

Sicherheitsorientierte Energiepolitik

Eine Finanzierungsstrategie für die
Erdgasunabhängigkeit von Deutschland



Impressum

Eine Publikation des Fachrats Energieunabhängigkeit

Sprecher und Mitglieder des Fachrats (Leitautor:innen) und ihre Expertise

- Jonathan Barth (Sprecher), Wirtschaftspolitik, ZOE institut für zukunftsfähige Ökonomien
- Dr. Caroline Herkströter, Bankaufsichts- und Investmentrecht, DLA Piper
- Kristina Jeromin, Sustainable Finance, Green and Sustainable Finance Cluster Germany
- Prof. Dr. Tom Krebs, Wirtschaftspolitik, Universität Mannheim
- Dr. Anna Leipprand, Industrietransformation, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie
- Tariq Noori, Sustainable Finance, DZ Bank
- Dr. Martin Pehnt, Wärmewende, ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg
- Frank Peter, Industrietransformation, Agora Industrie

Mitautor:innen

Joshua Meinke, Christian van Ballegooy, Lydia Korinek, Sebastian Kiecker, Jan Frohn, Cecilia Llamosas

Editorinnen

Julia Besendorf, Saskia Brikkenaar Van Dijk, Laura Mazzoni

Zitationsvorschlag

Fachrat Energieunabhängigkeit (2024):
Sicherheitsorientierte Energiepolitik – Eine Finanzierungsstrategie für die Erdgasunabhängigkeit von Deutschland.

Danksagungen

Wir bedanken uns für Beiträge, Kommentierung und Reviews von Adam Tooze, Dr. Eva Bode, Rheanna Johnston, Lisa Fischer, Jana Bosse, Dr. Richard Lucht, Tim Sternkopf, Tim Mennel, Markus Schönborn, Britta Kleinertz, Philipp Hench, Mareike Herrndorff, Uta Weiß, Anna Kraus, Christina Deckwirth, Michael Peters, Uwe Zöllner, Emmanuel Schlichter und alle Interviewees der Stakeholdergespräche (siehe Anhang).

Transparenz

Wir bedanken uns für die finanzielle Unterstützung des Climate Finance Fund, die diese Arbeit ermöglicht hat.

Layout und Design

PETRI EINTAUSENDVIER Kommunikationsdesign

Copyright

© ZOE Institut für zukunftsfähige Ökonomien
(als rechtlicher Träger des Fachrats), 2024

Disclaimer

Die Maßnahmen/Aussagen sind in zehn Sitzungen des Fachrats erarbeitet worden. Die in diesem Dokument zum Ausdruck gebrachten Ansichten sind ausschließlich die der Autor:innen und stellen nicht unbedingt die offiziellen Ansichten der Organisationen da, die sie vertreten. Je nach fachlichem Schwerpunkt sind Mitglieder nur zu bestimmten Themen sprechfähig.

Sicherheitsorientierte Energiepolitik

Eine Finanzierungsstrategie für die
Erdgasunabhängigkeit von Deutschland

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung für Entscheidungsträger:innen	7
1. Einleitung: Erdgas im geopolitischen Zeitalter	12
2. Motivation: Die Erdgas-Zeitenwende einleiten	14
Kurze Zeitenwende durch Substitution und Einsparungen	14
Bleibt die langfristige Zeitenwende aus?	15
Erdgasunabhängigkeit als wirtschaftliche Chance	19
3. Bestehender politischer Rahmen: Der Weg zur Erdgasunabhängigkeit zwischen Regulierung, CO₂-Preisen und Förderung	24
Preise für CO ₂ definieren einen langfristigen Korridor	24
Regulatorische Ziele bieten Richtungssicherheit	26
Förderungen ermöglichen vorausschauendes Handeln	29
Milliarden mobilisieren: Die Lenkung privaten Kapitals	31
4. Mission erdgasfreie Zukunft: Prioritäten und Szenarien	34
Substitutionspotentiale von Erdgas liegen in den Sektoren Gebäude und Industrie	34
Wärmeerzeugung und stoffliche Nutzung sind die Hauptanwendungsfelder von Erdgas	36
Die technischen Voraussetzungen für die Erdgasunabhängigkeit sind gegeben	37
5. Herausforderung: Investitionen mobilisieren – wenn Bestehendes nicht reicht	40
6. Wirtschaftstheoretische Einordnung: Investitionstheorie und politische Zielkonflikte	42
Standardtheorie	42
Investieren unter Pfadabhängigkeiten	43
Investieren unter Unsicherheit	44
Politische Zielkonflikte prägen die Debatte	45
7. Deep Dives: Die Sektoren Gebäude, Industrie und Finanzwirtschaft	46
Einleitung	46
7.1 Wärmewende für erdgasfreie Gebäude	47
Umstellung der Wärmeerzeugung	48
Aktivierung institutioneller Akteure	50
Einsparpotentiale und Investitionsbedarfe variieren	52
Zwei Bremsen von Wohnungsunternehmen	55
Hohe Renditeerwartungen von börsennotierten Wohnungsunternehmen	56
Erdgasunabhängige Stadtwerke	57
Ungenutztes Potential der Energiedienstleister	60
Kapitalzugang von privaten Eigentümer:innen	62
Investitionsbereitschaft fördern	63
Fachkräftemangel im Handwerk als Querschnittsherausforderung	65

7.2 Wende zur erdgasfreien Industrie	66
Erkenntnisse der Analyse des Industriesektors	67
Elektrifizierung der Prozesswärme und fokussierter Einsatz von Wasserstoff	68
Hoher Reifegrad der Substitutionstechnologien	68
Anlagenbau als Wettbewerbsvorteil	70
Zeitfenster der Investitionen entscheidend	70
Übersehene Branchen	70
Überschaubare Investitionsbedarfe	71
Unterschiedliche Ausgangsbedingungen	76
OpEx schlägt CapEx	77
Drei Unternehmenstypen in der Industriegewende	79
7.3 Finanzwirtschaft als Ermöglicher der Erdgasunabhängigkeit	80
Strukturwandel finanzieren	81
Investieren zwischen Profitabilität und Risiko	83
Kredite und Aufwände bündeln	84
Rolle von Banken neu denken und Transitionsrisiken abbilden	84
Klare, unterstützende und ambitionierte Sustainable Finance Standards	85
8. Handeln: Zehn Vorschläge für Erdgasunabhängigkeit	88
Überblick und Wirkungslogik der Maßnahmen	90
1. Kommission für Erdgasunabhängigkeit	93
2. Ermöglichungspaket kommunale Wärmewende	94
3. Skalierungsprogramm Wärmecontracting	96
4. Praxis-Checks für die Wärmewende	99
5. Wärme-für-Alle Programm für vulnerable Eigentümer:innen	101
6. Fachkräfteoffensive Wärmewende	102
7. Industriegewende-Beschleuniger-Plattform	104
8. Sustainable Finance auf Transition ausrichten	107
9. Zielgerichtete öffentliche Finanzierung	109
10. Zinsvorteile für Investitionen in Erdgasunabhängigkeit	112
Anhang	114
Literaturverzeichnis	115

Abbildungsverzeichnis

1. Einleitung: Erdgas im geopolitischen Zeitalter

Abbildung 1.1 Umfrage zu Einstellungen zu Energie und Klima – Zustimmung zu den Aussagen, dass Deutschlands Zukunft als Wirtschaftsmacht von Erdgas abhängt und ob eine Erdgasreduktion als wirtschaftliches Kraftzentrum möglich ist.

2. Motivation: Die Erdgas-Zeitenwende einleiten

Abbildung 2.1 Gasverbrauch in Deutschland (monatlicher Mittelwert) 2023 im Vergleich zu 2022 und dem Durchschnittsverbrauch 2018–2021.

Abbildung 2.2 LNG-Importe der EU-27 (links) und Gasimportstruktur Deutschlands (rechts) vor und nach dem russischen Angriffskrieg.

Abbildung 2.3 Umfrage zu Einstellungen zu Energie und Klima.

Abbildung 2.4 Mögliche Stranded Assets aufgrund eines verzögerten und nicht verlässlichen Pfades in die Erdgasunabhängigkeit.

Abbildung 2.5 Entwicklung der Produktions-, Verkaufs-, und Installationszahlen ausgewählter Schlüsseltechnologien.

Abbildung 2.6 Wachstum der weltweiten installierten Produktionskapazitäten für grüne Technologien.

Abbildung 2.7 Umsatz der deutschen Solarindustrie (links) im Vergleich zur weltweiten Produktion von PV-Modulen (rechts).

Abbildung 2.8 Marktanteil deutscher Hersteller in der globalen Automobilproduktion.

Abbildung 2.9 Produktionszahlen Deutschland in Tsd. Stück (links); Wärmepumpenabsatz in Deutschland von 2010–2022 mit Installationszielen (orange) bis 2030 (Mitte); Wärmepumpenabsatz im europäischen Vergleich in 2022 (rechts).

Abbildung 2.10 Kumulierte Anzahl an wertvollen Patenten bei Wärmepumpen im weltweiten Vergleich (links); Top 6 Länder mit wertvollen Erfindungen im Bereich Wärmepumpen zwischen 2018 und 2020 (rechts).

Abbildung 2.11 Deutschlands Platzierungen im World Competitiveness Ranking.

Abbildung 2.12 Ländervergleich der ökonomischen Komplexität gemessen am ECI (Economic Complexity Index).

3. Bestehender politischer Rahmen: Der Weg zur Erdgasunabhängigkeit zwischen Regulierung, CO₂-Preisen und Förderung

Abbildung 3.1 Marktbasierte Instrumente, Regulierungen, Ausbauziele, Förderungen und Sustainable Finance unterstützen die Substitution von erdgasbasierten durch erdgasfreie Technologien.

Abbildung 3.2 ETS 1-Preise im Standardszenario Green Deal/FF55 COM (links); Variation des CO₂-Preises 2030 des ETS 1 im LIMES-Modell nach der ETS-Reform (rechts).

Abbildung 3.3 Bundesförderungen für erdgasfreie Technologien im Gebäude- und Industriesektor laut Einzelplan (EP) für 2023, 2024 und Verpflichtungserklärungen nach 2024, sowie Finanzplan 2023–2027 (FP) des Klimatransformationsfonds.

4. Mission erdgasfreie Zukunft: Prioritäten und Szenarien

Abbildung 4.1 Erdgasnutzung in Deutschland nach Anwendungsfeldern (links) und nach spezifischen Nutzungsformen in 2021 (rechts).

Abbildung 4.2 Erdgasverbrauch und -abhängigkeit der acht Industriebranchen mit dem größten Erdgasverbrauch und Gebäudetypen in 2021 nach Erdgasverbrauch und Anteil von Erdgas an ihrem Endenergieverbrauch.

Abbildung 4.3 Erdgasnutzung im Gebäudesektor: Wärmeerzeuger in Gebäuden im Bestand (links) und Neubau (rechts) in 2022.

Abbildung 4.4 Anwendungsbereiche von Erdgas im Industriesektor.

Abbildung 4.5 Erdgasreduktionspfade im Primärenergieverbrauch in den BMWK-Langfristszenarien.

Abbildung 4.6 Transformationspfade in den BMWK-Langfristszenarien für erdgasfreie Technologien im Gebäudesektor: (a) energetische Sanierungsrate (b), installierte Wärmepumpen und (c) Gebäudeversorgung aus Wärmenetzen.

Abbildung 4.7 Transformationspfade laut BMWK-Langfristszenarien für erdgasfreie Technologien im Industriesektor: (a) Elektrifizierte Prozesswärme, (b) H₂-DRI-Stahlproduktion und (c) Produktion von chemischen Grundstoffen aus Wasserstoff.

5. Herausforderung: Investitionen mobilisieren – wenn Bestehendes nicht reicht

Abbildung 5.1 Investitionsbedarfe zur Substitution von Erdgas in Industrie, Gebäuden und Wärmenetzen im Vergleich mit Gesamtinvestitionen der Sektoren bis 2050.

6. Wirtschaftstheoretische Einordnung: Investitionstheorie und politische Zielkonflikte

Abbildung 6.1 Mögliche politische Zielkonflikte in einer sozial ausgewogenen Transformation zur Erdgasunabhängigkeit.

7. Deep Dives: Die Sektoren Gebäude, Industrie und Finanzwirtschaft

Abbildung 7.1 Illustrative Darstellung der Rendite- und Risikoerwartung von Akteuren der Kapitalnachfrage (links) und des Kapitalangebots (rechts).

Abbildung 7.2 Akteure der Wärmewende.

Abbildung 7.3 Anteile der Wohnungen in Deutschland nach Eigentumstyp und Rechtsform sowie Vulnerabilität von privaten Eigentümer:innen.

Abbildung 7.4 Mehrinvestitionsvolumina für einen klimaneutralen Gebäudebestand in 2045 nach Technologie und Akteuren.

Abbildung 7.5 Mehrinvestitionsvolumen (x, Mrd. Euro) und Gasverbrauch (y, TWh/a) nach Akteuren und indikative durchschnittliche Kosten pro Akteur (Größe der Kreise in T Euro).

Abbildung 7.6 Entwicklung der Abschöpfungsquoten von börsennotierten Wohnungsunternehmen vor der Zinswende.

Abbildung 7.7 Umsatzzusammensetzung nach Geschäftsfeld für Stadtwerke in Städten mit über 100.000 Einwohner:innen (links), Gesamtumsätze im Gasgeschäft in 2021 (rechts).

Abbildung 7.8 Verschuldungsgrade der Stadtwerke (links) und Haushaltslage der kommunalen Eigentümer (rechts).

Abbildung 7.9 Förderlücke beim Ausbau und Dekarbonisierung der Wärmenetze.

Abbildung 7.10 Einkommenssituation (links) und Schuldenbelastung (rechts) der Wohnungseigentümer:innen.

Abbildung 7.11 Erdgasverbrauch der Anwendungsbereiche im Industriesektor.

Abbildung 7.12 Investitionsvolumen zur Substitution von Erdgas in der deutschen Industrie nach Anwendungsfeldern und (Branche) in Mrd. Euro.

Abbildung 7.13 Global angekündigte Investitionen in DRI von Eisenerz mit Wasserstoff (H₂) oder Erdgas bis 2030.

Abbildung 7.14 Investitionsbedarfe zur Substitution von Erdgas durch Elektrifizierung der Prozesswärmeerzeugung in Mrd. Euro und Vermeidungskosten nach Branchen in Mio. Euro.

Abbildung 7.15 Gasverbrauch und Investitionen nach Branchenkonzentration.

Abbildung 7.16 Förderlücke für die Elektrifizierung der Prozesswärme in der Industrie im Vergleich von aktuellen Verpflichtungserklärungen und nötigen Investitionen.

Abbildung 7.17 Kreditablehnungsquote unter KMU.

Abbildung 7.18 Finanzierungsmittel nach Projektphasen.

Abbildung 7.19 Der Industrie Lock-in: Unternehmenstypen kategorisiert nach Hemmnissen und Möglichkeiten zur Überwindung von strukturellen und ökonomischen Hemmnissen sowie der Veränderung der Risikowahrnehmung.

Abbildung 7.20 Illustratives Senkey Diagramm zum Matching zwischen Kapitalnachfrage (links) und privatem Kapitalangebot (rechts).

Abbildung 7.21 Taxonomiefähigkeit und -konformität der notwendigen Investitionen (Mrd. Euro) in Industrie und Gebäude zur Substitution von Erdgas.

8. Handeln: Zehn Vorschläge für Erdgasunabhängigkeit

Abbildung 8.1 Finanzierungsstrategie Erdgasunabhängigkeit - Gesamtüberblick über Akteure, Politikempfehlungen, Technologien und Fokusbereiche inkl. Investitionsvolumina und Erdgasreduktionspotentiale.

Abbildung 8.2 Illustrative Darstellung der fünf Säulen des Ermöglichungsprogramms kommunale Wärmewende insb. des Zusammenspiels von Bund, Ländern und Kommunen und der Rolle von kommunalen Wärmewende-Teams (KWWT) und Stadtwerken sowie Energieversorgern (SW).

Abbildung 8.3 Bündelung der Wärmecontractingverträge durch eine Investmentbank und die KfW zur Sicherstellung der Kapitalisierung von Stadtwerken und privaten Energiedienstleistern (oben) und Kombination mit einer Versicherung (unten).

Abbildung 8.4 Schematische Darstellung des Lernprozesses zwischen Unternehmen auf der Industrierende-Beschleuniger-Plattform.

Abbildung 8.5 Notwendige zusätzliche Förderung zur Erdgasunabhängigkeit und geschätzter zusätzlicher fiskalischer Spielraum der Handlungsoptionen in Mrd. Euro pro Jahr.

Zusammenfassung für Entscheidungsträger:innen

Der russische Angriffskrieg hat eine geopolitische Zeitenwende eingeläutet. Diese Zeitenwende wirkt sich auf Sicherheits- und Außenpolitik aus, erfordert aber auch eine grundlegende Neuausrichtung der Energiepolitik, die Schlüsse aus der Krise zieht und Energieabhängigkeiten reduziert. Von dieser Neuausrichtung sind wir aber weit entfernt. Der vorliegende Bericht formuliert Handlungsschritte für Politik, Wirtschaft und Gesellschaft, wie Erdgasunabhängigkeit als Baustein einer sicherheitsorientierten Energiepolitik für Deutschland priorisiert und die darin liegenden Potentiale genutzt werden können.

Risiken erkennen. (→ zum Kapitel 2)

- Die EU und Deutschland haben sich kurzfristig erfolgreich von geringeren russischen Erdgaslieferungen entkoppelt, indem sie **zwischen 2021 und 2022 66 % mehr Flüssigerdgas (LNG) in die EU** importierten und den Verbrauch reduzierten.
- Langfristig konfrontieren die Importabhängigkeiten von LNG Wirtschaft und Gesellschaft mit neuen **Inflations- und Energiepreiserisiken, geopolitischen Abhängigkeiten sowie wachsenden Transitions- und Klimarisiken.**
- Die damit verbundenen **Risiken für öffentliche Finanzen** wurden nicht zuletzt durch die Unterstützungsprogramme der Energiekrise in 2022 deutlich.
- Diese Risiken verlangen nach einer **grundsätzlichen Neubewertung** der langfristigen Ausrichtung der deutschen und europäischen Energiepolitik.

Chancen ergreifen. (→ zum Kapitel 2)

- Eine Priorisierung der Unabhängigkeit von Erdgas als entscheidender Baustein einer sicherheitsorientierten Energiepolitik birgt das **Potential, Sicherheits-, Wirtschafts- und Klimarisiken zu mindern** und eine Alternative jenseits von Erdgas als Brückentechnologie aufzuzeigen.
- Deutschland kann als Innovationsstandort von einer **führenden Rolle in grünen Schlüsseltechnologien** profitieren, insbesondere im Anlagen- und Maschinenbau und der Wärmepumpentechnologie.
- Wenn es Deutschland gelingt, wieder an globale Trends in grünen Technologien aufzuschließen, können Wirtschaft und Politik die **heimische und europäische Wertschöpfung steigern** und neue Arbeitsplätze erschließen.

Strategisch vorgehen. (→ zum Kapitel 4)

- Die vorliegende Analyse präsentiert eine Strategie wie Politik **nach den Kürzungen des Bundeshaushalts Schlüsselakteure für private Investitionen in die Erdgasunabhängigkeit Deutschlands aktivieren kann.**
- Die Umlenkung von Kapitalströmen in erdgasfreie Technologien – schätzungsweise 482 Mrd. Euro im Gebäudesektor und etwa 44 Mrd. Euro in der Industrie – kann die **Abhängigkeit von Erdgas um 64 % senken und den Weg für Gesamteinsparungen von insgesamt knapp 78 % ebnen.**
- Schwerpunktbereiche sind der **Bestand an Gasheizungen in Gebäuden** (50 % der Heizungen) sowie die Nutzung von Erdgas in der **industriellen Prozesswärme** (80 % des industriellen Gasverbrauchs).
- **Marktreife, erprobte und saubere Technologien** sind die Grundlage für die Elektrifizierung der industriellen Prozesswärme und die stoffliche Substitution von Erdgas, die Umstellung der Wärmenetze, der Umstieg auf erdgasfreie Heiztechnologien und die Steigerung der Sanierungsquote.

