



Stiftung
Klimaneutralität



Sensitivitätsanalyse:

Auswirkungen unterschiedlicher Sanierungsraten auf das Energiesystem und seine Kosten

Das Gutachten wurde erstellt durch Prognos AG

IMPRESSUM

Stiftung Klimaneutralität

www.stiftung-klima.de

info@stiftung-klima.de

Friedrichstraße 155–156 | 10117 Berlin

Das Gutachten wurde erstellt durch

Prognos AG

Goethestr. 85 | 10623 Berlin

Autoren

Elias Althoff | elias.althoff@prognos.com

Dr. Andreas Kemmler | andreas.kemmler@prognos.com

Nils Thamling | nils.thamling@prognos.com

Aurel Wunsch | aurel.wuensch@prognos.com

Marco Wunsch | marco.wuensch@prognos.com

Inka Ziegenhagen | inka.ziegenhagen@prognos.com

Executive Summary, Politische Ableitungen und Empfehlungen stammen von

Stiftung Klimaneutralität

Friedrichstraße 155–156 | 10117 Berlin

Autor & Projektleitung

Frederik Digulla | frederik.digulla@stiftung-klima.de

Layout & Satz

ASK Agentur für Sales und Kommunikation GmbH, www.ask-berlin.de

Bitte zitieren als:

Prognos, Stiftung Klimaneutralität (12/2025):

Auswirkungen unterschiedlicher Sanierungsraten auf das Energiesystem und seine Kosten.

Inhalt



Executive Summary	4
--------------------------	----------

Politische Ableitungen	5
-------------------------------	----------

Erweitere strategische Optionen: Verschiedene Pfade führen kosteneffizient zur Klimaneutralität im Gebäudesektor	5
Konkrete Handlungsempfehlungen	6

Gutachten	<i>prognos</i>
Einführung	7

Methodik & Annahmen	8
--------------------------------	----------

Beheizungsstruktur	8
Energetische Sanierung	9

Ergebnisse	11
-------------------	-----------

Auswirkungen auf den Endenergieverbrauch	11
Auswirkungen auf das Stromsystem	12
Auswirkungen auf die Fernwärme	14
Auswirkungen auf die Systemkosten	14

Zusammenfassung	17
------------------------	-----------

Quellen	17
---------	----

Anhang	18
---------------	-----------

Executive Summary

Wissenschaftlich und politisch wird eine jährliche energetische Sanierungsrate von 2 Prozent als Zielvorgabe diskutiert. Diese Auswertung zeigt, dass eine niedrigere Rate nicht zu höheren Systemkosten auf dem Weg zur Klimaneutralität führt.

Der Effekt ist demnach sogar leicht positiv. In den Jahren 2025 bis 2045 werden durch eine gegenüber dem KND-Szenario auf 1 Prozent abgesenkte Sanierungsquote die Systemkosten um 200 Millionen Euro reduziert. Das liegt daran, dass höhere Investitionen im Stromsystem durch Einsparungen im Gebäudesektor überkompensiert werden.

Dieser Befund ermöglicht eine größere strategische Flexibilität in der Umsetzung von Klimaschutz im Gebäudesektor. Eine vom aktuellen Niveau (0,95 Prozent bei Ein- und Zweifamilienhäusern, 1,1 Prozent bei Mehrfamilienhäusern und Nichtwohngebäuden) aus diskutierte deutliche Steigerung der energetischen Sanierungsrate ist nicht Voraussetzung für eine kosteneffiziente Reduktion von Emissionen.

Basis der vorliegenden Untersuchung ist eine Sensitivitätsanalyse gegenüber dem Szenario „Klimaneutrales Deutschland – von der Zielsetzung zur Umsetzung“ (KNDE). Dabei wird die jährliche Sanierungsrate auf dem Niveau von 2020 konstant gehalten (ca. 1 %), statt wie im Basis-Szenario auf 1,7 % anzusteigen. Modelliert wurden die sich daraus ergebenden Effekte auf Endenergieverbrauch, Strom- und Fernwärmesystem sowie die Gesamtsystemkosten bis 2045.

Zentrale Ergebnisse bei einer reduzierten Sanierungsquote:

- **Der Endenergieverbrauch im Gebäudesektor** steigt im Jahr 2045 um 32 TWh (+4 %). Davon sind 16 TWh Umweltwärme bzw. Solarthermie, 7 TWh Fernwärme, 5 TWh Strom für dezentrale Wärmepumpen und 4 TWh Biomasse.
- **Der Bruttostrombedarf** im Jahr 2045 steigt um lediglich 0,5 % (6,6 TWh inkl. Fernwärmeerzeugung).

Gedeckt wird der Bedarf zu 3,4 TWh aus Importen, 2,3 TWh aus H₂-Stromerzeugung und 0,9 TWh aus weniger Abregelung. Die maximale stündliche Last durch Wärmepumpen erhöht sich um 1,3 GW (2,5 %).

- **Bilanziell verschieben sich Kosten aus dem Gebäudesektor in den Energiesektor.** Im Jahr 2045 betragen die Mehrkosten 4,5 Mrd. Euro (3,6 Mrd. Energieerzeugung + 0,9 Mrd. Wärmepumpen-Auslegung) und die Einsparungen durch verringerte Sanierung 5,1 Mrd. Euro.
- **Kumuliert führt die Sensitivität im Zeitraum von 2025–2045** zu Minderkosten von 200 Millionen Euro. Dieser Unterschied ist so marginal, dass eher von Kostenneutralität ausgegangen werden sollte.

Aus den Zahlen kann kein optimaler Pfad für die Verteilung zwischen Effizienzmaßnahmen und dem Ausbau des Stromsystems abgeleitet werden. Die Sensitivität zeigt aber: Eine gegenüber den politischen Ziel von 2 Prozent deutlich reduzierte Sanierungsrate auf dem heutigen Niveau von rund 1 Prozent führt innerhalb des Szenarios nicht zu höheren Systemkosten. Das erweitert die klimapolitischen Optionen im Gebäudesektor. Der Fokus kann gezielt auf Heizungstausch und selektive Sanierung jener Gebäude gelegt werden, die für einen effizienten Wärmepumpenbetrieb ertüchtigt werden müssen.

Die daraus resultierende Kostenverlagerung in den Stromsektor ist zusätzlich aus sozialer Perspektive vorteilhaft. Das Stromsystem ermöglicht eine breitere Walzung und damit bessere Verteilung von Kosten. Davon unabhängig bleiben die zentralen Voraussetzung für Klimaneutralität im Gebäudesektor der konsequente Ausbau von erneuerbaren Energien und Stromnetzen sowie die schnelle Elektrifizierung der gesamten Wärmeversorgung.

Politische Ableitungen

Erweitere strategische Optionen:

Verschiedene Pfade führen kosteneffizient zur Klimaneutralität im Gebäudesektor

Die vorliegende Sensitivitätsanalyse liefert gute Nachrichten. Die zentrale Erkenntnis ist: Eine moderate Sanierungsrate führt systemisch zu keinen Mehrkosten und erreicht dennoch Klimaneutralität bis 2045. Die angestrebte Steigerung der energetischen Sanierungsrate ist über die vergangenen Jahrzehnte trotz großer Anstrengungen und hoher Förderung nicht gelungen. Zudem weisen viele Sanierungsmaßnahmen lange Amortisationszeiträume auf und erhöhen somit die Kosten des Wohnens. Die Ergebnisse dieser Studie nehmen Druck aus beiden Debatten.

Voraussetzung für Klimaneutralität ist lediglich die konsequente Elektrifizierung der Wärmeversorgung durch Wärmepumpen, Nahwärme und Fernwärme. Eine Steigerung der Sanierungsquote über das aktuelle Niveau hinaus ist nicht notwendig.

Diese Erkenntnis schärft den Blick: Der Heizungstausch ist der Schlüssel der Wärmewende. Das muss im Mittelpunkt aller strategischen Überlegungen und der politischen Kommunikation stehen. Die energetische Sanierung bleibt ein wichtiges Instrument, das den Heizungstausch flankiert. Notwendig für die Erreichung der Klimaneutralität ist sie aber nur bei bestimmten Gebäuden. Sanierungsraten von 1,5 Prozent pro Jahr oder höher sind nicht Voraussetzung, um kosteffiziente Dekarbonisierung zu ermöglichen. Sie müssen deshalb auch nicht mit politischen Mitteln erreicht werden, wenn es andere fiskalisch oder politisch einfachere Optionen gibt.

