

Thomas, Stefan et al.

Research Report

CO₂-neutrale Gebäude bis spätestens 2045: Ein Diskussionsbeitrag für eine ambitionierte und sozialverträgliche Politikstrategie

Zukunftsimpuls, No. 21

Provided in Cooperation with:

Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy

Suggested Citation: Thomas, Stefan et al. (2021) : CO₂-neutrale Gebäude bis spätestens 2045: Ein Diskussionsbeitrag für eine ambitionierte und sozialverträgliche Politikstrategie, Zukunftsimpuls, No. 21, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, Wuppertal

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/245960>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

CO₂-neutrale Gebäude bis spätestens 2045



Ein Diskussionsbeitrag für eine ambitionierte
und sozialverträgliche Politikstrategie

Stefan Thomas
Anja Bierwirth
Steven März
Dietmar Schüwer
Florin Vondung
Justus von Geibler
Oliver Wagner

Zukunftsimpuls 21 | November 2021

Herausgeber:

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH
Döppersberg 19
42103 Wuppertal
www.wupperinst.org

Autorinnen und Autoren:

Dr. Stefan Thomas
E-Mail: stefan.thomas@wupperinst.org

Anja Bierwirth
E-Mail: anja.bierwirth@wupperinst.org

Dr. Steven März
E-Mail: steven.maerz@wupperinst.org

Dietmar Schüwer
E-Mail: dietmar.schuewer@wupperinst.org

Florin Vondung
E-Mail: florin.vondung@wupperinst.org

Dr. Justus von Geibler
E-Mail: justus.von.geibler@wupperinst.org

Oliver Wagner
E-Mail: oliver.wagner@wupperinst.org

Bitte die Publikation folgendermaßen zitieren:

Thomas, S., Bierwirth, A., März, S., Schüwer, D., Vondung, F., von Geibler, J., & Wagner, O. (2021). CO₂-neutrale Gebäude bis spätestens 2045 (Zukunftsimpuls Nr. 21). Wuppertal Institut.

„Zukunftsimpulse“ liefern in loser Folge Thesen, Diskussionsbeiträge, Einschätzungen, Stellungnahmen und Forschungsergebnisse mit Bezug zu aktuellen politischen Debatten. Bis einschließlich Band 10 ist die Reihe unter dem Titel „Impulse zur Wachstumswende“ erschienen.

Wuppertal, November 2021
ISSN 2701-3200

Der Text dieser Publikation steht unter der Lizenz „Creative Commons Attribution 4.0 International“ (CC BY 4.0). Der Lizenztext ist abrufbar unter: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis von Abkürzungen, Einheiten und Symbolen	4
1 Kurzfassung	5
2 Die Ausgangslage: Probleme für Klimaschutz und Sozialverträglichkeit im Gebäudebereich	10
2.1 Einleitung und Überblick über Problemlagen sowie diesen Zukunftsimpuls	10
2.2 Klimaschutz: Die Ausgangslage im Gebäudesektor	12
3 Handlungsfelder für das frühzeitige Erreichen der Treibhausgasneutralität	14
4 Politikinstrumente – die Maßnahmenvorschläge und ihr Zusammenwirken	18
4.1 Wichtige Handlungsfelder für Maßnahmen	18
4.2 Das Grundlegende Politikpaket und seine Weiterentwicklung	19
4.3 Die Maßnahmenvorschläge im Einzelnen	19
5 Literaturverzeichnis	32
6 Anhang zu Abbildung 2: Herleitung der Wirkungsgrade	34

Verzeichnis von Abkürzungen, Einheiten und Symbolen

Abkürzungen

BfEE	Bundesstelle für Energieeffizienz
dena	Deutsche Energie-Agentur
GEG	Gebäudeenergiegesetz
KfW	KfW-Bankengruppe; hier meist KfW Förderbank
PV	Photovoltaik
THG	Treibhausgas

Einheiten und Symbole

%	Prozent
°C	Grad Celsius
a	annum / Jahr
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CO ₂ -Äq.	Kohlenstoffdioxid-Äquivalente
g	Gramm
h	Stunde
H ₂	Wasserstoff
kWh	Kilowattstunde (1 kWh = 3,6 MJ)
Mio.	Million
Mrd.	Milliarde
s	Sekunde
t	Tonne
TWh	Terawattstunde (1 TWh = 1.000 000 000 kWh = 3,6 PJ)
W	Watt

1 Kurzfassung

Bis spätestens 2045 soll in Deutschland laut Klimaschutzgesetz das Ziel der Treibhausgasneutralität erreicht werden. Ohne ambitionierte Klimaschutzpolitik im Gebäudebereich ist dieses Ziel nicht zu erreichen. Entsprechend muss auch der Gebäudesektor bis spätestens 2045 klimaneutral sein. Allerdings ist er der einzige Sektor, der 2020 sein Ziel gemäß Klimaschutzgesetz verfehlt hat – um rund zwei Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente. Bundeswirtschafts- und Bundesbauministerium mussten daher im September 2021 ein Sofortprogramm auflegen, denn trotz aller Verbesserungen der letzten Jahre werden jährlich zu wenige Gebäude energetisch verbessert (in der Fachsprache: saniert) und die dabei erreichten Einsparungen schöpfen das Potenzial zu wenig aus (in der Fachsprache: die Sanierungstiefe ist zu gering), um den gesetzlich verankerten Erfordernissen gerecht zu werden. Nicht einmal die Standards für Neubauten genügen dem Anspruch der Klimaneutralität bis 2045. Von einer optimierten Nutzung der Gebäude, um ungebremste Flächenversiegelung und den Anstieg im Ressourcenverbrauch zu stoppen, sind wir weit entfernt. Intelligente Nutzungskonzepte, individuelle Sanierungsfahrpläne, eine Sanierungsverpflichtung und damit verbunden eine deutliche Intensivierung der Sanierungsförderung und -begleitung sind zentrale Instrumente, um den gesetzlichen Anforderungen des Klimaschutzes bei Neubauten und im Gebäudebestand gerecht zu werden. Hinzu kommt: Für einen angemessenen Beitrag Deutschlands, damit der globale Temperaturanstieg auf 1,5 Grad Celsius begrenzt werden kann, müsste die Klimaneutralität sogar schon 2035 erreicht werden. Dies gilt zumindest dann, wenn man davon ausgeht, dass das für die Einhaltung der Temperaturgrenze noch verfügbare Restbudget an Treibhausgasen auf die globale Bevölkerung pro Kopf gleich verteilt wird (Wuppertal Institut, 2020).

Um den Gebäudebestand klimaneutral aufzustellen, ist eine sehr starke Steigerung der energetischen Sanierungsrate, also des Anteils der Gebäude, die jedes Jahr energetisch saniert werden, notwendig: ist die Zielrichtung Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045, ist mindestens eine Verdopplung der energetischen Sanierungsrate notwendig. Bis 2019 lag diese noch unterhalb von 1 Prozent pro Jahr. Soll die Treibhausgasneutralität noch früher erreicht werden, z.B. schon 2035, ist eine Sanierungsrate von mindestens 3 bis 4 Prozent pro Jahr erforderlich. Dabei müssen die Gebäude so renoviert werden, dass sie ähnlich wie Neubauten kaum noch Energie verbrauchen. Gleichzeitig müssen erneuerbare Energien für die Abdeckung des verbleibenden Energiebedarfs für Heizen und warmes Wasser eingesetzt werden („grüne Wärme“) und selbstverständlich muss auch die Stromversorgung komplett auf erneuerbare Energien umgestellt werden, vor allem um über elektrische Wärmepumpen zum klimaverträglichen Heizen beitragen zu können. Zudem muss durch intelligentere Nutzungskonzepte der Anstieg der Gebäudeflächen gebremst oder besser gestoppt werden, aber gleichzeitig bezahlbarer Wohnraum verfügbar bleiben. Der Handlungsdruck ist heute entsprechend groß und die kommende Legislaturperiode ist somit entscheidend, damit Klimaneutralität im Gebäudesektor bis spätestens 2045 erreicht werden kann.

Die skizzierten Ziele können nur durch eine Kombination verschiedener Maßnahmen realisiert werden, die in der kommenden Legislaturperiode geschaffen oder gestärkt werden müssen. Dieser Zukunftsimpuls schlägt hierfür ein 14 Maßnahmen umfassendes und konsistentes Politikpaket vor.

Aufgaben für die nächste Legislaturperiode 2021-25 auf Bundesebene:

14 Maßnahmen für klimaneutrale Gebäude

Folgende Maßnahmen für eine ambitionierte und sozialverträgliche Politikstrategie sind im Zusammenwirken geeignet, um im Gebäudebereich nennenswerte Fortschritte für mehr Klimaschutz zu erreichen, so dass Deutschland einen angemessenen Beitrag zur Begrenzung der Erderwärmung leisten kann. Die Maßnahmen sind dabei von den Zielen und der Governance über die zentralen Instrumente des Förderns, Forderns und Informierens zu ergänzenden Instrumenten sortiert. Wie oben bereits erwähnt: Intelligente Nutzungskonzepte, individuelle Sanierungsfahrpläne, eine Sanierungsverpflichtung und damit verbunden eine deutliche Intensivierung der Sanierungsförderung und -begleitung sind zentrale Instrumente, aber die übrigen sind ebenfalls für das Gelingen wichtig.

- **Signale an den Markt für langfristige Planbarkeit setzen**

Klare und langfristige Vorgaben zur Erhöhung der Sanierungsrate und -tiefe sowie für den Ausstieg aus fossilen Heizungssystemen untermauern die Ziele des Klimaschutzgesetzes für den Gebäudesektor und schaffen Planungssicherheit für alle Beteiligten. Die Entwicklung und Umsetzung der folgenden Maßnahmen macht die Vorgaben glaubwürdig.

- **Energie- und Klimagovernance stärken**

Um die Umsetzung zu verbessern, sollte die Regierung die Arbeit und die Kapazitäten der beteiligten Ministerien, der Deutschen Energie-Agentur, der Bundesstelle für Energieeffizienz und des Umweltbundesamtes stärken und besser untereinander koordinieren.

- **Anstieg der Gebäudeflächen und des Ressourcenverbrauchs bremsen**

Nicht nur der Neubau kann die Wohnungsnot lindern. Neubau bedeutet Verbrauch von Flächen und Material. Intelligente Nutzung von Wohn- und Nichtwohngebäuden, erleichterter Umzug bzw. Wohnungstausch und Umbauten von Wohngebäuden, so dass sie z.B. für Wohngemeinschaften oder Single-Haushalte geeignet sind, sowie von Nichtwohngebäuden in Wohngebäude kann den Druck auf Wohnungsmärkte und Neubau lindern. Erforderliche Instrumente hierfür sind Flächenziele, kommunale Strategien, Fördern durch die KfW sowie praktische Unterstützung und Informieren durch die Kommunen mit Finanzierung durch Bund und Länder.

- **Fördern und fordern von energetischen Sanierungsmaßnahmen inkl. Umstellung auf grüne Wärmeversorgung**

Die Bundesregierung sollte in der GEG-Novelle 2022 stärkere Pflichten zur Sanierung auf ambitionierte Effizienzstandards (entsprechend KfW 55, in einzelnen Komponenten sogar besser) sowie zum Austausch von Öl-, Gas- und Kohleheizungen durch Wärmepumpen, Solarwärme und grüne Nah- und Fernwärme schaffen. Die frühzeitige Erfüllung der Pflichten sollte gleichzeitig gefördert werden, damit die Umsetzung sozialverträglich bleibt. Klimaneutralität soll dabei das Wirtschaftlichkeitsgebot als Primat für die Festlegung der Effizienzstandards ablösen, zielgruppengenaue Förderung soll die Lücke zur Wirtschaftlichkeit schließen. Das geplante Sofortprogramm zur Förderung ist entsprechend auszugestalten und im erforderlichen Gesamtumfang zu verstetigen.

- **Neubauten klimaneutral machen**

Als **Mindeststandard** für Neubauten muss umgehend im Gebäudeenergiegesetz ein KfW 40 Plus oder Passivhausstandard festgelegt werden, damit weitere Lock-in-Effekte vermieden werden.

