharakter entfalten für die Wärmewende. Kurzfristig erhöht sich die Nachfrage nach Fachkräften.	
Wechselwirkungen mit anderen Instrumenten	MEPS für Nichtwohngebäude	

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 57
Steckbrief Wärmeplanungs-Gesetz

Instrument	Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze	
Art des Instruments	Ordnungsrecht, informatorisch	
Subsektor (Adressierte Akteure)	Kommunale Akteure	
Wirkungszeitraum		
Start	2024	
Ende	2030	
Beschreibung	Innerhalb einer kommunalen Wärmeplanung wird eine auf die lokalen Gegebenheiten und Stakeholder angepasste Strategie zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung einer Kommune erarbeitet. Auf diese Weise werden ein Orientierungsrahmen und Umsetzungsplan für die notwendigen Investitionen geschaffen. Die Einführung einer Verpflichtung zur Durchführung einer kommunalen Wärmeplanung fordert die Kommunen und macht sie zu aktiven Akteuren der Wärmewende. Weiteres Kernelement sind Anforderungen an Wärmenetzbetreiber zur Dekarbonisierung der Fernwärme durch Transformationspläne und EE-Quoten.	
Qualitative Einschätzung der Wirkung		
Steigerung der Sanierungstiefe		Keine Änderung
Steigerung der Sanierungsrate		Keine Änderung
Steigerung der Heizungsaustauschrate		Mittel
Erhöhung Anteil zielkonformer Wärmeversorgung		Mittel
Reduktion der spezifischen Wohnfläche		Keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs von Neubauten		Keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs im Bestand (durch Optimierung und Nutzerverhalten)		Keine Änderung
Förderung gesellschaftlicher Teilhabe an Energiewende		Mittel
Verteilungswirkung/-effekt		Keine
Gesellschaftliche Akzeptanz des Instruments		Hoch
Auswirkungen auf Fachkräftemangel		Verstärkend
Ausgestaltungsparameter	Wert	Einheit
Erneuerbare Energie im Mix der Wärmenetze	50% Anteil erneuerbarer Energien in der Fernwärme bis 2030	
Zeitlicher Horizont	zeitliche Staffelung nach Kommunengröße, bis wann eine Wärmeplanung vorliegen muss: bis Juli 2026 (>100.000 Einwohner), bis Juli 2028 (>10.000 Einwohner).	
Übschneidungseffekte zu anderen Instrumenten	Die Wärmeplanung wirkt nur flankierend zur räumlichen und zeitlichen Koordinierung. Bei der konkreten Umsetzung der Maßnahmen kommen alle geltenden ordnungsrechtlichen und ökonomischen Instrumente zum Tragen.	
Reboundeffekte	Es sind keine Reboundeffekte zu erwarten.	
Methodik zur Wirkungsabschätzung	Die durch die Wärmeplanung als flankierendes Instrument angestoßenen Umsetzungsmaßnahmen werden anderen Instrumenten angerechnet (z. B. Förderung oder 65%-EE-Anforderung). Es erfolgt keine separate Wirkungsabschätzung.	
Wirkungsabschätzung		
Netto-THG-Emissionseinsparung in 2030	Keine Abschätzung	
Beschreibung der sozialen und gesellschaftlichen Auswirkungen	Das Gesetz hat eine hohe Akzeptanz bei Verbänden und in der Gesellschaft, da es Planungssicherheit schafft. Da das Instrument mit dem GEG verbunden ist, sind Eigentümer und Eigentümerinnen auf die Information angewiesen, inwiefern die Wärmenetze ausgebaut werden oder ob eine dezentrale Lösung gefunden werden muss. Kurzfristig bindet es Fachkräfte vor allen in den Kommunen und Planungsbüros.	
Wechselwirkungen mit anderen Instrumenten	GEG, MEPS	

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 58
Steckbrief Mindesteffizienzstandards für Gebäude

Instrument	Mindesteffizienzstandards für Bestandsgebäude (MEPS)	
Art des Instruments	Ordnungsrecht	
Subsektor (Adressierte Akteure)	Eigentümer und Eigentümerinnen von Wohn- und Nichtwohngebäuden	
Wirkungszeitraum		
Start		2030
Ende		2042
Beschreibung	Einführung von verpflichtenden energetischen Mindeststandards für Bestandsgebäude: Die energetisch ineffizientesten Gebäude werden festgelegt (z.B. schlechteste 15%) und Schwellenwerte für Einzelgebäude gebildet (z.B. kWh/m ² a Primärenergie). Diese Schwellenwerte müssen bis zu einem definierten Zeitraum von allen Gebäude erreicht werden.	
Qualitative Einschätzung der Wirkung		
Steigerung der Sanierungstiefe		Hoch
Steigerung der Sanierungsrate		Hoch
Steigerung der Heizungs-austauschrate		Mittel
Erhöhung Anteil zielkonformer Wärmeversorgung		Mittel
Reduktion der spezifischen Wohnfläche		Keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs von Neubauten		Keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs im Bestand (durch Optimierung und Nutzerverhalten)		Keine Änderung
Förderung gesellschaftlicher Teilhabe an Energiewende		Keine
Verteilungswirkung/-effekt		Verminderung der Ungleichheit
Gesellschaftliche Akzeptanz des Instruments		Gering
Auswirkungen auf Fachkräftemangel		Verstärkend
Ausgestaltungsparameter		
	Wert	Einheit
Basisvariante	Ausgestaltung basiert auf Ratsposition innerhalb des Trilogis der Revision der EPBD: Zeitpunktbezogene MEPS für NWG (2030: 15%, 2034: 25%, 2038: 40%, 2042: 60%), triggerpunktbezogene MEPS für WG ab 2025 (D, ab 2030 C, ab 2035 B) und ein Durchschnittsziel für WG (D in 2033).	
Ergänzung zur Erreichung von Effizienzklasse D	Zusätzlich zeitpunktbezogene MEPS für MFH, angelehnt an den Vorschlag der Kommission (2030: F, 2033: E, 2036: D, 2039: C).	
Ergänzung zur Erreichung von Effizienzklasse D	bedingte MEPS für Ein- und Zweifamilienhäuser mit folgenden Auslösetatbeständen/Triggerpunkten an, ab 2025: Eigentumsübergang, Neuvermietung. Zu erreichende Standards: 2025-2029 D, 2030-2034 C, ab 2035 B	
Ausnahmen	1) Verpflichtende Sanierungsfahrpläne: Anstatt den Sanierungspflichten direkt zu entsprechen, kann zunächst ein Sanierungsfahrplan erstellt werden, dessen Umsetzung verbindlich ist und in dem zeitliche Vorgaben zur Erreichung von Verbrauchsminderungen enthalten sind. 2) Transformationspläne Wohnungswirtschaft: Eigentümer von Gebäudebeständen müssen lediglich "Flottenwerte/Durchschnittseffizienzen" erreichen, die dafür ambitionierter als die Einzelanforderungen sind.	
Übschneidungseffekte zu anderen Instrumenten	Fordern und Fördern: Verstärkung der Nachfrage nach Fördermitteln (BEG); Konsistenz mit Vorgaben im GEG; Anforderungsgröße Primärenergie: Die Roll-Out von erneuerbaren Wärmeerzeugern senkt den Primärenergieverbrauch stark. Gilt nur PE als Erfüllungskriterium, können MEPS oft durch die Erfüllung der 65%-Regel erfüllt werden.	
Reboundeffekte	Keine signifikanten Effekte zu erwarten	
Methodik zur Wirkungsabschätzung	Wirkmodell, Bottom-Up-Abschätzung	
Wirkungsabschätzung		
Netto-THG-Emissionseinsparung in 2030	2,2 Mt/a bei deutlich höherer Brutto-Wirkung wegen ambitioniertem Politik-Mix, abgeschätzt in Kombination mit EH70-Leitstandard (Verschärfung der Anforderungen im Gebäudeenergiegesetz)	
Beschreibung der sozialen und gesellschaftlichen Auswirkungen	Es gelten die gleichen Herausforderungen und Chancen wie bei der 65%-Regel, jedoch verstärkt: Investitionskosten für Sanierungen fallen deutlich höher aus. Es besteht die Gefahr steigender Mietkosten bei vollständiger Umlage. Gleichzeitig sind auch Einsparungen der Energiekosten deutlich höher. Die Akzeptanz hängt von der Flankierung ab: Förderbedingungen, Umlagemöglichkeiten/ Mieterhöhungen. Kurzfristig kann es zu Überforderung von Handwerk und Industrie kommen. Langfristig gibt es Planungssicherheit und Vorschub für Serielles Sanieren.	