Konkret bedeutet das, die Förderung von Effizienzmaßnahmen auf die Gebäude zu fokussieren, die in dezentralen Versorgungsgebieten liegen und aus energetischen Gründen noch nicht effizient mit Wärmepumpen versorgt werden können. Mit anderen Worten: Gebäude, die im energetischen Ausgangszustand keine

Jahresarbeitszahl von 3 erreichen. Daraus ergibt sich ein Fokus auf die Worst Performing Buildings.

Für Gebäude mit Fernwärmeanschluss ist das Bild noch klarer, da höhere Vorlauftemperaturen hier keine Dekarbonisierungshürde darstellen. Zudem stellen sich signifikante Effizienzgewinne nur ein, wenn alle energetisch schlechten Gebäude in einem Fernwärmesystem ihre Heizlast reduzieren, weil nur dann die Vorlauftemperatur des ganzen Netzes gesenkt werden kann.

Aus sozialer Perspektive stellt die vorliegende Analyse eine gute Nachricht dar. Während Sanierungskosten einzelne Haushalte gerade in angespannten Wohnungsmärkten oder mit geringen Einkommen schnell überfordern können, verteilen sich die Mehrkosten im Stromsystem über die Wälzungslogik auf viele Stromverbraucher. Die individuelle Mehrbelastung fällt dadurch deutlich geringer aus und einzelne Haushalte werden weniger wahrscheinlich überfordert. Das erhöht die Akzeptanz der Wärmewende. Zudem können Investitionen im Energiesystem deutlich besser organisiert und finanziert werden als die Effizienzmaßnahmen an Gebäuden, die häufig von Privatpersonen koordiniert und gestemmt werden müssen.

Davon unbenommen gibt es weiterhin viele gute Gründe, um Gebäude energetisch zu sanieren: Wohnkomfort, Kostenreduktion oder die Vermeidung von Schimmel gehören dazu. Diese legitimen Ziele sollte aber getrennt von der klimapolitischen Notwendigkeit energetischer Sanierungen diskutiert werden. Die Erreichung dieser Ziele sollten zudem mit eigenen speziell darauf ausgerichteten Politikinstrumenten adressiert werden. Das strukturiert die politische Diskussion und schärft den Blick für die Zielerreichung.

Konkrete Handlungsempfehlungen

EPBD-Umsetzung:

Fokus auf CO₂-Neutralität

Bei der Umsetzung der Europäischen Gebäuderichtlinie in nationales Recht sollten die Ergebnisse dieser Auswertung berücksichtigt werden. Die EPBD erlaubt für Wohngebäude den Fokus auf den Primärenergieverbrauch als zentrale Steuerungsgröße. Über die entsprechende Definition der Primärenergiefaktoren können erneuerbare Energien und Umweltwärme in diese Berechnung mit Null eingehen. Das bedeutet, dass ein Gebäude, das klimaneutral mit Wärme versorgt wird, unabhängig vom energetischen Zustand im Sinne der EPBD eine sehr hohe Effizienz aufweisen kann.

Aus einer solchen Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie in nationales Recht ergibt sich hohe Flexibilität beim Weg zur klimaneutralen Versorgung von Wohngebäuden. Effizienzmaßnahmen können dafür einen wichtigen Beitrag leisten. Sie sind aber nicht verpflichtet, wo sie nicht erforderlich sind. Das reduziert Kosten sowie öffentliche Förderbedarfe und fokussiert die knappen Kapazitäten auf unbedingt erforderliche energetische Maßnahmen.

Förderung:

Zielgenauer und wärmeplanungsbasiert

Die Bundesförderung für effiziente Gebäude sollte grundlegend neu ausgerichtet werden. Sie berücksichtigt noch nicht die Ergebnisse dieser Untersuchung, sondern betrachtet jede Effizienzsteigerung eines Gebäudes als gleichermaßen positiv. Dadurch werden die knappen Mittel nicht optimal eingesetzt.

In der Validierung der Förderung sieht man beispielsweise erhebliche Unterschiede bei der CO₂-Reduktion, die ein Förder-Euro in den verschiedenen Programmen nach sich zieht. Es werden aber auch Maßnahmen geför-

dert, die systemisch keinen oder kaum einen Effekt haben. Beispielsweise dann, wenn eine dezentrale Lösung in einem Gebäude gefördert wird, das aus volkswirtschaftlicher Sicht eigentlich Teil von einem Wärmenetz werden sollte.

Die reformierte Förderung sollte deshalb konsequent an der kommunalen Wärmeplanung orientiert werden. Haushalte in ausgewiesenen Fernwärmegebieten, die für den Anschluss an das Netz geeignet sind, benötigen keine individuelle Sanierungsförderung. Die bisherige Effizienzhaus-Förderung sollte gänzlich auslaufen.

Alle vorhandenen Mittel sollten sozial gestaffelt auf den Heizungstausch und energetische Einzelmaßnahmen fokussiert werden. Förderung für energetische Maßnahmen sollte auf dezentrale Versorgungsgebiete fokussiert und dort primär auf jene Gebäude ausgerichtet werden, die für einen wirtschaftlichen Wärmepumpenbetrieb saniert werden müssen.

GEG-Reform:

Fokussierung auf Heizungstausch

Entscheidend für die Erreichung der Klimaziele im Gebäudesektor ist der Austausch aller Gas- und Ölheizungen gegen Wärmepumpen, Nahwärme und Fernwärme. Deshalb muss als Kern des Gebäudeenergie-Gesetzes die Vorgabe erhalten bleiben, dass neu eingebaute Heizungen zu 65 Prozent mit erneuerbarer Energie betrieben werden müssen. Diese Regelung verhindert Fehlinvestitionen und sichert die Erreichung der Klimaziele.

Vereinfacht werden kann das Gesetz bei vielen einzelnen Vorschriften für Effizienzmaßnahmen, die in der Realität sowieso nicht vollzogen werden. Das gilt beispielsweise für die nicht vollzogenen Nachrüstpflichten bei Eigentümerwechseln.

Gutachten Einführung

Die energetische Sanierung ist eine zentrale Stellschraube im Gebäudesektor auf dem Weg zur Klimaneutralität: für eine effiziente Wärmeversorgung sind gewisse Effizienzmaßnahmen nötig. Sie ermöglichen geringere Vorlauftemperaturen, steigern die Effizienz von Wärmepumpen und senken den Wärmebedarf der Gebäude – und damit auch den Strombedarf und die notwendige Dimensionierung des Energiesystems. Damit einher gehen verringerte Energiekosten, eine erhöhte Resilienz gegenüber Preisschocks und verringerte Importabhängigkeiten.

Energetische Sanierungen sind jedoch mit hohen Investitionen und langen Amortisationszeiten verbunden. Eine geringere Sanierungsrate senkt somit den Investitionsbedarf, erhöht jedoch den Energieverbrauch in Gebäuden – mit direkten Auswirkungen auf Strom- und Fernwärmenachfrage, Netzbelastung und letztlich die Dimensionierung des Energiesystems. Dies steigert wiederum die Kosten des Energiesystems.

Diese Zielkonflikte sind Gegenstand einer wissenschaftlichen und politischen Debatte zur Sanierungsrate im

Gebäudesektor. In der Diskussion fehlt es bislang an belastbaren quantitativen Grundlagen, um die Auswirkungen veränderter Sanierungsraten auf das Energiesystem fundiert bewerten zu können.

Die vorliegende Kurzstudie soll einen Beitrag zur Debatte leisten, indem sie den Einfluss unterschiedlicher Sanierungsraten auf den Endenergieverbrauch in Gebäuden quantifiziert, die Auswirkungen auf Strom- und Fernwärmesysteme analysiert und die daraus resultierenden Systemkosten im Gebäude- und Energiesektor bewertet.

Methodik & Annahmen

Zur Quantifizierung der Effekte wird eine Sensitivitätsanalyse des Szenarios „Klimaneutrales Deutschland“ (KNDE) durchgeführt (siehe Infobox). Ausgangspunkt ist die in KNDE unterstellte energetische Sanierungsrate, die in der Sensitivität reduziert wird.