Ermöglichungsbedingungen schaffen, ...

- **Die Reduktion der Abhängigkeit von Erdgas um bis zu 78 % wird erreicht**, indem strukturelle und ökonomische Rahmenbedingungen verändert und Feedbackmechanismen zwischen Politik, Wirtschaft und Gesellschaft gestärkt werden. Wir präsentieren **zehn Politikempfehlungen**, die eine ökonomisch effiziente als auch sozial effektive Investitionsdynamik im Spannungsfeld zwischen kurzfristiger Bezahlbarkeit, langfristiger Wettbewerbsfähigkeit und sozialer Akzeptanz ermöglichen. Durch eine **passgenaue Verzahnung von Kapitalangebot und -nachfrage** aktivieren sie Schlüsselakteure für private Investitionen.
- **Für erdgasfreie Gebäude sind institutionelle Akteure wie Wohnungsunternehmen (19 % der Wohngebäude), Energiedienstleister und Stadtwerke zentral, wobei dem Handwerk eine Querschnittsaufgabe zukommt.** Ein Skalierungsprogramm für Wärmecontracting, ein Ermöglichungspaket kommunale Wärmewende und Praxis-Checks mobilisieren Wohnungsunternehmen, Energiedienstleister und Stadtwerke für Investitionen, schaffen Skaleneffekte und binden sie in die Weiterentwicklung des rechtlichen Rahmens ein. Ein Wärme-für-Alle Programm sichert den Zugang zur erdgasfreien Wärmeversorgung auch für Wohnungseigentümer:innen mit schlechter Kreditbonität. Eine Fachkräfteoffensive fördert die Ausbildung nötiger Fachkräfte. **Insgesamt lässt sich der gesamte Erdgasverbrauch dadurch um 38 % reduzieren, und ebnet den Weg für weitere 12 % bei Nicht-Wohngebäuden.**
- **In der Industrie fallen für Prozesswärme in den vier Branchen Ernährung und Tabak, Papiergewerbe, Verarbeitung von Steinen und Erden sowie Grundstoffchemie 51 % des industriellen Erdgasverbrauch an (13 % des deutschen Gesamtbedarfs), die sich mit 9,5 Mrd. Euro an Anlageninvestitionen elektrifizieren lassen.** Dafür mobilisiert eine Industriewende-Beschleuniger-Plattform Pionierunternehmen – insbesondere **kleine und mittelständischen Unternehmen** –, bei der Elektrifizierung der Prozesswärme voranzugehen und durch Erfahrungen Vertrauen in den Wandel zu schaffen. Diese Vorreiter weisen den Weg, wie Transitions- und Klimarisiken effektiv vorgebeugt werden können und inspirieren andere Unternehmen.

- **Banken werden zu Begleitern des Wandels für Unternehmens- und Privatkund:innen.** Eine Ausrichtung der Sustainable Finance Regulierung auf die Transition befähigt sie, ihre Expertise im Risikomanagement zu nutzen, um Transitionsrisiken zu identifizieren und Vertrauen in Investitionen zu stärken.
- Eine Kommission für Erdgasunabhängigkeit, zielgerichtete öffentliche Finanzierung sowie temporäre grüne TLTROs wirken **systemisch in der Breite.**

... die Investitionshemmnisse überwinden.

Gebäudesektor (→ zum Kapitel 7.1)

1. Größte Erdgaseinsparungspotentiale und Investitionsbedarfe liegen bei privaten Eigentümer:innen, während **Stadtwerke vor hohen konzentrierten Kosten** stehen.
2. **Verschlechterte Kreditbedingungen und bürokratische Hemmnisse setzen Wohnungsunternehmen und institutionelle Wohnungseigentümer** unter Druck. Wohnungsunternehmen investieren folglich immer weniger in Modernisierung (nur 38 % der Investitionskosten). Gleichzeitig besitzen institutionelle Wohnungseigentümer 19 % der Wohngebäude.
3. **Stadtwerke** müssen jetzt neue Geschäftsmodelle entwickeln, um starke Umsatzrückgänge aus dem Gasgeschäft zu kompensieren und ihre zukünftige Wettbewerbsfähigkeit zu sichern. **25 % des Gesamtumsatzes** großer Stadtwerke kommen aus dem Gasgeschäft.
4. **Hohe Verbindlichkeiten und begrenzter Förderzugang** mindern das Potential der Energiedienstleister, eine große Rolle in der Beschleunigung der Erdgasunabhängigkeit zu spielen.
5. **15–30 % der privaten Wohngebäudeeigentümer:innen haben Probleme beim Kapitalzugang**, zudem bestehen strukturelle Investitionshemmnisse. 40 % der Eigentümer:innen geben an, dass sie sich Investitionen nicht leisten können.
6. Fehlende Wahrnehmung der Beratungs- und Förderangebote gepaart mit einer **Aversion gegenüber langfristigen Krediten** hemmen private Investitionen. Allgemein werden Investitionen mit Amortisationszeiträumen von mehr als zwei Jahren nur in eins von drei Fällen (27 %) in Betracht gezogen.
7. **Fachkräftelücke könnte sich bis 2026 verdreifachen.** Das Handwerk steht vor großen Herausforderungen bei der Fachkräftesicherung und Mobilisierung – weitere Maßnahmen der Fachkräftemobilisierung sind notwendig.

Industriesektor (→ zum Kapitel 7.2)

- 1. Industrieanlagen haben lange Lebensdauern**, weshalb der Zeitpunkt für (Re-)Investitionen zentral ist. Die Nutzung von Investitionsfenstern entsprechend der Erneuerungszyklen kann Standed Assets vermeiden.
- Verglichen mit Investitionsbedarfen in Gebäuden und den Energiekosten sind die Investitionen in Anlagen für erdgasfreie Prozesswärme gering, erfordern jedoch in der typischen Logik des Sektors eine **schnelle Amortisierung**.
- Ausgehend von der Größe, dem Standort und dem spezifischen Energiebedarf von Unternehmen **variiert die Bedeutung von ökonomischen oder strukturellen Herausforderungen** beim Ersatz von Erdgas.
- Ein Großteil der Total Cost of Ownership der grünen Industrieanlagen ist **Betriebskosten** zuzuordnen, nur ein kleiner Teil fällt auf die Kapitalkosten. Jedoch sind in **Grundstoffchemie und der Ernährungs- und Tabakindustrie für einzelne Technologien vernachlässigbare OpEx-Steigerungen durch die Elektrifizierung zu erwarten**.

Finanzsektor (→ zum Kapitel 7.3)

- Wo **Risiken, fehlende Sicherheiten und geringe Einnahmen** Investitionen bremsen, ermöglichen verlässliche Regulierung, öffentliche Finanzierung und Risikoübernahmen das Crowding-in von privatem Kapital.
- Um **hohe Vergabeaufwände** zu reduzieren, braucht es Finanzierungslösungen, die Kredite effektiv bündeln.
- Damit Banken Transitionsrisiken identifizieren und adressieren können, müssen Finanzierungsinstrumente auf **standardisierten und verbindlichen Zielen sowie fortlaufenden Wirkungsanalysen** aufbauen.
- Eine verlässliche **Datengrundlage** und eindeutige Klassifizierung von Investitionen in die Erdgasunabhängigkeit im Kontext der EU-Taxonomie unterstützt den Kapitalfluss in den wirtschaftlichen Strukturwandel.
- Eine **lückenhafte EU-Taxonomie**, die die Investitionen der Industrie in die Erdgasunabhängigkeit nicht eindeutig abdeckt, fördert dagegen Unsicherheit.

Maßnahmen umsetzen. (→ zum Kapitel 8)

Unsere Empfehlungen erweitern bewusst das Spektrum an Maßnahmen und gehen über Regulierung, CO₂-Preise und Förderung hinaus. Sie zielen darauf, ein Investitionsumfeld zu schaffen, das Vertrauen fördert. Die folgenden zehn Punkte initiieren Prozesse und Feedback-Mechanismen, die eine Dynamik entfachen, welche die Erdgasunabhängigkeit Deutschlands realisierbar macht.

- 1. Kommission für Erdgasunabhängigkeit** (→ zum Vorschlag)
Einrichtung einer **Expertenkommission zur Beschleunigung der Erdgasunabhängigkeit**. Ziel ist die Identifizierung eines realistischen, mit den Klimazielen der Bundesregierung vereinbaren und sozialverträglichen Pfades zur Erdgasunabhängigkeit und die Entwicklung von Vorschlägen für dafür nötige regulatorische Anpassungen und Finanzierungszusagen.
- 2. Ermöglichungspaket kommunale Wärmewende** (→ zum Vorschlag)
Beschleunigung der Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung durch die Stärkung der Anpassungsfähigkeit der Gesetzgebung, die Etablierung effektiver kommunaler Koordination, die Befähigung lokaler Akteure und die synergetische Betrachtung von Planung, Finanzierung und Umsetzung. Fünf Säulen bilden das Rückgrat des Ermöglichungspakets: die Bereitstellung **kommunaler Wärmewendeteams**, Organisation von Dialogen auf Bundesebene, Initiierung von Austausch- und Lernprogrammen auf Landesebene, Hosting von **Innovationsclustern für Stadtwerke** und Energieversorger, sowie die Aufstockung und Dynamisierung der **Bundesförderung für effiziente Wärmenetze** (BEW).
- 3. Skalierungsprogramm Wärmecontracting** (→ zum Vorschlag)
Die Skalierung des Wärmecontractings ermöglicht eine **effiziente Finanzierung energetischer Sanierungen und des Heizungstausches und neue Geschäftsmöglichkeiten für Stadtwerke**. Zentral dabei ist die Gründung (regionaler) **Zweckgesellschaften** zur Bündelung von Krediten und Leasingangeboten, wodurch Investitionen in erneuerbare Heiztechnologien wie Wärmepumpen und energetische Hüllensanierung vereinfacht werden. Die Zweckgesellschaften agieren als Bindeglied zwischen Energiedienstleistern, Stadtwerken und Immobilieneigentümer:innen, verbessern die Kreditbedingungen und steigern die Akzeptanz durch Beteiligungsmöglichkeiten für Bürger:innen. Zusätzliche Add-Ons wie Skalierungsprämien und Versicherungen gegen Strompreisschwankungen verbessern die Wirtschaftlichkeit und Sicherheit des Modells, wodurch eine breitere Umsetzung im Wohnungssektor erreicht wird.

4. Praxis-Checks für die Wärmewende

(→ zum Vorschlag)

Diese Maßnahme zielt darauf ab, die energetische Hüllensanierung, den Heizungstausch und Energiedienstleistungen im Gebäudebereich zu beschleunigen, indem **bürokratische Hemmnisse** identifiziert und beseitigt werden. Durch **Beteiligungskonferenzen mit Schlüsselakteuren** aus der Wohnungswirtschaft und Energiedienstleistern werden Praxis-Hemmnisse wie kommunale Auflagen und technische Baubestimmungen analysiert. Das daraus abgeleitete **Wärmewendeermöglichungspaket** beinhaltet gesetzliche Anpassungen, um einen gezielten Bürokratieabbau zu fördern und einen wechselseitigen Lernprozess zu etablieren.

5. Wärme-für-Alle Programm für vulnerable Eigentümer:innen (→ zum Vorschlag)

Ziel ist es, den Zugang zu Krediten für Haushalte mit niedrigem Einkommen und schlechter Bonität zu erleichtern. Das Programm funktioniert durch eine **staatliche Ausfallbürgschaft**, die bei Kreditausfällen einspringt. Missbrauch wird durch strenge Kontrollmechanismen, wie die direkte Überweisung des Kreditbetrags an zertifizierte Ausführungsunternehmen und eine Abnahmebestätigung durch die Eigentümer:innen, verhindert.

6. Fachkräfteoffensive Wärmewende

(→ zum Vorschlag)

Eine strategische Initiative zur Gewinnung und **Umschulung von Fachkräften aus strukturwandelnden Branchen und der einbrechenden Baubranche**, um die Lücke in Ausbaugewerken wie SHK und Bauelektrik zu schließen. Diese Offensive skaliert erprobte Umschulungsprogramme wie das von Vaillant und ergänzt sie durch das Aufbauprogramm Wärmepumpe der Bundesregierung.

7. Industrierende-Beschleuniger-Plattform (IBP) (→ zum Vorschlag)

Die IBP fördert den **Wissensaustausch** zwischen Pionierunternehmen, die in erdgasfreie Technologien investieren, sowie Nachahmern, um eine Investitionsdynamik zu schaffen und gleichzeitig regulatives Lernen zu ermöglichen. Sie **verringert die Risikowahrnehmung** von Unternehmen bei der Investition in neue Technologien und steigert die Rentabilität durch gezielte Investitionsförderungen. Die Plattform unterstützt Großunternehmen und **kleine und mittlere Unternehmen (KMU)** bei Transformationsplanungen und bietet Anreizprogramme und Statusvorteile für Teilnehmer. Durch die Bildung von Technologie- und Branchenclustern und die Einbeziehung öffentlicher und privater Banken vereinfacht die Plattform den Kapitalzugang.

8. Sustainable Finance auf Transition ausrichten (→ zum Vorschlag)

Änderungen an der Sustainable Finance Regulierung können die Lenkung von Investitionen in erdgasfreie Technologien unterstützen. Vorgeschlagene Änderungen umfassen die **Erweiterung der EU-Taxonomie** um zusätzliche Sektoren und Elektrifizierungsaktivitäten, die Entwicklung einheitlicher und verbindlicher Standards für Transformationspläne zur Risikobewertung von Transformationsvorhaben und eine Erweiterung der Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD), um mehr Unternehmen einzubeziehen und ihre Reportingverpflichtungen zu harmonisieren. Diese Herangehensweise soll die **Bewertung von Transitionsrisiken durch Finanzunternehmen erleichtern** und die Transparenz und Vergleichbarkeit von Unternehmensinvestitionen verbessern.

9. Zielgerichtete öffentliche Finanzierung

(→ zum Vorschlag)

Gezielte öffentliche Förderungen ermöglichen private Investitionen in die Erdgasunabhängigkeit Deutschlands in Bereichen, die kurz- bis mittelfristig nicht rentabel, aber langfristig notwendig sind. Der **geschätzte zusätzliche Förderbedarf von mindestens drei Mrd. Euro** pro Jahr bis 2030 deckt Bereiche wie Wärmenetze, Elektrifizierung in der Industrie, Fachkräfteausbildung und das Wärme-für-Alle Programm ab. Verschiedene Handlungsoptionen zur Schließung dieser Finanzierungslücke umfassen Reformen der Schuldenbremse, Modernisierung der Ausgabenseite, Einführung neuer Einnahmequellen wie erhöhte CO₂-Preise und Erbschaftssteuer sowie die Schließung von Steuer-schlupflöchern.

10. Zinsvorteile für Investitionen in Erdgasunabhängigkeit (→ zum Vorschlag)

Ein temporäres grünes Targeted longer-term refinancing operations (TLTROs)-Programm der EZB würde **Zinsvorteile für Kredite für EU-taxoniekonforme Investitionen** bieten, um die Kapitalkosten von Investitionen in die Erdgasunabhängigkeit zu verringern bis Transitionsrisiken in Finanzmärkten adäquat abgebildet sind. Durch dieses temporäre Programm würde **Marktversagen korrigiert** und damit die langfristige Finanzstabilität und eine Reduzierung von Transitionsrisiken ermöglicht. Das Programm trägt im Einklang mit dem Mandat der EZB zur Preisstabilität und zur Klimazielsetzung der EU bei.

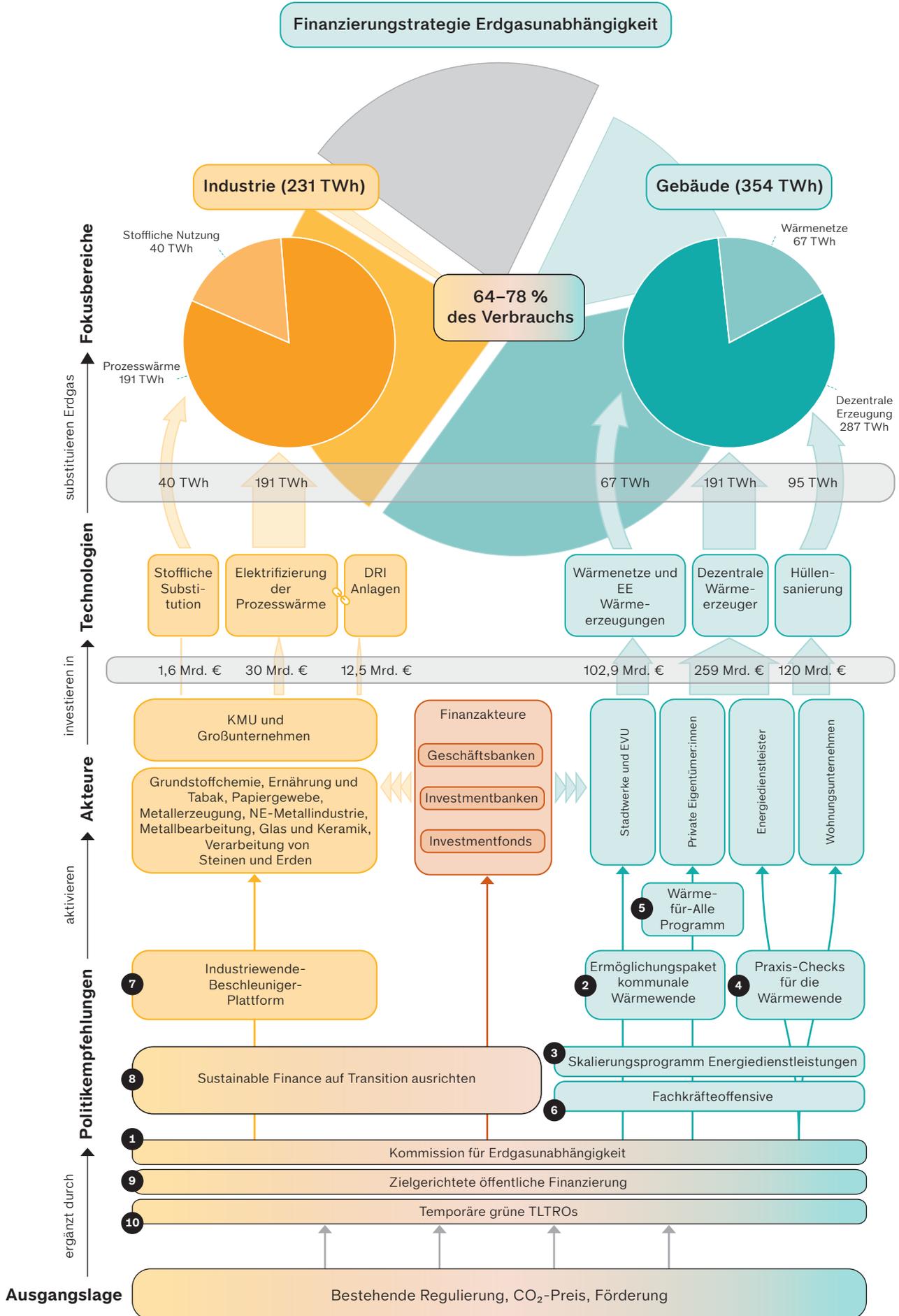


Abbildung 0.1: Finanzierungsstrategie Erdgasunabhängigkeit - Gesamtüberblick über Akteure, Politikempfehlungen, Technologien und Fokusbereiche inkl. Investitionsvolumina und Erdgasreduktionspotentiale.

1

Einleitung: Erdgas im geopolitischen Zeitalter

Der russische Angriffskrieg hat eine geopolitische Zeitenwende eingeläutet. Diese Zeitenwende wirkt sich auf Sicherheits- und Außenpolitik aus, erfordert aber auch eine grundlegende Neuausrichtung der Energiepolitik, die Schlüsse aus der Krise zieht und Energieabhängigkeiten reduziert. Von dieser Neuausrichtung sind wir aber weit entfernt.