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 59
Steckbrief Senkung des Wärmepumpen-Strompreises

Instrument	Senkung des Wärmepumpen-Strompreises	
Art des Instruments	Ökonomisch	
Subsektor (Adressierte Akteure)	Mietende, Selbstnutzende Eigentümer*innen	
Wirkungszeitraum		
Start	2025	
Ende	2035	
Beschreibung	Als Anreiz zum Umstieg auf das Heizen mit Wärmepumpen, kann der Staat die Betriebsphase fördern, indem die staatlich bestimmten Bestandteile des Wärmepumpen-Strompreises gesenkt werden.	
Qualitative Einschätzung der Wirkung		
Steigerung der Sanierungstiefe	●	Keine Änderung
Steigerung der Sanierungsrate	●	Keine Änderung
Steigerung der Heizungs austauschrate	●	Mittel
Erhöhung Anteil zielkonformer Wärmeversorgung	●	Mittel
Reduktion der spezifischen Wohnfläche	●	Keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs von Neubauten	●	Keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs im Bestand (durch Optimierung und Nutzerverhalten)	●	Keine Änderung
Förderung gesellschaftlicher Teilhabe an Energiewende	●	Keine
Verteilungswirkung/-effekt	●	Geringfügig
Gesellschaftliche Akzeptanz des Instruments	●	Mittel
Auswirkungen auf Fachkräftemangel	●	Verstärkend
Ausgestaltungsparameter		
Wert	Einheit	
Reduktion der Stromsteuer	von 2,05 ct/kWh auf das EU-Minimum von 0,5 ct/kWh	
Reduktion der Mehrwertsteuer	von 19% auf 7%	
Weiteres	Befreiung von KWK-Umlage und Offshore-Umlage (§22 Energiefinanzierungsgesetz, behilferechtliche Genehmigung steht noch aus); Befreiung des Wärmepumpenstroms von der Konzessionsabgabe	
Übschneidungseffekte zu anderen Instrumenten	BEG und die steuerliche Förderung reizen bereits die Investitionen in eine Wärmepumpe an. Die Förderung der Betriebskosten von Wärmepumpen verschafft der erneuerbaren Technologie einen Vorteil im Vergleich zu fossilen Technologien. Die CO ₂ -Bepreisung wirkt genau in die gleiche Richtung. Die 65%-Regel im GEG schreibt an sich sowieso den Einbau erneuerbarer Wärmeerzeuger vor. Die Steigerung der Attraktivität kann jedoch dazu führen, dass mehr Eigentümer und Eigentümerinnen vorzeitig von ihrer fossilen Heizung Abschied nehmen.	
Reboundeffekte	Gefahr von Mitnahmeeffekten, insbesondere bei bereits installierten Wärmepumpen.	
Methodik zur Wirkungsabschätzung	Abschätzung mit Invert/ee-Lab	
Wirkungsabschätzung		
Netto-THG-Emissionseinsparung in 2030	0,6 Mt/a	
Beschreibung der sozialen und gesellschaftlichen Auswirkungen	Das Instrumentenpaket steigert die Attraktivität zum Umstieg auf Wärmepumpen und ggf. damit die Akzeptanz der Wärmewende. Ggf. profitieren v.a. einkommensstärkere Haushalte, die sich den Umstieg auf erneuerbares Heizen früher leisten können. Es steht der Vorwurf im Raum, dass Wärmepumpen ggü. anderen erneuerbaren Technologien bevorteilt werden, was einer Technologieoffenheit entgegen steht.	
Wechselwirkungen mit anderen Instrumenten	65%-EE (GEG), Mindeststandards Sanierung (GEG), BEG, Steuerliche Förderung, BEHG	

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 60
Steckbrief Verschärfung der Anforderungen im Gebäudeenergiegesetz

Instrument	Verschärfung der Anforderungen im Gebäudeenergiegesetz (GEG)	
Art des Instruments	ordnungsrechtlich	
Subsektor (Adressierte Akteure)	Eigentümer und Eigentümerinnen von Wohn- und Nichtwohngebäuden, kommunale Akteure, Planungsbüros	
Laufzeit		
Startjahr	2026	
Ende	2045	
Beschreibung	Gemäß Koalitionsvertrag, aber ab 2026: Verschärfung der Anforderungen an energetische Sanierungen in GEG Anlage 7 zu EH70-Standard und Anpassung des Neubaustandards an EH40-Standard.	
Qualitative Einschätzung der Wirkung		
Steigerung der Sanierungstiefe	●	Mittel
Steigerung der Sanierungsrate	●	Mittel
Steigerung der Heizungs austauschrate	●	Gering
Erhöhung Anteil zielkonformer Wärmeversorgung	●	Hoch
Reduktion der spezifischen Wohnfläche	●	keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs von Neubauten	●	Hoch
Reduktion des Endenergieverbrauchs im Bestand (durch Optimierung und Nutzerverhalten)	●	Gering
Förderung gesellschaftlicher Teilhabe an Energiewende	●	Mittel
Verteilungswirkung/-effekt	●	Keine
Gesellschaftliche Akzeptanz des Instruments	●	Gering
Auswirkungen auf Fachkräftemangel	●	Verstärkend
Ausgestaltungsparameter [maßnahmenspezifisch]	Wert	
Anforderungen an Neubauten	EH 40	
Anforderungen an Bestandsgebäude	Das Anforderungsniveau für die Sanierung einzelner Bauteile und bei Vollsanierungen orientiert sich am neuen Leitstandard Effizienzhaus EH-70.	
Überschneidungseffekte zu anderen Instrumenten	MEPS reizen bereits an, dass bei Sanierungen mit ambitioniertem Wärmeschutz durchgeführt werden. Daher überschneiden sich die Instrumente.	
Methodik zur Wirkungsabschätzung	Invert/ee-Lab	
Wirkungsabschätzung		
Netto-THG-Emissionseinsparung in 2030	2,2 Mt/a bei deutlich höherer Brutto-Wirkung wegen ambitioniertem Politik-Mix, abgeschätzt in Kombination mit MEPS.	
Beschreibung der sozialen und gesellschaftlichen Auswirkungen	Durch die Anforderungen an Neubauten und Bestandsgebäude werden die relevanten Akteure verpflichtet, sich mit Energieeffizienz, Klimaschutz und Dekarbonisierung auseinanderzusetzen. Durch das Instrument wird deshalb die gesellschaftliche Teilnahme an der Energiewende in einem mittleren Ausmaß gefördert. Durch das Gebäudeenergiegesetz können höhere Investitionskosten beim Neubau bzw. der Sanierung von Gebäuden entstehen, was die Akzeptanz zunächst reduziert. Um die Akzeptanz zu erhöhen, sollten Betroffene deshalb informiert und die Notwendigkeit und Vorteile umfassend kommuniziert werden. Die Verteilungswirkung kann wie in der BEG nicht bewertet werden, da dazu eine Einzelfallbetrachtung notwendig ist. In Bezug auf den Fachkräftemangel wirkt die Maßnahmen verstärkend, da sich die Anzahl an Baumaßnahmen erhöht.	