Auf dieser Grundlage erfolgt zunächst die Berechnung des zusätzlich anfallenden Wärmebedarfs im Gebäudesektor. Aus dem erhöhten Wärmebedarf wird der zusätzliche Strombedarf für dezentrale Wärmepumpen sowie für die Fernwärmeerzeugung abgeleitet.

Im nächsten Schritt werden die systemischen Auswirkungen untersucht. Dazu wird eingeordnet, wie sich die erhöhte Nachfrage auf die Dimensionierung des Stromsystems sowie auf die Fernwärmeinfrastruktur auswirkt. Die Ergebnisse werden in einer Kostenbilanz zusammengeführt, die einen Einblick in die Auswirkungen auf die Systemkosten erlaubt. Dabei werden die Minderkosten im Gebäudesektor den Mehrkosten im Energiesektor gegenübergestellt, um die Kostenverlagerung zwischen den Sektoren transparent zu machen.

Im Folgenden werden die Annahmen der energetischen Sanierungsraten und Beheizungsstruktur von Gebäuden im Hauptszenario und der Sensitivität beschrieben.

Beheizungsstruktur

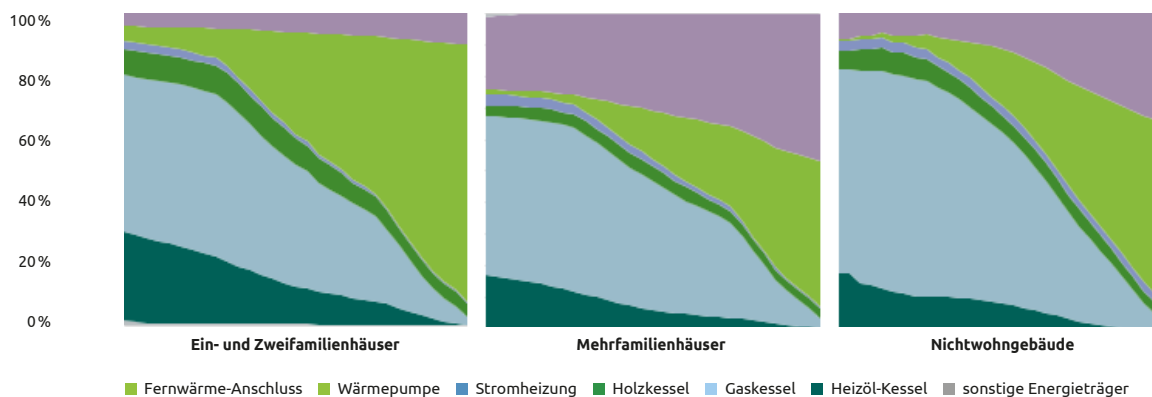
Die Wärmeversorgung der Gebäude wird im Szenario hauptsächlich auf dekarbonisierte Wärmenetze (Nah- und Fernwärme) und elektrische Wärmepumpen umgestellt. Grüne Gase (Wasserstoff, Biomethan) und Holz haben nur einen geringen Stellenwert. Der Einsatz von Wärmenetzen ist insbesondere in Gebieten mit hoher Wärmedichte sinnvoll. Wo kein Wärmenetz vorhanden ist, kommen hauptsächlich elektrische Wärmepumpen zum Einsatz.

VORSTELLUNG

Klimaneutrales Deutschland

Ausgangsbasis der Analysen ist das Ende 2024 veröffentlichte Szenario „Klimaneutrales Deutschland: Von der Zielsetzung zur Umsetzung“ (KNDE). Dieses Szenario wurde von Agora Energiewende in Auftrag gegeben und ist ein Update des 2021 veröffentlichten Szenarios, in dem erstmals vorgestellt worden ist, wie Deutschland bis 2045 klimaneutral werden kann und dabei die Treibhausgasemissionen um 65 % im Vergleich zu 1990 gesenkt werden kann. Das 2024 veröffentlichte Szenario ist ein Klima-Zielszenario und skizziert die notwendigen Maßnahmen von heute bis zum Jahr 2045, um die Klimaziele 2030 und 2045 kosteneffizient erfüllen zu können.

Die zentralen Annahmen und Ergebnisse des Szenarios sind im Anhang dargelegt.

Abbildung 1: Beheizungsstruktur in Gebäuden über die Zeit

Quelle: Prognos et al., 2024 | © Prognos AG, 2025

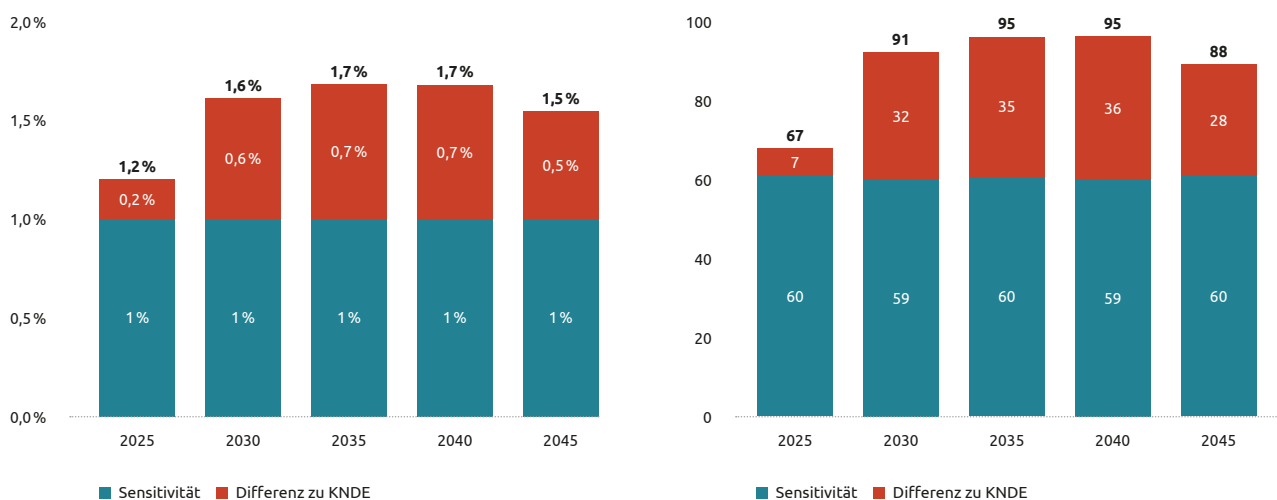
Wärmeerzeuger haben in der Regel eine Lebensdauer von 20 bis 30 Jahren. Jährlich werden demnach rund vier Prozent des Anlagenbestands ersetzt. Damit verändert sich zusehends die Struktur der Wärmeerzeugung. Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der Beheizungsstruktur im Szenario nach Gebäudetypen gegliedert (bei Wohngebäuden dargestellt nach Anzahl der Wohnungen, bei Nichtwohngebäuden nach Gebäudenutzfläche).

Energetische Sanierung

In der Regel werden bei energetischen Sanierungen einzelne Bauteile saniert, z. B. die Fenster, das Dach oder die Außenhülle. Individuelle Sanierungsfahrpläne helfen, die einzelnen Sanierungsschritte über den Zeitverlauf passend aufeinander abzustimmen. Im Szenario KNDE werden bei der Modellierung die Einzelmaßnahmen zu

Abbildung 2: Sanierungsrate und jährlich sanierte Fläche in Szenario und Sensitivität

Sanierungsrate in % (links), jährlich sanierte Fläche in Mio. m² (rechts)



Quelle: Prognos et al., 2024 | © Prognos AG, 2025

Vollsanierungsäquivalenten zusammengeführt. Beim einzelnen Gebäude beginnt die Sanierungstätigkeit frühestens 15 Jahre nach Neubau. Bis zu einem Gebäudealter von 30 Jahren steigt die Sanierungswahrscheinlichkeit dann kontinuierlich an und bleibt anschließend konstant. Umgerechnet in Vollsanierungsäquivalente steigt die jährliche Sanierungsrate im **Hauptszenario** vom heutigen Niveau von etwa 1 % bis 2035 auf etwa 1,7 % an. Anschließend flacht die Sanierungsrate bis 2045 auf etwa 1,5 % pro Jahr ab. Dies führt auch zu einem Anstieg der jährlich sanierte Gebäudefläche.