Die EU und Deutschland haben sich zwar erfolgreich von geringeren leitungsgebundenen russischen Erdgaslieferungen entkoppelt, indem sie zwischen 2021 und 2022 66 % mehr Flüssigerdgas (LNG) in die EU importierten und den Verbrauch reduzierten. Dies war kurzfristig wichtig, um die wirtschaftlichen und sozialen Auswirkungen der Energiekrise abzufedern. Langfristig setzen die neuen Importabhängigkeiten Wirtschaft und Gesellschaft jedoch nicht nur Transitions- und Klimarisiken, sondern potenziellen globalen Energiepreisschocks, neuen Inflationsrisiken und geopolitischen

Abhängigkeiten aus. Die damit verbundenen Risiken für öffentliche Finanzen wurden nicht zuletzt durch die Unterstützungsprogramme der Energiekrise in 2022 deutlich. Damit ist Erdgas nicht mehr nur ein klimapolitisches Thema, sondern ein sicherheits- und wirtschaftspolitisches Risiko, das eine entschlossene Antwort erfordert.

Dieser Bericht stellt eine Strategie vor, wie Deutschland diese Risiken angehen kann und eine umfassende Mobilisierung privater Investitionen für die Erdgassubstitution gelingt. Wir beleuchten:

- **wo** Verbräuche reduziert werden können,
- **welche** Technologien relevant sind,
- **wie viel** Kapital benötigt wird,
- **wer** für diese Investitionen aktiviert werden muss und
- **wie** diese Aktivierung gelingt.

Die steigende Zustimmung, dass Deutschland auch mit weniger Erdgas ein wirtschaftliches Kraftzentrum sein kann, unterstreicht die Unterstützung der Transformation.

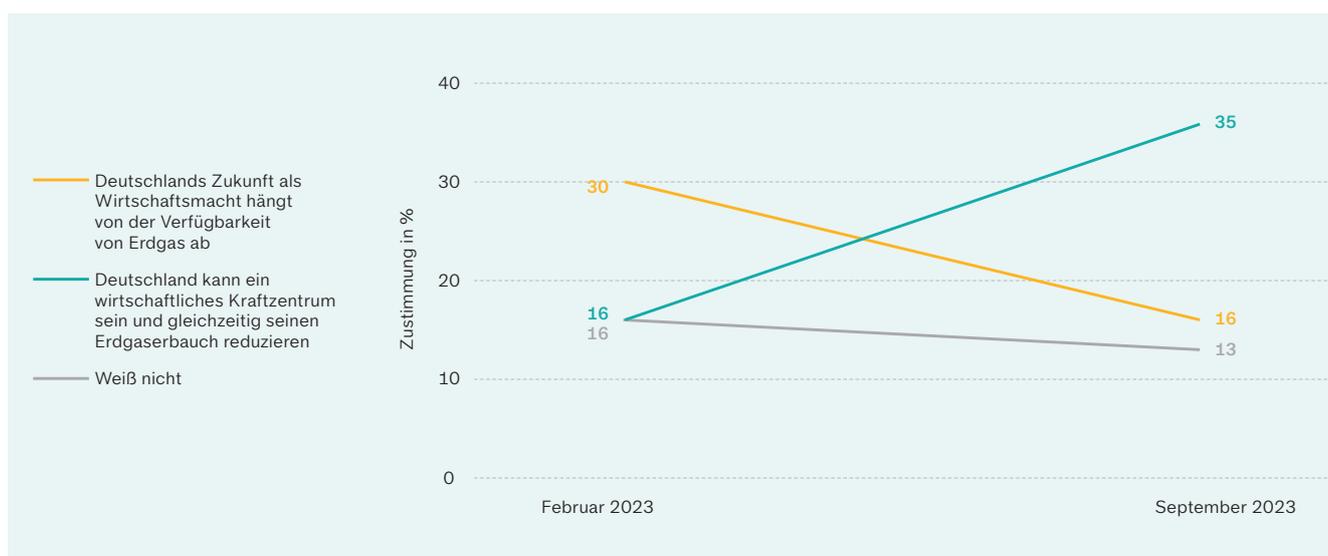


Abbildung 1.1: Umfrage zu Einstellungen zu Energie und Klima – Zustimmung zu den Aussagen, dass Deutschlands Zukunft als Wirtschaftsmacht von Erdgas abhängt und ob eine Erdgasreduktion als wirtschaftliches Kraftzentrum möglich ist. Globale Tracker-Abfrage zu Einstellungen zu Klima und Energie mit national repräsentativen Stichproben (n=1000) (TGM Research, 2023).

Wir leiten zehn Politikempfehlungen ab, wie privates Kapital aus dem Zusammenspiel von Wohnungsunternehmen und Hauseigentümer:innen, Energiedienstleistern und Stadtwerken, KMU und Geschäftsbanken, Industrieunternehmen und Investitionsbanken für Investitionen mobilisiert werden kann (Kapitel 7 & 8). Sowohl in der Industrie als auch in der Wärmeversorgung identifizieren wir Optionen, durch die sich substantielle Einsparungen von Erdgas mit verhältnismäßig wenig Aufwand erzielen lassen.

Wir wollen mit diesem Bericht nach den hitzigen Gesetzgebungsdebatten des letzten Jahres in die konstruktive Umsetzung kommen, die Diskussion versachlichen und Vertrauen in den Transformationsprozess schaffen. Allein in Deutschland betrifft die Lösung von Erdgas 550.000 km Gasleitungen, 21.000 km Wärmenetze und die sie betreibenden Stadtwerke und Energieversorgungsunternehmen. Über 20 Mio. Wohnungen und ihre Eigentümer:innen sowie tausende kleine und mittelständische Unternehmen, aber auch die Großindustrie sind gefragt. Eine beschleunigte Investitions- und Umsetzungsdynamik gelingt nur dann, wenn Politik, Wirtschaft und Gesellschaft angesichts dieser Zahlen nicht in Angst und Starre verfallen, sondern die Potentiale eines vorausschauenden Wandels erkennen und gezielt nutzen.

Deutschland hat mit der Priorisierung der Erdgasunabhängigkeit die Chance, im Bereich zukunftsfähiger Schlüsseltechnologien eine globale Vorreiterrolle einzunehmen. Wenn das Land seine Stärken als Innovations- und Industriestandort ausspielt, kann es neue Wertschöpfungspotentiale erschließen, bestehende Arbeitsplätze sichern und zusätzliche Beschäftigungsmöglichkeiten schaffen. Schon heute sind deutsche Unternehmen mit den meisten Patenten in der Wärmepumpentechnologie weltweit führend. Gleiches gilt für den Anlagen- und Maschinenbau, der für die Elektrifizierung der Industrieprozesse eine Schlüsselrolle einnehmen wird (Kapitel 2).

Angesichts der sich zuspitzenden geopolitischen Lage, steigenden Wettbewerbs um Technologien der Zukunft und des beschleunigenden Klimawandels ist Eile geboten. Politik muss jetzt handeln, um die notwendigen Rahmenbedingungen für die Erdgasunabhängigkeit zu schaffen, Iteration und gemeinsames Lernen zu ermöglichen, Planungs- und Erwartungssicherheit für Gesellschaft und Wirtschaft zu gewährleisten und damit die Resilienz und Wettbewerbsfähigkeit des Industriestandorts Deutschland zu stärken. Die folgenden Kapitel skizzieren konkrete Handlungsschritte für diesen Weg.

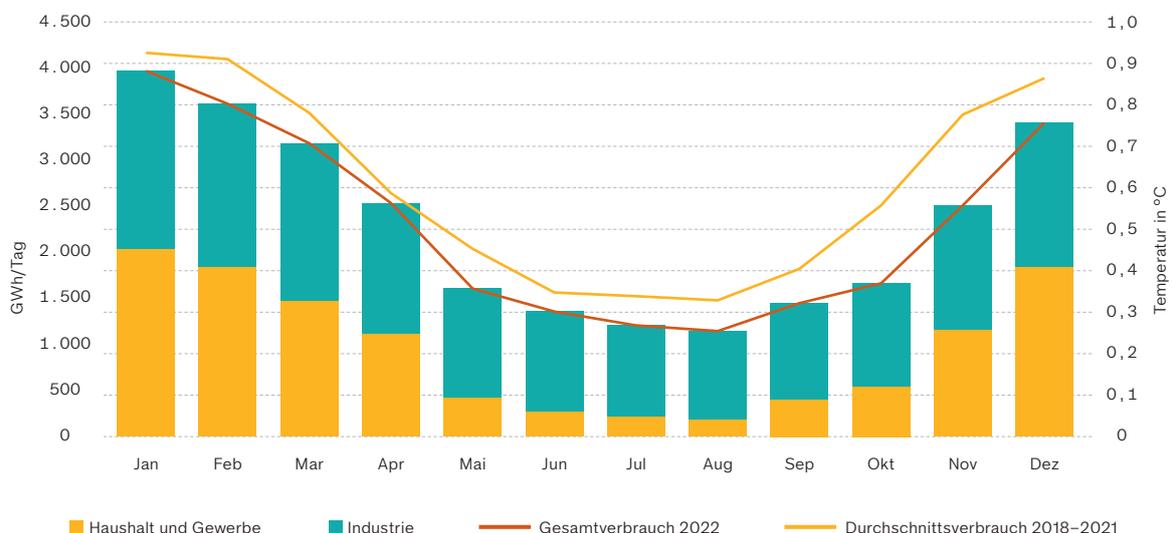
2. Motivation: Die Erdgas-Zeitenwende einleiten

Deutschland steht vor der Chance einer energiepolitischen Zeitenwende, die breite öffentliche Unterstützung findet (siehe Abbildung 2.3). Die Unabhängigkeit von Erdgas ist nicht nur eine energiepolitische Antwort auf eine neue geopolitische Realität, sondern birgt große Potentiale für die heimische Wertschöpfung und Technologieführerschaft:

- Deutschland kann potenzielle **Energiepreiserhöhungen, geopolitische Abhängigkeiten sowie Klima- und Transitionsrisiken umgehen**, indem es seine Abhängigkeit von Erdgas verringert.
- Die Erdgasunabhängigkeit eröffnet neue Märkte **und Wertschöpfungspotentiale in grünen Technologien, insbesondere im Anlagen- und Maschinenbau, der Wärmepumpenproduktion und dem Handwerk**.
- Deutschland kann durch die Priorisierung der Erdgasunabhängigkeit seine **Stärken als Wissensökonomie und als Innovationsstandort auspielen**.

Die meisten Technologien für den Umstieg sind marktreif, nur unter den aktuellen Rahmenbedingungen häufig noch nicht wettbewerbsfähig. Es braucht deshalb eine koordinierte Anstrengung von Politik, Wirtschaft und Gesellschaft, um eine wirkungsvolle Investitionsdynamik zu erzeugen.

Abbildung 2.1: Gasverbrauch in Deutschland (monatlicher Mittelwert) 2023 im Vergleich zu 2022 und dem Durchschnittsverbrauch 2018–2021 (Bundesnetzagentur, 2023c).



Kurze Zeitenwende durch Substitution und Einsparungen

Das Jahr 2022 hat eine geopolitische Zeitenwende eingeleitet. Durch den Angriffskrieg Russlands auf die Ukraine und den Stopp der russischen Gaslieferungen stiegen die Gaspreise in 2022 um bis zu 250 % gegenüber 2021 (Statista, 2022). Der drohende Versorgungsengpass (BMWK, 2022b) und die mit dem Angebotschock verbundene Inflation von bis zu 7,9 % führten zu drastischen Steigerungen der Lebenshaltungskosten (Destatis, 2023a). Die Kombination aus dem Einbruch der Nachfrage, steigenden Energiekosten und Zinsen bedrohte wiederum die Zahlungsfähigkeit zahlreicher deutscher Unternehmen und wurde zum Stresstest für die Resilienz der deutschen Wirtschaft (CRIF, 2022).

Durch zwei Strategien ist es kurzfristig gelungen die Auswirkungen der Energiekrise abzufedern.

Zum einen sank der Erdgasverbrauch um 14 % im Vergleich zum Durchschnitt der drei vorherigen Jahre (2018–2021). Die Industrie (15 %) als auch private Haushalte und Gewerbe (14 %) (Bundesnetzagentur, 2022) schafften es, ihren Verbrauch merklich zu reduzieren (Abbildung 2.1). Besonders für die energieintensive Industrie wurde dies auch durch Produktionsrückgänge erreicht (BDI, 2023). Weitere Reduktionen wurden durch die europäische Verordnung (2022/1369) als koordinierte Maßnahmen zur Senkung der Gasnachfrage in der EU um 15 % vereinbart.

»Die Steigerung der LNG-Importe um 66 % substituiert russisches Erdgas.«

Zum zweiten gelang es, die russischen Importe kurzfristig zu einem beträchtlichen Teil durch die Steigerung der europäischen Flüssigerdgas (LNG)-Importe um 66 % (zwischen 2021 und 2022) zu kompensieren (Abbildung 2.2) (vbw, 2023). Deutschland konnte im gleichen Zeitraum seine Abhängigkeit von Russland reduzieren, indem Importe aus Belgien, Niederlanden (beide zu großen Anteilen LNG) und Norwegen erhöht wurden, was den Anteil von zuvor 28 % auf 85 % anheb. Zusätzlich werden seit Q4 2022 auch eigene LNG-Importkapazitäten genutzt (5 % d. Importe).

Bleibt die langfristige Zeitenwende aus?

Diese kurzfristigen Erfolge sollten jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Energiekrise eine grundsätzliche Neubewertung der deutschen und europäischen Energiepolitik verlangt und Fragen der langfristigen Ausrichtung aufwirft. 83 % stimmen zu, dass Deutschland Erdgas möglichst schnell durch erneuerbare Energien ersetzen sollte, um weniger abhängig von russischen Lieferungen zu sein. Gleichzeitig spricht sich eine große Mehrheit dafür aus die Abhängigkeiten von Öl- und Gasimporten aus anderen Ländern durch den Ausbau von Solar- und Windenergie zu verringern.

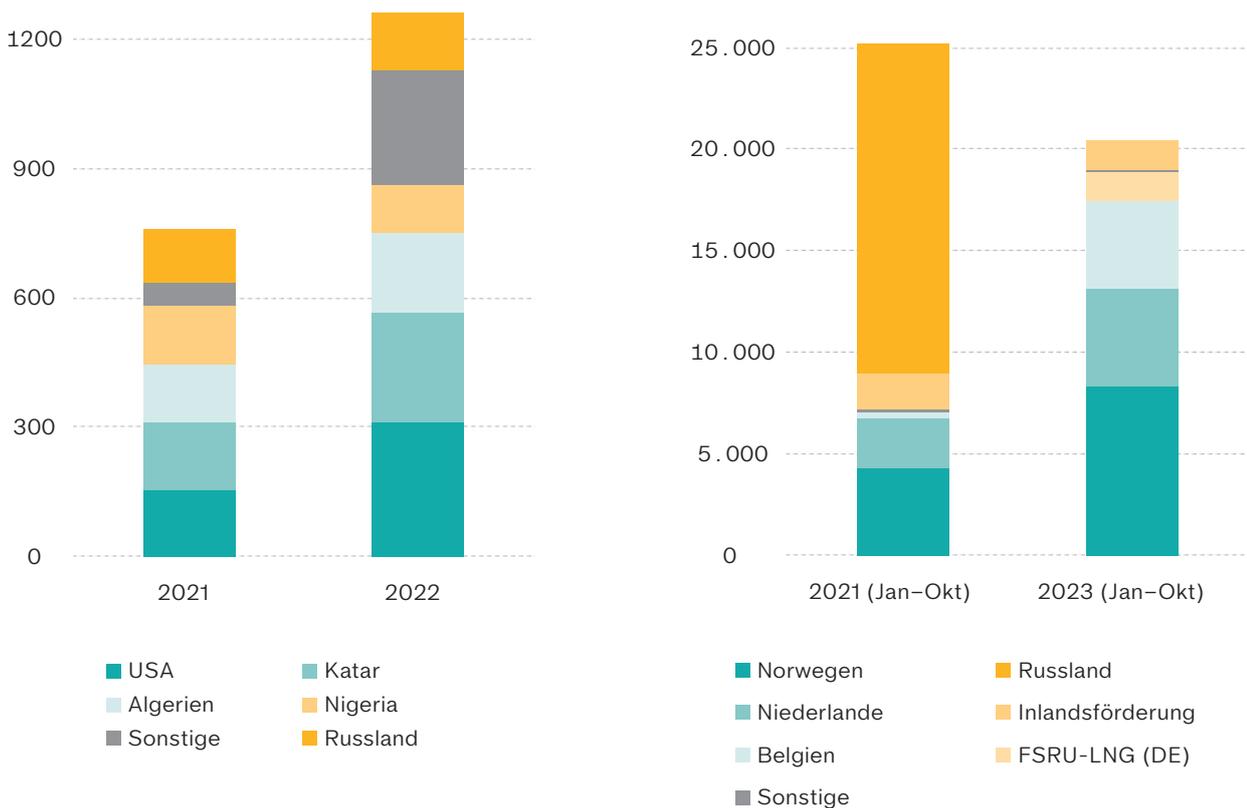


Abbildung 2.2: LNG-Importe der EU-27 (links) und Gasimportstruktur Deutschlands (rechts) vor und nach dem russischen Angriffskrieg (Bundesnetzagentur, 2023c, 2023b; vbw, 2023).

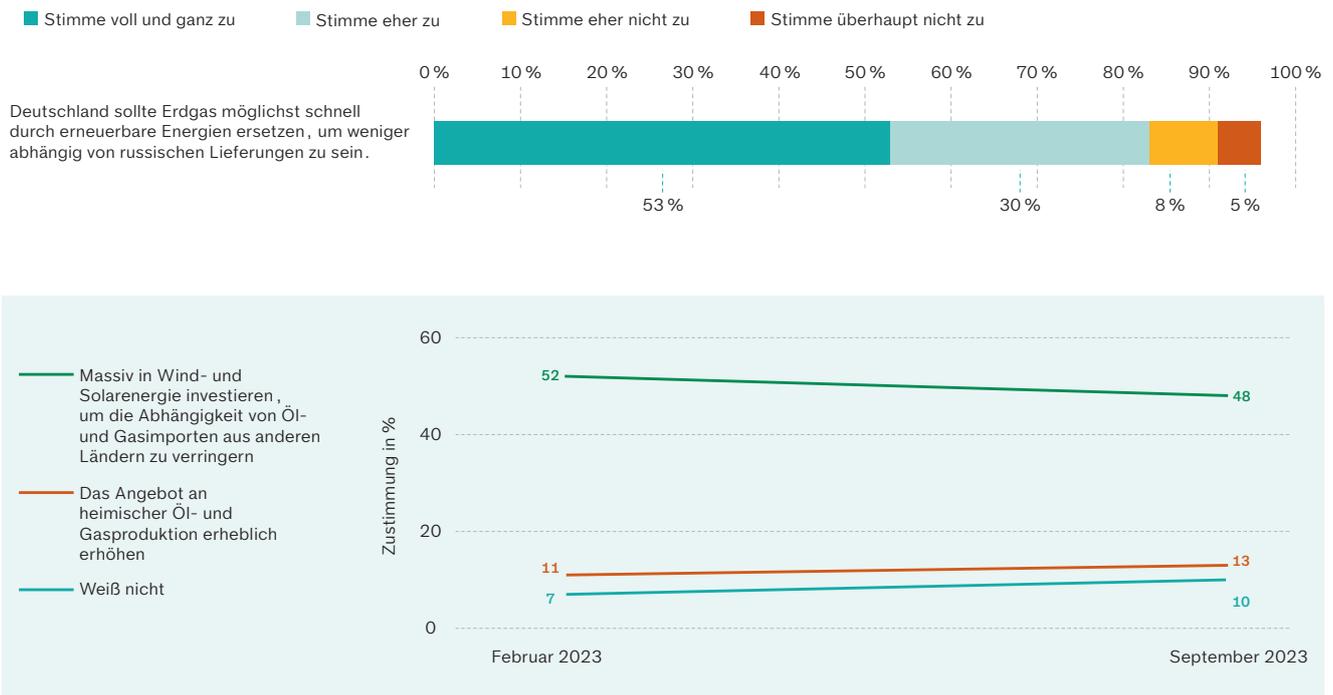


Abbildung 2.3: Umfrage zu Einstellungen zu Energie und Klima; oben: Sollte Deutschland Erdgas durch erneuerbare Energien ersetzen; unten: Zustimmungswerte zur Frage, was Deutschland tun sollte, um die Abhängigkeiten von Öl und Gasimporten aus anderen Ländern zu verringern. Globale Tracker-Abfrage zu Einstellungen zu Klima und Energie mit national repräsentativen Stichproben ($n=1000$) (TGM Research, 2023).