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 61
Steckbrief Teilwärmietenmodell

Instrument	Teilwärmietenmodell	
Art des Instruments	Änderungen im Mietrecht	
Subsektor (Adressierte Akteure)	Vermietende von Wohngebäuden	
Wirkungszeitraum		
Start		
Ende		
Beschreibung	Umgestaltung bzw. Abschaffung der Modernisierungumlage, um Sanierungsanreize in vermieteten Bestand zu erhöhen.	
Qualitative Einschätzung der Wirkung		
Steigerung der Sanierungstiefe	●	Gering
Steigerung der Sanierungsrate	●	Gering
Steigerung der Heizungs austauschrate	●	Gering
Erhöhung Anteil zielkonformer Wärmeversorgung	●	Gering
Reduktion der spezifischen Wohnfläche	●	Keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs von Neubauten	●	Keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs im Bestand (durch Optimierung und Nutzerverhalten)	●	Gering
Förderung gesellschaftlicher Teilhabe an Energiewende	●	Mittel
Verteilungswirkung/-effekt	●	Geringfügig
Gesellschaftliche Akzeptanz des Instruments	●	Mittel
Auswirkungen auf Fachkräftemangel	●	Keinen Effekt
Ausgestaltungsparameter		
Parameter 1	Abschaffung der Modernisierungumlage	
Parameter 2	Festsetzung der Grundheizkosten und möglicher zeitlicher	
Überschneidungseffekte zu anderen Instrumenten	Derzeitiges Mietrecht (BGB)	
Reboundeffekte	Senkung der Attraktivität für Vermietende, um Sanierungen durchzuführen.	
Methodik zur Wirkungsabschätzung	Keine Abschätzung	
Wirkungsabschätzung		
Netto-THG-Emissionseinsparung in 2030	keine Abschätzung	
Beschreibung der sozialen und gesellschaftlichen Auswirkungen	Einkommensschwache Haushalte wohnen zum Großteil zur Miete. Angesichts der durch 65%-EE-Regel und MEPS angereizten Sanierungen könnten sich Kaltmieten erhöhen, was zu sozialen Verwerfungen führen könnte. Eine Neuausrichtung der Umlagesystematik im vermieteten Bestand könnte dies abfedern. Gleichzeitig dürfen Vermietende vom fördernden Staat nicht im Stich gelassen werden, um die Akzeptanz und Anreize zur Sanierung nicht zu gefährden.	
Wechselwirkungen mit anderen Instrumenten	MEPS, 65%-Regel (GEG)	

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 62
Steckbrief zur Reduktion des Fachkräftemangels

Instrument	Instrumentenpaket zum Fachkräftemangel	
Art des Instruments	informativ, ökonomisch	
Subsektor (Adressierte Akteure)	Ausführendes und planendes Gewerbe	
Beschreibung	Der Fachkräftemangel im ausführenden Gewerbe (SHK, Planung, Sanierung) ist ein Flaschen-hals für die Wärmewende. Das Maßnahmenpaket soll deshalb mehrere Ziele verfolgen: Steigerung der Attraktivität des Berufsbildes, Sicherstellung der notwendigen Qualifizierung bestehende Fachkräfte, Veränderung der Ausbildung mit Fokus auf Zukunftsgerichtete Technologien und Themen sowie Verbesserung der Effizienz bei der gewerkeübergreifenden Zusammenarbeit. Die Steigerung der Attraktivität des Berufsbildes kann nur mit einer signifikanten Veränderung der Ausbildung und der Verschiebung der Schwerpunkte auf Digitalisierung und Klimaschutztechnologien im Gebäudebereich einher-gehen. Der Zugang zu Informationen von Schüler:innen auch in weiterführenden Schulen über sogenannte "Klimaschutzberufe" sollte verbessert werden. Neue Ausbildungsberufe mit gewerkeüber-greifenden und auf Digitalisierung ausgerichteten Schwerpunkten sind in der praktischen Ausbildung nicht unbedingt kompatibel mit bestehenden Handwerksbetrieben. Daher sollte die Möglichkeiten der Ausbildungspartnerschaften in relevanten Klimaberufen ausgeweitet und gefördert werden. Dies ist im Zusammenhang mit einer Etablierung und Förderung von regionalen Netzwerken für die gewerkeübergreifende Zusammenarbeit von Handwerksbetrieben zu sehen, welches als weiterer Bestandteil des Maßnahmenpaketes zu sehen ist.	
Qualitative Einschätzung der Wirkung		
Steigerung der Sanierungstiefe		Keine Änderung
Steigerung der Sanierungsrate		Keine Änderung
Steigerung der Heizungs austauschrate		Keine Änderung
Erhöhung Anteil zielkonformer Wärmeversorgung		Hoch
Reduktion der spezifischen Wohnfläche		keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs von Neubauten		keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs im Bestand (durch Optimierung und Nutzerverhalten)		keine Änderung
Förderung gesellschaftlicher Teilhabe an Energiewende		Mittel
Verteilungswirkung/-effekt		Keine
Gesellschaftliche Akzeptanz des Instruments		Hoch
Auswirkungen auf Fachkräftemangel		Mindernd
Überschneidungseffekte zu anderen Instrumenten	Dass Handwerker:innen und Planer:innen ausreichend Kapazitäten haben, um Maßnahmen zur Dekarbonisierung und Effizienzsteigerung durchführen zu können, ist eine Grundvoraussetzung für das Gelingen der Wärmewende und wird in der Quantifizierung der anderen Instrumente vorausgesetzt. Es gibt inhaltliche Überschneidungen zum "Aufbauprogramm und Qualifikationsoffensive Wärmepumpe" im Sofortprogramm 2022	
Methodik zur Wirkungsabschätzung	Wegen fehlender Empirie kann keine Wirkungsabschätzung durchgeführt werden.	
Wirkungsabschätzung		
Netto-THG-Emissionseinsparung in 2030	keine Abschätzung	
Beschreibung der sozialen und gesellschaftlichen Auswirkungen	Die Akzeptanz von ordnungsrechtlichen Maßnahmen steigt, wenn die dafür notwendigen Fachkräfte vorhanden sind und Maßnahmen erfolgreich umgesetzt werden können.	

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 63
Steckbrief Förderprogramm mit sozialem Fokus