Für die Berechnung der **Sensitivität** wird eine Sanierungsaktivität angenommen, die in etwa dem Niveau des Jahres 2020 entspricht: bei den Ein- und Zweifamilienhäusern liegt die jährliche Sanierungsrate ab dem Jahr 2025 bei rund 0,95 Prozent, bei den Mehrfamilienhäusern und Nichtwohngebäuden bei rund 1,1 Prozent. Im Vergleich zum Hauptszenario verringert sich damit bis 2045

die energetisch sanierte Wohnfläche um rund 35 Prozent. Außerdem wird in der Sensitivität auch eine verlangsamte Zunahme der Sanierungstiefe angenommen. Im Jahr 2045 liegt der mittlere spezifische Verbrauch bei Vollsanierungen von Mehrfamilienhäusern und Nichtwohngebäuden 10 Prozent höher und bei den Ein- und Zweifamilienhäusern 15 Prozent höher als im Hauptszenario. Die übrigen Parameter bleiben unverändert, das heißt, die Umstellung der Wärmeversorgung verläuft wie im Hauptszenario auf klimaneutrale Energieträger.

Die Sensitivität führt somit ebenso zur Klimaneutralität wie das Hauptszenario. Wärmepumpen werden sowohl im Hauptszenario als auch in der Sensitivität vermehrt auch in Bestandsgebäude mit weniger hohen Effizienzstandards eingebaut. Technisch ist dies in der Regel gut umsetzbar und in vielen Fällen gegenüber einer Gasheizung bereits heute wirtschaftlich (Öko-Institut und Fraunhofer ISE 2022).

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse gliedern sich in drei Bereiche:

Die Auswirkungen auf den Energieverbrauch, die Einordnung der Folgen für das Strom- und Fernwärmesystem und die Berechnung der Auswirkungen auf die Systemkosten.

Auswirkungen auf den Endenergieverbrauch

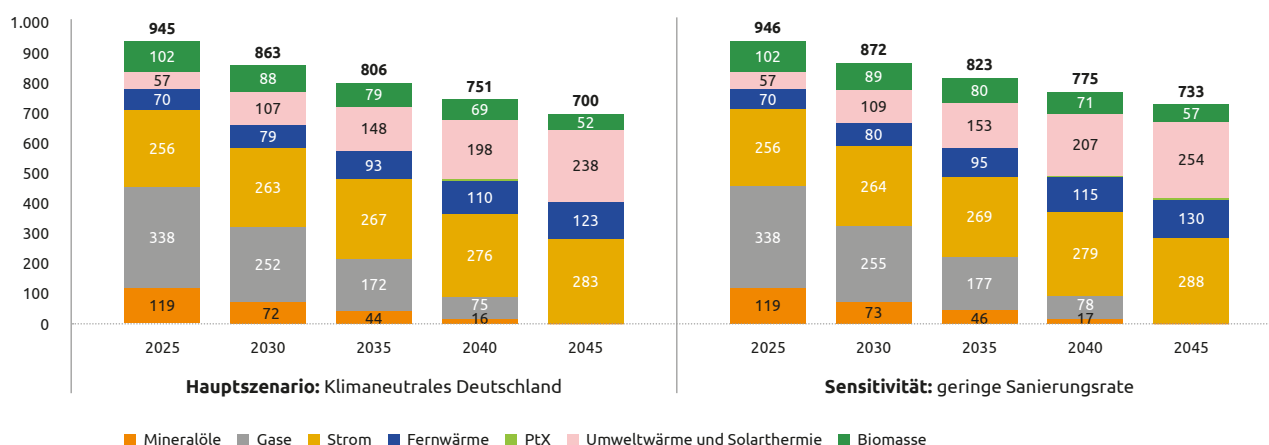
Der Endenergieverbrauch im Gebäudesektor nimmt im Hauptszenario ab. Bis zum Jahr 2030 sinkt er von heute 945 TWh auf 863 TWh, im Jahr 2045 beträgt er noch 700 TWh, jeweils inklusive Solar- und Umweltwärme (Abbildung 3). In die Berechnung einbezogen werden dabei sämtliche Energieverbräuche des Gebäudesektors, neben Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung und Klimatisierung auch Beleuchtung, Informations- und Kommunikationstechnik sowie Haushaltsgeräte und gewerbliche Prozesse.

Der Rückgang des Endenergieverbrauchs ist auf den verbesserten Wärmeschutz durch energetische Sanierungen, auf den Abgang von Altbauten und auf effizien-

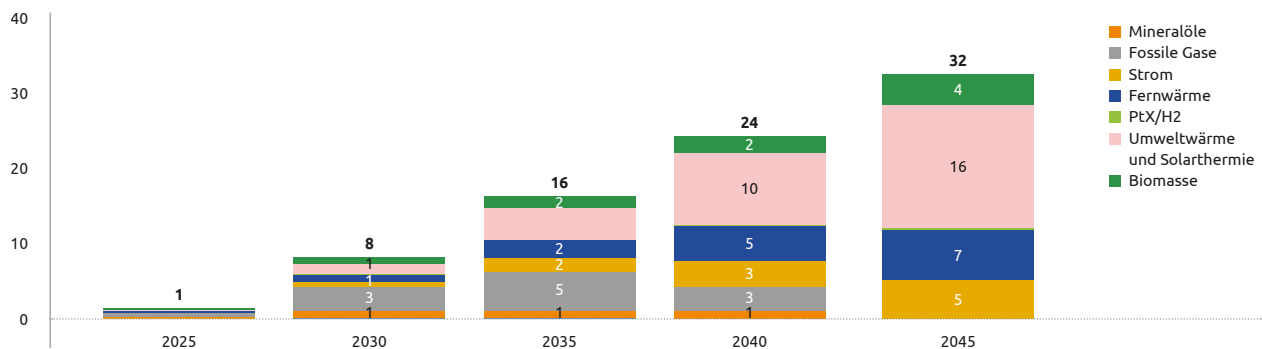
tere Heizungen, Anlagen, Prozesse und Elektrogeräte zurückzuführen.

In der Sensitivität verringert sich der Energieverbrauch im Gebäudesektor bis zum Jahr 2030 auf 872 TWh, im Jahr 2045 beträgt der Verbrauch 733 TWh (Abbildung 3). Verglichen mit dem Hauptszenario entspricht dies einem Mehrverbrauch von 8 TWh (plus ein Prozent) im Jahr 2030, respektive 32 TWh (plus vier Prozent) im Jahr 2045. Allein für Raumwärme werden 2045 acht Prozent mehr Energie verbraucht als im Hauptszenario. Die Differenz im Energieverbrauch wächst in den Jahren nach 2045 vorerst weiter leicht an.

Abbildung 3: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Szenario und Sensitivität in TWh



Quelle: Prognos et al., 2024 | © Prognos AG, 2025

Abbildung 4: Deckung des Mehrbedarfes in der Sensitivität in TWh

Quelle: Prognos et al., 2024 | © Prognos AG, 2025

Der Mehrverbrauch (Abbildung 4) entfällt im Jahr 2030 noch überwiegend auf fossile Energieträger. Danach verschiebt er sich durch die Umstellung der Wärmeversorgung zunehmend auf Fernwärme, Strom und Umweltwärme. Im Jahr 2045 ist der Fernwärmebedarf 7 TWh höher als im Hauptszenario, Wärmepumpen verbrauchen 5 TWh mehr Strom und der Bedarf an Biomasse steigt um 4 TWh.

Durch den Einsatz fossiler Energieträger werden zwischen 2025 und 2045 zusätzliche 22 Mt. CO₂-Äq. ausgestoßen. Ab dem Jahr 2045 sind beide Szenarien, sowohl das Hauptszenario als auch die Sensitivität, klimaneutral.

EINORDNUNG

Ein Großteil der Sanierung geht weiter

Die Effekte energetischer Sanierung reichen weit über das Stromsystem hinaus. Sie führen zu verbessertem Innenraumklima, Lärmschutz und Schutz vor sommerlicher Hitze, was sich positiv auf Komfort, die Leistungsfähigkeit und Gesundheit der Nutzenden auswirkt.

Die berechnete Sensitivität stellt explizit kein Einstellen der Sanierungsaktivitäten dar – die Sanierungsrate bleibt konstant auf dem Niveau des Jahres 2020 (siehe Abbildung 2). Auch Instandhaltungsmaßnahmen werden in der Sensitivität weiterhin uneingeschränkt ausgeführt.