- **Wirtschaftlichkeit verbessern und Lasten zwischen Mietenden und Vermietenden gerecht aufteilen**

Der sukzessiv steigende CO₂-Preis für fossile Energieträger verbessert die Wirtschaftlichkeit und verringert die nötige finanzielle Förderung. Er sollte bei vermieteten Gebäuden so gestaltet werden, dass nur bei Häusern mit gutem energetischem Zustand auch ein großer Teil der CO₂-Kosten an die Mietenden weitergegeben werden darf. So erhalten die Vermietenden den Anreiz zur Sanierung und werden stärker in die Pflicht genommen, indem sie die CO₂-Kosten je nach Gebäudezustand ganz oder teilweise tragen. Vermietende und Mietende werden vom Staat in der Umsetzung respektive dem Tragen von Zusatzbelastungen unterstützt. Eine zielgruppengenaue Förderung der Sanierungsmaßnahmen kann sicherstellen, dass die Warmmiete nicht steigt (Warmmietenneutralität). Dabei könnte die Förderung bei den Vermietenden bleiben und gleichzeitig eine Absenkung der Modernisierungumlage erfolgen. Die Mietenden können zusätzlich entlastet werden, indem sie einen teilweisen Ausgleich des CO₂-Preises durch eine Pro-Kopf-Klimaprämie erhalten. Diese Klimaprämie in Verbindung mit der zielgerichteten Förderung von Klimaschutzmaßnahmen in Gebäuden ist im Übrigen effektiver, kostengünstiger und sozial ausgewogener als eine Absenkung oder Abschaffung der EEG-Umlage.

- **Informationsgrundlage verbessern**

Klare Ziele für den Weg jedes einzelnen Gebäudes zur Klimaneutralität sind erforderlich. Bis 2025 sollte es möglichst für jedes Gebäude, das vor dem Jahr 2001 errichtet wurde, einen individuellen Sanierungsfahrplan (iSFP) geben. Der aktuelle Zustand sollte in einem digitalen Gebäude-Logbuch einsehbar sein.

- **Kommunale Umsetzung**

Kommunen sollen die individuellen Sanierungsfahrpläne durch eigene, partizipativ erstellte Masterpläne für die Gebäudesanierung und Wärmeversorgung von Quartieren und Kommunen begleiten. Das sollte zur Pflichtaufgabe der Kommunen nach dem Vorbild Baden-Württembergs werden und weitgehend durch den Bund oder die Länder finanziert werden.

- **Umsetzung unterstützen und organisieren**

Neben den Kosten der Sanierung gibt es auch viele nicht-ökonomische Hemmnisse. Der Bund sollte eine ganzheitliche Sanierungssteuerung durch One-Stop-Shops in allen Kommunen und durch Quartiersmanagerinnen und -manager fördern.

- **Einhaltung von Pflichten verbessern**

Eine bessere Vollzugsüberwachung der energetischen Vorgaben am Bau/ bei Renovierung durch öffentliche Stellen ist notwendig.

- **Förderung von Innovationen in der Bauwirtschaft**

Die Bündelung von Projekten und eine Sanierung mit industrieller Vorfertigung von Bauelementen (PreFab) wie es sie in den Niederlanden gibt (Energiesprong) könnte Sanierungen schneller und billiger machen. Der Bund sollte entsprechende Vorhaben in der Breite fördern.

- **Qualifizierungs-, Digitalisierungs- und Kommunikationsoffensiven**

Nur mit deutlich mehr und besser ausgebildetem Handwerkspersonal können alle Gebäude klimaneutral werden. Daher ist eine Qualifizierungsoffensive erforderlich, die dem schon jetzt spürbaren Fachkräftemangel etwas entgensetzt. Digitale Gebäude-Logbücher und „Zwillinge“ sind notwendig, um Aufwand und Kosten der energieeffizienten und klimaneutralen Renovierung des Gebäudebestands zu verringern. Die Vorteile klimaneutraler Gebäude für die Eigentümer*innen und Mieter*innen müssen breit kommuniziert werden, Mythen (z.B. Schimmelbildung in gut gedämmten Gebäuden) muss entgegengewirkt werden.

- **Unterstützung beim Ausbau von Produktionskapazitäten**

für effiziente, klimaverträgliche Heizungstechnologien ist geboten um den notwendigen Umbau dieses Industriezweigs abzusichern.

- **Sanierung erlebbar machen**

Pilot- und Demonstrationsprojekte sind als Vorbilder nötig. Der Erfahrungsaustausch unter Haus- und Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer muss entsprechend intensiviert werden.

Mit den hier vorgestellten Maßnahmen würde das bestehende Politikpaket für die energetische Gebäudesanierung und den Neubau an entscheidenden Stellen weiterentwickelt. Die Grafik zeigt, wie die Maßnahmen die Oberziele Gebäudeflächenbremse, Energieeffizienz (für Heizen, Warmwasser, Lüftung/Klima und Beleuchtung) und Grüne Wärme untermauern.



Abbildung 1: Energieeffiziente und klimaneutrale Gebäude: Aufgaben der Politik für 2021-25

Quelle: Wuppertal Institut 2021

Nicht alle Aspekte der Weiterentwicklung zu einem klimaneutralen, gegenüber dem Klimawandel resilienten, ressourcenleichten und bezahlbaren Gebäudebestand können hier angesprochen werden. Soweit möglich, sollten bei der konkreten Umsetzung Aspekte wie sommerlicher Wärmeschutz, Fassaden-/Dachbegrünung, ressourcenleichtes Bauen in die hier vorgeschlagenen Maßnahmen integriert werden.

2 Die Ausgangslage: Probleme für Klimaschutz und Sozialverträglichkeit im Gebäudebereich

2.1 Einleitung und Überblick über Problemlagen sowie diesen Zukunftsimpuls

Gebäude dienen uns als möglichst geschützter, gesunder und komfortabler Raum zum Wohnen, Arbeiten, Lernen, Einkaufen, Heilen und viele andere Funktionen. Weder Klimaschutz noch Sozialverträglichkeit zählen zu ihren primären Aufgaben. Es ist jedoch politisch festgelegt, dass die klimaschädlichen Emissionen der Gebäude bis 2045 auf null gebracht werden sollen. Und es ist erklärtes Ziel der meisten politischen Parteien, dass Wohnen für alle bezahlbar sein oder werden soll – und es auch bei der Transformation zu einem klimaneutralen Gebäudebestand bleiben soll. Im Jahr 2021 sind wir jedoch weit vom Erreichen der Klimaziele entfernt und in einer Situation, in der in vielen Städten und Gemeinden die Mieten und Kaufpreise für Wohnungen und andere Gebäude stark steigen. Zugleich gibt es weitere Problemlagen für einen nachhaltigeren Gebäudebestand. Hier eine kurze Übersicht.

Ziel Klimaschutz:

- Die energetische Sanierungsrate für Gebäude von ca. 1 % des Bestands pro Jahr ist historisch und aktuell deutlich zu niedrig zur Erreichung einer zeitnahen oder auch nur mittelfristigen Treibhausgasneutralität im Gebäudebestand. Vor allem wenn diese ohne einen nur schwer zu deckenden Mehrbedarf an erneuerbaren Energieträgern erreicht werden soll, muss die Sanierungsrate auf eine beispiellose Höhe von 3 bis 4 % pro Jahr gebracht werden. Zugleich müssen hohe Energieeffizienzstandards und Anteile von Solarenergienutzung erreicht werden.
- Auch die Wärmeerzeugung muss schneller dekarbonisiert werden, indem Öl- und Gasheizungen vor allem auf grüne Fern- und Nahwärme oder Wärmepumpen mit grünem Strom sowie Solarthermie ersetzt werden. Auch dieser Umbau geht viel zu langsam voran.
- Noch immer steigt die Gebäudefläche durch Neubau an, nicht nur absolut, sondern auch pro Kopf. Obwohl Neubauten relativ energieeffizient sind, erschwert dieser Trend nicht nur den Klimaschutz, sondern kostet auch viel Landfläche und Ressourcen.

Soziale und gesundheitliche sowie Komfort-Aspekte

- Auch in Deutschland gibt es Energiearmut bei Menschen mit geringen Einkommen aber hohen Heizkosten in schlecht gedämmten Gebäuden. vs. Warmmietenneutralität der Sanierung
- Mehr als die Hälfte der Menschen in Deutschland leben in gemieteten Wohnungen. Der Anstieg der Mieten wurde schon angesprochen. Als Ausweg propagieren einige Parteien und die Gebäudewirtschaft den Neubau, der jedoch aus Klima- und Ressourcensicht problematisch ist (s.o.).
- Vermietende haben bisher oft nicht ausreichende Pflichten, Anreize oder Unterstützung ihre Gebäude energetisch zu sanieren. Mietende können diese Investition nicht tätigen. Wenn doch saniert wird, sind die bisher möglichen Umlagen auf die Kaltmiete in vielen Fällen höher als die Einsparungen bei den Heizkosten. Die Warmmiete als Summe aus Kaltmiete und Heizkosten steigt in solchen Fällen, d.h. die energetische Modernisierung ist dann nicht warmmietenneutral.
- Mieter*innen können auch nicht in eine gebäudeintegrierte Photovoltaikanlage investieren und so als Prosumer*innen agieren. Zwar gibt es

Steckersolaranlagen, deren geringe Stromerzeugung jedoch das Potenzial nicht ausschöpft.

- COVID-19 hat die Vorteile von Lüftungsanlagen, möglichst mit Wärmerückgewinnung, verdeutlicht: Lüften über die Fenster führt zu hohem Energieverbrauch.
- Schlecht wärmegeämmte Gebäude verursachen auch weitere Komfort- und Gesundheitsprobleme:
 - Unbehaglichkeit durch Zugerscheinungen und Kalte Wände
 - Probleme mit Schimmel
 - Überhitzung im Sommer
 - Schlechte bzw. unhygienische Raumlufbedingungen (CO₂, Gerüche und Ausdünstungen, Feuchtigkeit, Viren)

Weitere Kontext- und Problemlagen im Gebäudesektor

- Baustoffe verursachen sehr unterschiedliche Auswirkungen hinsichtlich THG-Emissionen, Ressourcenverbrauch, Schadstoffe und sonstige Umweltbelastungen. Das gilt auch für Stoffe, Komponenten und Anlagen, die zur Wärmedämmung und grünen Wärmeversorgung eingesetzt werden.
- Gebäude sollten auch im städtebaulichen Kontext gesehen werden. Ein Passivhaus auf der grünen Wiese verbraucht wenig Heizenergie, verursacht aber viel Verkehr.
- Es gibt Multifunktionale Anforderungen an den Gebäudebestand (Wohnen, Arbeiten, Stadtbild, Identifikation/Ausdruck der Stadthistorie).
- Gesellschaftlicher Wandel schafft neue Anforderungen (Barrierefreiheit, HomeOffice-Tauglichkeit, Interaktionsraum (Gemeinschaftsräume etc.).
- Neben der Bekämpfung des Klimawandels durch einen klimaneutralen Gebäudebestand gewinnt auch die Klimaanpassung an Bedeutung. Oft gibt es dabei Synergien, z.B. weil ein gut gedämmtes Dach auch weniger Sommerhitze ins Haus lässt. Teilweise gibt es aber auch Konkurrenzen (z.B. Dachbegrünung vs. PV).

Diese weiteren Kontext- und Problemlagen können hier aus Platzgründen nicht adressiert werden. Im Vordergrund dieses Zukunftsimpulses steht die Frage, was Bundesregierung, Bundestag und Bundesrat in der beginnenden Legislaturperiode und darüber hinaus tun müssen, damit der Gebäudebestand bis spätestens 2045 klimaneutral werden kann. Zugleich wird diskutiert, wie dies so ausgestaltet werden kann, dass es für alle Akteur*innen attraktiv und bezahlbar ist und insbesondere die Warmmieten nicht steigen, sondern eher sinken. Zwar sind Gesundheits- und Komfortaspekte zugleich auch soziale Aspekte. Die meisten der oben genannten Probleme werden aber durch klimaneutrale Gebäude ohnehin deutlich verbessert. Daher gehen wir bei den hier vorgeschlagenen Maßnahmen nicht ausdrücklich darauf ein.

Für diesen Zukunftsimpuls diskutieren wir zunächst die Ausgangslage hinsichtlich des Klimaschutzes im Gebäudesektor. Im nächsten Kapitel stellen wir kurz die Maßnahmenfelder für das frühzeitige Erreichen der Treibhausgasneutralität vor. Die detaillierte Diskussion der Instrumentenvorschläge und ihres Zusammenwirkens im Paket in Kapitel 4 bildet den Kern dieses Zukunftsimpulses.