Instrument	Förderprogramm mit sozialem Fokus	
Art des Instruments	ökonomisch	
Subsektor (Adressierte Akteure)	Wohngebäude (einkommensschwache Haushalte)	
Beschreibung	Neuausrichtung/Ergänzung der Förderlandschaft um Programme, die gezielt einkommensschwachen Haushalten (insb. Mietenden) zugute kommen und deren Wohnkosten langfristig senken. Dabei ist sowohl eine Staffelung der Fördersätze nach Einkommen denkbar sowie die Vergabe von Förderzuschüssen unter Einhaltung der Mietpreisbindung.	
Qualitative Einschätzung der Wirkung		
Steigerung der Sanierungstiefe		Gering
Steigerung der Sanierungsrate		Gering
Steigerung der Heizungs austauschrate		Gering
Erhöhung Anteil zielkonformer Wärmeversorgung		Gering
Reduktion der spezifischen Wohnfläche		Keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs von Neubauten		Keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs im Bestand (durch Förderung gesellschaftlicher Teilhabe an Energiewende		Gering
Verteilungswirkung/-effekt		Mittel
Gesellschaftliche Akzeptanz des Instruments		Hoch
Auswirkungen auf Fachkräftemangel		keinen Effekt
Ausgestaltungsparameter		
	Wert	Einheit
Novelle BEG 2024	Klimaboni, welche die Sanierung von Gebäuden mit einkommensschwachen Eigentümer und Eigentümerinnen zusätzlich unterstützen.	
Zusätzliches Förderprogramm im Rahmen der BEG	Sozial-Bonus mit Mietpreisbindung	
Weitere Säule in der Städtebauförderung	Ausweitung/Ergänzung einer Fördersäule zur verstärkten energetischen Sanierung in einkommensschwachen Stadtvierteln	
Förderprogramm der Länder	Aufstockung durch Bundesmittel, Erhöhung der Bindefrist	
Überschneidungseffekte zu anderen Instrumenten		
	Bestehende Förderkulisse (BEG)	
Methodik zur Wirkungsabschätzung		
	keine Wirkungsabschätzung	
Wirkungsabschätzung		
Netto-THG-Emissionseinsparung in 2030	keine Abschätzung	
Beschreibung der sozialen und gesellschaftlichen Auswirkungen		
	Da einkommensstarke Haushalte öfter im selbstgenutzten Eigentum wohnen oder Gebäude vermieten, kommt ihnen ein großer Teil des aktuellen Förderbudgets zugute. Die begrenzten Fördermilliarden haben also tendenziell eine regressive Verteilungswirkung. Diesen Effekt umzukehren und die Fördergelder denjenigen zugute kommen zu lassen, die sie am dringendsten benötigen, kann die Akzeptanz der Wärmewende stärken.	
Wechselwirkungen mit anderen Instrumenten		
	Bestehende Förderung (BEG)	

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 64
Steckbrief individueller Sanierungsfahrplan

Instrument	Verpflichtung zum individuellen Sanierungsfahrplan für eine höhere Sanierungsaktivität
Art des Instruments	ordnungsrechtlich, in Verbindung mit MEPS flankierend
Subsektor (Adressierte Akteure)	Eigentümer und Eigentümerinnen, Energieberater:innen, Architekten und Architektinnen
Laufzeit	
Startjahr	2025
Ende	2045

Beschreibung	Die verpflichtende Erstellung und Umsetzung eines individuellen Sanierungsfahrplan (iSFP) als Komponente im GEG, zeigt konkrete Schritte und Investitionskosten der energetischen Sanierung für das individuelle Gebäude. Durch das Aufzeigen der Sanierungsmöglichkeiten, Investitionskosten und Betriebskosteneinsparungen wird die Sanierung greifbarer. Dadurch kann die Sanierungsrate und die Sanierungstiefe erhöht werden. Der iSFP sollte Anforderungen an einen Zielzustand des Gebäudes enthalten, den Endenergieverbrauch sowie Anforderungen an graue Energie (zudem Ressourcenverbrauch) der eingesetzten Baustoffe umfassen. Das Instrument ist insbesondere in Verbindung mit Mindestenergieeffizienzstandards (MEPS) von Gebäuden sinnvoll, um notwendige Sanierungsmaßnahmen zu erarbeiten, darzustellen und diese dann auch durchzuführen. Ausgehend von der energetischen Bewertung des Gebäudes wird ein Reduktionspfad bis zur Erreichung der durch MEPS vorgegebenen Effizienzklassen gezeichnet. Im Gegenzug könnte das vorgegebene Erfüllungsjahr der MEPS entfallen. Die Sanierung muss dann zwar weiterhin erfolgen, kann jedoch in einem anderen Tempo umgesetzt werden.
---------------------	--

Qualitative Einschätzung der Wirkung	
Steigerung der Sanierungstiefe	 Hoch
Steigerung der Sanierungsrate	 Hoch
Steigerung der Heizungs austauschrate	 Mittel
Erhöhung Anteil zielkonformer Wärmeversorgung	 Hoch
Reduktion der spezifischen Wohnfläche	 Keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs von Neubauten	 Keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs im Bestand (durch Optimierung und Nutzerverhalten)	 Gering
Förderung gesellschaftlicher Teilhabe an Energiewende	 Hoch
Verteilungswirkung/-effekt	 Keine
Gesellschaftliche Akzeptanz des Instruments	 Mittel
Auswirkungen auf Fachkräftemangel	 Verstärkend
Reduktion grauer Emissionen	 Positiver Effekt
Ausgestaltungsparameter [maßnahmenspezifisch]	Wert
Adressierte Gebäudetypen	EFH und MFH
Zielzustand der Gebäude	Erreichung der durch MEPS vorgegebenen Effizienzstandards

Übschneidungseffekte zu anderen Instrumenten	THG-Reduktion wird den MEPS zugeschrieben
Reboundeffekte	Reboundeffekte zu erwarten, ggf. auch Auswirkungen in andere Sektoren (bspw. erhöhter Stromverbrauch)

Methodik zur Wirkungsabschätzung	Flankierendes Instrument
---	--------------------------

Wirkungsabschätzung	
Netto-THG-Emissionseinsparung in 2030	keine Abschätzung

Beschreibung der sozialen und gesellschaftlichen Auswirkungen	Das Instrument fördert die gesellschaftliche Teilhabe in hohem Maße, da nicht nur die Vorteile energetischer Sanierung am eigenen Gebäude deutlich wird, sondern den Eigentümer und Eigentümerinnen eine Rolle zugewiesen wird und dadurch Mitwirkung entsteht. Ein Verteilungseffekt kann nicht zugewiesen werden. Die gesellschaftliche Akzeptanz wird als mittelmäßig eingestuft, da ein persönlicher Aufwand mit dem Instrument verbunden ist. Das Instrument verstärkt den Fachkräftemangel, sowohl hinsichtlich Energieberatung, als auch beim Handwerk. Es wird angenommen, dass sich die grauen Emissionen von Gebäuden durch einen iSFP reduzieren, sofern eine Beratung in dieser Hinsicht erfolgt.
--	---

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 65
Steckbrief Digitaler Gebäuderessourcenpass

Instrument	Digitaler Gebäuderessourcenpass	
Art des Instruments	Information	
Subsektor (Adressierte Akteure)	Eigentümer und Eigentümerinnen, Energieberater, Architekten, Installateure, Schornsteinfeger, Bauswirtschaft	
Laufzeit		
Startjahr	2025	
Ende	2045	
Beschreibung	<p>Die Einführung eines digitalen Gebäudepasses ermöglicht die Dokumentation und Weitergabe aller energie- und ressourcenrelevanten Daten des Gebäudes. Energieberatungen, Planung und Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen, Maßnahmen in der Wärmeversorgung und technischer Gebäudeausrüstung können damit schneller und in besserer Qualität ausgeführt werden. Zudem ermöglicht die Dokumentation der verwendeten Baustoffe eine ökobilanzielle Bewertung der Gebäude und vereinfacht das Recycling beim Rückbau. Auch Energieverbräuche aus Smart-Metern können in den Pass eingespielt werden. Der digitale Gebäudepass muss dabei einen offenen Datenstandard verwenden, so dass Informationen aus verschiedenen Quellen eingespielt werden können. Eigentümer und Eigentümerinnen können entscheiden, mit wem die Daten geteilt werden, beispielsweise mit Energieberater:innen, Architekten oder Installateurbetrieben. Umgekehrt werden diese Akteure verpflichtet, relevante Informationen auf den digitalen Gebäudepass abzugeben.</p>	
Qualitative Einschätzung der Wirkung		
Steigerung der Sanierungstiefe		Gering
Steigerung der Sanierungsrate		Gering
Steigerung der Heizungsaustauschrate		Gering
Erhöhung Anteil zielkonformer Wärmeversorgung		Keine Änderung
Reduktion der spezifischen Wohnfläche		Keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs von Neubauten		Keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs im Bestand (durch Optimierung und Nutzerverhalten)		Mittel
Förderung gesellschaftlicher Teilhabe an Energiewende		Mittel
Verteilungswirkung/-effekt		Keine
Gesellschaftliche Akzeptanz des Instruments		Hoch
Auswirkungen auf Fachkräftemangel		Verstärkend
Reduktion grauer Emissionen		Positiver Effekt
Methodik zur Wirkungsabschätzung	keine Wirkungsabschätzung	
Wirkungsabschätzung		
Netto-THG-Emissionseinsparung in 2030	keine Abschätzung	