Auswirkungen auf das Stromsystem

Die reduzierte Sanierungsrate führt zu einem zusätzlichen Strombedarf für dezentrale Wärmepumpen. Dieser beträgt im Jahr 2030 etwa 1 TWh und wächst bis 2045 auf 5,1 TWh an. Bezogen auf den gesamten Strombedarf der Wärmepumpen entspricht dies einem Anstieg von 2,4 % (2030) bzw. 5,9 % (2045).

Im Verhältnis zum gesamten Bruttostromverbrauch fällt der Effekt gering aus: Im Jahr 2030 beträgt der zusätzliche Bedarf etwa 0,1 % – im Jahr 2045 0,5 % des Bruttostromverbrauchs von 1.267 TWh – inklusive des zusätzlichen Stromverbrauchs (1,6 TWh) der Fernwärme. Selbst wenn der Stromverbrauch langfristig etwas niedriger ausfällt als im KNDE-Szenario angenommen, sind die Anteile gering. Für die im Monitoringbericht zur Energiewende angeführte Spannbreite des Bruttostromverbrauchs in Szenarien (800 TWh–1.600 TWh) ergeben sich Anteile zwischen 0,4 % und 0,8 %.

Die zusätzliche Strommenge ist im Vergleich zur Gesamtstrommenge relativ gering. Da sie jedoch tendenziell in die Wintermonate fällt, wird genauer betrachtet, wie sie gedeckt wird. Dafür wurde der Stromsektor für das Jahr 2045 neu modelliert – mit entsprechend erhöhtem Strombedarf für dezentrale Wärmepumpen und leistungsgebundene Wärme. Auch die installierte Leistung der Wärmepumpen wurde entsprechend des höheren Wärmebedarfs erhöht (5,9 %).

Die Modellierung zeigt: Durch das winterlastige Profil der Wärmepumpen wird der zusätzliche Strombedarf durch tendenziell teurere Technologien gedeckt – ins-

besondere durch grünen Wasserstoff und Importe. Gleichzeitig führt der leicht erhöhte Strombedarf zu einer geringeren Abregelung erneuerbarer Energien. Im Detail erfolgt die Deckung des zusätzlichen Bedarfs in der Sensitivität durch:

- Importe: 3,4 TWh
- H2-Stromerzeugung: 2,3 TWh
- Weniger Abregelung: 0,9 TWh

Neben diesen aggregierten Jahreswerten wurde auch der stündliche Lastverlauf analysiert, um die Auswirkungen auf das Stromsystem und -Netz in kritischen Situationen zu untersuchen.

Besonders betrachtet wurden Wintertage mit geringer erneuerbarer Einspeisung und hoher Residuallast. Dabei zeigte sich ein nahezu identisches Lastprofil zwischen Basis- und Sensitivitätsszenario. Abbildung 5 zeigt den Tag, an dem die maximale Last durch dezentrale Wärmepumpen auftritt. Die Modellierung zeigt einen Anstieg des maximalen stündlichen Strombezugs durch Wärmepumpen um 1,3 GW. Dies entspricht einem relativen Zuwachs von 2,5 %.

Angesichts des geringen relativen Anstiegs wird angenommen, dass keine strukturellen Änderungen am

Anlagenpark erforderlich sind. Der zusätzliche Strombedarf macht jedoch eine proportionale Erweiterung der Systemkapazitäten notwendig.

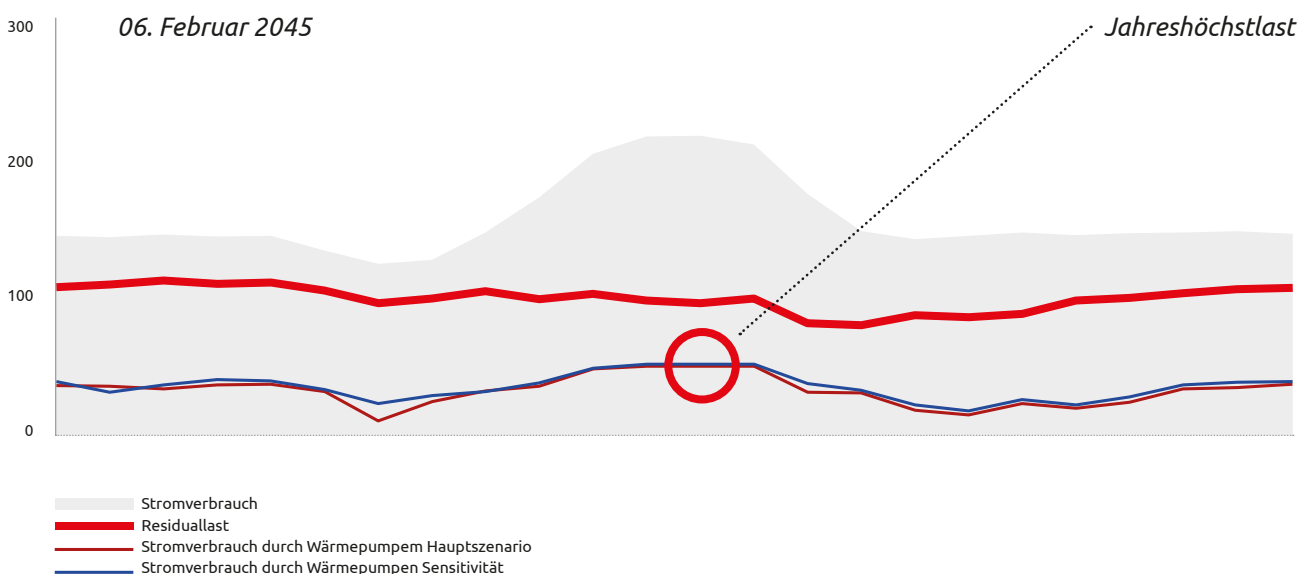
Die daraus resultierenden Mehrkosten im Stromsektor ergeben sich aus dem zusätzlichen Strombedarf multipliziert mit den spezifischen Kosten des Stromsystems. Diese spiegeln sich im Endkundenstrompreis wider und beinhalten Netzentgelte, Umlagen, Steuern sowie erhöhte Großhandelspreise aufgrund des winterlastigen Verbrauchsprofils. Über den Endkundenpreis sind somit sowohl Investitionen in Erzeugungsanlagen und Infrastruktur als auch die Energieerzeugungskosten abgedeckt.

Für das Jahr 2045 wurden für den zusätzlichen Strombedarf spezifische Kosten von 36,3 Cent₂₀₂₂/kWh (Preis im Jahr 2022) angesetzt. Einblick in die zugrundeliegenden Investitionen – vor Annuisierung – gibt die Studie „Investitionen in ein klimaneutrales Deutschland“.

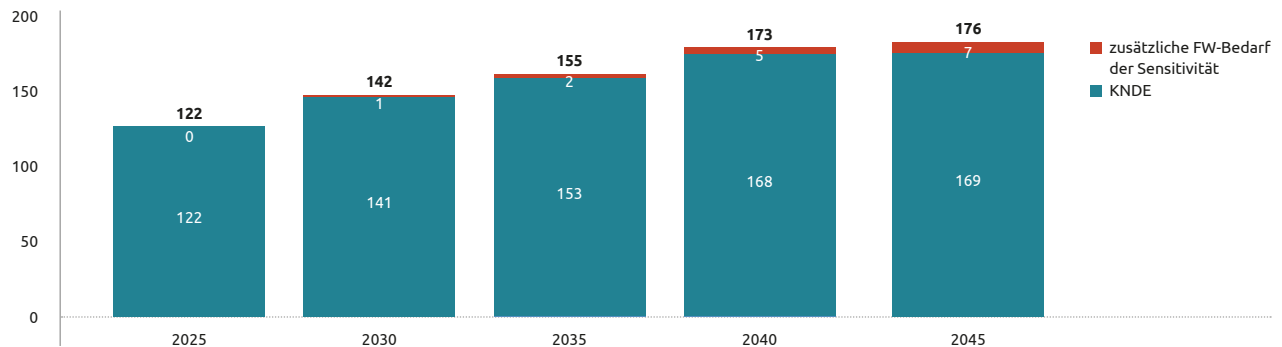
Die jährlichen zusätzlichen Kosten im Stromsystem entsprechen im Jahr 2045 demnach:

$$5,1 \text{ TWh} * 36,3 \text{ Cent}_{2022}/\text{kWh} = 1,9 \text{ Mrd. Euro}_{2022}$$

Abbildung 5: Lastverlauf der Wärmepumpen in Szenario und Sensitivität in GW



Quelle: Prognos AG | © Prognos AG, 2025

Abbildung 6: Fernwärmeerzeugung im Hauptszenario und der Sensitivität in TWh

Quelle: Prognos et al., 2024 | © Prognos AG, 2025

Auswirkungen auf die Fernwärme

Im Jahr 2030 führt die reduzierte Sanierungsrate zu einem zusätzlichen Fernwärmebedarf von etwa 1 TWh, der bis 2045 auf 7 TWh anwächst. Bezogen auf die gesamte Fernwärmeerzeugung entspricht dies einem Anstieg von 0,7 % (2030) bzw. 4 % (2045).