2.2 Klimaschutz: Die Ausgangslage im Gebäudesektor

Der Endenergieverbrauch der Wohn- und Nichtwohngebäude beträgt aktuell (2018) rund 1.011 TWh, d. h. rund 40 % des Gesamtenergieverbrauchs entfallen auf den Gebäudesektor.¹ Rund zwei Drittel entfallen dabei auf den Wohn- und ein Drittel auf den Nichtwohngebäudebestand (AGEB, 2019).

Bezogen auf die Energieanwendungen wird deutlich, dass die Herausforderung im Gebäudebestand vor allem in der Dekarbonisierung des Wärmebedarfs liegt. Rund 74 % der Endenergie entfallen auf die Bereitstellung von Raum-/Prozesswärme und Warmwasser (AGEB, 2019). In diesem Zukunftsimpuls steht folglich die Dekarbonisierung des Wärmebedarfs im Vordergrund, mit den drei Handlungsfeldern: Bremsen des Anstiegs der Gebäudeflächen, Steigerung der Energieeffizienz und klimaneutrale Wärmeerzeugung. Gerade in Nichtwohngebäuden spielt aber auch der Stromverbrauch für Lüftung, Klima, Beleuchtung, Aufzüge eine wichtige Rolle. Zusammen mit der Dekarbonisierung der Stromversorgung ist daher die Energieeffizienz für diese strombasierten Anwendungen in den Politikinstrumenten entsprechend zu berücksichtigen.

Der Gebäudesektor hat seit 1990 durchaus Erfolge zu verzeichnen. So sind die CO₂-Emissionen im Gebäudesektor zwischen 1990 und 2019 um rund 40 % gesunken (UBA 2020). Bis 2030 sollen sie laut Klimaschutzgesetz 2021 der Bundesregierung um 68 % sinken. Dem Gebäudesektor wird damit das ambitionierteste CO₂-Minderungsziel aller Endverbrauchs-Sektoren beigemessen (eigene Berechnung).

Insgesamt flachte sich der Reduktionspfad in der letzten Dekade jedoch ab. So blieb der Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser seit 2010 beispielsweise weitgehend konstant (dena, 2019, S. 20). Ebenso verbleibt die energetische Sanierungsrate bei ca. 1 % p. a. und ist damit deutlich unter dem politischen Ziel der Bundesregierung von 2 % p.a. (Cischinsky & Diefenbach, 2018; Diefenbach et al., 2010). Allerdings gibt es seit 2020 eine zusätzliche steuerliche Förderung, und mit dem Covid-19 Konjunkturpaket und dem Sofortprogramm Klimaschutz vom Juni 2021 stehen jetzt ca. 5 Mrd. Euro/Jahr bis 2024 zur Verfügung (<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/energieeffizienz.html>), die für 2021/22 mit dem Sofortprogramm vom 21.9.2021 zum Ausgleich der Zielverfehlung im Gebäudesektor gemäß Klimaschutzgesetz um weitere 5,7 Mrd. Euro erhöht wurden. In den Vorjahren hatte dagegen das Investitionsvolumen in energetische Sanierungsmaßnahmen sowohl absolut als auch relativ zum gesamten Bestandsmarktvolumen abgenommen (BBSR, 2016)². Der Ausbau erneuerbarer Heizungstechnologien hatte insbesondere in den Boomjahren hoher Ölpreise gewisse Fortschritte gemacht. Dennoch lagen bei den Absatzzahlen für Wärmeerzeuger im Jahr 2018 die fossilen Heiztechnologien mit 78 % deutlich vor den erneuerbaren (dena, 2019). Im Jahr 2019 wurden nach wie vor rund 75 % der Wohnungen mit den fossilen Energieträgern Gas oder Öl beheizt (bdew, 2020, S.23). Selbst im Neubau spielen fossile Energieträger noch eine viel zu große Rolle: Auch wenn hier die Wärmepumpe mit einem Anteil von 45,8 % der neuen Wohngebäude mittlerweile die wichtigste Primärenergiequelle ist (2015 waren es lediglich 31,4 %), stellen fossil betriebene Heizungen nach wie vor einen viel zu großen Anteil dar.

Denn in 39,0 % der Neubauten ist es hauptsächlich der Energieträger Erdgas, der seine Spitzenposition aus 2015 (51,5 %) zwar verloren hat, aber noch immer einen hohen Anteil

¹ In der Abgrenzung der Dena werden die Anwendungen Information und Kommunikation, Prozesswärme und Mechanische Energie nicht dem Gebäudesektor zugeschrieben.

² Insgesamt sank das energetische Sanierungsvolumen zwischen 2010 und 2014 von 38,8 Mrd. Euro auf 32,5 Mrd. Euro. Der absolute Rückgang dokumentiert sich auch in einem relativen Rückgang. Der Anteil am Bestandsmarktvolumen sinkt von 36 % auf 28 %. Der Rückgang basiert zum einen auf rückläufigen Zahlen im Segment der meist selbstgenutzten Ein-/Zweifamilienhäuser, zum anderen auf rückläufigen Sanierungen der Gebäudehülle/Außenfassade. Energetische Einzelmaßnahmen gewinnen an Bedeutung (12,2 % (2010); 14,2 % (2014)), während komplexere Teil- oder Vollmodernisierungen an Bedeutung verlieren.

ausmacht. Nur bei Ölheizungen kann aufgrund des bevorstehenden Verbots (gemäß Klimaschutzprogramm der Bundesregierung Verbot der Installation von Ölheizungen ab 2026) ein starker Rückgang beobachtet werden. Ölheizungen wurden 2020 nur noch in 776 neuen Wohnhäusern als Primärheizung eingesetzt, was einem Anteil von 0,7 % der Neubauten entspricht. Fernwärme wurde bei 8,0 % der neuen Wohngebäude als Primärheizung eingesetzt und bleibt damit gegenüber 2015 (7,8 %) auf einem konstanten Niveau (Quelle: Statistisches Bundesamt 2021: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/06/PD21_296_31121.html).

3 Handlungsfelder für das frühzeitige Erreichen der Treibhausgasneutralität

Das Ziel eines klimaneutralen Gebäudebestandes bis spätestens 2045 ist unter Berücksichtigung der vergleichsweise geringen energetischen Sanierungsraten, die in den letzten Jahrzehnten trotz der Einführung verschiedener Anreizsysteme kaum gestiegen sind, mit den gegenwärtig verfügbaren Politikansätzen aus Sicht der Autor*innen nicht erreichbar. Um den Gebäudebestand sogar noch früher, beispielsweise bis 2035 zu dekarbonisieren, wären noch stärkere, ganz erhebliche Anstrengungen notwendig. Drei Bereiche sind dabei strategisch zu adressieren.

Gebäude- und Wohnflächen

Wie schwierig die Treibhausgasneutralität zu erreichen ist, hängt u.a. von der zu beheizenden Gebäudefläche und insbesondere von der Pro-Kopf-Wohnfläche ab, die in den vergangenen Jahren kontinuierlich gestiegen ist. Anstelle von immer mehr Neubau sollte das Ziel der Politik sein, den Anstieg der Pro-Kopf-Gebäudefläche durch optimierte Nutzung von Wohn- und Nichtwohngebäuden zu vermeiden und dafür entsprechende Politikinstrumente einzusetzen beziehungsweise neu zu entwickeln. Sanierung sollte Vorrang vor Neubau haben. Zusätzlich sollten emissionsarme und ressourcenschonende Baumaterialien wie Holz aus nachhaltiger Bewirtschaftung anstelle von Stahl und Beton gefördert werden.

Wärmedämmung: Energetische Sanierungsrate und Energieeffizienzstandards

Zentraler Faktor ist aufgrund der Dominanz des Gebäudebestandes für den Heizenergiebedarf in Deutschland aber die energetische Sanierungsrate. Sie müsste im Mittel von in den letzten Jahren knapp 1 % auf mindestens 3 bis 4 % p.a. gesteigert werden, um zur Klimaneutralität in Deutschland bis spätestens 2045 im notwendigen Umfang beizutragen³. In der Praxis bedeutet dies, dass jedes Gelegenheitsfenster genutzt werden muss, um zielkonforme energetische Sanierungsmaßnahmen durchzuführen. Zielkonform bedeutet, nach Möglichkeit den Passivhausstandard oder mindestens alternativ den KfW55-Standard einzuhalten (s.u. Fußnote beim Neubau). Angesichts der langen Lebensdauer von Gebäuden können nicht zielkonforme energetische Sanierungsmaßnahmen am Gebäude sehr leicht kontraproduktiv wirken, da ein späteres Anheben von einem mittelmäßigen Standard auf den notwendigen „nahezu klimaneutralen“ Standard i. d. R. nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohem finanziellem Aufwand möglich ist. Soll oder kann eine Sanierung nicht sofort und vollständig erfolgen, sind daher kluge und vorausschauende Sanierungsfahrpläne notwendig. Dort, wo Neubau notwendig ist, sollte dieser *zwingend* als Passivhaus oder im KfW 40- bzw. KfW 40-Plus-Standard⁴ erfolgen.

Eine „grüne“ Energieversorgung mit Wärme und Strom

Die Bundesregierung hat sich im Klimaschutzprogramm auf das Verbot der Installation von Ölheizungen ab 2026 verständigt (Bundesregierung, 2019). Wird eine gegenüber den Zielen der Bundesregierung deutlich schnellere Reduktion der Treibhausgasemissionen angestrebt, muss dieses Verbot schnellstmöglich - und flankiert mit entsprechenden

³ Eigene Szenarien des Wuppertal Instituts für eine klimaneutrale Energieversorgung bis zum Jahr 2050 weisen jährliche Sanierungsraten von rund 2 % auf, so dass in den verbleibenden 30 Jahren bis zum Zieljahr rund 60 % der Bestandsgebäude saniert werden würden. Will man bis 2035, also innerhalb der halben Zeit, ebenfalls 60 % saniert haben, muss die Sanierungsrate auf ca. 4 % verdoppelt werden. Noch ambitioniertere Szenarien wie beispielsweise das von German Zero e.V. fordern eine schrittweise Erhöhung auf 5 % p.a. bis 2027 (German Zero, 2020).

⁴ Die KfW-Effizienzhaus-Standards für den *Neubau* liegen derzeit (Stand Aug. 2021) bei KfW 40 Plus, KfW 40 oder KfW 55. Das bedeutet, dass der korrespondierende Primärenergiebedarf bei maximal 40 bzw. 55 % und der Transmissionswärmeverlust (Wärmeverlust über die Gebäudehülle) bei maximal 55 % bzw. 70 % liegen darf, jeweils bezogen auf das Referenzgebäude der Energieeinsparverordnung (EnEV). Plus-Standard bedeutet zusätzlich eine stromerzeugende Anlage (i. d. R. eine PV-Anlage) und eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. [www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/F%C3%B6rderprodukte/Bundesf%C3%B6rderung-f%C3%BCr-effiziente-Geb%C3%A4ude-Wohngeb%C3%A4ude-Zuschuss-\(461\)](http://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/F%C3%B6rderprodukte/Bundesf%C3%B6rderung-f%C3%BCr-effiziente-Geb%C3%A4ude-Wohngeb%C3%A4ude-Zuschuss-(461))

Unterstützungsmaßnahmen für die Gebäudebesitzer - auf *alle fossilen Heizungskessel* ausgeweitet werden, d. h. vor allem auch auf den Energieträger Erdgas. Übergangsweise könnten Hybridlösungen (Erdgaskessel mit Solarunterstützung oder Wärmepumpen mit Erdgas-Spitzenlastkessel) erlaubt sein, um sinnvolle Beheizungsstrategien auch im (noch) nicht ambitioniert sanierten Bestand zu ermöglichen. Parallel dazu sind die Fertigungskapazitäten für alternative Heizungstechnologien, vor allem elektrische Wärmepumpen, aber auch ‚grüne‘ Nah- und Fernwärme und Solarthermie, deutlich auszuweiten und eine breite Ausbildungsoffensive für das Handwerk notwendig.