Demgegenüber scheinen im Jahr 2023 die Anfangsmonate der Zeitenwende fast vergessen, auch wenn die Alarmstufe des Notfallplans Gas weiter fortbesteht. Die Gasspeicher sind gut gefüllt und aktuelle Prognosen gehen davon aus, dass die Gasmangellage ausbleibt (Bundesnetzagentur, 2023a). Die wirtschaftliche Lage bleibt angespannt, gerade für energieintensive Unternehmen, doch eine Rezession blieb aus (Sachverständigenrat, 2023). Stattdessen setzt die Inflation in Deutschland ihren Abwärtstrend fort und lag im November 2023 bei 3,2 % (Statista, 2023a) und in der EU (Eurostat, 2023a) mit 2,4 % nahe des Preisstabilitätsziels.

Vor diesem Hintergrund blieb in Deutschland eine langfristige Antwort auf die Energiekrise abseits des Ausbaus an Solar- und Windkraftenerzeugung bisher jedoch aus. Die Novelle des Gebäudeenergiegesetzes zielt zwar auf den Einbau erdgasfreier Heizsysteme wie Wärmepumpen, wurde jedoch vordergründig klimapolitisch diskutiert ohne besondere Berücksichtigung der geo- und energiepolitischen Fragen.

Im Unterschied dazu hat die EU mit REPowerEU von Beginn an den Ausbau von erneuerbaren Energien und erdgasfreien Technologien wie Wärmepumpen beschleunigt und den Fokus auf die langfristige Reduktion der Abhängigkeiten von Erdgasimporten und die strategische Autonomie Europas gelegt. In Deutschland hingegen schreiben die weiterhin hohen Investitionen in erdgasbetriebene Heizungen die deutsche Erdgasabhängigkeit fort (BDH, 2023b), die sich auch an den möglichen Überkapazitäten der LNG-Infrastruktur (DIW Berlin, 2023) und Langzeitlieferverträgen von deutschen Energieversorgern festmacht (Dezernat Zukunft & Agora Energiewende, 2023).

Die aktuellen Entwicklungen setzen die deutsche Wirtschaft vor zukünftige Inflationsrisiken, geopolitische Abhängigkeiten und steigende Transformations- und Klimarisiken. Diese Herausforderungen können durch eine Priorisierung der Unabhängigkeit von Erdgas abgeschwächt werden.

1. Inflationsrisiken durch Preisvolatilitäten von LNG

Ähnlich wie bei den beiden Ölpreiskrisen in den 1980er Jahren hat der Energiepreisschock eine Inflationsdynamik ausgelöst.¹ Die steigende Abhängigkeit von importiertem LNG (von 40 % an allen EU-Gasimporten) führt dieses Risiko in die Zukunft fort (Abbildung 2.2). Die wichtigsten LNG-Herkunftsländer sind die USA, Katar und Nigeria, aber auch Russland. Dadurch setzt sich die EU volatilen Preisentwicklungen am LNG-Weltmarkt aus (Baselli, 2023). Im Gegensatz zu einem großen Teil der Direktlieferungen über Pipelines werden LNG-Preise global gebildet und maßgeblich von der Nachfrage aus Asien bestimmt. Diese stieg beispielsweise im September 2023 im Vergleich zum Vorjahreszeitraum um 11 % an (China, Indien, Japan, Thailand). In Kombination mit Streiks in Australien im gleichen Zeitraum führte dies zu extremen innertägigen Preissprüngen (Fitch Ratings, 2023).

»LNG macht einen Anteil von 40 % der EU-Gasimporte aus und erhöht die Anfälligkeit für externe Preisschocks.«

In der EU bestehen für die gestiegenen LNG-Importe kaum Langfristverträge mit stabileren Preisen – für viele EU-Länder war LNG ein schneller Ersatz für russisches Erdgas. Dadurch müssen die Länder der EU einen Großteil ihres Bedarfs über den LNG-Spotmarkt decken, der preisvolatiler ist und sich in Engpassphasen durch hohe Preisspitzen auszeichnet (WPKS, 2023a). Durch flexible Verträge werden dabei langfristige Abnahmeverpflichtungen – bis zu 20 Jahre – vermieden, die nicht mit europäischen Klimazielen vereinbar wären.

»Die Exposition zu LNG-Preisschocks birgt ein Risiko für öffentliche Schulden.«

Wie das Jahr 2022 zeigte, werden Preisschocks durch öffentliche Unterstützungsprogramme abgefangen und haben damit eine unmittelbare Auswirkung auf öffentliche Haushalte und Schulden. Beispielhaft zeigt sich das an Großbritannien, bei einer vergleichbaren Importabhängigkeit von LNG (40 %). Nach Berechnungen des Office for Budget Responsibility würden die Auswirkungen in einem Szenario von drei Preisschocks bis 2050 die Schuldenquote um 13 % gegenüber dem Referenzszenario erhöhen (OBR, 2023).

¹ Die Wissenschaft hat den Zusammenhang zwischen Energiepreisen und Inflation lange debattiert. Unbestritten scheint, dass für die aktuelle Energiekrise ein starker Zusammenhang besteht (European Central Bank, 2023). Nachfrageschocks in Kombination mit kurzfristig beschränkten Produktionskapazitäten haben zu hohen Energiepreisen geführt. Die Erhöhung der EU-Nachfrage von LNG und die damit verbundenen Preisanstiege passen in dieses Bild. Konsum und Investitionen reagieren besonders sensibel auf Energiepreissteigerungen – bis zu viermal höher als ihr reiner Kostenbeitrag (Kilian, 2008).

2. Fortdauernde geopolitische Abhängigkeiten

Deutschland ist bei hoher Erdgasabhängigkeit vulnerabel gegenüber geopolitischen Spannungen und Konflikten in erdgasfördernden Ländern oder Transitländern. Über die Ukraine und die Pipeline TurkStream als auch über LNG ist Europa noch immer von Russland abhängig (13 %). Bei einem Stopp von russischem Erdgas in Kombination mit sehr kalten Temperaturen wäre die Versorgungssicherheit bedroht. Gasspeicher wären über den Winter nahezu vollständig entleert und könnten möglicherweise nicht mehr das Ziel von 90 % Befüllung erreichen (EWI, 2023). Darüber hinaus setzt sich Deutschland durch Verträge mit Katar neuen politischen Abhängigkeiten aus.

Globale Auswirkungen deutscher LNG-Importe

Die Abhängigkeit Deutschlands und der EU von LNG-Importen und die daraus resultierenden Langzeitverträge treiben den globalen Ausbau der Erdgasförderung (Dezernat Zukunft & Agora Energiewende, 2023). Das hat nicht nur Auswirkungen auf die Energiesicherheit und geopolitische Aspekte, sondern trägt auch erheblich zur Verschärfung globaler Ungleichheiten und Umweltkrisen bei (McCauley, 2018; UCLA IoES, 2020).

In vielen Fällen finden Förderungen in Regionen mit empfindlichen Ökosystemen und vulnerablen Bevölkerungsgruppen statt. Dabei verstärkt die Erdgasförderung die bestehenden sozioökonomischen Ungleichheiten. Der umfangreiche Erwerb von Land für Erdgasprojekte führt oft zu Landrechtskonflikten, die indigene Völker besonders stark betreffen. Diese Gruppen sind auf ihr traditionelles Land für ihren Lebensunterhalt und ihre kulturelle Identität angewiesen. Häufig werden sie durch Vertreibungen und den Verlust ihres angestammten Landes konfrontiert, ohne angemessene Entschädigung oder rechtliche Mittel zu erhalten. Die Tatsache, dass sie nicht in Entscheidungsprozesse einbezogen werden, verschärft diese Problematik zusätzlich.

Darüber hinaus stellen die Umweltauswirkungen der Gasförderung – einschließlich Wasserverschmutzung, Luftverschmutzung und Zerstörung von Lebensräumen – eine erhebliche Bedrohung sowohl für die lokalen Ökosysteme als auch für die globalen Klimaziele dar.

3. Steigende Klima- und Transitionsrisiken

Erdgas galt lange als sogenannte Brückentechnologie für ein klimaneutrales Deutschland. Grund dafür waren die geringere Emissionsintensität in Kombination mit günstigem russischen Erdgas, weswegen Projekte wie Nord Stream 1 und 2 von der Bundesregierung gegen den Widerstand der EU bewusst forciert wurden (Karnitschnig, 2021). Diese Abhängigkeit verzögerte die Dekarbonisierung der deutschen Wirtschaft. Transitionsrisiken stiegen durch Nachfrageschocks, gestrandete Vermögenswerte (Stranded Assets) und höhere Preise für die Externalisierung der Umweltkosten (CO₂-Preise) (Bundesbank, 2021). Während für Deutschland nur quantifizierbare Effekte dieser Risiken auf den Finanzsektor bewertet wurden, liegen für Großbritannien auch Schätzungen zu fiskalischen Transitionsrisiken vor: Der dortige Rechnungshof² beziffert die Steigerung der Verschuldungsquote aufgrund einer verzögerten Dekarbonisierung auf 10–100 % des GDP bis 2050 (OBR, 2023).

² Office for Budgetary Responsibility.

Transitionsrisiken aus der Verzögerung der Transformation

Neben fiskalischen Risiken lassen sich zwei weitere Transitionsrisiken benennen, wenn die Substitution von Erdgas verzögert wird.

Hohe Zertifikatskosten aus dem Emissionshandel

Eine steigende Abbildung der Umweltkosten in der Nutzung von Erdgas über steigende Emissionspreise wirkt sich auf Betriebskosten der Wärmeerzeugung aus, sowohl bei Haushalten als auch Unternehmen. Dabei besteht das Risiko, dass diese Kosten mittelfristig die finanziellen Spielräume überfordern und der Staat einspringen muss. Studien belegen, dass ein CO₂-Preis von 275 Euro je Tonne CO₂ selbst mit voller Rückerstattung durch ein Klimageld zu einer starken Nettobelastung von über 40 % der Haushalte führt (Endres, 2023). Hohe Nettokosten tragen vor allem Personen mit hohem Einkommen und breite Teile der mittleren Einkommensverteilung, sowie überwiegend Personen im ländlichen Raum und Eigentümer:innen.

Stranded Assets

Stranded Assets sind die Folge, wenn zu lange in Gasinfrastruktur, -netze oder erdgasbetriebene Technologien investiert wurde (siehe Abbildung 2.4). Für die Gasverteilnetze beziffert Agora Energiewende (2023) dieses Risiko auf bis zu 10 Mrd. Euro. Für die seit 2022 in Deutschland errichteten Kapazitäten an LNG-Terminals in Form von schwimmenden Regasifizierungsanlagen (FSRU) und festen Importterminals werden durch den sinkenden Erdgasbedarf Refinanzierungseinnahmen fehlen und als Stranded Assets in Höhe von 3,3 Mrd. Euro verbleiben (WPKS, 2023). Sollten ab 2024 weiterhin – wie im Jahr 2022 – jährlich 650.000 fossile Heizungen bis zum 30. Juni 2026 eingebaut werden (BDH, 2023a) – dem Zeitpunkt, ab dem das GEG greift, riskieren 1,62 Mio. Haushalte ihre fossilen Heizungen frühzeitig austauschen zu müssen, wenn sie die Quoten an erneuerbarer Energiezufuhr nicht erfüllen. Das gesamte Volumen an Stranded Assets würde sich überschlagen auf 3,24 Mrd. Euro belaufen, sollten sie ihre Heizungen bereits zehn Jahre vor dem Ende der technisch möglichen Lebensdauer wechseln.³ Für Haushalte, die weiterhin an das Gasverteilnetz angeschlossen sind, bedeutet die sinkende Anzahl von Gaskund:innen und die damit einhergehende geringere Gasnachfrage einen signifikanten Anstieg, bis zu einer Vervielfachung der spezifischen Netzentgelte bis 2044 (Becker Büttner Held, 2023).

³ Annahme der Kosten einer Erdgasheizung von 6.000 Euro, abgeschrieben über 15 Jahre bei 400 Euro pro Jahr; vorzeitiger Austausch gegen eine Wärmepumpe oder andere Lösung nach zehn Jahren ergibt pro Haushalt 2.000 Euro an Stranded Assets.



Abbildung 2.4: Mögliche Stranded Assets aufgrund eines verzögerten und nicht verlässlichen Pfades in die Erdgasunabhängigkeit (Agora Energiewende, 2023; WPKS, 2023b).

Erdgasunabhängigkeit als wirtschaftliche Chance

Die drei Risikovektoren betonen die Notwendigkeit einer grundlegenden Zeitenwende in der Energiepolitik, die über die Maßnahmen der Importsubstitution und der Reduzierung des Energieverbrauchs hinausgeht. Eine strategische Neuausrichtung hin zur Unabhängigkeit von Erdgas kann dabei erhebliche Potentiale für die heimische Wertschöpfung und die europäische Wirtschaft freisetzen. Wenn Deutschland die richtigen Prioritäten setzt, kann es im Rennen um grüne Schlüsseltechnologien eine führende Rolle einnehmen und sich an der Spitze positionieren.

Dass dieses Rennen längst begonnen hat, zeigt sich an den exponentiellen Erfolgskurven von grünen Schlüsseltechnologien insgesamt – wie Photovoltaik-Modulen, Elektrofahrzeugen, Windanlagen und Wärmepumpen (siehe Abbildung 2.5). Märkte und Produktionskapazitäten entwickeln sich rasant, getrieben durch politische Unterstützung, ambitionierte Unternehmensstrategien und eine steigende Nachfrage seitens der Verbraucher:innen. Diese Trends spiegeln sich auch in einem hohen Wachstum der Produktionskapazitäten wider, wie Abbildung 2.6 verdeutlicht.

»Investitionen in Neugründungen von Wärmepumpenunternehmen in der EU stiegen um 630 %.«

In diesem Kontext spielt die EU eine wichtige Rolle. Beispielsweise sind die Investitionen in Neugründungen im Bereich Wärmepumpen in der EU von 11 Mio. Euro im Jahr 2021 auf fast 70 Mio. Euro im Jahr 2022 gestiegen – ein Anstieg um 630 % im Vergleich zu 151 % in anderen Ländern (Lyons et al., 2023). Wie in der Vergangenheit bei Solar und Wind, fördert diese Entwicklung Skaleneffekte und Preissenkungen, was die Alternativen zu Erdgas zunehmend wettbewerbsfähiger und global verfügbar macht.

Nutzt Deutschland seine Chance?

Bisher ist es Deutschland nur begrenzt gelungen, frühzeitig auf diese Trends aufzuspringen und deren Wertschöpfungspotentiale zu erschließen. Das lässt sich unter anderem am Beispiel der Solar- und Automobilbranche ablesen. Ein Muster, das sich bei Technologien der Erdgasunabhängigkeit zu wiederholen droht.

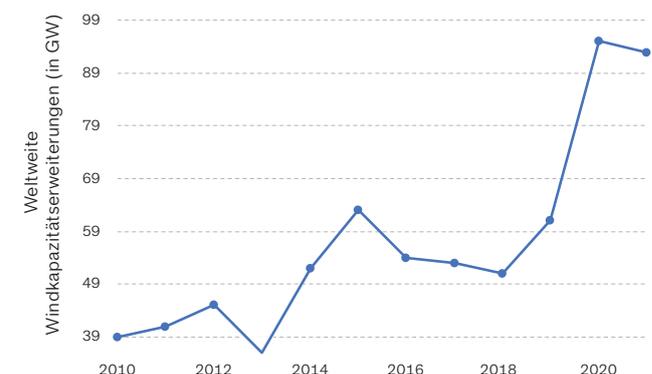
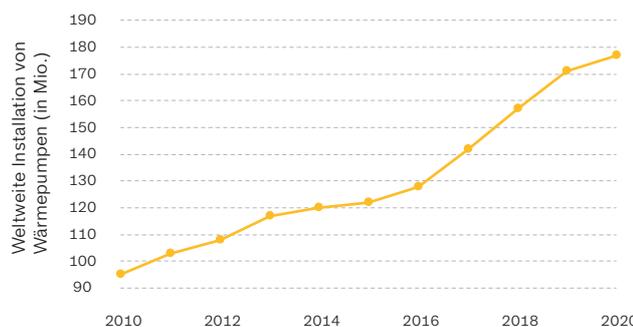
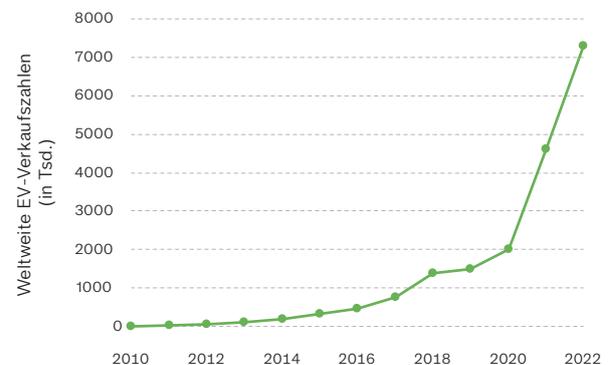
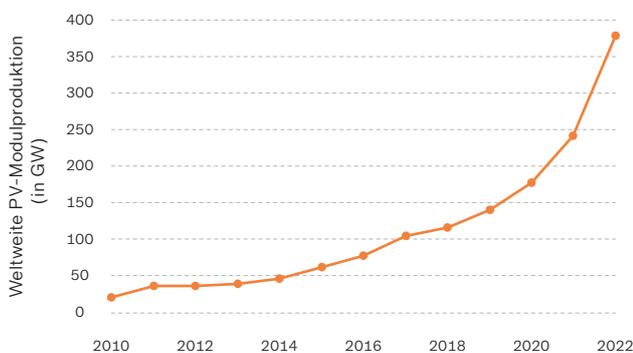


Abbildung 2.5: Entwicklung der Produktions-, Verkaufs-, und Installationszahlen ausgewählter Schlüsseltechnologien (IEA, 2022, 2023b; IEA PVPS, 2023; Statista, 2023b).

Hatte die deutsche Solarindustrie im Jahr 2011 noch einen Umsatz von 13,2 Mrd. Euro, sank dieser bis 2022 auf 4,4 Mrd. Euro, wie Abbildung 2.7 zeigt. Diese Tendenz ist auch bei den Beschäftigungszahlen zu sehen. Im Jahr 2012 beschäftigte die Branche 120.000 Mitarbeiter:innen, 2022 waren es lediglich noch 55.000 (BSW-Solar, 2023). Währenddessen stieg die weltweite Produktionskapazität für Photovoltaik (PV) im Jahr 2022 um mehr als 40 % auf fast 640 GW, wie Abbildung 2.5 zeigt, wobei China für über 90 % der neuen Produktionskapazität im Vergleich zu 2021 verantwortlich ist (IEA, 2023a).

Auch in der Autoindustrie haben deutsche Hersteller Marktanteile verloren, wie Abbildung 2.8 zeigt. Das liegt besonders an der steigenden Bedeutung der Elektromobilität. Laut Verband der Automobilindustrie (VDA) verkauften die deutschen Automobilhersteller im letzten Jahr 4,4 Mio. Autos in China, was einem Marktanteil von 19,1 % entspricht. Allerdings lag der Marktanteil im rasant wachsenden Geschäft mit Elektroantrieben nur bei 5 % (Automobilwoche, 2023).

Bei der Wärmepumpenproduktion war es bis vor kurzem gelungen eine starke Wachstumsdynamik zu entfalten. Im letzten Quartal deutete sich jedoch eine Trendumkehr an, wie in Abbildung 2.9 (links) ersichtlich – dies steht im Gegensatz zu den ambitionierten Zielen, bis 2030 jährlich eine Mio. Wärmepumpen zu installieren, wie in der Abbildung rechts oben dargestellt. Ein Grund zeigt sich in der mangelnden Inlandsnachfrage. Bei Installationen liegt Deutschland im europäischen Vergleich auf dem drittletzten Platz mit 6,7 verkauften Geräten pro Tausend Haushalten (rechts unten). Norwegen hingegen führt die Liste mit einem fast zehnfachen Volumen an.