Der zusätzliche Fernwärmebedarf ist im Vergleich zur Gesamtmenge gering. Es wird daher vereinfachend angenommen, dass keine strukturellen Änderungen am Anlagenpark des Szenarios erforderlich sind. Stattdessen wird der bestehende Anlagenpark proportional erweitert – jedes Wärmenetz und jede Anlage wird 4 % größer ausgelegt und erzeugt 4 % mehr Wärme.

Die daraus resultierenden Mehrkosten ergeben sich aus dem zusätzlichen Wärmebedarf multipliziert mit den spezifischen Fernwärmekosten. Diese spezifischen Kosten wurden aus dem Mengengerüst des KNDE-Szenarios abgeleitet und umfassen sowohl Investitionen in Netzinfrastruktur als auch in Erzeugungsanlagen. Einblick in die Investitionen – vor Annuisierung – gibt die Studie „Investitionen in ein klimaneutrales Deutschland“. Die laufenden Energiekosten basieren auf dem im Szenario KNDE angenommenen Erzeugungsmix sowie den entsprechenden Energiepreisannahmen des Szenarios. Für das Jahr 2045 ergeben sich spezifische Kosten der Fernwärme von 16,3 Cent₂₀₂₂/kWh – inkl. Verlusten und MwSt.

Die jährlichen zusätzlichen Kosten in der Fernwärme entsprechen im Jahr 2045 demnach:

7 TWh * 16,3 Cent₂₀₂₂/kWh = 1,1 Mrd. Euro₂₀₂₂.

Auswirkungen auf die Systemkosten

Für eine finanzielle Bewertung dieser Effekte müssen verschiedene Posten gegeneinander abgewogen werden: Im Gebäudesektor gibt es gegenüber dem KNDE-Szenario Minderkosten durch eine verringerte Sanierungsaktivität. Im Energiesektor steigen dagegen die Kosten, da mehr Strom und Wärme erzeugt und verteilt werden muss. Gleichzeitig müssen dezentralen Wärmepumpen größer ausgelegt werden, was zu höheren Investitionen führt.

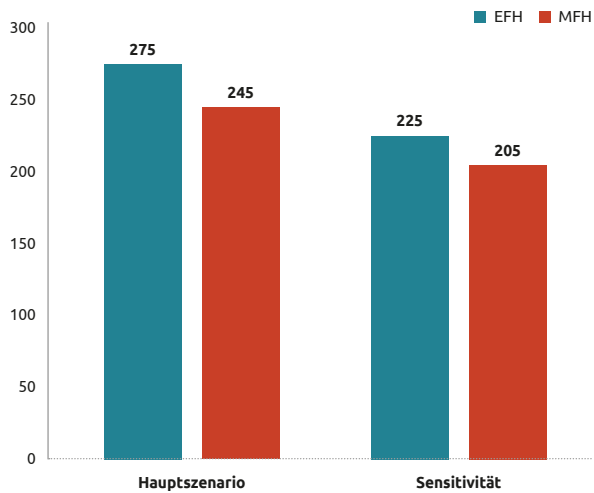
Alle Kosten werden als jährliche, annuisierte Werte angegeben, um Vergleichbarkeit sicherzustellen. Dadurch lassen sich Investitionen in Sanierungsmaßnahmen direkt den jährlichen Kosten der Energieerzeugung gegenüberstellen.

Minderkosten durch verringerte Sanierungsrate

Die Reduktion der Sanierungsrate führt zu einer Verringerung der energetisch sanierten Fläche. Auf Basis spezifischer Investitionskosten – berechnet unter Einbeziehung des Baupreisindex, der Sanierungstiefe und differenziert nach Gebäudetypen und Jahr der Sanierungsaktivität – werden die energiebedingten Sanierungskosten für das Hauptszenario und die Sensitivitätsanalyse bestimmt. Die Differenz ergibt die Minderinvestitionen im Gebäudesektor.

Die Annahmen zu den Kosten für energetische Sanierungen basieren auf Arbeiten des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU), welche an die Entwicklung der Baupreise und die allgemeine Teuerung angepasst wurden. Im Hauptszenario werden für Vollsanierungen bei Einfamilienhäusern (EFH) spezifische Sanierungskosten

Abbildung 7: Mittlere spezifische Baukosten zwischen 2025–2045 in Euro2022/m²



Quelle: IWU, Prognos | © Prognos AG, 2025

für die energierelevanten Bauteile von 275 Euro2022/m² Wohnfläche und bei Mehrfamilienhäusern (MFH) von 245 Euro2022/m² unterstellt (Mittelwert der Jahre 2030–2045). In der Sensitivität sind die mittleren Sanierungskosten aufgrund des verlangsamten Anstiegs der Sanierungstiefe geringer, die spezifischen Kosten liegen bei EFH bei 225 Euro2022/m² und bei MFH bei 205 Euro2022/m². Nicht darin enthalten sind die Kos-

ten für die Wärmeumstellung, welche separat kalkuliert wird. Ebenfalls nicht berücksichtigt sind die Ohnehin-Kosten der Sanierungen in der Höhe von rund 400–450 Euro2022/m², welche für Instandhaltung anfallen. Diese Kosten sind sowohl im Hauptszenario als auch in der Sensitivität zu tätigen, bei der Differenzbetrachtung können sie vernachlässigt werden.

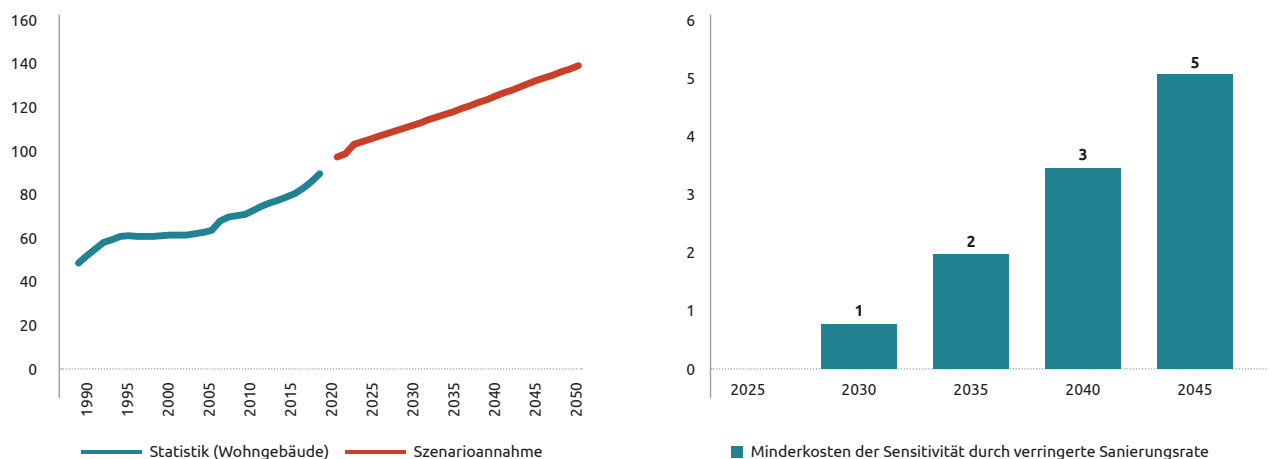
Um die Ergebnisse mit den Mehrausgaben im Energiesektor vergleichbar zu machen, werden die Minderinvestitionen über eine Laufzeit von 40 Jahren und einem Zinssatz von 1,5 % annuisiert. Bis zum Jahr 2045 wachsen die jährlichen Minderkosten im Gebäudesektor so auf etwa 5,1 Milliarden Euro an.