Aufgrund der heute noch unzureichend abschätzbaren Marktdynamiken in Bezug auf die Entwicklung synthetischer Brennstoffmärkte (z. B. synthetisches, auf erneuerbaren Energien basierendes Gas) bleibt zu diskutieren, ob und in welcher Form Abweichungen von dem strikten Verbot sinnvoll sind, z. B. dann, wenn verbindlich sichergestellt werden kann, dass die Anlagen spätestens bis zum Jahr 2035 vollständig auf klimaneutrale Brennstoffe umgestellt werden können. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Bereitstellung synthetischer Brennstoffe mit einem sehr hohen Strombedarf und mit - im Vergleich zu Erdgas - voraussichtlich deutlich höheren Energiekosten verbunden sein wird und ihr Einsatz im Gebäudesektor daher nicht flächendeckend erfolgen sollte (Agora Verkehrswende et al. 2018, IEE 2020, SRU 2021). Um eine Kilowattstunde Wärme über einen Brennwertkessel mit synthetischem erneuerbarem Wasserstoff bereitzustellen, ist im Vergleich zu einer Wärmepumpe die vier- bis fünffache und für erneuerbares Methan sogar die sechsfache Strommenge erforderlich. Dementsprechend wäre auch ein vier- bis sechsfacher Ausbau der vorgelagerten Stromerzeugungskapazitäten erforderlich⁵. Mindestens ebenso wichtig ist allerdings der Energieeffizienzstandard der Gebäudehülle, also die Wärmedämmung. Ein Altbau, dessen Gasheizung mit synthetischem Methan aus erneuerbarem Strom befeuert wird, benötigt sogar **80-mal soviel Strom aus erneuerbaren Energien** wie ein Passivhaus mit einer effizienten Wärmepumpe!

Abbildung 2 macht dies deutlich. Sie zeigt, welchen gravierenden Einfluss in Summe die Effizienz der Gebäudehülle, der Heizungsanlage und der Vorkette zur Erzeugung von erneuerbarem Wasserstoff (EE-H₂) bzw. erneuerbarem Methan (EE-SNG) auf den Bedarf an Primärenergie aus erneuerbarem Strom hat. Verglichen wird hier beispielhaft die Versorgung von rund 19.000 Wohneinheiten (WE) á 100 Quadratmeter mit erneuerbarem Heizstrom. Als Referenz gilt der Passivhausstandard (PH) als der technisch höchste verfügbare Gebäudeeffizienzstandard mit einem Nutzwärmebedarf von 15 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr (spez. Nutzenergie in kWh/m² pro Jahr). Gelesen wird die Grafik von unten nach oben: Der thermische Nutzenergiebedarf eines 100 m² großen Passivhauses liegt bei 1.500 kWh. Mit einer modernen Wärmepumpe (COP = 400 % für eine Erdsonden-Heizwasser-Wärmepumpe bei Niedertemperatur-Flächenheizung; für eine Luft-Heizwasser-Wärmepumpe nicht ganz so hoch) und angenommenen Verlusten im Stromnetz von 5 % ergibt sich ein Gesamtwirkungsgrad von 380 % und somit ein Primärenergiebedarf von 400 kWh Heizstrom. Zur Versorgung von 19.000 WE werden somit 7,6 Mio. kWh erneuerbarer Strom benötigt, die (rein bilanziell) der Jahresproduktion einer einzigen 3-MW_{el}-Windkraftanlage entsprechen⁶.

⁵ Annahmen zu Wirkungsgradketten (s. auch Agora Verkehrswende et al. 2018) für Wärmebereitstellung:

a) über Wärmepumpe:

95 % (Stromnetz) x 300 % (Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe) = 285 %

b) über Synthesegas im Brennwertkessel:

95 % (Stromnetz) x 70 % (Elektrolyse) x 80 % (Methanisierung) x 99 % (Gastransport) x 95 % (Brennwertkessel) = 50 %

⁶ Angenommen ist hier eine moderne Windkraftanlage an einem guten Standort mit 2.500 Vollbenutzungsstunden und somit einem Jahresertrag von 7,5 Mio. kWh.

Effizienzvergleich Gebäudestandards & Heizsysteme:Zur Versorgung von rund 19.000 Wohneinheiten (à 100 m²) mit Heizstrom bedarf es (jahresbilanziell) ...

mit einer ...	Wärmepumpe				E-Heizung (NSH)	H ₂ -Gaskessel	SNG-Gaskessel
Anzahl WEA (3 MW):	1	2,6	6	14	42	64	80
PE (kWh Strom):	400	1.050	2.400	5.600	16.800	25.400	32.000
Effizienz (COP/η):	380 %	380 %	330 %	285 %	95 %	63 %	50 %
Nutzenergie (kWh Wärme):	1.500	4.000	8.000	16.000	16.000	16.000	16.000
Spez. Nutzenergie:	15 kWh/m ²	40 kWh/m ²	80 kWh/m ²	160 kWh/m ²		160 kWh/m ²	

PH: Passivhaus / NZEB: Nearly Zero Energy Building / EnEV: Energieeinsparverordnung / WEA: Windenergieanlage / PE: Primärenergie / COP: Coefficient of Performance / NSH: Nachtspeicherheizung / SNG: Synthetic Natural Gas (= synth. Erdgas aus erneuerbarem Strom)

Abbildung 2: Effizienzvergleich von Gebäudestandards und Heizsystemen: Anzahl der notwendigen Windkraftanlagen zur (jahresbilanziellen) Versorgung von rund 19.000 Wohneinheiten (à 100 m²) mit Heizstrom

Quelle: Wuppertal Institut 2021

Die Versorgung eines auf EnEV-2007-Standard sanierten Gebäudes erfordert zur Erzeugung des notwendigen erneuerbaren Heizstroms im Vergleich zum Passivhaus sechsmal soviel Windenergieanlagen, der unsanierte Altbau (ebenfalls mit Wärmepumpe) bereits 14-mal so viel. Ist im Altbau anstelle einer Wärmepumpe eine Nachtspeicherheizung installiert, so erhöht sich der „Windausbaufaktor“ gegenüber der Wärmepumpe im Altbau um drei und gegenüber der Wärmepumpe im Passivhaus gar um 42. Der Primärenergiebedarf im gaskesselversorgten Altbau ist nochmal höher als derjenige der Nachtspeicherheizung: Er liegt beim 64-fachen für erneuerbaren Wasserstoff bzw. 80-fachen für synthetisches Erdgas, jeweils gegenüber der Wärmepumpe im Passivhaus. Dies zeigt, dass in punkto Effizienz insbesondere in Kombination mit unterschiedlichen Sanierungsstandards Welten zwischen der elektrischen Wärmepumpe und der Verbrennung synthetischer Gase im Gaskessel liegen.

Die Grafik von rechts gelesen zeigt: Selbst wenn man nur gegen den (relativ schwachen) EnEV-2007-Standard vergleicht, müssen für ein unsaniertes Gebäude mit H₂-Gaskessel noch etwa 11-mal soviel Erzeugungsanlagen errichtet werden wie für ein mit Wärmepumpe beheiztes saniertes Gebäude (Strombedarf 32.000 kWh/Jahr gegenüber 2.400 kWh/Jahr). Maximal könnte bei der Sanierung ungefähr der NZEB-Standard erreicht werden, der etwas besser als der aktuelle Neubau ist. Dann erhöht sich der Erzeugungsfaktor zwischen Gaskessel für den unsanierten Zustand und NZEB mit Wärmepumpe sogar auf gut 30! Der Faktor zwischen Wärmepumpe und Gaskessel für jeweils den unsanierten Standard liegt immer noch bei ca. 4,5.

Eine ambitionierte energetische Sanierung in der Breite und die effiziente Elektrifizierung der Heizung mit Wärmepumpen können demnach den notwendigen Ausbau erneuerbarer Infrastrukturen (insbesondere Windkraftanlagen) um Größenordnungen reduzieren helfen. Gleichzeitig müssen die Stromnetze ausgebaut werden, wobei auch hier die Effizienz von Gebäudehülle und Wärmepumpe den Ausbaubedarf erheblich senken kann⁷.

Durch Ausbau der gebäudeintegrierten Photovoltaik, Hand in Hand mit der Wärmedämmung, muss schließlich auch der Gebäudesektor zum Ausbau der erneuerbaren Energien in der Stromerzeugung beitragen. Batterien sollten netzdienlich be- und entladen werden, ebenso wie Elektroautos.

⁷ Zur Einordnung: Eine 4 kW_{th}-Wärmepumpe benötigt zur Heizwärmeversorgung in einem auf Neubau-Standard sanierten Gebäude lediglich eine elektrische Leistung von ca. 1,0 kW_{el}. Das ist weniger als ein handelsüblicher Wasserkocher.

4 Politikinstrumente – die Maßnahmenvorschläge und ihr Zusammenwirken

4.1 Wichtige Handlungsfelder für Maßnahmen

Die für eine klimaneutrale Wärmeversorgung von Gebäuden notwendige sehr starke Steigerung der energetischen Sanierungsrate und Sanierungstiefe und Dekarbonisierung der Wärmeversorgung kann nur durch eine Kombination verschiedener Maßnahmen realisiert werden. Es müssen die zahlreichen Hemmnisse – wie Informationsmängel, Such- und Umsetzungsaufwand, Kapitalmangel, hohe Wirtschaftlichkeitserwartungen, andere Prioritäten, auseinanderfallende Interessen und Möglichkeiten der verschiedenen Akteurinnen und Akteure – selbstnutzende Gebäude- und Wohnungseigentümer*innen, Vermietende und Mietende, Bauwirtschaft, Planer*innen, Handwerk u.a. – gleichzeitig und konzertiert adressiert werden. Insbesondere die folgenden Handlungsfelder erscheinen vielversprechend:

- Klare und langfristige Vorgaben zur Erhöhung der Sanierungsrate und -tiefe sowie für den Ausstieg aus fossilen Heizungssystemen
- Eine Stärkung der Energie- und Klimagovernance
- Strategien zur Verringerung des Bedarfs an Wohnraum und Nichtwohngebäuden durch intelligente und flexible Nutzung inklusive Überarbeitung des bestehenden Förderinstrumentariums,
- Weiterentwicklung von Anreizsystemen zum Fördern *und* Fordern von energetischen Sanierungsmaßnahmen – angesichts der Dringlichkeit ist es gerechtfertigt, stärkere Pflichten zur Sanierung zu schaffen aber zugleich auch die Umsetzung zu fördern, um Bestand und Neubauten klimaneutral zu machen,
- Schrittweise Verteuerung fossiler Energieträger durch die Fortentwicklung des CO₂-Preisregimes für fossile Energieträger (das für Brenn- und Kraftstoffe außerhalb des Europäischen Emissionshandelssystems von der Bundesregierung mit Beginn des Jahres 2021 eingeführt wurde), um deren ökologische Schadenskosten sichtbar zu machen und für eine zunehmende Wirtschaftlichkeit von Energieeffizienzmaßnahmen und erneuerbaren Heizungstechnologien zu sorgen; der CO₂-Preis sollte bei vermieteten Gebäuden so gestaltet werden, dass nur bei Häusern mit gutem energetischem Zustand auch ein großer Teil der CO₂-Kosten an die Mietenden weitergegeben werden darf.
- Transparenz des gebäudeindividuellen Ziels und des möglichen Sanierungspfads durch die Einführung verpflichtender gebäudeindividueller Sanierungsfahrpläne sowie des Ist-Zustands durch digitale Gebäude-Logbücher,
- Kommunale Masterpläne für die Gebäudesanierung und Wärmeversorgung als Pflichtaufgabe,
- Ganzheitliche Sanierungssteuerung und Angebote zur Überwindung nicht-ökonomischer Hemmnisse im Bereich der Gebäudesanierung (z. B. One-Stop-Shop-Ansätze),
- Verbessertes Monitoring sowie Vollzugsüberwachung durch öffentlich legitimierte Stellen,
- Förderung von Innovationen in der Bauwirtschaft, z. B. die industrielle Vorfertigung von Bauelementen für die Sanierung (PreFab) und den digitalen Scan der zu sanierenden Gebäude nach dem niederländischen Vorbild (Energiesprong), die eine schnellere und besser qualitätsgesicherte sowie kostengünstigere Sanierung ermöglichen,
- Qualifizierungs-, Digitalisierungs- und Kommunikationsoffensiven,

- Unterstützung beim Ausbau von Produktionskapazitäten für effiziente, klimaverträgliche Heizungstechnologien,
- Sanierung erlebbar machen.