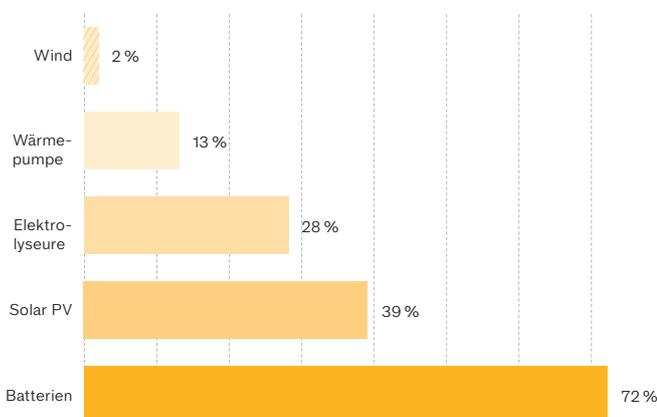


Abbildung 2.6: Wachstum der weltweiten installierten Produktionskapazitäten für grüne Technologien (2022) (IEA, 2023a).

Wärmepumpen-Rollout in Polen

Im Jahr 2022 stieg der Absatz von Wärmepumpen in Polen im Vergleich zu 2021 um insgesamt 120 %, während Deutschland nur ein Wachstum von 53 % zeigte. Insgesamt wurden in Polen mehr als 200.000 Einheiten verkauft. Etwa 30 % der im Jahr 2022 auf dem polnischen Markt verkauften Heizgeräte entfallen auf Wärmepumpen. Unter Berücksichtigung der verkauften Klimaanlage mit Heizfunktion war es bereits fast jedes zweite verkaufte Heizgerät (EHPA, 2023). Dieser Trend ist von einer breiten Investitionsdynamik getragen: Ein Viertel von Boschs Investitionen von einer Mrd. Euro bis 2030 wird in Polen investiert (Buchenau, 2023). Viessmann und Daikin investieren 200 Mio. Euro und 300 Mio. Euro in Wärmepumpenwerke in Polen (Daikin, 2022; Hoffmeister, 2022).

Nach GEG und Haushaltskrise: die wirtschaftlichen Stärken priorisieren

Wirtschaftspolitik sollte vorausschauend auf diese Trends reagieren und auf die Schaffung einer Investitionsdynamik abzielen. Debatten um das Gebäudeenergiegesetz, Wirtschaftsschwäche und mögliche Haushaltskürzungen bergen die Gefahr, dass sich die öffentliche Diskussion auf Schwächen der deutschen Ökonomie konzentriert und dabei die Stärken vergisst.

Bis vor kurzem spiegelte sich die globale Dynamik auch in Investitionen in Technologien zur Substitution von Erdgas in Deutschland wider – dies betraf neben der Wärmepumpenproduktion auch den grünen Anlagenbau und die grüne Stahlerzeugung. Trotz der wirtschaftlich angespannten Lage kündigten zahlreiche deutsche Unternehmen Investitionen an. Sie reagierten damit auf ein zunehmend verlässliches Investitionsumfeld durch Klimaschutzverträge und Investitionsförderungen.

Die Substitution von Erdgas in der Industrie bedarf vor allem des Austausches von Anlagen und der Anpassung von Maschinen. Hier ist Deutschland global führend. Maschinen- und Anlagenbau beschäftigen eine Mio. Menschen (BMWK, n. d.). Die Branche verfügt über eine hervorragende Innovationsperformance und internationale Wettbewerbsfähigkeit. Sie ist bestens positioniert, um die Umstellung der Industrieanlagen zu vollziehen (Agora Energiewende, 2020). Das zeigt sich auch am Beispiel von grünem Stahl. Die deutsche SMS-Gruppe ist der global führende Anlagebauer und Eigentümer der Lizenzvereinbarung für die Konstruktion der Midrex Technologie zur Direktreduktion von Stahl (SMS group, 2021) – eine der nur zwei aktuell kommerziell

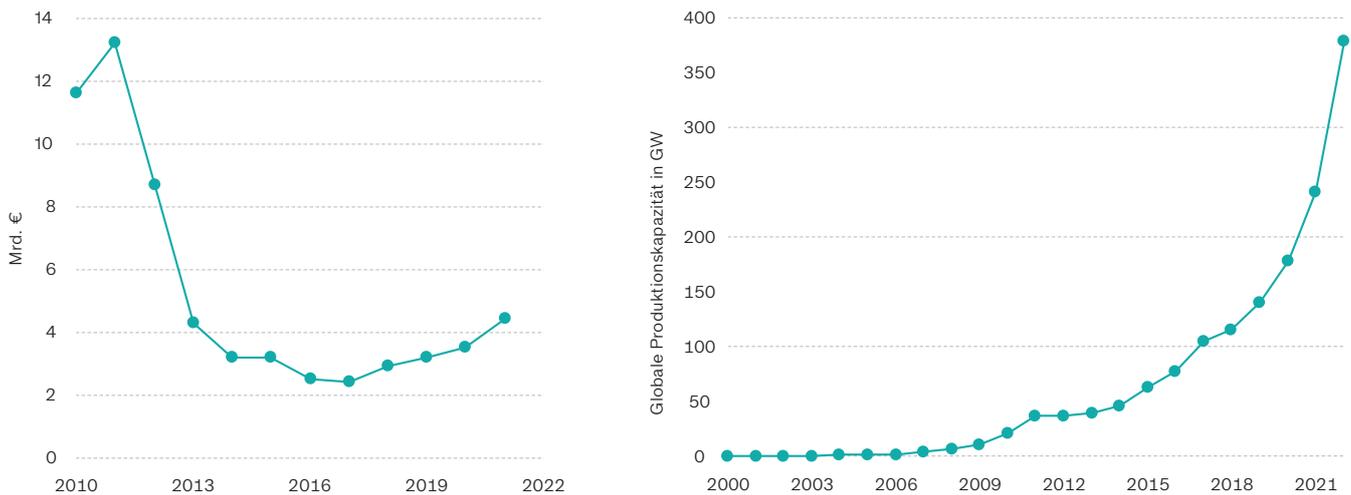


Abbildung 2.7: Umsatz der deutschen Solarindustrie (links) im Vergleich zur weltweiten Produktion von PV-Modulen (rechts) (Destatis, 2022; IEA, 2023a; IEA PVPS, 2023; Statista, 2023a).

verfügbaren Technologien, die auch Thyssen für seine neuen Anlagen nutzt (thyssenkrupp, 2023).

Ähnliches gilt für die erdgasfreien Technologien im Bereich Gebäude. Deutschland ist an der Spitze bei der Innovation von Wärmepumpen, die zu wertvollen Patenten führen, weit vor den Nachfolgern Japan und Korea (Abbildung 2.10) (Lyons et al., 2023). Damit liefert die Republik einen wesentlichen Beitrag zur Führungsrolle der EU, aus der 45 % der weltweiten Erfindungen für Wärmepumpen stammen (Toleikyte et al., 2023).

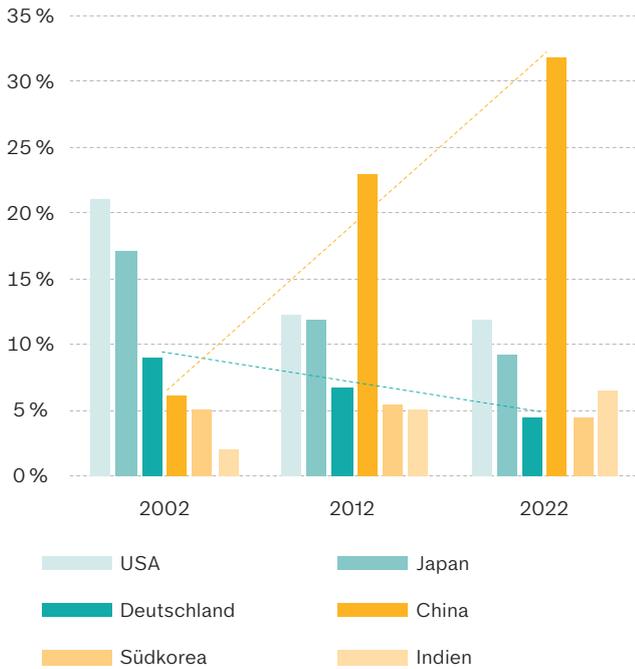
Weder niedrige Preise noch Steuern sind die Stärke der deutschen Wirtschaft (Abbildung 2.11). Vielmehr ermöglichen die Wissensökonomie und Innovationskraft eine starke heimische Ökonomie und hohe Produktivität, wie der Competitiveness Index unterstreicht (IMD, 2023). Sie sind das Ergebnis der Ausbildung fähiger Arbeitskräfte und einer global führenden wissenschaftlichen Infrastruktur.

Der Komplexitätsindex, ein Maß für die Wissensintensität einer Ökonomie, hebt diese Potentiale hervor. Seit Jahren rangiert Deutschland unter den globalen Top 10, weit vor China und den USA (Abbildung 2.12) (OECD, 2021). Der Index beschreibt die Wettbewerbsfähigkeit und Innovationspotentiale eines Landes besser als vergleichbare Analysen der Wettbewerbsfähigkeit, die auf den Preiswettbewerb verengt sind (Graebner & Hafele, 2020).

Dynamik und Innovationskraft der europäischen Wärmepumpenindustrie

Mit seiner Innovationskraft bei Wärmepumpen ist Deutschland Teil eines gut aufgestellten europäischen Innovationssystems. Kürzlich erschienene Studien des europäischen Joint Research Centres belegen die starke Positionierung der europäischen Wärmepumpenindustrie (Toleikyte et al., 2023). 41 % der innovierenden Firmen sitzen in Europa (Lyons et al., 2023). In der Folge ist die EU Weltmarktführer bei Innovationen in Wärmepumpen. Während in China nur 3 % der Innovationen als „wertvoll“ gelten, sind es in Europa über 60 %.

Nach Schätzungen beschäftigte der Wärmepumpensektor für Heizungen im Jahr 2020 etwa 100.000 Arbeitskräfte und verzeichnete seit 2017 einen erheblichen Anstieg der Arbeitsplätze (Toleikyte et al., 2023). Die EU-Branche besteht aus vielen kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) und einigen größeren Herstellern. Kein einziges Unternehmen beherrscht jedoch den gesamten Markt. In Europa gibt es etwa 170 Wärmepumpenfabriken, von denen die meisten nur montieren und nicht auch Komponenten herstellen. Es gibt etwa 130 Wärmepumpenmontagebetriebe und sogar 15 Komponentenzulieferer. Kürzlich haben einige Konsolidierungen stattgefunden: Midea (China) erwarb eine Mehrheitsbeteiligung an der italienischen Clivet-Gruppe, Stiebel Eltron (DE) übernahm Danfoss Varmepumpar (DK), Hisense (China) erwarb Gorenje (SI), und Nibe (SE) übernahm Waterkotte (DE) (Toleikyte et al., 2023).



In den folgenden Kapiteln legen wir eine Strategie vor, wie der Weg in die Erdgasunabhängigkeit erfolgreich gestaltet werden kann. Das Hauptziel dieser Strategie ist es, die Inflations-, Transitions- und Klimarisiken zu senken und gleichzeitig die wirtschaftlichen Chancen durch die Loslösung von Erdgas zu nutzen. Wenn Politik, Wirtschaft und Gesellschaft die richtigen Prioritäten setzen, kann es gelingen, eine Investitionsdynamik zu erzeugen, in der private Investitionen, öffentliche Förderung und ein regulatorischer Rahmen aus CO₂-Preisen und Ordnungspolitik effektiv ineinandergreifen.

Abbildung 2.8: Marktanteil deutscher Hersteller in der globalen Automobilproduktion (OICA, 2022).

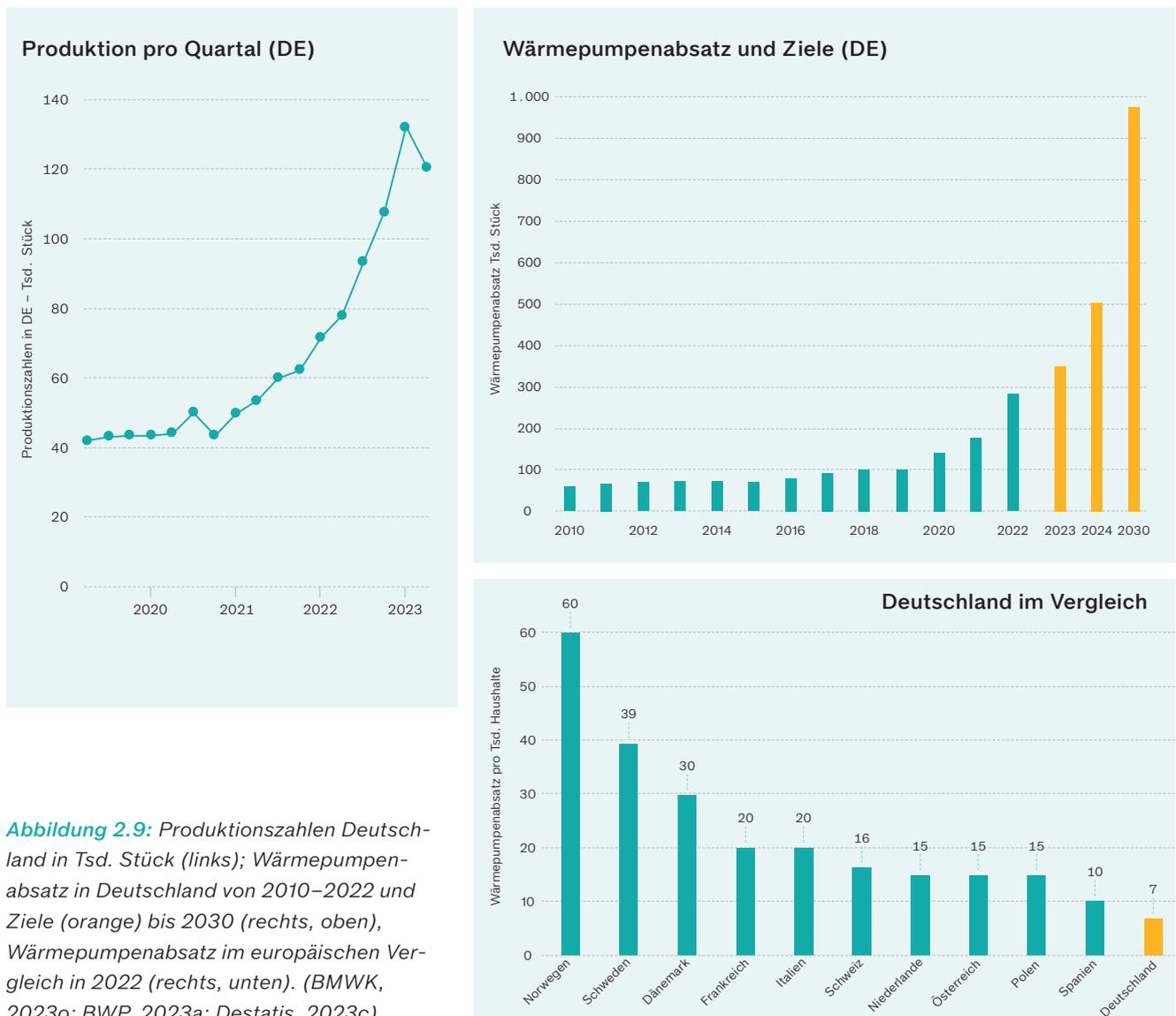


Abbildung 2.9: Produktionszahlen Deutschland in Tsd. Stück (links); Wärmepumpenabsatz in Deutschland von 2010–2022 und Ziele (orange) bis 2030 (rechts, oben), Wärmepumpenabsatz im europäischen Vergleich in 2022 (rechts, unten). (BMWK, 2023o; BWP, 2023a; Destatis, 2023c).

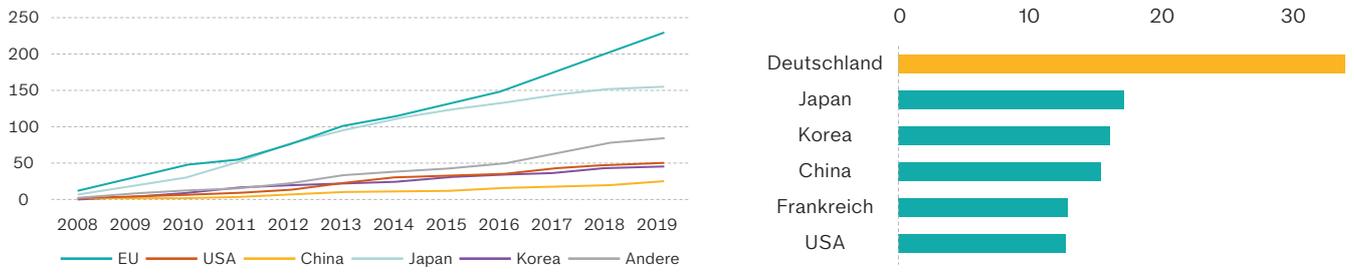


Abbildung 2.10: Kumulierte Anzahl an wertvollen Patenten bei Wärmepumpen im weltweiten Vergleich (links) (Toleikyte et al., 2023), Top 6 Länder mit wertvollen Erfindungen im Bereich Wärmepumpen zwischen 2018 und 2020 (rechts) (Lyons et al., 2023).

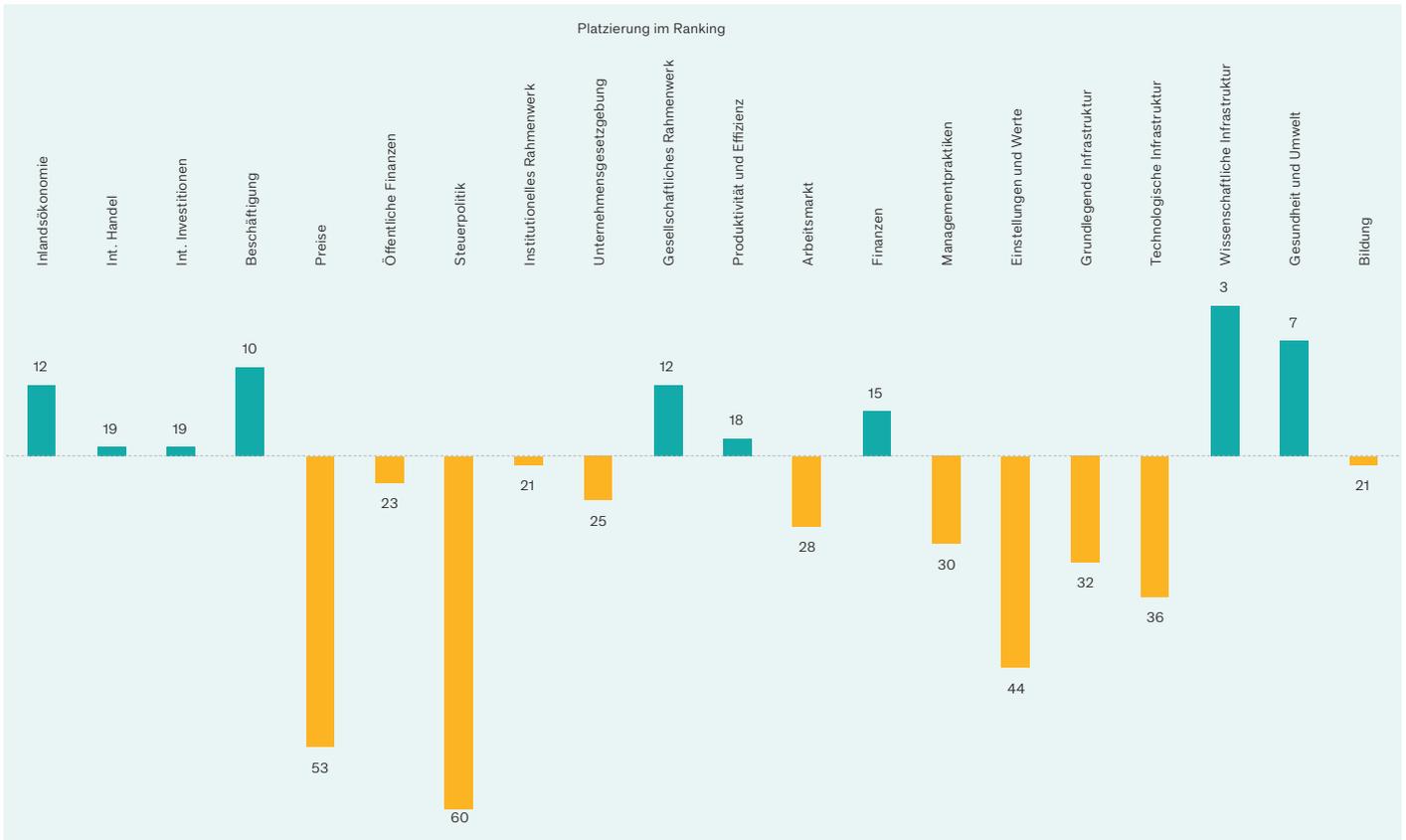


Abbildung 2.11: Deutschlands Platzierungen im World Competitiveness Ranking (IMD, 2023b).