Mehrkosten durch erhöhten Energiebedarf

Der steigende Energiebedarf führt zu höheren Kosten im Energiesektor. Diese umfassen sowohl die eingesetzten Energieträger als auch die erforderliche Infrastruktur und die Erzeugungsanlagen. Die Gesamtkosten spiegeln sich im Endkundenpreis wider, der sowohl die Energieerzeugungskosten als auch Netzentgelte, Umlagen und Steuern beinhaltet. Damit sind auch die nötigen Investitionen für zusätzliche Infrastruktur und Erzeugungsanlagen in den kalkulierten Kosten enthalten. Die spezifischen Kosten von Strom- und Fernwärmesystem sind aus dem Mengengerüst in KNDE berechnet (Agora Think Tanks, 2024). Die übrigen Werte sind Literaturwerte. Folgende Tabelle zeigt die Annahmen der spezifischen Kosten und die resultierenden absoluten Kosten über die Zeit.

Abbildung 8: Baupreisindex und vermiedene Sanierungskosten

Baupreisindex mit Basis 2021 (links), vermiedene Sanierungskosten in Mrd. Euro2022 (rechts)



Quelle: Destatis, Prognos | © Prognos AG, 2025

Tabelle 1: Spezifische und absolute Kosten über die Zeit in Cent2022/kWh (links) bzw. Mrd. Euro2022 (rechts)

spezifische Kosten in Cent2022/kWh

	2025	2030	2035	2040	2045
Mineralöle	9	11	14	18	19
Erdgas	9	11	14	18	19
Strom	35	39	37	38	36
Fernwärme	10	11	13	15	16
Biomasse	3	3	4	9	15
Summe					

absolute Kosten in Mrd. Euro2022

	2025	2030	2035	2040	2045
Mineralöle	0	0,1	0,2	0,2	0
Erdgas	0	0,4	0,6	0,6	0
Strom	0	0,2	0,7	1,3	1,9
Fernwärme	0	0,1	0,3	0,7	1,1
Biomasse	0	0	0,1	0,2	0,6
Summe	0,1	0,8	1,9	3	3,6

Quelle: Prognos AG | © Prognos AG, 2025

Mehrkosten durch höhere Leistung dezentraler Wärmepumpen

Um den erhöhten Wärmebedarf zu decken, müssen die dezentralen Wärmepumpen in Gebäuden größer als im Hauptszenario ausgelegt werden. Die Leistung der Wärmepumpen wird gegenüber dem Hauptszenario um etwa 6 % erhöht – dem zusätzlichen Energiebedarf entsprechend.

Durch Ansetzen von spezifischen Investitionskosten – differenziert nach Gebäudetyp und Installationsjahr – ergeben sich bis 2045 Mehrinvestitionen in Höhe von etwa 18 Mrd. Euro. Die Investitionen werden über eine Laufzeit von 25 Jahren und einem Zinssatz von 1,5 % annuisiert. So ergeben sich im Jahr 2045 jährliche Mehrkosten von 0,8 Mrd. Euro2022.

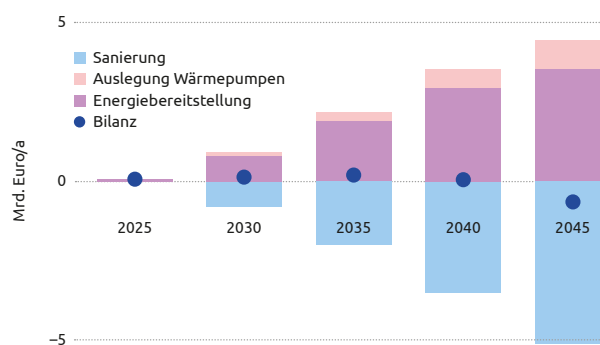
Bilanz

In der Bilanz ergibt sich damit eine Verschiebung der Systemkosten vom Gebäude- in den Energiesektor, welche über die Zeit anwächst. Im Jahr 2030 beträgt die jährliche Verschiebung etwa 1 Mrd. Euro. Bis zum Jahr 2040 wächst sie auf etwa 3 Mrd. Euro an. Im Jahr 2045 liegt die Kostenverschiebung bei etwa 4 Mrd. Euro. Während in den 2030er Jahren die Mehrkosten leicht überwiegen, ergibt sich für die gewählten Annahmen im Jahr 2045 eine jährliche Einsparung von 0,6 Mrd. Euro2022. Bezogen auf die Gesamtenergiesystemkosten sind sowohl die Mehrkosten in den 2030er Jahren als auch die Einsparungen ab dem Jahr 2045 gering. In Summe kommt es in der Sensitivität im Zeitraum von 2025–2045 zu Minderkosten gegenüber dem Hauptszenario von 0,2 Mrd. Euro2022.

Tabelle 2: Jährliche Mehr- bzw. Minderkosten der Sensitivität in Mrd. Euro2022

	2025	2030	2035	2040	2045
Energieerzeugung	0,1	0,8	1,9	3,0	3,6
Auslegung Wärmepumpen	0	0,1	0,3	0,6	0,9
Sanierung	0	-0,8	-2,0	-3,5	-5,1
Energiesektor	0,1	0,8	1,9	3,0	3,6
Gebäudesektor	0	-0,7	-1,7	-2,9	-4,2
Bilanz	0,1	0,1	0,2	0,1	-0,6

Quelle: Prognos AG | © Prognos AG, 2025



Zusammenfassung

Durch die verringerte Sanierungsrate der Sensitivität steigt der Endenergieverbrauch in Gebäuden im Jahr 2045 um rund 32 TWh bzw. +4 %. Dieser Mehrverbrauch führt zu einem erhöhten Fernwärmebedarf (7 TWh/4 %) und Strombedarf dezentraler Wärmepumpen (5 TWh/6 %). Der Bruttostrombedarf des Szenarios steigt in der Folge um etwa 0,5 %. Die Analyse zeigt, dass das Stromsystem diesen Anstieg kompensieren kann.

Der erhöhte Strom- und Wärmebedarf führt zu erhöhten Kosten im Energiesektor. Gleichzeitig sinken die Kosten im Gebäudesektor durch die verringerte Sanierungsaktivität. Die Kosten verschieben sich in der Sensitivität somit vom Gebäudesektor in den Stromsektor, ohne dass substantielle Einsparungen oder Mehrkosten gegenüber dem Hauptszenario entstehen. Die Höhe der Verschiebung beträgt unter den gewählten Annahmen im Jahr 2030 etwa 1 Mrd. Euro 2022 und wächst bis 2045 auf etwa 4 Mrd. Euro 2022 an.

Quellen

Prognos et al., 2024

Agora Think Tanks, Prognos AG, Öko-Institut e. V., Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH, Universität Kassel (2024):
Klimaneutrales Deutschland. Von der Zielsetzung zur Umsetzung – Vertiefung

Agora Think Tanks

Agora Energiewende (2024): *Investitionen für ein Klimaneutrales Deutschland. Finanzbedarfe und Politikoptionen.*

Destatis 2025

Genesis-Datenbank, Baupreisindizes: *Deutschland, Jahre, Messzahlen mit/ohne Umsatzsteuer, Gebäudearten, Bauarbeiten (Hochbau)*, Code: 61261-0001, Wohngebäude

Öko-Institut und Fraunhofer ISE (2022):

Studie im Auftrag von Agora Energiewende: *Durchbruch für die Wärmepumpe. Praxisoptionen für eine effiziente Wärmewende im Gebäudebestand.*