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 66
Steckbrief Energieeinsparverpflichtungssystem

Instrument	Energieeinsparverpflichtungssystem	
Art des Instruments	ordnungsrechtlich	
Subsektor (Adressierte Akteure)	Energieversorgungsunternehmen	
Laufzeit		
Startjahr	2025	
Ende	2045	
Beschreibung	Es wird ein Energie-/Energieeffizienz-/Energieeinspar-Verpflichtungssystem (Energy Efficiency Obligation Scheme; EEOS) nach Artikel 7 der europäischen Energieeffizienz-Richtlinie von 2012 (Novelle 2018) eingeführt. Deutschland hat bislang kein EEOS und nutzt die im Gesetzestext definierte Ausweichoption „alternativer strategischer Maßnahmen“. Durch EEOS würden bestimmte Akteursgruppen (z.B. Energieversorgungsunternehmen) verbindliche Ziele zur Einsparung von Endenergie bekommen, die sie durch die Umsetzung von Effizienzmaßnahmen erreichen müssen (bspw. hydraulischer Abgleich im von ihm versorgten Gebäude). Das Instrument ist bei Energieversorgungsunternehmen umstritten. Bei privaten Haushalten fehlten oftmals Fachwissen bzw. Kapital und Zeit, um eigentlich wirtschaftliche Effizienzmaßnahmen durchzuführen. Über ein Verpflichtungssystem entsteht starker Anreiz für Energieversorgungsunternehmen professionelle Energiedienstleistungen in großem Stil in die Gebäude zu bringen.	
Qualitative Einschätzung der Wirkung		
Steigerung der Sanierungstiefe		Keine Änderung
Steigerung der Sanierungsrate		Keine Änderung
Steigerung der Heizungsaustauschrate		Mittel
Erhöhung Anteil zielkonformer Wärmeversorgung		Hoch
Reduktion der spezifischen Wohnfläche		Keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs von Neubauten		Keine Änderung
Reduktion des Endenergieverbrauchs im Bestand (durch Optimierung und Nutzerverhalten)		Mittel
Förderung gesellschaftlicher Teilhabe an Energiewende		Mittel
Verteilungswirkung/-effekt		Verminderung der Ungleichheit
Gesellschaftliche Akzeptanz des Instruments		Hoch
Auswirkungen auf Fachkräftemangel		Verstärkend
Ausgestaltungsparameter	Wert	
Zielvorgabe	EVUs und ggf. andere Lieferanten fossiler Brennstoffe müssen jedes Jahr 0,5% ihres Endenergieabsatzes mit fossilen Brennstoffen reduzieren.	
Erfüllungsoptionen	Gering-investive Maßnahmen (z.B. hydraulischer Abgleich), Heizungstausche, Fenstertausche, Sanierungsfahrpläne	
Übschneidungseffekte zu anderen Instrumenten	Gebäudeenergiegesetz und Bundesförderung Effiziente Gebäude	
Reboundeffekte	Leichte Reboundeffekte zu erwarten	
Methodik zur Wirkungsabschätzung	Bottom-Up Abschätzung Wirkmodell	
Wirkungsabschätzung		
Netto-THG-Emissionseinsparung in 2030	1,2 Mt/a	
Beschreibung der sozialen und gesellschaftlichen Auswirkungen	Das Instrument fördert die gesellschaftliche Teilhabe an der Energiewende durch die Verknüpfung von Haushalten mit den Energieversorgungsunternehmen. Es wird angenommen, dass durch ein EEOS die Ungleichheit vermindert wird, da auch im vermieteten Gebäudebestand der Endenergieverbrauch reduziert oder sogar das Wärmeversorgungssystem getauscht wird. Die gesellschaftliche Akzeptanz wird deshalb als hoch eingeschätzt.	

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 67
Steckbrief Progressive Energiesteuer

Instrument	Einführung einer progressiven Energiesteuer mit Grundsicherung und Förderprogramm sozioökonomisch schwache HH
Art des Instruments	fiskalisch
Subsektor (Adressierte Akteure)	Haushalte
Beschreibung	Preissignale stellen im Bereich privater Haushalte eine Möglichkeit dar, Anreize für eine Reduzierung des Energieverbrauchs zu setzen. Durch eine steigende Kostenbelastung aufgrund höherer Energiepreise sind private Haushalte verschiedener Einkommensgruppen jedoch in unterschiedlichem Ausmaß betroffen. Um diesem Umstand zu begegnen, besteht die Idee progressiver Energietarife darin, einen zu definierenden Grundbedarf nur mit geringen Abgaben zu belasten, Verbräuche darüber hinaus mit einem progressiven Tarifverlauf zu bepreisen, um Einsparungen und Effizienzsteigerungen anzureizen (Tews, 2011; Thiele, 2022). Erfahrungen mit progressiven Energietarifen wurden in verschiedenen Ländern, bspw. Italien, Australien und China gesammelt (Dehmel, 2011b; Tews, 2011b; Zhang et al., 2017). In der einfachsten Variante werden Verbrauchszonen bzw. -blöcke festgelegt, die je nach Verbrauchshöhe mit unterschiedlichen Preisen belegt werden. Zudem könnte ein Grundfreibetrag bereitgestellt werden, durch den ein festzulegender Verbrauch zu keinen oder geringen Kosten zur Verfügung gestellt wird.
Qualitative Einschätzung der Wirkung	
Steigerung der Sanierungstiefe	● Mittel
Steigerung der Sanierungsrate	● Mittel
Steigerung der Heizungsaustauschrate	● Mittel
Erhöhung Anteil zielkonformer Wärmeversorgung	● Mittel
Reduktion der spezifischen Wohnfläche	● Gering
Reduktion des Endenergieverbrauchs von Neubauten	● Mittel
Reduktion des Endenergieverbrauchs im Bestand (durch Optimierung und Nutzerverhalten)	■ Hoch
Förderung gesellschaftlicher Teilhabe an Energiewende	● Mittel
Verteilungswirkung/-effekt	● Verminderung der Ungleichheit
Gesellschaftliche Akzeptanz des Instruments	● Mittel
Auswirkungen auf Fachkräftemangel	● Keinen Effekt
Überschneidungseffekte zu anderen Instrumenten	BEHG; BEG; MEPS; Heizungsoptimierung (hilft insbesondere Miethaushalten, wenn verpflichtend); Grundvoraussetzung sind Digitalisierung, Smart Metering
Reboundeffekte	Wirkt bei entsprechender Ausgestaltung Rebound-Effekten entgegen, da Anreize zur Energieeinsparung auch bei Effizienzmaßnahmen bestehen bleiben. Jedoch kann in Haushalten mit niedrigem Energieverbrauch die Einführung progressiver Tarife dazu führen, dass aufgrund der monetären Einsparungen eine Zunahme im Energieverbrauch möglich ist (bei zugrunde legen von Preiselastizitäten).
Methodik zur Wirkungsabschätzung	Sowohl Attac (2022) als auch Thiele (2022) schätzen ab, welche Auswirkungen progressive Tarife auf Haushalte haben können, in Abhängigkeit von deren Verbrauch im Vergleich zu einem Normverbrauch (bspw. durchschnittlicher Verbrauch desselben Haushaltstyps).
Wirkungsabschätzung	
Netto-THG-Emissionseinsparung in 2030	keine Abschätzung
Beschreibung der sozialen und gesellschaftlichen Auswirkungen	Im Bereich Strom gaben private Haushalte nach Daten des SOEP 2015 durchschnittlich 2,4 % ihres Haushaltseinkommens aus (Bach et al., 2018). Die Kostenbelastung wirkt dabei regressiv, einkommensstarke Haushalte geben einen geringeren Anteil ihres Einkommens für Strom aus als einkommensstarke Haushalte. Auch Heizkosten weisen eine regressiv Wirkung auf (Bach et al., 2018). Progressive Energietarife bieten möglicherweise das Potenzial, zwei gesellschaftlich relevante Themen zu adressieren: Erstens können klare Preissignale Anreize zur Energieeinsparung und Effizienzsteigerung setzen, indem sie einen niedrigen Pro-Kopf Verbrauch belohnen, und einen hohen Verbrauch sanktionieren/bestrafen (Tews, 2011b). Darüber hinaus weisen sie ggf. positive Verteilungseffekte auf, indem hochverbrauchende Personen, die tendenziell zu einkommensstarken Gruppen gehören (Held, 2019), mit ihrem Mehrkonsum stärker belastet werden als dies bei den in Deutschland verbreiteten Standardtarifen (Grundpreis plus Arbeitspreis; fallender durchschnittlicher Preis pro kWh je mehr konsumiert wird) zutrifft (Tews, 2011b). Niedrigeinkommenshaushalte, die statistisch gesehen im Mittel niedrigere Energieverbräuche aufweisen (Held, 2019), könnten ggf. bei einem günstigen Grundtarif finanziell entlastet werden. Dadurch könnte möglicherweise auch Energiearmut adressiert werden. Insgesamt liegen jedoch nur vereinzelt Abschätzungen bzw. empirische Untersuchungen vor, welche Einsparpotenziale und welche Verteilungseffekte durch die Einführung progressiver Energietarife entstehen bzw. inwiefern diese auf die Prävalenz von Energiearmut wirken. Reformen, die mit Preisanstiegen für Haushaltskund:innen ohne (soziale) Ausgleichsmaßnahmen verbunden sind, führen jedoch allgemein zu einer Wohlstandsverringerung der Verbraucher:innen und erhöhen den Anteil der Energieausgaben am Haushaltseinkommen (Pacudan & Hamdan, 2019). Thiele (2022) hingegen argumentiert, dass die Verteilungswirkung deutlich von der Ausgestaltung der Tarifzonen abhängig ist. Wird ein tendenziell inelastischer Grundbedarf durch die unteren, kostenlosen oder kostengünstigen, Tarifzonen gedeckt, kann, aufgrund der unterschiedlichen Verbrauchsniveaus (Niedrigeinkommenshaushalte verbrauchen im Mittel weniger als Hocheinkommenshaushalte) und der höheren Preise in den oberen Tarifzonen, eine Verschiebung der Kostenbelastung und somit der Einsparwirkung hin zu einkommensstärkeren Haushalten erfolgen. Durch eine gezielte Unterstützung einkommensschwacher Haushalte durch zusätzliche Fördermittel für Effizienzmaßnahmen (Austausch ineffizienter Geräte, energetische Modernisierungsmaßnahmen; BEG Förderung) sowie zielgruppenspezifische Energieberatungen können starke Kostenbelastungen von einkommensschwachen Haushalten mit hohem Energieverbrauch abgefedert werden.