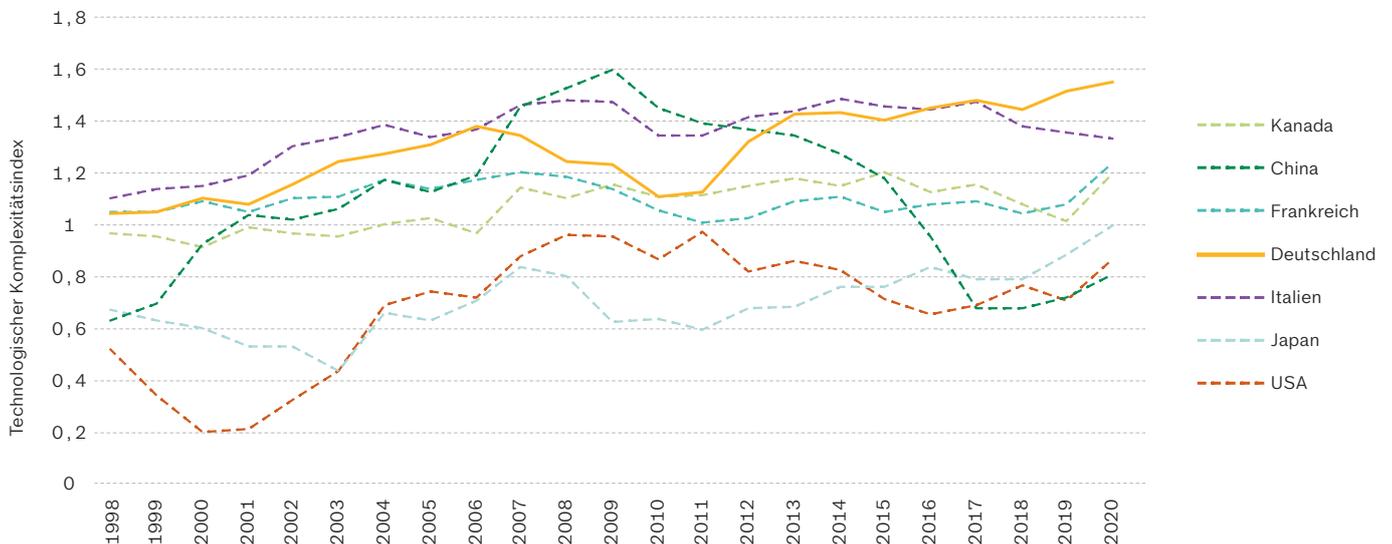


Abbildung 2.12: Ländervergleich der ökonomischen Komplexität gemessen am ECI (Economic Complexity Index) (OECD, 2021).

3

Bestehender politischer Rahmen: Der Weg zur Erdgasunabhängigkeit zwischen Regulierung, CO₂-Preisen und Förderung

Trotz der geopolitischen Zeitenwende, hoher Preisvolatilitäten von Flüssiggas (LNG)-Importen und des wirtschaftlichen Potentials neuer Technologien blieb eine Diskussion zur langfristigen Lösung der Erdgasabhängigkeit in Deutschland aus.

Das politische Momentum eines unmittelbar wirksamen politischen Rahmens für die Erdgasunabhängigkeit beschränkt sich auf einzelne Initiativen in Reaktion auf den Stopp russischer Erdgaslieferung, darunter die koordinierten Maßnahmen der EU zur Reduktion des Erdgasverbrauchs in 2022. Der Großteil dieser Diskussion ist klimapolitisch motiviert.

Die Spannweite an regulatorisch zulässigen, technisch verfügbaren sowie ökonomisch rentablen Technologien zur Substitution von Erdgas ergibt sich aus dem Zusammenspiel von marktbasierter Instrumenten, Regulierung, Förderung und Sustainable Finance (Abbildung 3.1).

- Die **CO₂-Bepreisung** bestimmt die ökonomische Rentabilität von erneuerbaren und erdgasbasierten Technologieoptionen im Vergleich (Kapitel 3.1).
- Die **Regulierungen** und **Ausbauziele** geben den Transformationspfad vor (Kapitel 3.2).
- **Förderungen** ermöglichen den Ausbau erdgasfreier Technologien trotz fehlender kurzfristiger Rentabilität (Kapitel 3.3).
- **Sustainable Finance** lenkt Investitionen durch Offenlegungsverpflichtungen und Transparenzanforderungen (Kapitel 3.4).

Preise für CO₂ definieren einen langfristigen Korridor

In der EU definieren CO₂-Preise den Preiskorridor, der langfristig eine Unabhängigkeit von Erdgas in Industrie und Gebäude absichert, indem er die Wettbewerbsfähigkeit erdgasfreier Technologien ermöglicht. Zum einen hat die EU-Kommission das CO₂-Reduktionsziel aus den bestehenden Emissionshandelssystem (ETS)-Sektoren (ETS 1, Energieerzeugung, energieintensive Industrie, innereuropäischer Flugverkehr) und aus dem Seeverkehr erhöht – auf 62 % bis 2030 im Vergleich zu 2005. Inzwischen liegt der Preis bei durchschnittlich rund 80 Euro/t CO₂ (Ember, 2023) und bietet damit einen relevanten Anreiz für Unternehmen, fossile Energieträger zu vermeiden.

Zusätzlich zum ETS 1 führt die EU nach der Überarbeitung der ETS-Richtlinie ein separates Emissionshandelssystem für Gebäude, den Straßenverkehr und die Nutzung fossiler Brennstoffe in bestimmten Industriesektoren (ETS 2) ein, das ab 2027 zu einer zusätzlichen Verringerung der Emissionen um 42 % gegenüber 2005 beitragen soll (Europäische Union, 2023b).

Für alle nicht vom ETS 1 und ETS 2 abgedeckten Sektoren legt die Lastenteilungsverordnung individuelle Ziele der Mitgliedstaaten fest. Für die gesamte EU gilt ein Reduktionsziel von 40 % im Vergleich zum Jahr 2005, für Deutschland liegt das spezifische Ziel bei 50 % (Europäische Kommission, 2023e).

National wird der ETS 1 um das Bundesemissionshandelsgesetz (BEHG) ergänzt, das für alle vom ETS 2 (plus Müllverbrennung) abgedeckten Sektoren einen Preispfad bis 2026 definiert; dieses wird ab 2027 in den ETS 2 übergehen. Ohne eine Anpassung der Preiskorridore des BEHG sind sprunghafte Preisanstiege zu erwarten: Der BEHG zeichnet einen Preis von 50 Euro je Tonne CO₂ im Jahr 2025 vor (Agora Energiewende & Verkehrswende, 2023), und ab 2026 einen Preiskorridor von 55–65 Euro pro Tonne CO₂ (DEHSt, 2023). Ab 2027 werden die Preisober- und -untergrenzen jedoch aufgelöst und gehen in den ETS 2 über; dabei ist unklar, in welchem Korridor sich der Preis bewegen wird (Agora Energiewende & Verkehrswende, 2023).¹

¹ Dabei ist die Lenkungswirkung des ETS 2 schwächer als des BEH. Der ETS 2 sieht eine europaweite Reduktion um –40 % ggü. 2005 für die gesamte EU vor, während der BEH –50 % im Einklang mit den Zielen der ESR anstrebt.



Abbildung 3.1: Marktbasierende Instrumente, Regulierungen, Ausbauziele, Förderungen und Sustainable Finance unterstützen die Substitution von erdgasbasierten durch erdgasfreie Technologien (eigene Darstellung).

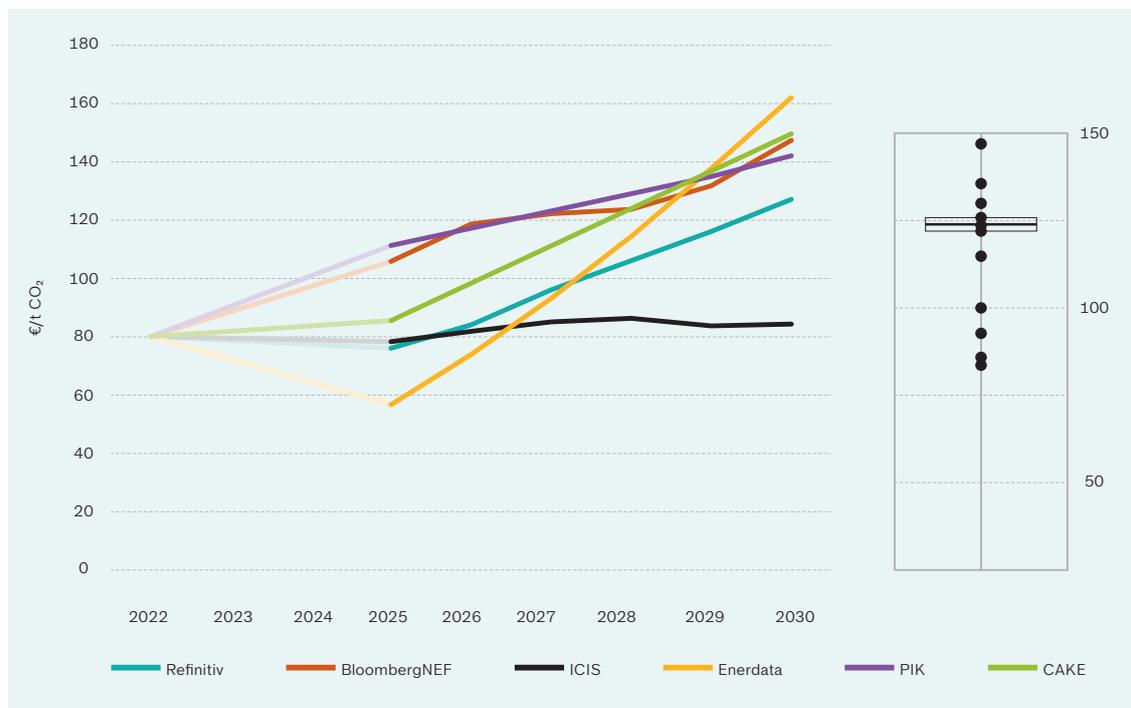


Abbildung 3.2: ETS 1-Preise im Standardszenario Green Deal/FF55 COM (links) (Pahle et al., 2022)²; Variation des CO₂-Preises 2030 des ETS 1 im LIMES-Modell nach der ETS-Reform (rechts) (Pahle et al., 2023).

² Die Preise von Refinitiv und BloombergNEF sind nominal; die übrigen Preise sind real und wurden unter Verwendung der EUROSTAT-Inflationsraten auf EUR2022 harmonisiert.

Zukunftsprognosen über die Entwicklung von CO₂-Preisen sind mit hohen Unsicherheiten behaftet. Abbildung 3.2 zeigt die Ergebnisse unterschiedlicher Modelle für die aktuelle Regulierung des ETS 1. Der Preis des ETS 1 wird sich demnach 2040 zwischen 80 und 160 Euro pro Tonne CO₂ einpendeln (Pahle et al., 2023). Die Schätzungen weisen eine hohe Spannweite auf, da sich der Preis aus Angebot und Nachfrage bestimmt, aber auch die Marktstabilitätsreserve des ETS 1 einen wesentlichen Einfluss auf die Preisbildung hat. Das Niveau dieser Prognose liegt noch weit unter dem Preispfad, den einige Klimamodelle als kosteneffizient und notwendig für das Erreichen der Klimaziele angeben (Pietzcker et al., 2021). Weitere Senkungen der Zertifikatsmengen sind deshalb nicht ausgeschlossen, um die europäischen und globalen CO₂-Reduktionsziele zu erreichen.

Für den Übergang vom BEHG in den ETS 2 gehen andere Studien davon aus, dass bei Verlassen des Preiskorridors der CO₂-Preis von 55–65 Euro pro Tonne CO₂(BEHG) im Jahr 2026 auf 200–300 Euro pro Tonne CO₂ im Jahr 2027 ansteigen wird (Verdreifachung) (Kalkuhl et al., 2022; Rickels et al., 2023). Der Preissprung entspräche ohne eine vorbereitende Flankierung folglich einer Erhöhung der Erdgaspreise um 4–6 ct/kWh.

Die Lenkungswirkung von Emissionshandelssystemen auf die Geschwindigkeit der Erdgasunabhängigkeit hängt maßgeblich von der Höhe des Preises ab. Das bringt Politik in ein Dilemma. Niedrige Preise senken den Anreiz, kurzfristige Maßnahmen zu ergreifen. Sie verzögern die Wettbewerbsfähigkeit und damit die Investitionen in erdgasfreie Technologien. Hohe Preise bergen hingegen das Risiko eines Preisschocks, der ohne flankierende Maßnahmen zu hohen wirtschaftlichen und sozialen Anpassungsschwierigkeiten führt (Transitionsrisiko). Der daraus folgende soziale und politische Widerstand untergräbt dabei die langfristige politische Stabilität von Emissionshandelssystemen (vgl. Kapitel 6).

Regulatorische Ziele bieten Richtungssicherheit

Ein Problem von CO₂-Preisen in der Lenkung von Investitionen ist ihre Volatilität. Die resultierende Unsicherheit hemmt Investitionen (vgl. Kapitel 6). Richtungssicherheit bieten hingegen die regulatorischen Zielmarken der europäischen und deutschen Klimapolitik. Die Zielkorridore zeichnen eine signifikante Reduktion der Erdgasverbräuche vor.

Im Folgenden konzentrieren wir uns auf Regulierungen mit Relevanz für den Gebäude- und Industriesektor ohne den Stromsektor, da diese den Fokus der Analyse bilden (siehe Kapitel 4).

»Die Zielkorridore der Klimapolitik implizieren für die Erreichung der Klimaneutralität eine signifikante Reduktion der Erdgasverbräuche.«

So hat sich die EU zum Ziel gesetzt, ihre Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 55 % gegenüber dem Stand von 1990 zu reduzieren (Europäisches Parlament und der Rat, 2021), und plant noch in dieser Legislatur ein Klimaziel für 2040 vorzulegen (Europäische Kommission, 2023a). Deutschland strebt eine Marke von 65 % Einsparung bis 2030 an – und 88 % bis 2040 (Bundesregierung, 2022).³

Diesen übergreifenden Klimazielen sind inzwischen granulare Ziele gefolgt – sowohl für den Hochlauf grüner Technologien als auch die Energieeffizienz und die Wärmeerzeugung in Gebäuden. So plant die EU im Zuge des Net-Zero Industrial Act die Definition von Zielen für die heimische Produktion von Schlüsselprodukten für die Erdgasunabhängigkeit (Photovoltaik & Solarthermie, Elektrolyseure & Brennstoffzellen, Onshore-Windenergie & erneuerbare Offshore-Energie, nachhaltiges Biogas/Biomethan, Batterien & Speichertechnologie, Carbon Capture and Storage (CCS), Wärmepumpen & Geothermie sowie Netztechnologien). Bis 2030 sollen 40 % der für die gesteckten Klimaziele jährlich benötigten grünen Schlüsseltechnologien in der EU selbst hergestellt werden (Europäische Kommission, 2023d). Darüber hinaus soll die Nutzung von erneuerbaren Energien bis 2050 vervierfacht und die Nutzung von Wärmepumpen auf das Sechsfache gesteigert werden. Die Bundesregierung strebt parallel außerdem den Ausbau des dezentralen Wärmepumpenbestandes in Gebäuden von derzeit ca. 1,5 Mio. auf 6 Mio. im Jahr 2030 an (BMWK, 2023a).⁴

³ Die Ziele sind dabei noch nicht ausreichend, um die Überschreitung von globalen Kippunkten des Klimasystems zu vermeiden. Dafür wäre für Deutschland eine Reduktion von 69 % bis 2030 nötig (Climate Action Tracker, 2023).

⁴ Dies betrifft keine Großwärmepumpen in Industrie und Wärmenetzen.

Die beste Energie ist die, die nicht verbraucht wird

Die genannten Ziele werden durch die Energieeffizienzrichtlinie (EED) flankiert, die das Prinzip von Energieeinsparverpflichtungen in der europäischen Energiepolitik etabliert (Europäisches Parlament und der Rat, 2023). Bis 2030 soll sich die Energieeffizienz gegenüber 2020 um 11,7 % steigern, wobei die Mitgliedstaaten schrittweise Energieeinsparverpflichtungen auferlegt bekommen. Die jährlichen Energieeinsparverpflichtungen für die Mitgliedstaaten sind von 2024 bis 2030 auf durchschnittlich 1,5 % ihres Endenergieverbrauches gegenüber dem derzeitigen Niveau von 0,8 % festgelegt und werden bis Ende 2030 schrittweise 1,9 % erreichen.

In Deutschland setzt das Energieeffizienzgesetz (EnEFG) die neugefasste EED um. Der Endenergieverbrauch Deutschlands soll demnach bis 2045 im Vergleich zum Jahr 2008 um 45 % gesenkt werden. Bis 2030 soll ein Zwischenziel mit einer Reduktion des Endenergieverbrauches um mindestens 26,5 % erreicht werden.

Gebäude: EPBD und GEG erzeugen neues Momentum

Sektoral haben EU und Bundesregierung Ziele für Gebäude definiert. Als Ergebnis der sich noch in der Verhandlung befindenden Novelle der Gebäudeeffizienzrichtlinie (EPBD) sollen 2030 alle neuen Gebäude in der EU emissionsfrei sein; öffentliche Gebäude müssen diese Anforderungen bereits ab 2027 erfüllen. Zusätzlich werden EU-weite Mindesteffizienzstandards und Renovierungsvorschriften für Gebäude diskutiert, um den Energieverbrauch zu reduzieren.⁵ Nach den neuen Bestimmungen der EPBD müssen bis 2030 mindestens 16 % der Nichtwohngebäude mit den schlechtesten Werten renoviert werden, bis 2033 sollen es 26 % sein. Bei Wohngebäuden muss der Energieverbrauch bis 2030 um 16 % und bis 2035 um 20–22 % gesenkt werden, wobei frühzeitige Anstrengungen belohnt werden.

In Deutschland tritt ab 1. Januar 2024 das Gebäudeenergiegesetz (GEG) in Kraft. Es legt fest, dass ab 2024 in Neubaugebieten installierte Heizungen zu mindestens 65 % mit erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme betrieben werden müssen. Für den Ersatz defekter Heizungen ist übergangsweise der Einsatz fossiler Brennstoffe erlaubt, wobei bestehende Heizungen bis Ende 2044 weiterhin vollständig mit fossiler Energie betrieben werden dürfen, sofern Reparaturen vorgenommen werden (Bundesregierung, 2023b).

Die Umsetzung des GEG wurde an die kommunale Wärmeplanung gekoppelt. Diese umfasst den Ausbau von Wärmenetzen, wobei bestehende Netze bis 2044 zu 80 % erneuerbar sein sollen, während neue Netze ab 2024 zu 65 % erneuerbar sein müssen (BMWSB, 2023).

⁵ Aktuell deuten die Verhandlungen darauf hin, dass Standards und Vorschriften nicht für Wohngebäude gelten oder nur als allgemeine Einsparverpflichtung in die Richtlinie eingehen.