4.2 Das Grundlegende Politikpaket und seine Weiterentwicklung

Mit den nachfolgend dargestellten Maßnahmen würde das bestehende Politikpaket für die energetische Gebäudesanierung an entscheidenden Stellen weiterentwickelt. In der folgenden Grafik sind die Änderungen gegenüber den heute bestehenden Maßnahmen verdeutlicht:



Abbildung 3: Energieeffiziente und klimaneutrale Gebäude: Einordnung der für 2021-25 vorgeschlagenen Maßnahmenansätze in das grundlegende Politikpaket

Quelle: Wuppertal Institut 2021

4.3 Die Maßnahmenvorschläge im Einzelnen

Konkret werden folgende Maßnahmen bzw. Instrumente als zielführend angesehen:

- **Signal an den Markt für langfristige Planbarkeit**
Die Ziele des Klimaschutzgesetzes für den Gebäudesektor sind als jährlich abnehmende Mengen erlaubter THG-Emissionen gesetzt. Wie sie erreicht werden sollen, dazu sind ergänzende operative Ziele als Signal an den Markt nötig.
- Wichtig wäre vor allem ein **Stufenplan für die Erhöhung der Sanierungsrate und -tiefe** als Signal an den Markt. Das Ziel könnte z.B. sein, die Sanierungsrate auf 3 Prozent ab 2025 und 4 Prozent ab

2028 zu erhöhen. Als Sanierungstiefe sollte der Effizienzhausstandard KfW 55 angestrebt werden, d.h. gedämmte Dächer und Wände oder erneuerte Fenster sollten ein möglichst hohes Effizienzniveau deutlich oberhalb des gegenwärtigen EnEV-Sanierungsstandards erreichen, u.a. durch den Einsatz von Passivhauskomponenten. Dazu gehört auch im Regelfall der Einbau einer zentralen, dezentralen oder raumweise eingesetzten Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung. Die o.g. Sanierungsraten sind als Äquivalente einer Vollsanierung auf KfW EH 55 zu verstehen, die sich rechnerisch auch aus einer größeren Anzahl von Teilsanierungen, die gemäß individuellem Sanierungsfahrplan mit dem Ziel KfW 55 kompatibel sind, ergeben können.

Dieser Stufenplan muss mit dem folgenden Paket von Maßnahmen verknüpft und so kommuniziert werden, damit er glaubwürdig ist.

- Ein verbindlicher politischer **Fahrplan für den Ausstieg aus fossilen Heizsystemen** sollte ebenfalls erstellt und frühzeitig kommuniziert werden. Erneuerbare Wärmequellen (Umgebungswärme, Abwärme & Geothermie plus Wärmepumpe, Solarenergie, grüne Nah- und Fernwärme sowie - in Grenzen - Biomasse, Biomethan, synthetisches (erneuerbares) Methan und erneuerbarer Wasserstoff) sollten die neuen Standards werden. Dabei sollte der Fokus auf die gesamt-systemisch besonders effiziente Elektrifizierung mit Wärmepumpen (vgl. Abbildung 2), die solare Wärme (Solarthermie) sowie die grüne Nah- und Fernwärme gelegt werden. Unter grüner Nah- und Fernwärme sind die (gemeinschaftliche) Versorgung durch Wärmepumpen, Geothermie & Umweltwärme, Solarenergie, industrielle und kommunale Abwärme, Biomasse sowie Kraft-Wärme-Kopplung (mit erneuerbaren Gasen) zu verstehen (Wuppertal Institut 2020, s. dort Infobox "Konversion zur grünen Nah- und Fernwärme").
- Schließlich sollten auch **Ziele für die Entwicklung der Gebäudeflächen** gesetzt werden, so dass deren Anstieg für Deutschland insgesamt gebremst oder gestoppt wird.
- **Energie- und Klimagovernance stärken**
Auch die Umsetzungsgovernance muss verbessert werden. Es reicht nicht, Ziele zu setzen und ein Energiewende-Monitoring zu betreiben. Die Wirkung der sektoralen Politikinstrumente muss beständig beobachtet und evaluiert werden, um bei Bedarf rasch und flexibel nachzusteuern. Dies erfordert **die Stärkung und bessere Koordination** der beteiligten Ministerien (Wirtschafts-, Bau-, Verbraucherschutz- und Umweltministerium), von Deutscher Energie-Agentur, Bundesstelle für Energieeffizienz und Umweltbundesamt, aber auch der Länder und der kommunalen Klimaschutzstellen.
- **Anstieg der Gebäudefläche und des Ressourcenverbrauchs bremsen**
Alternative Wohn- und Nutzungskonzepte (z. B. Mehrgenerationen-Wohnungen, Wohnungen, die für Wohngemeinschaften oder Single-Haushalte geeignet sind, generationenübergreifender Tausch von Wohnungen und Konzepte zur flexiblen Nutzung von Wohnräumen und Gewerbeflächen, **Umbau** von Nichtwohn- in Wohngebäude und

Zwischennutzungen) sowie der **Wohnungstausch und Umzüge** in kleinere Wohnungen sollten auf kommunaler Ebene gefördert werden, um den Wohnflächenanstieg zu stoppen (Thema et al. 2017). Die Kosten sind den Kommunen von Bund und Ländern zu erstatten, entsprechende Umbauten sollten über die KfW gefördert werden. Ergänzend sind flächendeckende Zweckentfremdungssatzungen wichtig. Es sollte Kommunen nur noch bei steigender Bevölkerung der Neubau erlaubt sein (Thema et al. 2017). Zudem sollten bestehende Förderinstrumente entsprechend überarbeitet werden. Dazu zählen vor allem das Baukindergeld, die Wohnungsbauprämie und Sonderabschreibungen für den Mietwohnungsneubau.

- Gleichzeitig sollte der “Landflucht” durch eine bessere Daseinsvorsorge im ländlichen Raum begegnet werden, um den Flächenversiegelungsdruck durch Neubau im urbanen Raum zu mindern (Stichworte graue Energie bei der Errichtung neuer Gebäude und Klimawandelanpassung durch Entsiegelung von Flächen statt weiterer Versiegelung).
- Zudem könnten bei verringerter Neubautätigkeit die dringend benötigten Baukapazitäten vom Neubau in die energetische Bestandssanierung gelenkt werden.
- Das bestehende Förderregime, welches vor allem auf Neubau ausgerichtet ist und z.B. Sozialwohnungen nicht dauerhaft sichert, muss daher grundlegend überarbeitet und an die Herausforderungen angepasst werden. Dies würde auch den finanziellen Spielraum schaffen, um die oben genannten Maßnahmen anreizen zu können.

■ **Fördern und fordern von energetischen Sanierungsmaßnahmen**

Die **Förderprogramme** für Sanierung und Heizungssysteme mit erneuerbaren Energien in der Bundesförderung effiziente Gebäude (BEG) sind über 2024 hinaus mindestens auf das bis dahin geplante Niveau von ca. 5 Mrd. Euro pro Jahr aufzustocken⁸. Ziel ist es, die Gebäudesanierung inklusive der Umstellung der Heizung wirtschaftlich attraktiv und bei vermieteten Gebäuden mindestens warmmietenneutral zu machen. Zugleich sollten durch eine stärker industrialisierte Bauweise (s.u.) die Kosten gesenkt werden. Angesichts der anhaltend niedrigen Zinsen auf dem Kapitalmarkt sollte der Fokus eher auf Zuschuss- als auf Darlehensfinanzierung liegen. Alternativ zur BEG sollte auch weiter die steuerliche Abschreibung von energetischen Sanierungen möglich sein. Zusätzlich zu erhöhten Zuschüssen sollten auch weiterhin KfW-Kredite für den Rest der Investition angeboten werden, falls Hauseigentümer*innen das benötigen/wünschen. Ziel ist die Zuschüsse so zu erhöhen, dass die energiebedingte zusätzliche Investition (ca. 150 Euro/m²) in 20 bis 25 Jahren dynamisch amortisiert ist, d.h. etwa 3 bis 4 Prozent Verzinsung zusätzlich zur Rückzahlung der Investition

⁸ Die Stiftung Klimaneutralität (2021) hält sogar 12 Milliarden Euro pro Jahr für erforderlich. Ob diese Summe in unserem Gesamtkonzept ausreicht oder sogar zu hoch wäre, wäre zu untersuchen. Es ist vermutlich sinnvoller, mehr Fördergeld in die praktische Unterstützung durch One-Stop-Shops und Quartiersmanagement sowie Projektbündelung und in die individuellen Sanierungsfahrpläne zu investieren als in eine weitere Erhöhung der direkten Investitionsförderung.

ermöglicht. Der Zinssatz sollte von der Politik so festgelegt werden, dass er attraktiv ist, aber nicht unangemessen hoch. Der iSFP sollte diese Berechnung inkl. Förderung enthalten. Dieser Förderansatz entspricht demjenigen, der derzeit als „Carbon Contracts for Difference“ für die Industrie diskutiert wird, z.B. beim grünen Wasserstoff. Wenn dies möglich ist, sollte es für Klimaschutzinvestitionen in anderen Sektoren wie die energetische Sanierung für Gebäude auch eingeführt werden. Für Gebäude mit einkommensarmen Mietenden wären ggf. noch höhere Zuschüsse erforderlich und angemessen, so dass die Sanierung auf jeden Fall warmmietenneutral ist.

- Die Förderung kann andererseits niedriger ausfallen, wenn der CO₂-Preis stärker erhöht wird und er bei vermieteten Wohnungen bzw. Gebäuden von den Vermietenden zumindest teilweise getragen werden muss (s.u.). Ein Ansatz zu einer warmmietenneutralen Sanierung ist das so genannte **Drittelmodell** (Mellwig und Pehnt 2019). Es zielt darauf, dass die Investition je etwa zu einem Drittel von Vermietenden, Mietenden und dem Staat getragen wird. Laut diesem Vorschlag soll die Modernisierungsumlage auf 1,5 % der umlagefähigen Kosten reduziert werden. Anders als aktuell gehandhabt, werden im Gegenzug die umlagefähigen Kosten durch Fördermittel nicht reduziert. Hierdurch entstehen für die Vermieter*innen hohe Anreize, Fördermittel in Anspruch zu nehmen, da sie diese nicht mit der Modernisierungsumlage verrechnen müssen. Teile der in der Studie formulierten Änderungsvorschläge wurden durch die verbesserten Bundesfördermittel mittlerweile bereits umgesetzt (teilweise entnommen aus Bergmann et al., 2021). Nach Modellrechnungen kann dann auch eine ambitionierte energetische Sanierung aus Mieter*innen-Sicht vorteilhaft sein – aber ohne Fördermittel und bei einer vollen Ausschöpfung der bestehenden Umlagemöglichkeiten kann im Gegenteil die Sanierung für Mieter*innen auch finanziell zu einer Mehrbelastung führen. Das Drittelmodell hat aufgrund der hohen Förderung auch einen größeren Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit als die Belastung der Vermietenden mit dem CO₂-Preis (Bergmann et al., 2021), die aber dennoch sinnvoll ist.

In einem ersten Schritt könnte dieses Drittelmodell eingeführt und begleitend evaluiert werden. Es wird zu klären sein, ob das generelle Modell in nahezu allen Fällen bereits zur Wirtschaftlichkeit für alle Beteiligten führt, oder ob im zweiten Schritt die Förderung individuell angepasst werden muss, damit sie auf jeden Fall warmmietenneutral ist, im Sinne des Ansatzes von „Carbon Contracts for Difference“. Dies müsste sicher von unabhängigen Expert*innen oder der kommunalen Bauaufsicht zertifiziert werden und wäre insofern mit erhöhtem Aufwand und der Ausbildung und Akkreditierung entsprechender Fachkräfte verbunden.

- **Bau- und Dämmstoffe** sollten unter dem Förderprogramm insbesondere ökologisch und gesundheitlich unbedenklich und / oder leicht zu recyceln sein. Ein Kriterium könnte daher z.B. sein, die Verwendung von Wärmedämmverbundsystemen auf Basis von potentiell gesundheitsschädlichen bzw. nicht recycelbaren Materialien (wie etwa Bioziden oder Polystyrol) bzw. Verbünden auszuschließen. Zu diskutieren ist, ob besonders umweltfreundliche Dämmstoffe dann noch eine

zusätzliche Förderung benötigen.