Quelle: Eigene Darstellung

Literaturverzeichnis

BDEW – Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (Hrsg.), 2023: Wie heizt Deutschland 2023? Zugriff: <https://www.bdew.de/energie/studie-wie-heizt-deutschland> [abgerufen am 15.11.2023].

BDH – Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie (Hrsg.), (2023): Jahresbilanz 2022: Heizungsmarkt boomt. Zugriff: <https://www.bdh-industrie.de/presse/pressemeldungen/artikel/jahresbilanz-2022-heizungsmarkt-boomt> [abgerufen am 15.11.2023].

Bei Der Wieden, M.; Braungardt, S.; Hörner, M.; Bischof, J., 2023: Minimum Energy Performance Standards for Non-Residential Buildings. Herausgeber: Öko-Institut e.V. Freiburg.

Bei Der Wieden, M.; Braungardt, S., 2023: Wie viel Energie verbrauchen unsere Wohngebäude? Öko-Institut e.V. Zugriff: <https://www.oeko.de/blog/wie-viel-energie-verbrauchen-unsere-wohngebaeude/> [abgerufen am 04.07.2024].

BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (Hrsg.), 2023a: Auf einen Blick: Die neue Förderung für den Heizungstausch. Zugriff: https://www.energiewechsel.de/KAENEF/Redaktion/DE/Downloads/foerderung-heizungstausch-beg.pdf?__blob=publicationFile&v=18 [abgerufen am 01.06.2024].

BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (Hrsg.), 2023b: Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM). Herausgeber: Bundesministerium der Justiz. Bundesanzeiger.

Braungardt, S.; Bürger, V.; Steinbach, J.; Popovski, E., 2023: Abschätzung der Minderungswirkung der 65%-Anforderung im GEG-Entwurf. Herausgeber: Öko-Institut e.V. Freiburg.

Braungardt, S.; Bürger, V.; Klinski, S.; Thamling, N.; Paurtima, K.; Werle, M.; Pehnt, M.; Lempik, J.; Weiß, U.; Maiworm, C., 2022: Mindestvorgaben für die Gesamteffizienz von Bestandsgebäuden. Herausgeber: Prognos. Freiburg, Berlin, Heidelberg.

BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (Hrsg.), 2022: Klimaschutzbericht 2022 der Bundesregierung nach § 10 Absatz 1 des Bundes-Klimaschutzgesetzes.

Cischinsky, H.; Diefenbach, N., 2018: Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016 - Datenerhebung zu den energetischen Merkmalen und Modernisierungsraten im deutschen und hessischen Wohngebäudebestand. Herausgeber: Institut Wohnen und Umwelt (IWU). Darmstadt.

Destatis – Statistisches Bundesamt (Hrsg.), 2019: Wohnen in Deutschland - Zusatzprogramm des Mikrozensus 2018. Herausgeber: Statistische Ämter des Bundes und der Länder. Wiesbaden.

ERK – Expertenrat für Klimafragen, 2022: Zweijahresgutachten 2022 - Gutachten zu bisherigen Entwicklungen der Treibhausgasemissionen, Trends der Jahresemissionsmengen und Wirksamkeit von Maßnahmen (gemäß § 12 Abs. 4 Bundes-Klimaschutzgesetz). Berlin.

ERK - Expertenrat für Klimafragen (Hrsg.), 2023: Prüfbericht 2023 für die Sektoren Gebäude und Verkehr. Prüfung der den Maßnahmen zugrunde liegenden Annahmen gemäß § 12 Abs. 2 Bundes-Klimaschutzgesetz. Berlin.

Hank, C., 2020: Techno-economic and environmental assessment of Power-to-Liquid processes. Albert-Ludwigs-Universität. Freiburg.