Tabelle 3.1: Überblick über ausgewählte Zielsetzungen in Deutschland und der EU mit Bezug zur Reduktion von Erdgas (Eigene Darstellung auf Basis der Rechtsprechungen)

Gesetz	Anwendungsbereich	Zeitpunkt	Zielwert	Referenzindikator
Europäische Union				
Europäischer Emissionshandel 1	Energieerzeugung, energieintensive Industrie, innereuropäischer Luftverkehr, Seeverkehr (ab 2024)	2030	-62 %	CO ₂ e im Vergleich zu 2005
Lastenteilungsverordnung (ESR)	Reduktionsziele für alle nicht vom ETS 1 abgedeckten Sektoren	2030	-40 %, für DE -50 %	CO ₂ e im Vergleich zu 2005
Energieeffizienzrichtlinie (EED)	Effizienzeinsparungen aller EU-Länder im Energie- und Nicht-Energiebereich	2030	Effizienzsteigerung um 11,7 % bis 2030; verpflichtende Obergrenze von 763 Mio. Tonnen Rohöläquivalent für den Endenergieverbrauch der EU	2020 Referenzszenario-berechnungen
Gebäudeeffizienzrichtlinie (EPBD) (in Trilog-Verhandlungen)	Emissionsfreie Gebäude (inklusive Bestand) (keine fossilen CO ₂ -Emissionen on site)	2030	Primärenergiebedarf des Wohngebäudebestands um 16 % reduzieren; 16 % ineffizienteste Nicht-Wohngebäude sanieren;	2020 Referenzszenario-berechnungen
		2035	Primärenergiebedarf des Wohngebäudebestands um 20–22 % reduzieren;	
		2040	Ausstieg aus der Verwendung fossiler Brennstoffe zum Heizen und Kühlen	
NZIA (in Trilog-Verhandlungen)	Herstellung der jährlich benötigten grünen Schlüsseltechnologien in der EU	2030	Mindestens zwei Fünftel (40 %)	–
Erneuerbare Energien Richtlinie	Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien (EE) in den Sektoren Strom, Wärme und Transport bis zum Jahr 2030	2030	42,5 % Steigerung des Einsatzes EE in der Industrie um jährlich 1,6 % 42,5 % EE bei Gebäuden	Anteil erneuerbarer Energiequellen am Gesamtenergieverbrauch der EU
Maßnahmen zur Senkung der Gasnachfrage	Freiwillige Reduktion der Erdgasnachfrage zur Sicherstellung der Versorgungssicherheit	2022–2024	-15 %	Durchschnitt der letzten fünf Jahre zwischen 1. August und 31. März
Deutschland				
Klimaschutzgesetz	Sektorübergreifende Reduktionsziele für DE	2030	65 %	CO ₂ e im Vergleich zu 1990
		2040	-88 %	
Energieeffizienzrichtlinie (EnEFG)	Senkung des Energieverbrauches	2045	45 %	2008
Gebäudeenergiegesetz (GEG)	Betreibung von Heizungen mit erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme	Ab 1.1.2024	Heizung mit mindestens 65 % erneuerbaren Energien	Im Neubaugebiet
		Ab 2026		Außerhalb eines Neubaugebiets
Kommunales Wärmeplanungsgesetz	Erzeugung leitungsgebundener Wärme	2030	50 %	Erneuerbaren-Anteil der Wärmeerzeugung
	Ausbau von Wärmenetzen	2044	zu 80 % erneuerbar	

Förderungen ermöglichen vorausschauendes Handeln

Regulierung schafft den Rahmen. CO₂-Preise kanalisieren Erwartungen und sichern die langfristige Wettbewerbsfähigkeit erdgasfreier Technologien. Förderungen aktivieren zum Handeln und unterstützen die Entwicklung alternativer Technologien. Dafür sind umfassende Programme in Kraft.

»Gelockerte Beihilferegeln erlauben die Vergabe von Subventionen für die Herstellung grüner Technologien.«

Europäische Förderung für grüne Technologien

Deutschland hat aus der EU Aufbau- und Resilienz-fazilität (RRF) einen Anteil von 28 Mrd. Euro erhalten, wovon 47 % für klimarelevante Ausgaben vorgesehen sind. Für das Haushaltsjahr 2024 sind verschiedene Maßnahmen geplant, darunter Forschung und Innovation im Bereich der Nationalen Wasserstoffstrategie, Dekarbonisierung der Industrie, Klimaschutzverträge und Förderung der energetischen Hüllensanierung.

Zusätzlich zu diesen Mitteln gibt es auf EU-Ebene Förderungen aus dem EU Innovation Fund (Europäische Kommission, 2022c). Dieser ist auf die Demonstration hochinnovativer Pionierprojekte in energieintensiven Branchen beschränkt, die in ihrer Art einzigartig sein müssen, und deren Technologie nicht marktreif ist. Er umfasst geschätzte 38 Mrd. Euro. Damit ist die Förderung marktreifer Technologien ausgeschlossen, die eine Substitution von Erdgas schon heute ermöglichen könnten (vgl. Kapitel 7 – Industrie).

Über Beihilfen der Mitgliedsstaaten wurden darüber hinaus 10,6 Mrd. Euro für die Erforschung von Wasserstoffanwendungen als Teil der Important Projects of Common European Interest (IPCEIs) zur Mobilisierung privater Investitionen zur Verfügung gestellt (Europäische Kommission, n. d.). Ergänzt werden diese Programme durch Forschungsinnovationen im Zuge von Horizon Europe und des LIFE Fund für Innovationen und Schlüsselindustrien. Es sind weiterhin Investitionen in Höhe von 160 Mrd. Euro durch die Strategic Technologies for Europe Platform (STEP) geplant, wobei die genauen Details derzeit noch verhandelt werden.

Die gelockerten Beihilferegeln im Zuge des Temporary Crisis and Transition Framework (TCTF) erlauben den Mitgliedsstaaten zudem, die Herstellung grüner Technologien (z. B. Wärmepumpen, nachhaltige Gase, Geothermie), die Dekarbonisierung industrieller Prozesse durch Elektrifizierung oder erneuerbaren Wasserstoff (unter bestimmten Auflagen) sowie Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz zeitweise aus eigenen Mitteln staatlich zu unterstützen (Europäische Kommission, 2023b).

Bundesförderprogramme

Förderprogramme der Bundesregierung bergen weitere Möglichkeiten. Wir führen die Programme des Klimatransformationsfonds (KTF) in Tabelle 3.2 in ihrer ursprünglichen Fassung auf.⁶ Abbildung 3.3 stellt die Fördervolumen des Einzelplans und des Finanzplans in der Summe (links) und im Zeitverlauf (rechts) dar. Für die Mobilisierung privater Investitionen plante die Bundesregierung im Gebäudesektor mit bis zu 80 Mrd. und im Industriesektor mit bis zu 30 Mrd. Euro öffentlich zu unterstützen. Förderungen werden dabei über das BAFA und die KfW als Zuschüsse, Garantien, Entlastungen oder zinsgünstige Kredite vergeben.

In Deutschland kommt vor allem der energieintensiven Industrie hohe Unterstützung mit mehreren Milliarden pro Jahr zugute – durch Entlastungen und andere Maßnahmen wie in Tabelle 3.3 dargestellt, wobei diese Mittel nur zu Teilen vom KTF gedeckt werden.

⁶ Nach Urteil des Bundesverfassungsgerichtshofs ist der neue Wirtschaftsplan des KTFs für 2024 mit Stand 17. November 2023 noch nicht vorliegend, weswegen wir hier die ursprüngliche Fassung darstellen.

Tabelle 3.2: Übersicht der wichtigsten Fördermittel der Bundesregierung aus dem KTF

Förderungsbereich	Förderprogramme	Summe der geplanten Förderungen 2024
Gebäudeförderung	<ul style="list-style-type: none"> • Förderung von Maßnahmen der Energieeffizienz und erneuerbarer Energien im Gebäudebereich (bis 2034) • Förderprogramm für klimafreundlichen Neubau (KFN) und Wohneigentum für Familien (WEF) (bis 2034) • Beratung Energieeffizienz (bis 2027) • Serielle Sanierung (bis 2028) • Förderung von Maßnahmen zur energetischen Stadtsanierung (bis 2034) 	19,4 Mrd. Euro
Wärmenetzausbau und Fernwärme	<ul style="list-style-type: none"> • Transformation Wärmenetze (bis 2029) • Zuschüsse für den Betrieb dekarbonisierter Wärmeinfrastrukturen (bis 2034) • Finanzhilfen des Bundes an die Länder zur Förderung von Maßnahmen zur kommunalen Wärmeplanung (bis 2028) 	0,9 Mrd. Euro
Industrieförderung und Wasserstoffförderung	<ul style="list-style-type: none"> • Dekarbonisierung der Industrie (bis 2041) • Energieeffizienz in Industrie und Gewerbe (bis 2029) 	3,7 Mrd. Euro
	<ul style="list-style-type: none"> • Umsetzung der Nationalen Wasserstoffstrategie • Wasserstoffeinsatz in der Industrieproduktion (bis 2028) • IPCEI Wasserstoff (bis 2029) • Wasserstoffstrategie Außenwirtschaft – Internationale Kooperation Wasserstoff (bis 2034) • Anwendungsorientierte Grundlagenforschung Grüner Wasserstoff (bis 2028) 	Davon Wasserstoff: 2,9 Mrd. Euro

Tabelle 3.3: Entlastungen und Förderungen für die Industrie

Förderprogramm	Förderungszweck	Finanzieller Umfang
Spitzenausgleich^a (§10 StromStG)	<ul style="list-style-type: none"> • Erstattung von bis zu 90 % der Stromsteuer für energieintensive Unternehmen • Absolute Steuerentlastung kann geringer sein, gekoppelt an Rentenversicherungsbeiträge (§55 EnergieStG) 	~1,7 Mrd. Euro pro Jahr für rund 9.000 Unternehmen
Strompreiskompensation^b (Förderrichtlinie)	<ul style="list-style-type: none"> • Kompensation der CO₂-Mehrkosten im Strompreis • Abhängig von Stromeffizienz-Benchmark • Beschränkter Beihilfeberechtigungskreis 	27,5 Mrd. Euro für 2021–2030 2024: 2,6 Mrd. Euro
Strompreispaket^c	<ul style="list-style-type: none"> • Weitere Absenkung der Stromsteuer für alle Unternehmen des produzierenden Gewerbes • Verlängerung und Ausweitung der Strompreiskompensation, Wegfall des Selbstbehalts 	12 Mrd. Euro pro Jahr (inkl. Spitzenausgleich)
Kostenfreie Zuteilungen im ETS	<ul style="list-style-type: none"> • Läuft bis 2034 aus mit CBAM-Einführung 	
Entlastungen durch BEHG^d	<ul style="list-style-type: none"> • Kompensation für energieintensive Unternehmen mit Carbon Leakage Risk (65–95 % abhängig von der Emissionsintensität) • Begünstigte müssen mindestens 50 % (ab 2028 80 %) in Effizienzmaßnahmen oder Dekarbonisationsmaßnahmen investieren 	6,5 Mrd. Euro bis 2031
Klimaschutzverträge^e	<ul style="list-style-type: none"> • Kompensation von CO₂-neutraler Produktion über 15 Jahre • Anforderungen an Emissionen, erneuerbaren Strom, Wasserstoff 	Haushalt 2024: 343 Mio. Euro
Förderung von Transformationstechnologien^f	<ul style="list-style-type: none"> • Beihilfe für Investitionen in bestimmte Technologien und Schlüsselkomponenten (Herstellung von Batterien, Solarpaneelen, Windturbinen, Wärmepumpen, Elektrolyseuren, CCUS Anlagen) 	Maximal 15 % der Kosten, Budget 200 Mio. Euro in Sonderfällen
Wachstumschancengesetz	<ul style="list-style-type: none"> • Investitionsförderung: Steuerliche Investitionsförderung i. H. v. 15 % der begünstigten Aufwendungen • Beschleunigte Abschreibung: Degressive Abschreibung i. H. v. bis zu 25 %, höchstens dem 2,5-fachen der linearen Abschreibung für bewegliche Wirtschaftsgüter 	Summe von Beihilfen darf 30 Mio. Euro nicht übersteigen Budget: 390 Mio. bis 2 Mrd. Euro
Besondere Ausgleichsregelung^g	<ul style="list-style-type: none"> • Reduktion der EEG-Umlage für stromkostenintensive Unternehmen 	1 Mrd. pro Jahr (nach Wegfall der EEG-Umlage, vorher 6 Mrd.)
Absenkung der Übertragungsnetzentgelte^g	<ul style="list-style-type: none"> • Förderung der gleichmäßigen Netznutzung, von der v. a. große Stromverbraucher, insbesondere die Papier-, Chemie- und Aluminiumindustrie profitieren 	13 Mrd. pro Jahr

(a) Schäfers (2023); (b) Europäische Kommission (2022b); (c) Bundesregierung (2023c); (d) Europäische Kommission (2023e); (e) BMWK (2023d); (f) BMWK (2023b); (g) Eicke et al. (2023).

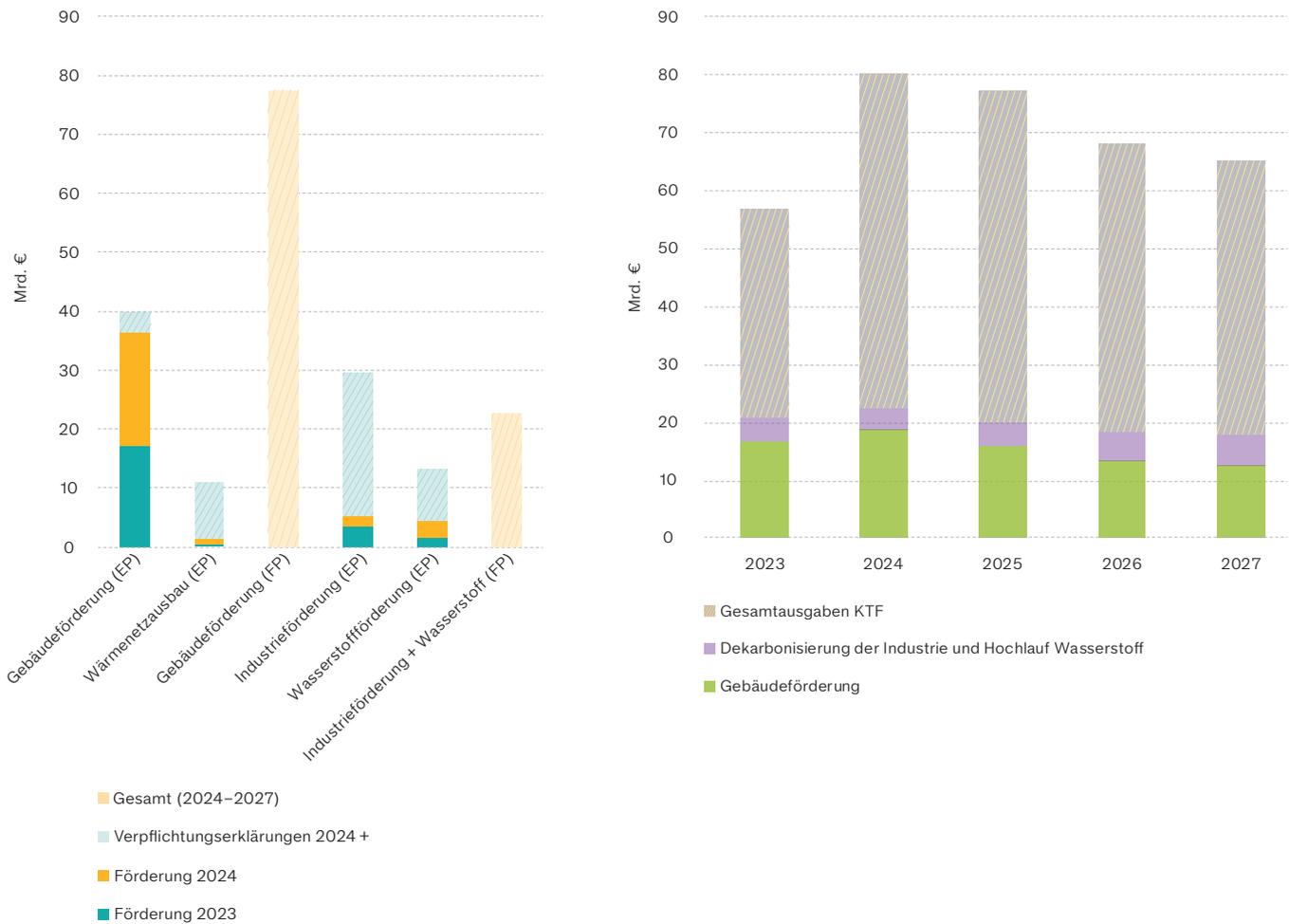


Abbildung 3.3: Bundesförderungen für erdgasfreie Technologien im Gebäude- und Industriesektor laut Einzelplan (EP) für 2023, 2024 und Verpflichtungserklärungen nach 2024 (Bundesregierung, 2023e), sowie Finanzplan 2023–2027 (FP) des Klimatransformationsfonds (Bundestag, 2023). Summen (links) und Zeitverlauf basierend auf FP (rechts). Zuordnungen der Haushaltstitel s. Anhang.

Milliarden mobilisieren: Die Lenkung privaten Kapitals

Neben den genannten Regulierungen für Gebäude und Industrie, Emissionshandel und Förderungen sollen Transparenzstandards und Offenlegungspflichten der Sustainable Finance-Regulierung vermehrt Investitionen in zukunftsfähige Wirtschaftsaktivitäten lenken – darunter auch solche, die die Substitution von Erdgas fördern. Die Kombination aus EU-Taxonomie, Sustainable Finance Disclosure Regulation (SFDR), Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) und der geplanten Corporate Sustainability Due Diligence Directive (CSDDD) motiviert Unternehmen, ihre Geschäftsfelder auch hinsichtlich Klimarisiken zu überprüfen und Maßnahmen einzuleiten, um sie zu minimieren. Dies umfasst sowohl physische Risiken durch mit dem Klimawandel verbundene Ereignisse als auch Transitionsrisiken, die sich z. B. aus der Anpassung an anspruchsvollere Klimaregulierungen ergeben (Europäische Kommission,

2021b). Der Berichterstattung im Rahmen der CSRD liegt das Prinzip der doppelten Materialität zugrunde. Einerseits haben Organisationen die Auswirkungen ihrer Geschäftstätigkeit auf Menschen und Umwelt (Blick von innen nach außen), darunter fallen Auswirkungen auf das Klima, offenzulegen. Andererseits entstehen durch soziale und ökologische Aspekte Risiken und Chancen für Organisationen (Blick von außen nach innen). Hier sind beispielsweise mögliche Stranded Assets bei Investitionen in nicht zukunftsfähige und damit mittelfristig nicht wettbewerbsfähige Wertschöpfungsketten, die Einführung neuer Sustainable Finance-Regulierungen, die Erhöhung von Preisen oder auch klassische Reputationsrisiken zu nennen. Aktuell befindet sich die CSDDD im europäischen Gesetzgebungsprozess. Am 14. Dezember 2023 wurde ein vorläufiges Verhandlungsergebnis des Europäischen Rats, Parlaments und der Kommission präsentiert, das voraussichtlich noch 2024 beschlossen wird.

Reporting neu gedacht: CSRD, CSDDD und SFDR

Die Reportingsysteme CSRD, CSDDD und SFDR beziehen sich auf Umsätze und Investitionen, sowie auf real- und finanzwirtschaftliche Aktivitäten. Die Lenkung von Unternehmensinvestitionen wird dabei sowohl mittelbar als auch unmittelbar erreicht. Die Berichtsanforderungen der CSRD werden für Geschäftsjahre beginnend ab dem 1. Januar 2024 zunächst für einen eingeschränkten Kreis von Unternehmen gelten, der dann sukzessive erweitert wird. Vereinfacht für europäische Unternehmen dargestellt ergeben sich folgende Anwendbarkeitsstufen:

- Für Geschäftsjahre beginnend ab dem 1. Januar 2024: Unternehmen von öffentlichem Interesse mit mehr als 500 Mitarbeiter:innen.
- Für Geschäftsjahre beginnend ab dem 1. Januar 2025: alle anderen bilanzrechtlich großen Unternehmen.
- Für Geschäftsjahre beginnend ab dem 1. Januar 2026: kapitalmarktorientierte KMU, sofern sie nicht von der Möglichkeit des Aufschiebs bis 2028 Gebrauch machen.

Die geplante CSDDD legt Umwelt- und Menschenrechtsstandards sowie die Verpflichtung für große Unternehmen fest, einen Klimaplan zu erstellen. Sie ist enger gefasst und soll nur Unternehmen mit mehr als 500 Mitarbeiter:innen und einem Umsatz über 150 Mio. Euro betreffen, wobei sich der Anwendungsbereich zum Zeitpunkt der Veröffentlichung des Reports noch in den Trilog-Verhandlungen befindet.