- Bei der Heizungsumstellung ist es auch weiterhin wichtig, Maßnahmen zur Senkung der Vorlauf- und Rücklauftemperaturen im **Heizsystem** zu fördern, (z.B. auch durch temperaturabhängige Bonus-Malus-Systeme in der Fernwärme-Abrechnung, wie in Dänemark, und durch die Förderung der Installation von Flächenheizungen oder Innovationen wie außenliegende Wandheizung. Dies ist wichtig für die Effizienz von Wärmepumpen und Solarthermie sowie die Einbindung von Niedertemperatur-Wärme (Geothermie, Umgebungswärme, Abwärme, Solarthermie) bei Nah- und Fernwärme.
- Eine deutlich verbesserte Förderung ist schließlich auch für den **Ausbau der grünen Nah- und Fernwärme** erforderlich, und zwar für
 - Netzausbau, um den Marktanteil der grünen Nah- und Fernwärme zu erhöhen, z.B. auf mindestens 20% des Endenergiebedarfs der Gebäude bis 2035;
 - Netzbau auf Niedertemperatur (LowEx / 4. Generation) und ggf. "Smart Heat Grids" sowie
 - Investitionen in grüne Wärmequellen (Geothermie, Umgebungswärme, große Solarthermie, große Wärmepumpen, Abwärmenutzung etc.) und Wärmespeicher.
- Denkbar ist auch, dass hier der Ordnungsrahmen in den Gemeindeordnungen der Länder angepasst wird. Beispielsweise könnte ein Anschlusszwang an grüne Wärmenetze eingeführt werden, wenn die bestehende Wärmeversorgung nicht klimafreundlicher ist, als ein Anschluss an das bestehende Wärmenetz.
- Mit dem Klimaschutz-Sofortprogramm vom Juni 2021 hat die Bundesregierung für 2022 einen Betrag von 30 Mio. Euro zusätzlich für die Bundesförderung effiziente Wärmenetze bereitgestellt. Im Sofortprogramm vom 21.9.2021 zum Ausgleich der Zielverfehlung im Gebäudesektor gemäß Klimaschutzgesetz wird für 2022 die Umsetzung weiterer Maßnahmen für die Folgejahre angekündigt, u.a. die weitere Aufstockung der Förderung klimaneutraler Wärmenetze, Reformoptionen für bessere Rahmenbedingungen des Wärmenetzausbaus sowie eine Stärkung der kommunalen/regionalen Wärmeplanung. Zum Vergleich: Die Stiftung Klimaneutralität schätzt den erforderlichen Fördermittelbedarf für grüne Nah- und Fernwärme auf 1,5 Milliarden Euro pro Jahr ab 2025 (Stiftung Klimaneutralität 2021).
- Unterstützt und wirtschaftlich ermöglicht durch die stärkeren finanziellen Anreize sollten parallel auch **deutlich verstärkte Sanierungsverpflichtungen** eingeführt werden. Wichtig ist natürlich auch eine bessere Kontrolle und Durchsetzung all dieser Anforderungen (s.u.). Bisher schon bestehen *bedingte* Pflichten, falls mehr als 10% der Fläche einer Gruppe von Außenbauteilen (z.B. Dächer, Wände, Fenster) des Gebäudes erneuert wird (Art. 48 GEG). Die Anforderungen hierfür sollten bei der für 2022 angekündigten Novelle des GEG deutlich

ambitionierter gestaltet werden: Zielstandard sollte der Effizienzhausstandard KfW 55 sein, auf Komponentenebene z.T. noch effizienter (vgl. Kap 3 und Vorschlag zu klaren Signalen oben).

Im GEG gibt es auch schon *unbedingte* Pflichten, nämlich zur Dämmung von obersten Geschossdecken oder Dächern und Heizungsrohren sowie zum Austausch alter Heizungen. Diese unbedingten Pflichten sollten deutlich ausgeweitet werden. Das trifft offenbar auch auf Zustimmung: In einer repräsentativen Umfrage der DENEFF im September 2021 befürworteten 59% der Befragten, dass die Politik die Vermietenden zu einer sozialverträglichen energetischen Sanierung zwingt.

- Eine Möglichkeit wäre eine **anlassbezogene Sanierungsverpflichtung** - z. B. im Vererbungs- oder Verkaufsfall (Gaßner & Neusüß, 2011; Pehnt et al., 2015). Dann besteht die Gelegenheit, vor dem Einzug die noch nicht eingerichtete Wohnung zu renovieren, am besten gemäß einem vorliegenden iSFP. Auch wenn von dieser Maßnahme eine starke Signalwirkung ausgeht, würde man damit jedoch nicht schnell genug den gesamten sanierungsbedürftigen Gebäudebestand erfassen, so dass weitere Maßnahmen erforderlich sind.

- Intensiv diskutiert wird derzeit die Möglichkeit, **Mindesteffizienzstandards** auch im Gebäudebestand ab einem bestimmten Stichtag vorzuschreiben. Die EU-Kommission (2020) hat angekündigt, dies für die nächste Revision der EU-Gebäuderichtlinie vorzuschlagen, die sie Ende 2021 vorlegen will. Vorbilder sind u.a. England und Wales sowie Schottland (Vermietungsverbot für Gebäude mit einer schlechteren Effizienzklasse als E ab 2020 bzw. D ab 2025) oder Frankreich (Sanierungspflicht bis 2028 für Wohngebäude mit einer Effizienzklasse schlechter als E) und die Niederlande für Nichtwohngebäude.

Das könnte z.B. heißen, dass alle Gebäude mit einer Effizienzklasse zwischen E und H bis 2030 die Klasse D (nach Bedarfsausweis) und alle Gebäude bis 2035 mindestens Klasse C und bis 2040 mindestens Klasse B erreicht haben müssen. Das ist durch die Förderung und die Umstellung auf Wärmepumpen (s.u.) und grüne Fernwärme eine geringere Belastung als es auf den ersten Blick scheint. Für die Umsetzung müsste eine Ausweitung der Nachweispflicht mittels der Gebäudeenergieausweise, und zwar als Bedarfsausweis, auf alle Gebäude diskutiert werden. Der Bedarfsausweis sollte zudem mit dem individuellen Sanierungsfahrplan verknüpft werden. Dieser ist im Zusammenhang von Mindesteffizienzstandards wichtig, damit Klasse D und C durch Teilsanierungen erreicht wird, die mit dem Endziel einer Sanierung auf KfW 55-Niveau kompatibel sind.

Insbesondere ist hier nämlich zu berücksichtigen, dass in der gegenwärtigen Systematik der Energieausweise der Einbau einer Wärmepumpe auch ohne Sanierung der Gebäudehülle einen Sprung um mehrere Effizienzklassen nach oben bedeutet. Mit der Wärmepumpe sinkt der Endenergiebedarf für Heizung und Warmwasser um etwa den Faktor 3. Ein Gebäude, das Klasse F hatte (max. 200 kWh/m²/Jahr), erhält nach Einbau einer Wärmepumpe mit einem COP von 3, wodurch der Endenergiebedarf auf höchstens 67 kWh/m²/Jahr sinkt, die Effizienzklasse B. Der Einbau einer

Wärmepumpe in ein wenig saniertes Gebäude ist aber unnötig teuer. Es wird daher darauf ankommen, möglichst vorher die wichtigsten Wärmedämmungen an Dach und Fassade umzusetzen sowie effiziente Fenster und Lüftung einzubauen: dafür ist der individuelle Sanierungsfahrplan wichtig.

Noch besser wäre daher eine **Änderung der Systematik beim Energieausweis**: Es sollten getrennte Effizienzklassen für 1. Nutzenergie/Wärmebedarf und 2. die Effizienz oder besser die THG-Emissionen der Heizung eingeführt werden. Die Sanierungspflicht könnte sich dann auf die Effizienzklassen für 1. Nutzenergie/Wärmebedarf beziehen; der Stufenplan würde dann vermutlich etwas anders aussehen als oben diskutiert.

- Flexibler als Mindesteffizienzstandards für das Gesamtgebäude zu einem festen Zeitpunkt unter Berücksichtigung des ISFP wäre eine auf das jeweilige **Alter** von Dach, Wänden, Fenstern **bezogene** Alternative: Wenn die Fassade oder das Dach eines Gebäudes seit mindestens 40 Jahren nicht erneuert (sondern nur angestrichen) wurde, und für Fenster nach 25 Jahren, entsteht eine unbedingte Sanierungspflicht auf die Zielstandards, die im iSFP ermittelt wurden. Dabei sollte die Nachweispflicht, wann die letzte Renovierung erfolgte, beim Eigentümer liegen. Diese Variante könnte aber auch als Ergänzung zu zeitbezogenen Mindesteffizienzstandards zusätzlich eingeführt werden.
- Eine unbedingte Pflicht sollte auch für die Kellerdeckendämmung eingeführt werden; und eine bedingte Pflicht auch dann, wenn ein Gebäude nur neu angestrichen werden soll (was heute nicht als Auslöser der bedingten Pflicht gilt).
- In letzter Zeit wird zudem eine **Pflicht zur Installation von Photovoltaikanlagen** (PV) bei Neubau und Dachsanierung diskutiert. Während dies beim Neubau als sinnvoll anzusehen ist, könnte es ein weiteres Hemmnis für die Dachsanierung darstellen, das z.B. zusätzliche Förderung erforderlich machen könnte. Mit gleicher Berechtigung wäre dann eine Pflicht zur Dachsanierung vor Installation einer PV-Anlage zu fordern – was interessanterweise in der öffentlichen Diskussion des Jahres 2021 keine Rolle spielt. Beides kann dennoch sinnvoll sein, müsste aber vermutlich zusätzlich gefördert werden. Eine stufenweise Einführung ist hier gut vorstellbar. Dabei sollten an erster Stelle die Betreiber öffentlicher Gebäude in die Pflicht genommen werden.
- Gesetzliche Anforderungen können schließlich auch den **Ausstieg aus Öl- und Gasheizungen** beschleunigen. Das Folgende gilt selbstverständlich auch für die wenigen noch vorhandenen Kohleheizungen. Der Neueinbau von Ölheizungen ist schon ab 2026 gestoppt, die Förderung von neuen Öl- und Gas-Brennwertheizungen sollte sofort gestoppt werden. Einige EU-Länder wie Österreich und Dänemark sind schon weiter und haben bereits in der Vergangenheit ein schrittweises Verbot fossiler Heizungen beschlossen.

Denkbar wäre z.B. ein Verbot des Einbaus neuer Ölheizungen ab 2022, für Gasheizungen ab 2025, und/oder eine Austauschpflicht von Öl- und Gasheizungen im Bestand bis 2039. Falls letztere eingeführt werden kann, bedarf es vielleicht keines strikten Einbauverbotes für fossil betriebene Heizungsanlagen. Es ist zu vermuten, dass dann sowieso ab einem bestimmten Zeitpunkt wegen der nur noch kurzen Laufzeit kaum noch neue Anlagen in Betrieb gehen werden (wie dies bereits jetzt bei Ölheizungen im Neubau beobachtet werden kann, vgl. Kap. 2.2). Allerdings sind auch mögliche Nachteile einer Austauschpflicht zu analysieren, wie lange Anpassungs- und Übergangsfristen sein müssen und wie man Sonderbedingungen erfassen kann und sollte (für Fälle, in denen keine anderen Anlagen installiert werden können). Denkbar wäre z.B. folgender "Ausstiegsfahrplan" gestaffelter Austauschpflichten, jeweils gekoppelt mit dem Verbot der Erneuerung durch eine Öl- oder Gasheizung:

- Bis zum 31.12.2024: alle Anlagen, die vor 2000 in öffentlichen Gebäuden eingebaut wurden
- Bis zum 31.12.2026: alle Anlagen, die vor 2000 in allen übrigen Gebäuden eingebaut wurden
- Bis zum 31.12.2029: alle Anlagen, die vor 2010 eingebaut wurden
- Bis zum 31.12.2039: alle verbleibenden Anlagen.

Mit diesem Fahrplan, wenn er 2022 beschlossen würde, hätten alle Öl- und Gasheizungen eine Laufzeit von mindestens 18 Jahren. Das entspricht etwas mehr als der durchschnittlichen Haltbarkeit solcher Anlagen.

Eine Austauschpflicht von Öl- und Gasheizungen im Bestand bis 2039 müsste zudem ebenfalls in die finanzielle Förderung der Alternativen (s.o.) und in einen gebäudespezifischen Sanierungsfahrplan (iSFP) eingebettet sein sowie berechnete Ausnahmen und Härtefälle berücksichtigen.

- Die **Kontrolle** aller dieser Pflichten würde wie beim iSFP den Kommunen obliegen, die dafür von Bund und Ländern einen finanziellen Ausgleich der Kosten erhalten müssten.

■ Neubauten klimaneutral machen

Als **Mindeststandard** für Neubauten sollte im Gebäudeenergiegesetz im Zuge der für 2022 geplanten Novelle ein KfW 40 Plus oder Passivhausstandard festgelegt werden.