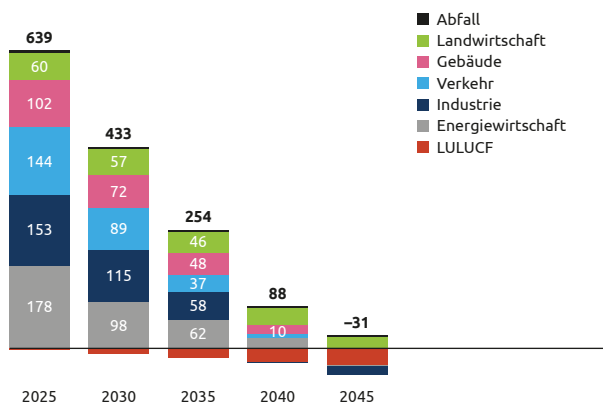
Anhang

Kernindikatoren des Basisszenarios „Klimaneutrales Deutschland 2045 (KNDE)“

- Klimaziele** – Einhaltung der Ziele des Klimaschutzgesetzes (KSG) zur Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2030 und Erreichung der Klimaneutralität 2045: Im Zielszenario KNDE werden die Treibhausgasemissionen bis 2030 um 65 % im Vergleich zu 1990 gesenkt. Im Jahr 2045 erreicht Deutschland die Klimaneutralität. Nicht vermeidbare Emissionen aus der Landwirtschaft und industriellen Prozessen werden durch Negativemissionen ausgeglichen (z. B. Negativemissionen der Industrie durch BECCS, stoffliche Nutzung von Biomasse und LULUCF).
- Stromverbrauch 2030 und 2045:** Bis 2030 steigt der Bruttostromverbrauch auf rund 720 TWh. Dieser Stromverbrauch beinhaltet, dass Verkehr und Gebäude bis 2030 ausreichend elektrifiziert sind, um über alle Sektoren hinweg die KSG-Ziele einzuhalten. Zudem wurde unterstellt, dass sich die Stromnachfrage der Industrie bis 2030 wieder erholt und Maßnahmen zur Dekarbonisierung umgesetzt werden. Langfristig ermöglicht der Ausbau erneuerbarer Energien zusammen mit der Nutzung von Flexibilität, wie z. B. Speicher, Nachfrageflexibilitäten und Austausch mit dem Ausland, dass ausreichend Strom zur Verfügung, um sowohl Klimaneutralität zu erreichen als auch um Wertschöpfung in Deutschland zu sichern und auszubauen.
- Resiliente Stromerzeugung im Winter:** Im KNDE-Szenario beträgt die Gesamtstromerzeugung (netto) im Jahr 2045 rund 1.200 TWh. Davon entfallen rund 70 TWh auf regelbare Stromerzeugung aus klimaneutralen Energieträgern, wie grünem Wasserstoff und strombasierte Flüssigkraftstoffe (PtL), die gezielt eingesetzt werden, um Zeiträume mit unzureichender Stromproduktion aus erneuerbaren Quellen zu überbrücken. Im Jahr 2045 entfallen 85 % dieser regelbaren Stromerzeugung (inkl. Bioenergie) auf die Wintermonate. Ziel des Szenarios ist es, eine Versorgungskonstellation darzustellen, in der auch während der winterlichen Nachfragehochs keine zwingende Abhängigkeit von Stromimporten aus benachbarten Ländern besteht – da auch hier Engpässe bestehen mit entsprechenden Kostenrisiken für Importe.
- Wasserstoffbedarf wird zu einem Drittel inländisch gedeckt.** Das KNDE-Szenario geht von einem Wasserstoffbedarf von rund 270 TWh aus. Davon werden rund 85 TWh als grüner Wasserstoff im Inland erzeugt. Viele Analysen zeigen, dass die Summe aus Erzeugungs- und Transportkosten im nahen Ausland geringer als inländisch erzeugter Wasserstoff sein wird – durch niedrigere Stromerzeugungskosten der erneuerbaren Energien, die die höheren Transportkosten überkompensieren. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass die in der Literatur angegeben Werte stets Produktionskosten darstellen. Der sich am Markt ergebende Preis wird durch Angebot und Nachfrage bestimmt werden – die Produktionskosten sind langfristig die untere Grenze des Marktpreises. Zur Erhöhung der Resilienz und zur Absicherung gegen Preisschocks wurde im KNDE-Szenario deshalb unterstellt, dass ein Drittel des Wasserstoffs im Inland erzeugt werden soll.

Abbildung 10: Kernindikatoren des Szenarios „Klimaneutrales Deutschland 2045“

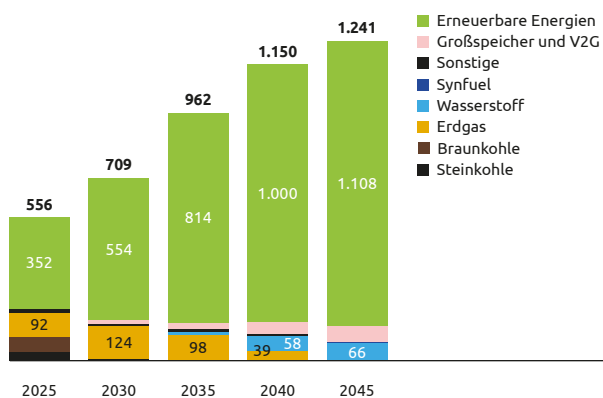
Quelle: Klimaneutrales Deutschland 2045 – von der Zielsetzung zur Umsetzung (Prognos et. al, 2024, a)

Treibhausgasemissionen in Mio t CO₂e

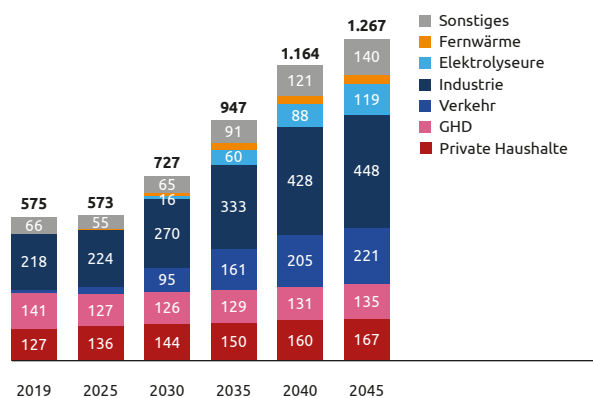
Kernindikatoren

	2030	2035	2040	2045
Vollelektrische Pkw in Mio.	13	23	32	38
Wärmepumpen in Mio.	6	9	12	16
Elektrolyse in GW	7	16	25	36

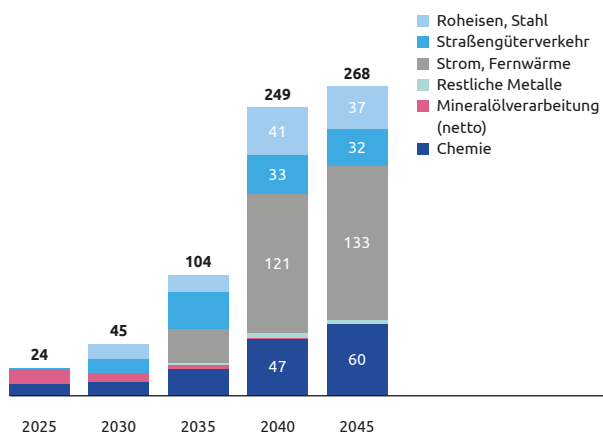
Nettostromerzeugung in TWh



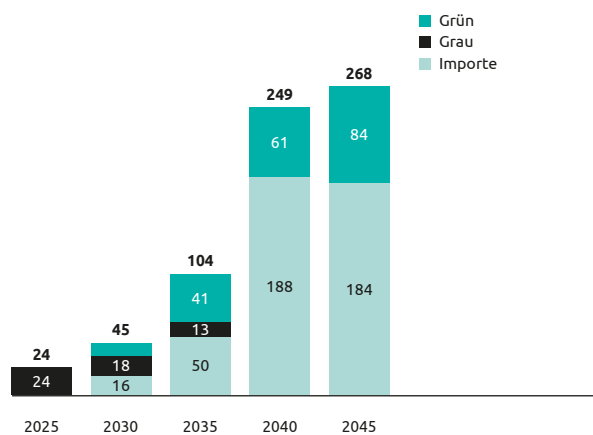
Bruttostromverbrauch in TWh



Wasserstoffnachfrage in TWh



Wasserstoffangebot in TWh





Stiftung
Klimaneutralität



Die Stiftung Klimaneutralität wurde gegründet, um robuste sektorübergreifende Strategien für ein klimaneutrales und -gerechtes Deutschland zu entwickeln. Auf der Basis von guter Forschung will die Stiftung informieren und beraten – jenseits von Einzelinteressen.