Harthan, R.; Förster, H.; Borkowski, K.; Böttcher, H.; Braungardt, S.; Bürger, V.; Emele, L.; Görz, W.; Hennenberg, K.; Jansen, L.; Jörß, W.; Kasten, P.; Loreck, C.; Ludig, S.; Matthes, F.; Mendelewitsch, R.; Moosmann, L.; Nissen, C.; Repenning, J.; Scheffler, M.; Steinbach, I.; Bei der Wieden, M.; Wiegmann, K.; Brugger, H.; Fleiter, T.; Mandel, T.; Rehfeldt, M.; Rohde, C.; Yu, S.; Steinbach, J.; Deurer, J.; Fuß, R.; Rock, J.;

- Osterburg, B.; Rüter, S.; Adam, S.; Dunger, K.; Rösemann, C.; Stümer, W.; Tiemeyer, B.; Vos, C., 2023: Projektionsbericht 2023 für Deutschland. Herausgeber: Umweltbundesamt. Berlin, Freiburg, Darmstadt, Karlsruhe, Braunschweig, Hamburg, Eberswalde.
- Hörner, M., 2023: Sonderauswertung der Forschungsdatenbank des Projekts „Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude (ENOB:dataNWG)“. Herausgeber: Institut Wohnen und Umwelt (IWU). Darmstadt.
- Hörner, M.; Cischinsky, H.; Bischof, J.; Schwarz, S.; Behnisch, M.; Meinel, G.; Spars, G.; Busch, R., 2022: Forschungsdatenbank NichtWohnGebäude (ENOB:dataNWG). Repräsentative Primärdatenerhebung zur statistisch validen Erfassung und Auswertung der Struktur und der energetischen Qualität des Nichtwohngebäudebestands in Deutschland. Herausgeber: Institut Wohnen und Umwelt GmbH. Darmstadt.
- Köveker, T.; Kröger, M.; Schütze, F., 2022: Wärmemonitor 2020 und 2021. Heizenergiebedarf leicht gesunken, Klimaziele aber verfehlt. DIW Wochenbericht, 43/2022: S. 551-561.
- Krieger, O.; Offermann, M.; Braungardt, S.; Schneller, A.; Barckhausen, A., 2019: Vorbereitende Untersuchungen zur Erarbeitung einer Langfristigen Renovierungsstrategie nach Art 2a der EU-Gebäuderichtlinie RL 2018/844 (EPBD). Herausgeber: dena Deutsche Energie-Agentur. Berlin.
- Loga, T.; Stein, B.; Born, R.; Diefenbach, N., 2015: Deutsche Wohngebäudetypologie zur Verbesserung der Energieeffizienz. Herausgeber: Institut für Wohnen und Umwelt GmbH. Darmstadt.
- Löschel, A.; Grimm, V.; Lenz, B.; Staiß, F.; Kaltenegger, O., 2021: Stellungnahme zum achten Monitoring-Bericht der Bundesregierung für die Berichtsjahre 2018 und 2019. Herausgeber: Energie der Zukunft. Berlin, Münster, Nürnberg, Stuttgart.
- Matthes, F.; Renn, O.; Mendelevitch, R.; Camier, C.; Kiesow, T., 2021: Orientierungshilfe „Good Practice“ für Ex-Ante-Evaluierungen von Klimaschutzmaßnahmen. Herausgeber: Wissenschaftsplattform Klimaschutz. Berlin.
- Mendelevitch, R.; Matthes, F.; Deurer, J., 2023: Treibhausgasprojektionen 2024 für Deutschland—Rahmendaten. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.
- Ministry of Climate, 2023: Building Register. Zugriff: <https://kliimaministerium.ee/en/building-register> [abgerufen am 15.08.2024].
- Schlomann, B.; Brunzema, I.; Bürger, V.; Mendelevitch, R.; Kemmler, A., 2022: Methodikpapier zur ex-ante Abschätzung der Energie- und THG-Minderungswirkung von energie- und klimaschutzpolitischen Maßnahmen. Herausgeber: Prognos. Basel.
- Schlomann, B.; Rohde, C.; Bentele, S., 2021: Mögliche Ausgestaltung eines Energieeinsparverpflichtungssystems für Deutschland. Herausgeber: Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.
- Schneeweiß, U., 2023: CO₂-Neutralität, Treibhausgasneutralität und Klimaneutralität – Was ist was? Klima FAQ. Zugriff: <https://www.helmholtz-klima.de/faq/co2-neutralitaet-treibhausgasneutralitaet-und-klimaneutralitaet-was-ist-was> [abgerufen am 15.11.2023].
- Schultz, K.; Wehmann, K.; op de Hipt, K.; Purr, K., 2024: Treibhausgas-Projektionen 2024 – Ergebnisse kompakt. Herausgeber: Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.
- Schumacher, K.; Zell-Ziegler, C.; Nissen, C.; Eisenmann, L.; Tews, K., 2023: Methodenhandbuch zur Evaluation der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI). Herausgeber: Öko-Institut. Freiburg.
- DeGEval – Gesellschaft für Evaluation (Hrsg.) 2016: Standards für Evaluation. Erste Revision 2016. Mainz.
- Destatis – Statistisches Bundesamt (Hrsg.), 2020: Wohnen in Deutschland - Zusatzprogramm des Mikrozensus. Herausgeber: Statistische Ämter des Bundes und der Länder. Wiesbaden.
- Steinbach, J. 2015: Modellbasierte Untersuchung von Politikinstrumenten zur Förderung erneuerbarer Energien und Energieeffizienz im Gebäudebereich. Herausgeber: Fraunhofer Verlag. Karlsruhe

Steinbach, J.; Deurer, J.; Senkpiel, C.; Brandes, J.; Heilig, J.; Berneiser, J.; Kost, C., 2021: Wege zur Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestandes 2050. Herausgeber: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). Bonn.

Techem Energy Services GmbH (Hrsg.), 2023: Techem Verbrauchskennwerte 2022. WÄRME - Erhebungen und Analysen zum Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser in deutschen Mehrfamilienhäusern. Frankfurt am Main.

Tews, K., 2011: Stromeffizienztarife für Verbraucher in Deutschland? Vom Sinn, der Machbarkeit und den Alternativen einer progressiven Tarifsteuerung. FFU-Report, 05/2011. Freie Universität Berlin, Forschungszentrum für Umweltpolitik. Berlin.

Thiele, L., 2022: Energiepreise: Transformative Wege aus der Krise. Konzeptwerk Neue Ökonomie. Herausgeber: Konzeptwerk Neue Ökonomie. Leipzig.

Umweltbundesamt (Hrsg.), 2023: Daten der Treibhausgasemissionen des Jahres 2022 nach KSG. Zugriff: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung>. [abgerufen am 04.07.2024].

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Methodisches Vorgehen im Projekt	19
Abbildung 2 Endverbraucherpreise für Heizöl, Erdgas, Fernwärme und Wasserstoff	24
Abbildung 3 Endverbraucherpreise für Strom	25
Abbildung 4 Endverbraucherpreise für feste und flüssige Biomasse	25
Abbildung 5 Annahmen zur Entwicklung des CO ₂ -Preises im Brennstoffemissionshandelsgesetz	26
Abbildung 6 Akteure für einen klimaneutralen Gebäudebestand	29
Abbildung 7 Wasserstoff-Backbone und mögliche Gebiete mit Zugang zu Wasserstoff	32
Abbildung 8 Abhängigkeit ordnungsrechtlicher, ökonomische und flankierender Instrumente	40
Abbildung 9 Entwicklung der CO ₂ -Emissionen nach KSG-Sektoren	44
Abbildung 10 Treibhausgasemissionen im Zielpfad im Gebäudesektor Zeitraum 2020 bis 2045	im 45
Abbildung 11 Endenergieverbrauch im Zielpfad im Gebäudesektor im Zeitraum 2020 und 2045	46
Abbildung 12 Entwicklung des Heizsystembestands im Zielpfad im Zeitraum 2020 bis 2045	47
Abbildung 13 Bereitstellung und Verwendung von Gas im Zielpfad im Zeitraum 2025 bis 2045	48
Abbildung 14 Bereitstellung und Verwendung von Fernwärme im Zielpfad im Zeitraum 2025 bis 2045	49
Abbildung 15 Bereitstellung und Verwendung von Strom im Zielpfad im Zeitraum 2025 bis 2045	50
Abbildung 16 Endenergieverbrauchs im Referenzszenario im Zeitraum 2020 bis 2045	51
Abbildung 17 Treibhausgasemissionen im Referenzszenario von 2020 bis 2045	52
Abbildung 18 Marktanteile neu installierter Wärmeversorgungssysteme im Referenzszenario im Zeitraum 2025 bis 2045	53
Abbildung 19 Durchschnittliche Sanierungsrate im Referenzszenario in Fünf-Jahresschritten	54
Abbildung 20 Qualitative Bewertung der Instrumente im Referenzszenario mit adressierten Akteuren	55
Abbildung 21 Netto-Wirkung der Instrumente im Referenzszenario bis 2030	57
Abbildung 22 Endenergieverbrauchs in den Zielszenarien im Zeitraum 2025 bis 2045	58
Abbildung 23 Treibhausgasemissionen in den Zielszenarien im Zeitraum 2025 bis 2045	59
Abbildung 24 Marktanteile neu installierter Wärmeversorgungssysteme in den Zielszenarien im Zeitraum 2025 bis 2045	59
Abbildung 25 Sanierungsrate im Zielszenario „Effizienz“	60
Abbildung 26 Sanierungstiefe im Zielszenario "Effizienz"	61
Abbildung 27 Qualitative Bewertung der ordnungsrechtlichen und finanziellen Instrumente in den Zielszenarien	62
Abbildung 28 Netto-Minderungswirkung der Instrumente in den beiden Zielszenarien in 2030	63