■ Wirtschaftlichkeit verbessern und Lasten zwischen Mietenden und Vermietenden gerecht aufteilen

Der **CO₂-Preis** für fossile Energieträger verbessert die Wirtschaftlichkeit von energetischen Sanierungsmaßnahmen sowie klimaneutralen Heizungen und verringert die nötige finanzielle Förderung. Eine verursacher- und sozial gerechte sowie wirkungsvoll ausgestaltete CO₂-Bepreisung kann helfen, bei Mieter*innen wie Immobilieneigentümer*innen Bewusstsein und Handlungsdruck auszulösen.

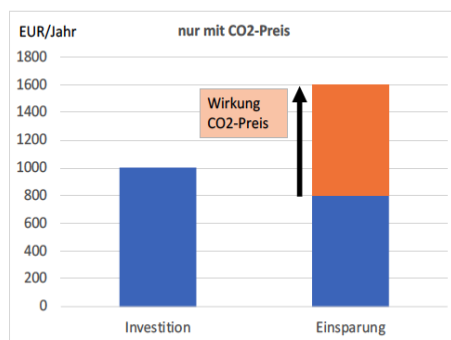
- Mit einem Teil der **Einnahmen** können zudem die notwendigen Förder- und Unterstützungsmaßnahmen sowie der Nah- und

Fernwärmeausbau finanziert werden, was bei der notwendigen vollständigen Transformation bis spätestens 2045 prinzipiell Allen zugute kommt und zusätzlich Kosten fossiler Energien in erheblichem Umfang einsparen wird.

- So wie der CO₂-Preis die nötige finanzielle Förderung verringert, reduziert die Förderung auch die **Höhe des CO₂-Preises**, der für die gleiche Verbesserung der Wirtschaftlichkeit nötig ist. Wie die folgende Grafik zeigt, kann eine Verdoppelung der Wirtschaftlichkeit (Verhältnis Ertrag zu Investition) bei der Wärmedämmung eines typischen Einfamilienhauses entweder durch einen CO₂-Preis von 180 Euro/Tonne oder durch einen CO₂-Preis von 50 Euro/Tonne in Verbindung mit einer Förderung von 37%, die aus den Einnahmen des CO₂-Preises finanziert wird, erreicht werden.

Nur über den CO₂-Preis:

- Doppelter Energiepreis nötig (ca. 180 EUR/Tonne)
- Alle unmittelbar betroffen



Über Verwendung zur Förderung:

- 50 Euro/Tonne reichen:
- Weil nur die, die investieren können, gefördert werden müssen

Anmerkung:
Fiktives Beispiel einer bisher knapp unwirtschaftlichen Maßnahme;
Wirkung CO₂-Preis durch Überschlagsrechnung plausibilisiert

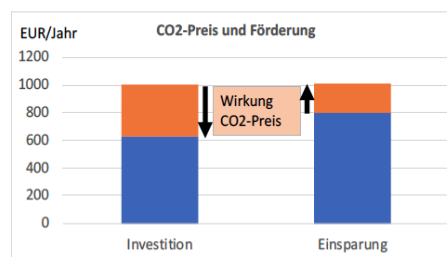


Abbildung 4: Wirkungen des CO₂-Preises: Verdoppelte Wirtschaftlichkeit – welcher Preis ist nötig in Abhängigkeit von der Verwendung zur Förderung?

Quelle: Wuppertal Institut 2021

- Der CO₂-Preis sollte **bei vermieteten Gebäuden** so gestaltet werden, dass nur bei Häusern mit gutem energetischem Zustand auch ein großer Teil der CO₂-Kosten an die Mietenden weitergegeben werden darf. Beispielsweise schlägt die dena (2021) folgende Staffelung vor: Für die Effizienzklassen A+, A und B zahlen die Mietenden 100 Prozent des CO₂-Preises, für C und D 70 Prozent, für E und F 40 Prozent und bei G und H 0 Prozent, d.h. die Vermietenden kommen vollständig für die CO₂-Kosten auf. So erhalten die Vermietenden den Anreiz zu Sanierung und werden stärker in die Pflicht genommen, indem sie die CO₂-Kosten je nach Gebäudezustand ganz oder teilweise tragen. Am größten ist der Anreiz, wenn der Anteil der Vermietenden bei energieeffizienten Gebäuden geringer ist. Für den Nachweis ist dann ein verlässlicher Energieausweis als Bedarfsausweis erforderlich. Eine zielgruppengenaue Förderung kann schließlich die Warmmietenneutralität erreichen. Zudem würden auch die Mietenden den teilweisen Ausgleich des CO₂-Preises durch eine Pro-Kopf-Klimaprämie erhalten. Diese Klimaprämie in Verbindung mit der zielgerichteten Förderung von

Klimaschutzmaßnahmen in Gebäuden ist im Übrigen effektiver, kostengünstiger und sozial ausgewogener als eine Absenkung oder Abschaffung der EEG-Umlage (FÖS 2021, Wuppertal Institut 2019).

- Wenn es andererseits gelingt, die gesetzliche Basis der Mietberechnung auf pauschale **Warmmieten** umzustellen, könnte zudem das Mieter-Vermieter-Dilemma noch wirkungsvoller aufgelöst werden. Vermieter*innen hätten dann die gleichen wirtschaftlichen Anreize zur Sanierung wie selbstnutzende Eigentümer*innen. Wenn es zusätzlich gelingt, dennoch eine verbrauchsbezogene Abrechnung zu ermöglichen, mit der die Pauschale an das individuelle Heizverhalten angepasst werden kann, wäre dies auch konform mit der EU-Energieeffizienzrichtlinie (Agora 2020). Für diese Ansätze besteht jedoch weiterer Untersuchungsbedarf.
- Weitere Instrumente zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von Investitionen in klimaneutrale Gebäude liegen darin, die **Grundsteuer und die Grunderwerbssteuer** an den energetischen Gebäudezustand zu koppeln. Diese Steuern würden dann prozentual umso höher ausfallen, je höher der Energieverbrauch und die THG-Emissionen wären.
- **Informationsgrundlage entscheidend verbessern**
Um die Sanierungs- und Wärmeversorgungsinvestitionen anzustoßen und zu leiten, sollten **gebäudeindividuelle Sanierungsfahrpläne** (iSFP; die EU-Kommission (2020) spricht von Gebäuderenovierungspässen, Building Renovation Passports) auf dem Weg zum „Nearly Zero Energy Building“ (NZEB) im Bestand und entsprechende Energieberatungen bis zu einem Stichtag bzw. bei Eigentümerwechsel ab sofort verpflichtend werden. Diese stellen übersichtlich dar, wann und in welcher Reihenfolge welche Renovierungen mit welchen Effizienzstandards sinnvoll umgesetzt werden sollten, und welche Investitionen und Einsparungen damit verbunden sind. Ziel ist, dass bis 2025 z.B. möglichst jedes Gebäude vor Baujahr 1980 oder 2001 einen iSFP hat, mit Baujahr zwischen 1980 und 2001 ggf. später, z.B. 2028. Zudem gewährleisten die iSFP, dass die Maßnahmen zielkonform sind und Lock-ins vermieden werden.
- Die Erfüllung dieser Pflicht muss durch die Kommunen unter Koordination durch die dena und die Landes-Energieagenturen überwacht werden. Die Kosten für die personelle Aufstockung der Bauämter sind den Kommunen von Bund und Ländern zu erstatten. Die Kosten für die Gebäudeeigentümer*innen sollten weiterhin mit 80% gefördert werden, damit nicht alle kurz vor dem Stichtag erst aktiv werden.
- Der Ist-Zustand der Gebäude wird in **digitalen Gebäude-Logbüchern** festgehalten (EU-Kommission 2020).
- Auch die **Energieausweise** werden entsprechend weiterentwickelt und auf Bedarfsausweise umgestellt.

- Die Daten des iSFP und der Logbücher müssen den Kommunen für die Umsetzungsplanung zur Verfügung gestellt werden, sowie auch Anbietern, die in Gebäuden oder Wärmeversorgung etwas umsetzen bzw. begleiten wollen.
- **Kommunale Umsetzung**
Auf Ebene von Quartieren und Kommunen würden die iSFP durch **Gebäudesanierungs- und Wärmeversorgungspläne** von Quartieren und Kommunen ergänzt. Sie sollten partizipativ erstellt und in die nachhaltige Entwicklung der Quartiere und Kommunen eingebunden werden. Diese Pläne sollten zur Pflichtaufgabe der Kommunen nach dem Vorbild Baden-Württembergs (§ 7d Absatz 1 des Klimaschutzgesetzes Baden-Württemberg i.d.F.v. 15.10.2020) werden und nach dem Konnexitätsprinzip durch den Bund beziehungsweise die Länder, bei denen die Zuständigkeit für die Kommunen liegt, weitgehend finanziert werden. In Dänemark, wo diese Pläne schon seit über 40 Jahren Standard sind, sind mittlerweile 63 % der Haushalte an (weitgehend grüne) Fernwärme angeschlossen.
- **Umsetzung unterstützen und organisieren**
Zielgruppenangepasste **One-Stop-Shops**, etwa durch kommunale Energieagenturen oder private Anbieter wie Zusammenschlüsse von Handwerksbetrieben, könnten den Sanierungspfad von Information, Beratung, individuellem Sanierungsfahrplan und Förderverfahren bis zu den Sanierungsprozessen selbst beschleunigen und damit die Einstiegshürde für eine ambitionierte energetische Sanierung senken (Fischedick et al., 2021). Sie oder andere Anbieter könnten zudem gleiche oder ähnliche Gebäude in einem Quartier bündeln und gemeinsame Ausschreibungen für die Sanierung organisieren. So können die Kosten erfahrungsgemäß deutlich reduziert werden, besonders auch durch Nutzung der Möglichkeiten industrieller Vorfertigung bzw. serieller Sanierung (s.u.). Die Kosten dieser Dienstleistung sollten vom Staat übernommen werden, die One-Stop-Shops sollten eine dauerhafte Förderung erhalten. Für Gebäude, die nicht über solche Ausschreibungen saniert werden können, sollte die Baubegleitung stärker angeboten und gefördert werden.
- Zudem sollten größere Kommunen **Quartiersmanagerinnen und -manager** einstellen, die aktiv Gebäudeeigentümer*innen für die energetische Sanierung ansprechen und z.B. zusammen mit Energieagenturen und One-Stop-Shops die Sanierung organisieren.
- Auch das Energiespar- und Energie-**Contracting** sollte weiterhin gefördert werden.
- **Einhaltung von Pflichten verbessern**
Eine bessere **Vollzugsüberwachung** der energetischen Vorgaben am Bau/ bei Renovierung (insbesondere bei Fassaden- und Dachsanierungen und wenn eine unbedingte Sanierungspflicht eingeführt wird, s.o.) durch staatliche Stellen ist notwendig. Sinnvoll wäre es, die Kapazitäten in den Baubehörden der Kommunen entsprechend wieder auszubauen. Selbstverständlich müssten die Kommunen dafür von Bund und

Ländern einen finanziellen Ausgleich der Kosten erhalten.

- **Qualifizierungs-, Digitalisierungs- und Kommunikationsoffensive**
Zudem sollte verstärkt in die **Ausbildung und Qualifizierung** von Energieberater*innen und des Handwerks investiert werden, um zu erwartende Kapazitätsengpässe zu vermeiden.
Wie oben schon erwähnt, könnten zudem bei verringerter Neubautätigkeit die dringend benötigten Baukapazitäten vom Neubau in die energetische Bestandssanierung gelenkt werden.
- Die **Digitalisierung** des Gebäudesektors könnte Aufwand und Kosten der energieeffizienten und klimaneutralen Renovierung des Gebäudebestands zusätzlich verringern. Hierzu gehören ein funktionierendes Register der Energieausweise, digitale Gebäudelogbücher und ‚digitale Zwillinge‘ der Gebäude, die z.B. die industrielle Vorfertigung von wärme gedämmten und/oder technikintegrierten Gebäudeelementen erleichtern (vgl. nächster Punkt „*Innovationen in der Bauwirtschaft*“).
- **Nutzerbedingte Einsparpotenziale** sollten realisiert werden durch die Förderung energiesparender Ansätze nutzerzentrierter Betriebsführung in Wohn- und Nichtwohngebäuden.
- Alle diese Instrumente und ihre Vorteile für die Eigentümer*innen und Mieter*innen sollten schließlich **breit kommuniziert** werden. Auch die Vorteile klimaneutraler Gebäude gehören dazu, am besten anhand von Demonstrationsprojekten (s.u.) in der jeweiligen Nachbarschaft, während Vorurteilen und der Verbreitung von Mythen aktiv entgegen gewirkt werden muss.
- **Förderung von Innovationen in der Bauwirtschaft**
Schließlich gilt es, die Forschung und Markteinführung innovativer Technologien und Verfahren zu forcieren (z. B. **serielles Sanieren** mit digitaler Erfassung, modulare Baukastensysteme mit fabrik-vorgefertigten “PreFab”-Lösungen). Solche Ansätze, wie es sie in den Niederlanden gibt und von der Deutschen Energie-Agentur schon erprobt werden (Energiesprong), könnten Sanierungen schneller und billiger machen. Der Bund sollte entsprechende Vorhaben über das aktuelle Pilotprojekt https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Seriell_Sanieren/serielles_sanieren_node.html hinaus in der Breite fördern.
- **Unterstützung beim Ausbau von Produktionskapazitäten**
für effiziente, klimaverträgliche **Heizungstechnologien** (insbesondere Wärmepumpen, Lüftungsanlagen und Solarthermie) wird ebenfalls für erforderlich gehalten. Deutschland ist ein führender Standort von international bedeutenden Herstellern von Heizungsanlagen. Die vier umsatzstärksten Unternehmen Bosch Thermotechnik (Buderus und Junkers), Vaillant Viessmann und Stiebel Eltron erzielen zusammen einen Jahresumsatz von rund 10 Milliarden Euro. Die Hersteller bei der Umstellung auf effiziente, klimaverträgliche Heizungstechnologien zu unterstützen, ist daher volkswirtschaftlich und klimapolitisch

von großer Bedeutung.

■ **Sanierung erlebbar machen**

Pilot- und Demonstrationsprojekte sind als Vorbilder nötig. Am besten wäre in jeder Straße mindestens ein gutes Beispiel. Der **Erfahrungsaustausch** unter Haus- und Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümern sollte entsprechend intensiviert werden.

Mit Blick auf den kurzen Umsetzungszeitraum sollten aber auch **weitergehende Maßnahmen** und eine grundsätzlich andere Rollenverteilung ergebnisoffen geprüft werden, wie beispielsweise die vollständige Übernahme der Verantwortung für die Durchführung von Sanierungsmaßnahmen durch den Staat (Bund und Länder in der Koordinierung, die Kommunen in der Umsetzung) bzw. durch von diesem legitimierte Stellen. Auf Basis der gebäudeindividuellen Sanierungsfahrpläne würden diese Stellen mit dem entsprechenden Vorlauf und in Absprache mit dem Gebäudebesitzer oder -besitzerin Planung, Vorfinanzierung und Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen übernehmen und so sicherstellen, dass eine vollständige Sanierung des Gebäudebestandes möglich ist. Dies könnte insbesondere auch durch Nachfragebündelung und Ausschreibung für eine Vielzahl von Gebäuden erfolgen.⁹

Damit die oben genannten Maßnahmen auf Verständnis und Akzeptanz stoßen, sollten Kommunikationsstrategien entwickelt werden, die zum einen auf die ökologische Notwendigkeit, zum anderen aber auch auf diese zahlreichen **“Co-Benefits”** von hohen energetischen Gebäudestandards verweisen:

- Sie haben positive Effekte auf den Arbeitsmarkt und die regionale Wertschöpfung,
- sie erhöhen den Wohn- und Arbeitskomfort (keine Zugluft, keine kalten Wände und Fenster, Schutz vor sommerlicher Überhitzung und Option, mit Erdsonden-Wärmepumpen energieeffizient und “kostenlos” zu kühlen, permanente Frischluftzufuhr durch Komfortlüftungsanlagen), was positive Effekte vor allem auch für vulnerable Personen hat,
- sie sind eine Versicherung gegen steigende Energiepreise wie im Jahr 2021, gerade auch für einkommensärmere Haushalte
- sie erhöhen den Wert der Immobilie und
- sie schützen vor Bauschäden.

⁹ Ob und inwiefern solch eine Strategie der Zielerreichung dienlicher ist, bedarf allerdings einer eingehenderen Analyse.

5 Literaturverzeichnis

- AGEB (2019). Anwendungsbilanzen zur Energiebilanz Deutschland Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungszwecken. Detaillierte Anwendungsbilanzen der Endenergiesektoren für 2017 und 2018 sowie zusammenfassende Zeitreihen zum Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungszwecken für Jahre von 2008 bis 2018. AG Energiebilanzen e.V. https://ag-energiebilanzen.de/#ageb_anwendungsbilanz2018_v3
- Agora Energiewende und Universität Kassel (2020). Wie passen Mieterschutz und Klimaschutz unter einen Hut? Impuls. Berlin.
- Agora Verkehrswende et al. (2018). Agora Verkehrswende, Agora Energiewende und Frontier Economics: Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe. www.stiftung-mercator.de/media/downloads/3_Publikationen/2018/Maerz/Agora_SynCost-Studie_WEB.pdf
- BBSR (2016). Struktur der Bestandsinvestitionen 2014. Investitionstätigkeit in den Wohnungs- und Nichtwohnungsbeständen (BBSR-Online-Publikation Nr. 03/2016). Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. <https://d-nb.info/1094915890/34>
- BDEW (2020). Entwicklung des Wärmeverbrauchs in Deutschland: Basis-daten und Einflussfaktoren - Foliensatz zur BDEW-Publikation. 4. aktualisierte Ausgabe Berlin, 25. Mai 2020 www.bdew.de/media/documents/20200525_Waermeverbrauchsanalyse_Foliensatz_2020_daQSUCb.pdf
- Bergmann, J., Salecki, S., Weiß, J. & Dunkelberg, E. (2021). Energetische Sanierungen in Berlin. Wie sich Kosten und Nutzen ambitionierter Klimaschutzmaßnahmen zwischen Mieter*innen und Vermieter*innen verteilen (Wissen. Wandel. Berlin. Report Nr. 9). Berlin: IÖW – Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Forschungsverbund Ecornet Berlin
- Bundesregierung (2019). Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050. <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975226/1679914/e01d6bd855f09bf05cf7498e06d0a3ff/2019-10-09-klima-massnahmen-data.pdf?download=1>
- Cischinsky, D. H., & Diefenbach, D. N. (2018). Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016. Datenerhebung zu den energetischen Merkmalen und Modernisierungsraten im deutschen und hessischen Wohngebäudebestand (S. 179). Institut Wohnen und Umwelt (IWU).
- dena (2019). Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand (dena-Gebäudereport kompakt 2019). Deutsche Energie Agentur GmbH. https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2019/dena-GEBAEUDEREPORT_KOMPAKT_2019.pdf
- Deutsche Energie-Agentur (dena) (2021). Begrenzte Umlage der BEHG-Kosten – Investitionsanreize stärken. Dena-Positionspapier. Berlin.
- Diefenbach, N., Cischinsky, H., Rodenfels, M., & Clausnitzer, K.-D. (2010). Datenbasis Gebäudebestand: Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand. Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Bremer Energie Institut (BEI).
- Europäische Kommission (EU-Kommission) (2020). A Renovation Wave for Europe - greening our buildings, creating jobs, improving lives. Brüssel.
- Fischedick, M., Haake, H., Arnold, K., Götz, T., Hennes, L., Kaselofsky, J., Koska, T., Leipprand, A., Samadi, S., Schüwer, D., Speck, M., Suerkemper, F., Thomas, S., Venjakob, J., von Geibler, J., Wilts, H. (2021). Transformative Innovationen (Zukunftsimpuls Nr. 18). Wuppertal Institut.
- FÖS (Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft) (2021). Soziale und ökologische Auswirkungen einer Senkung der EEG-Umlage. Studie im Auftrag von Germanwatch, BUND und Klima-Allianz Deutschland. FÖS.
- Gaßner, H., & Neusüß, P. (2011). Sanierungsvorgaben für bestehende Gebäude. Vereinbarkeit mit Eigentumsschutz und anderen Grundrechten (S. 37). NABU - Naturschutzbund Deutschland e.V. https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/energie/ggsc_rechtsgutachten_sanierungsvorgaben_final_110913.pdf
- German Zero (2020). Der 1,5-Grad-Klimaplan für Deutschland. Gemeinsamer Aufbruch gegen die Klimakrise. German Zero e.V. www.germanzero.de/gebaeude-waerme
- IEE (2020). Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik (IEE): Wasserstoff im zukünftigen Energiesystem: Fokus Gebäudewärme. Studie zum Einsatz von H2 im zukünftigen Energiesystem unter besonderer Berücksichtigung der Gebäudewärmeversorgung. www.iee.fraunhofer.de/content/dam/iee/energiesystemtechnik/de/Dokumente/Studien-Reports/FraunhoferIEE_Kurzstudie_H2_Gebaeudewaerme_Final_20200529.pdf
- Mellwig, Peter und Martin Pehnt [Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu)] (2019): Sozialer Klimaschutz in Mietwohnungen. Kurzgutachten zur sozialen und klimagerechten Aufteilung der Kosten bei energetischer Modernisierung im Wohnungsbestand. Heidelberg.

- https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/energie-wende/energiewende_sozialer_klimaschutz_mietwohnungen.pdf.
- Pehnt, M., Mellwig, P., Duscha, M., Boermans, T., Bettgenhäuser, K., Diefenbach, N., Enseling, A., & Artz, M. (2015). Weiterentwicklung des bestehenden Instrumentariums für den Klimaschutz im Gebäudebereich. ifeu, IWU, Ecofys, Universität Bielefeld. [https://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/Sanierungsfahrplan AP 3 final.pdf](https://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/Sanierungsfahrplan_AP_3_final.pdf)
- SRU (2021). Wasserstoff im Klimaschutz: Klasse statt Masse. Stellungnahme. Berlin. Unter: www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2020_2024/2021_06_stellungnahme_wasserstoff_im_klimaschutz.pdf (11.10.2021).
- Stiftung Klimaneutralität (2021). Agenda für eine sozial gerechte Wärmewende. Ein Regelungsvorschlag. Berlin
- Thema, J., Thomas, S., Kopatz, M., Spitzner, M., Ekardt, F. (2016): Energiesuffizienzpolitik. Wuppertal.
- UBA (2020): Emission der von der UN-Klimarahmenkonvention abgedeckten Treibhausgase. <https://www.umweltbundesamt.de/indikator-emission-von-treibhausgasen#die-wichtigsten-fakten>
- Wuppertal Institut (2019). Ein CO₂-Preis als Instrument der Klimapolitik: notwendig, aber nur im Gesamtpaket wirkungsvoll und sozial gerecht. Wuppertal Paper Nr 195. Thomas, S.; Fishedick, M.; Hermwille, L.; Suerkemper, F.; Thema, J.; Venjakob, M. <https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7340/file/WP195.pdf>
- Wuppertal Institut (2020). CO₂-neutral bis 2035: Eckpunkte eines deutschen Beitrags zur Einhaltung der 1,5-°C-Grenze. Bericht. Wuppertal.

6 Anhang zu Abbildung 2: Herleitung der Wirkungsgrade

WP:

- PH & NZEB:
 $400\% \text{ (COP bei Flächenheizung NT)} \times 95\% \text{ (Stromtransport)} = \mathbf{380\%}$
- EnEV 2007:
 $350\% \text{ (COP bei Radiatoren NT)} \times 95\% \text{ (Stromtransport)} = \mathbf{330\%}$
- Altbau:
 $300\% \text{ (COP bei Radiatoren)} \times 95\% \text{ (Stromtransport)} = \mathbf{285\%}$

H₂-Produktion:

- $95\% \text{ (Übertragung)} \times 70\% \text{ (Elektrolyse)} = \mathbf{67\%}$

H₂-Kessel:

- $67\% \text{ (H}_2\text{)} \times 99\% \text{ (Transport)} \times 95\% \text{ (Gas-BWT)} = \mathbf{63\%}$

SNG-Produktion:

- $95\% \text{ (Übertragung)} \times 70\% \text{ (Elektrolyse)} \times 80\% \text{ (Methanisierung)} = \mathbf{53\%}$

SNG-Kessel:

- $53\% \text{ (SNG)} \times 99\% \text{ (Transport)} \times 95\% \text{ (Gas-BWT)} = \mathbf{50\%}$

Quelle für Wirkungsgrade:

- Eigene Annahmen und
- Agora Mrz. 2018: Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe (Abb. 3 / S.13)
- Berechnung Agora auf der Grundlage von Acatech et al. (2017 a,b), Köppel (2015), FENES et al. (2015): www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2017/SynKost_2050/Agora_SynCost-Studie_WEB.pdf