Abbildung 29 Endenergieverbrauch im Gebäudesektor in den Gesamtsystemszenarien	65
Abbildung 30 Endenergieverbrauch im Industriesektor in den Gesamtsystemszenarien	66
Abbildung 31 Endenergieverbrauch im Verkehrssektor in den Gesamtsystemszenarien	67
Abbildung 32 Bereitstellung und Verwendung von Gas in den Gesamtsystemszenarien	68
Abbildung 33 Monitoring und Evaluierungskonzept	70
Abbildung 34 Verbrauchsausweise Endenergie von Wohngebäuden nach Gebäudeanzahl (Stichprobengröße: 116.050)	77
Abbildung 35 Bedarfsausweise Endenergie: GEG-Effizienzklassenverteilung von Wohngebäuden nach Gebäudeanzahl (Stichprobengröße: 79.055)	78
Abbildung 36 Verteilung der Effizienz von Wohngebäuden nach Endenergie	79
Abbildung 37 Verteilung des kalibrierten Primärenergiebedarfs in kWh/m ² a der deutschen Nichtwohngebäude	80
Abbildung 38 Verbrauchsausweise Endenergie Mehrfamilienhäuser nach Gebäudeanzahl	84
Abbildung 39 Bedarfsausweise Endenergie Mehrfamilienhäuser nach Gebäudeanzahl	85
Abbildung 40 Verbrauchsausweise Endenergie Einfamilienhäuser nach Gebäudeanzahl	86
Abbildung 41 Bedarfsausweise Endenergie Einfamilienhäuser nach Gebäudeanzahl	87
Abbildung 42 Qualitative Bewertung der nicht abgeschätzten Instrumente	88
Abbildung 43 Struktur des Simulationsmodells Invert/EE-Lab	90
Abbildung 44 Struktur der hinterlegten Gebäudetypologie in Invert/ EE-Lab	91
Abbildung 45 Modellierung der Gebäudeeigentümer als Investor-Agenten	92
Abbildung 46 Modellierung von Politikinstrumenten in Invert/ee-Lab	92
Abbildung 47 Schematische Darstellung des in REMod abgebildeten Energiesystems ohne die Darstellung der Subsysteme für Wärmeversorgung von Gebäuden und Verkehr	96
Abbildung 48 Schematische Darstellung der Funktionsweise von REMod	97
Abbildung 49 Schematischer Aufbau der Heizungssysteme am Beispiel einer erdreichgekoppelten, elektrischen Wärmepumpe	98
Abbildung 50 Steckbrief Brennstoffemissionshandelsgesetz	100
Abbildung 51 Steckbrief Gebäudeenergiegesetz	101
Abbildung 52 Steckbrief Bundesförderung für effiziente Gebäude	102
Abbildung 53 Steckbrief Steuerliche Förderung	103
Abbildung 54 Steckbrief EnSimiMaV	104
Abbildung 55 Steckbrief Bundesförderung Effiziente Wärmenetze	105
Abbildung 56 Steckbrief Anforderungen für öffentliche Gebäude	106
Abbildung 57 Steckbrief Wärmeplanungs-Gesetz	107
Abbildung 58 Steckbrief Mindesteffizienzstandards für Gebäude	108
Abbildung 59 Steckbrief Senkung des Wärmepumpen-Strompreises	109
Abbildung 60 Steckbrief Verschärfung der Anforderungen im Gebäudeenergiegesetz	110

Abbildung 61 Steckbrief Teilwärmietenmodell	111
Abbildung 62 Steckbrief zur Reduktion des Fachkräftemangels	112
Abbildung 63 Steckbrief Förderprogramm mit sozialem Fokus	113
Abbildung 64 Steckbrief individueller Sanierungsfahrplan	114
Abbildung 65 Steckbrief Digitaler Gebäuderessourcenpass	115
Abbildung 66 Steckbrief Energieeinsparverpflichtungssystem	116
Abbildung 67 Steckbrief Progressive Energiesteuer	117

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Kategorien, Parameter und Indikatoren zur qualitativen Bewertung der Instrumente	21
Tabelle 2 Rahmenbedingungen für die simulationsbasierte Bewertung	23
Tabelle 3 Annahmen zu den Treibhausgasemissionen im Zielpfad	26
Tabelle 4 Berücksichtigte Instrumente nach Szenario und Kategorie	30
Tabelle 5 Vorgaben der EnSimiMaV zum Gebäudesektor	33
Tabelle 6 Hemmnisse bei der Umsetzung und Wirkung der 65 %-Regel im Gebäudeenergiegesetz	41
Tabelle 7 Hemmnisse bei der Umsetzung und Wirkung des Brennstoffemissionshandelsgesetz	42
Tabelle 8 Hemmnisse bei der Umsetzung und Wirkung der Bundesförderung effiziente Gebäude	42
Tabelle 9 Hemmnisse bei der Umsetzung und Wirkung der kommunalen Wärmeplanung	43
Tabelle 10 Instrumente in den Zielszenarien mit Startjahr	57
Tabelle 11 Datenseitige Anforderungen für Monitoring und Evaluierung der Energiebereitstellung im Gebäudesektor	71
Tabelle 12 Datenseitige Anforderungen für Monitoring und Evaluierung des Energiebedarfs und -verbrauchs im Gebäudesektor	73
Tabelle 13 MEPS-Schwellenwerte von 15 % für Wohngebäude gesamt (Achtung: nicht repräsentativ)	81
Tabelle 14 MEPS-Schwellenwerte von 15 % für Einfamilienhäuser (Achtung: nicht repräsentativ)	81
Tabelle 15 MEPS-Schwellenwerte von 15 % für Mehrfamilienhäuser (Achtung: nicht repräsentativ)	81
Tabelle 16 MEPS-Schwellenwerte von 15 % für Nichtwohngebäude (Achtung: nicht repräsentativ)	82
Tabelle 17 Schwellenwerte für MEPS für Nichtwohngebäude für kalibrierten Primärenergiebedarf	82
Tabelle 18 Stichprobe für Auswertung der Verbrauchsausweise für Mehrfamilienhäuser	83
Tabelle 19 Stichprobe für Auswertung der Bedarfsausweise für Mehrfamilienhäuser	83
Tabelle 20 Stichprobe für Auswertung der Verbrauchsausweise für Einfamilienhäuser	83
Tabelle 21 Stichprobe für Auswertung der Bedarfsausweise für Einfamilienhäuser	83