»Große Unternehmen müssen ab 2024 Transitionspläne mit Reduktionszielen vorlegen.«

In der Folge müssen betroffene Unternehmen Transitionspläne mit Reduktionszielen für ihre Wertschöpfungsketten vorlegen, die auf ein konsistentes 1,5-Grad-Celsius-Szenario abgestimmt sind. Dabei müssen sie sicherstellen, dass ihre Planungen umfassend, strategisch und in den Kontext ihres Unternehmens (Geschäftsstrategie und Finanzplan) eingebettet sind. Kriterien für diese Transitionspläne werden in der European Sustainable Reporting Standards (ESRS) definiert. Im Vergleich zum deutschen Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz (LkSG) ist in der aktuellen Fassung geplant schärfere Anforderungen in bedeutenden Aspekten zu integrieren, insbesondere durch die Einführung zivilrechtlicher Haftung und die Ausdehnung des Sanktionsrahmens.

Entlang der SFDR müssen Akteure, die am Finanzmarkt aktiv sind, wie Geschäftsbanken, institutionelle Investoren und Versicherungen, darlegen, ob und wie nachteilig sich ihre Investitionsentscheidungen auf Nachhaltigkeit wie das Klima auswirken. Die Grundlage für die Nachhaltigkeitsbewertung von Investitionen bildeten zunächst die ESG-Kriterien, die von unterschiedlichen Institutionen und Organisationen entwickelt wurden (EFRAG, 2022; IFRS, 2023; SASB, 2023) und inzwischen um die EU-Taxonomie ergänzt werden.

Alle Produkte unter der SFDR müssen nach Artikel 6 Angaben über Nachhaltigkeitsrisiken offenlegen. Darüber hinaus gelten die Offenlegungsverpflichtungen nach Artikel 8, wenn ein Finanzprodukt unter anderem ökologische oder soziale Merkmale oder eine Kombination dieser Merkmale bewirbt, sofern die Unternehmen, in die investiert wird, Verfahrensweisen einer guten Unternehmensführung anwenden (Verordnung (EU) 2019/2088). Im Gegensatz dazu bezieht sich Artikel 9 auf Finanzprodukte, die eine nachhaltige Investition anstreben. Finanzprodukte, die nach Artikel 9 klassifiziert sind, werden auch als dunkelgrün bezeichnet und gelten als besonders nachhaltig. Im Gegensatz zu Finanzprodukten unter Artikel 8, die lediglich ökologische und soziale Aspekte berücksichtigen, verfolgen Finanzprodukte unter Artikel 9 ein explizites nachhaltiges Anlageziel.

Die Daten, die in diesem Zuge der Offenlegungs- und Transparenzpflichtungen gewonnen werden, unterstützen die Lenkung von realwirtschaftlichen Investitionen weg von fossilen Technologien und damit Investitionen in die Erdgasunabhängigkeit:

1. Kreditgeber entscheiden sich aufgrund der Transparenz über Klima- und Transitionsrisiken gegen die Kreditvergabe, weil sich z. B. die Bonitätsbewertungen von Unternehmen durch Rating-Agenturen ändern.
2. Die verfügbaren Daten fließen in die Klimastress-Tests der EZB ein (ECB, 2022a, 2023b), welche dadurch mittelfristig eine zusätzliche Lenkungswirkung von Investitionen weg von nicht-nachhaltigen Anlageformen entfalten können, sollten Eigenkapitalanforderungen an Banken von dem Ergebnis von ihrer Klimarisikobewertung abhängen.
3. Die Kreditnachfrage erhöht sich, da die Nachhaltigkeitsklassifizierung je nach Kreditkonditionen der Bank leichte Anreize für Investitionen über einen Zinsvorteil von 15 bis 25 Basispunkten bieten kann (Löffler et al., 2021).

Wie die EU-Taxonomie funktioniert

Unter der EU-Taxonomie müssen Unternehmen, die unter die CSRD fallen, über die Umweltauswirkungen von wirtschaftlichen Aktivitäten (Einnahmen und Investitionen) berichten, die im Zusammenhang mit den Umweltzielen der Taxonomieverordnung stehen.

Diese Aktivitäten umfassen sowohl Aktivitäten von Nicht-Finanzunternehmen, wie z. B. die Stahlproduktion und ihre Teilprozesse, als auch Aktivitäten von Finanzakteuren, wie Verbraucherkredite, Hypotheken oder langfristige Darlehen für die Industrie.

Bei den Tätigkeiten wird zwischen taxonomiefähig und taxonomiekonform unterschieden. Erstere setzen voraus, dass die Tätigkeit grundsätzlich einem Wirtschaftszweig der EU-Taxonomie zuzuordnen ist (*Förderfähigkeit*). Von den taxonomiefähigen Aktivitäten gelten diejenigen als taxonomiekonform, die die zugehörigen technischen Prüfkriterien (Technical Screening Criteria) erfüllen (*Konformität*). Gesamtwirtschaftlich betragen die durchschnittlichen taxonomiefähigen Investitionsausgaben (CapEx) in 2022 37 %, wobei nur etwa ein Viertel (~9 %) als taxonomiekonform gemeldet wurde. Die durchschnittliche Taxonomiefähigkeit der Betriebsausgaben (OpEx) liegt bei 27 %, wobei nur 8 % taxonomiekonform sind (PwC, 2023b).

»Lediglich rund 9 % der Investitionsausgaben waren 2022 taxonomiekonform.«

Eine Taxonomiekonformität erfordert, dass eine Aktivität 1) einen wesentlichen Beitrag zu einem der sechs festgelegten Umweltziele leistet, 2) keines der Umweltziele erheblich beeinträchtigt (*Do no significant harm* oder DNSH), 3) in Bezug auf die Umweltziele die technischen Prüfkriterien erfüllt und 4) soziale Mindeststandards befolgt. Zusätzlich kann zwischen drei Typen von Aktivitäten unterschieden werden (Europäisches Parlament und der Rat, 2020). Dabei ist das Ziel des Klimaschutzes besonders für die Erdgasunabhängigkeit relevant. Die EU-Kommission hat zur Beurteilung, ob eine Aktivität einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz leistet, umfangreiche technische Prüfkriterien vorgegeben (Europäische Kommission, 2021a, 2022b). Die Kriterien folgen dem Grundsatz der Technologie-neutralität.

Die für diesen Bericht relevanten Aktivitäten lassen sich demnach hinsichtlich des Klimaschutzziels wie folgt unterteilen:

- 4. Grüne Aktivitäten:** leisten einen wesentlichen Beitrag zur Verringerung der CO₂-Emissionen (Artikel 10, Absatz 1).
- 5. Transitionsaktivitäten:** verringern CO₂-Emissionen, auch wenn die Technologie nicht klimaneutral ist, ohne dabei die Entwicklung und den Einsatz kohlenstoffarmer Alternativen zu behindern und ohne zu Lock-in-Effekten bei Anlagen zu führen, die mit dem Ziel der Klimaneutralität unvereinbar sind, wobei die wirtschaftliche Lebensdauer dieser Anlagen zu berücksichtigen ist (Artikel 10, Absatz 2).
- 6. Unterstützungsaktivitäten:** ermöglichen es anderen Aktivitäten, einen wesentlichen Beitrag zu den Klimazielen zu leisten (Artikel 16).

Wenn eine Aktivität nicht förderfähig ist, kann der Umsatz des Unternehmens nicht als förderfähig oder taxonomiekonform ausgewiesen werden. Allerdings können die Investitionsausgaben für die Technologien, die in der Aktivität eingesetzt werden, erfasst werden, wenn sie sich auf eine förderfähige Tätigkeit beziehen und die entsprechenden Prüfkriterien erfüllen.

4 Mission erdgasfreie Zukunft: Prioritäten und Szenarien

Deutschland hat Erdgas lange als Chance für Klimapolitik diskutiert, als Brückentechnologie bis geeignete Technologien marktreif sind. Der Einbruch der russischen Gasimporte und der damit verbundene Angebotsschock wirft ein neues Licht auf die Diskussion. Nicht nur ist diese Brücke zusammengebrochen, auch ermöglicht die neue Situation eine Neuausrichtung der wirtschaftlichen Zielsetzung auf Erdgasunabhängigkeit im Gebäude- und Industriesektor. Das folgende Kapitel zeigt, welche Prioritäten dafür gesetzt werden sollten, wer betroffen ist und von welchen technologischen Entwicklungspfaden wir ausgehen. Wir leiten sechs Kernaussagen her:

1. Die größten Reduktionspotentiale von Erdgas liegen in den Sektoren Gebäude und Industrie.
2. Im Gebäudesektor liegt die Priorität auf der Substitution von Erdgas in Bestandsgebäuden.
3. Im Industriesektor konzentriert sich die Umstellung auf die Bereitstellung von Prozesswärme.
4. Elektrifizierung ist die Priorität für die Erdgasunabhängigkeit von Gebäuden und Industrie.
5. Die stoffliche Substitution von Erdgas gelingt durch den Einsatz von Wasserstoff.
6. Für die Stahlherstellung in Direktreduktionsanlagen (DRI) muss rechtzeitig genügend Wasserstoff zur Verfügung stehen, damit ein Betrieb mit Erdgas minimiert wird.

Substitutionspotentiale von Erdgas liegen in den Sektoren Gebäude und Industrie

Die Nutzung von Erdgas konzentriert sich auf vier Anwendungsfelder (Abbildung 4.1).

1. **46 %:** Die dezentrale Wärmeerzeugung in **Gebäuden** macht den größten Anteil des Erdgasnutzung in Deutschland aus. Davon fallen 68 % auf die Wärmeerstellung in Wohngebäuden und 32 % auf die Nicht-Wohngebäude des Sektors Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) sowie des Industriesektors. Der Bericht geht in der Analyse spezifischer auf die Herausforderung für Wohngebäude ein, impliziert jedoch, dass gleiche Anstrengungen für die Umstellung der Wärmeversorgung und der energetischen Sanierung der Nicht-Wohngebäude angestellt werden müssen. Die Fernwärmeerzeugung (7 %), die bilanziell zum Sektor Energiewirtschaft gehört, betrachten wir in der Analyse in Kapitel 7.1 – Gebäude, da sie zum Großteil für die Bereitstellung von Gebäudewärme genutzt wird.

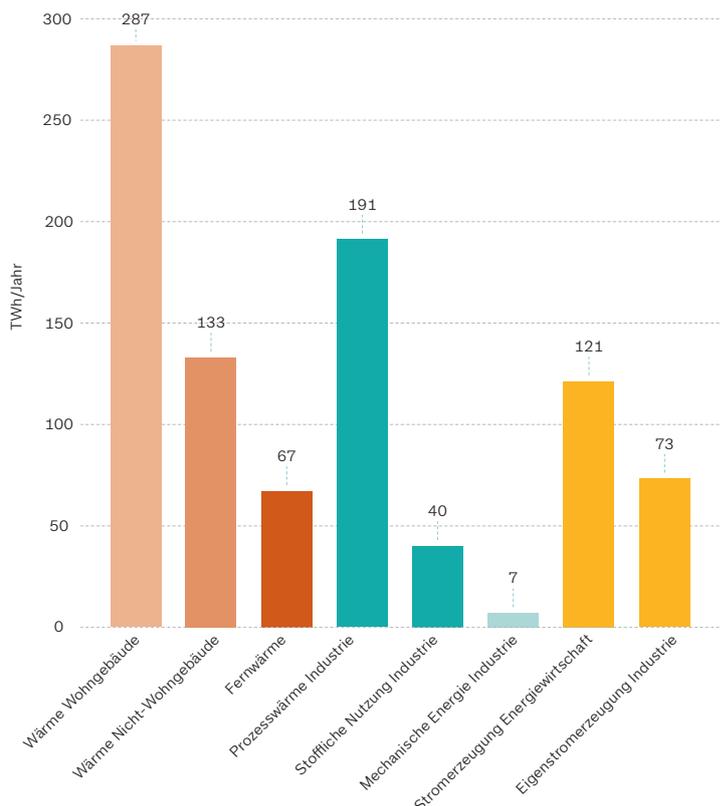
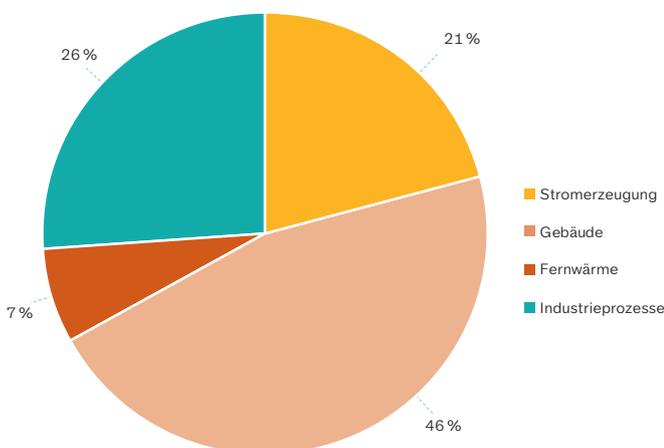


Abbildung 4.1: Erdgasnutzung in Deutschland nach Anwendungsfeldern (links) und nach spezifischen Nutzungsformen in 2021 (rechts) (AGEB, 2023; BDEW, 2023a; Fraunhofer ISI, 2022; Zukunft Gas, 2022a).

2. 26 %: In den **Industrieprozessen wird Erdgas zur Bereitstellung von Prozesswärme** in Dampferzeugern und Industrieöfen eingesetzt. Ein kleine Rolle spielt der Einsatz zur Bereitstellung von mechanischer Energie. Zudem wird Erdgas auch nichtenergetisch, vor allem in der Grundstoffchemie, als Molekül eingesetzt.

3. 21 %: **Erdgaskraftwerke zur Stromerzeugung** werden sowohl in der Energiewirtschaft als auch zur Eigenstromerzeugung in der Industrie eingesetzt (62 % Energiewirtschaft, 38 % Industrie). Für beide Sektoren spielt insbesondere die Flexibilität der Kraftwerke eine wichtige Rolle bei der Strombereitstellung. In der Regel wird Erdgas in Kraftwerken mit Kraft-Wärme-Kopplung verbunden und dann direkt in der Industrie genutzt oder in Wärmenetze eingespeist.

Wir legen den Fokus in diesem Bericht auf die Substitution von Erdgas in der Wärmeerzeugung in Gebäuden (inkl. der Fernwärme) und in Industrieprozessen sowie der stofflichen Nutzung – und damit auf 78 % des deutschen Erdgasverbrauches.

»Gebäude und Industrie verantworten 78 % des Erdgasverbrauches.«

Dies geschieht aus zwei Gründen: Erstens spielt Erdgas zwar eine wichtige Rolle im Strommarkt – Gaskraftwerke wirken häufig preissetzend –, doch die Stromerzeugung macht nur 21 % des deutschen Erdgasverbrauches aus (BDEW, 2023d; Zukunft Gas, 2022a); Zweitens entfaltet sich im Strombereich bereits eine erfolgreiche Investitionsdynamik in der Solar- und Windenergieerzeugung. Gebäude- und Industriesektor dagegen hinken beim Umstieg auf erneuerbare Energien hinterher (Ariadne, 2023). Eine Investitionsdynamik lässt noch auf sich warten. Der Umstieg auf erneuerbare Energien im Strommarkt bedeutet jedoch auch eine geringere Verfügbarkeit von Wärme aus der Kraft-Wärme-Kopplung. Für die Fernwärmeerzeugung müssen deshalb zeitnah erneuerbare Wärmeerzeuger ausgebaut werden, weshalb sie Bestandteil unserer Betrachtung sind.

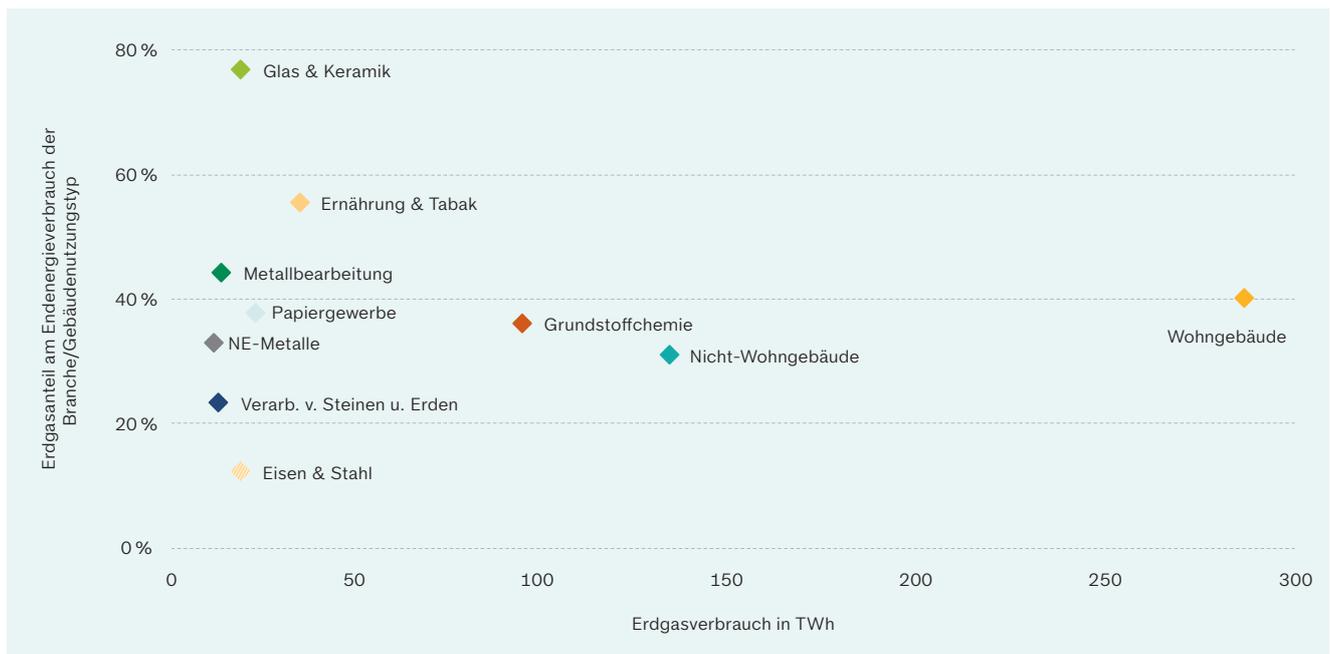


Abbildung 4.2: Erdgasverbrauch und -abhängigkeit der acht Industriebranchen mit dem größten Erdgasverbrauch und Gebäudetypen in 2021 nach Erdgasverbrauch und Anteil von Erdgas an ihrem Endenergieverbrauch (BDEW, 2023a; Fraunhofer ISI, 2022; Zukunft Gas, 2022a).

Wärmeerzeugung und stoffliche Nutzung sind die Hauptanwendungsfelder von Erdgas

Aus Abbildung 4.1 wird deutlich, dass Gebäude (420 TWh) im Vergleich zur Industrie (238 TWh) das größere Einsparpotential haben. Abbildung 4.2 schlüsselt die Sektoren weiter auf und zeigt, wo die größten Substitutionspotentiale liegen. Die Grafik ordnet die acht Branchen mit dem höchsten Erdgasverbrauch im Industriesektor sowie die Gebäudetypen anhand ihres Erdgasverbrauches in 2021 (x-Achse) und des Erdgasanteils am Endenergieverbrauch der Branche/des Gebäudetyps (y-Achse) ein.

Im **Gebäudesektor** sind Wohngebäude mit Abstand der größte Verbraucher von Erdgas. Hier wird es für die Erzeugung von Raumwärme und die Bereitstellung von Warmwasser genutzt. Besonders relevant ist der Gebäudebestand, wie am Beispiel der Wohngebäude deutlich wird. Die Hälfte der Heizungen basieren auf Erdgas (BDEW, 2023d). Im Neubau zeigen die Entwicklungen in die richtige Richtung: 57 % der neu errichteten Wohngebäude heizen mit einer Wärmepumpe, Trend zunehmend. Auch die Fernwärme gewinnt hier zunehmend an Bedeutung (BDEW, 2023c).

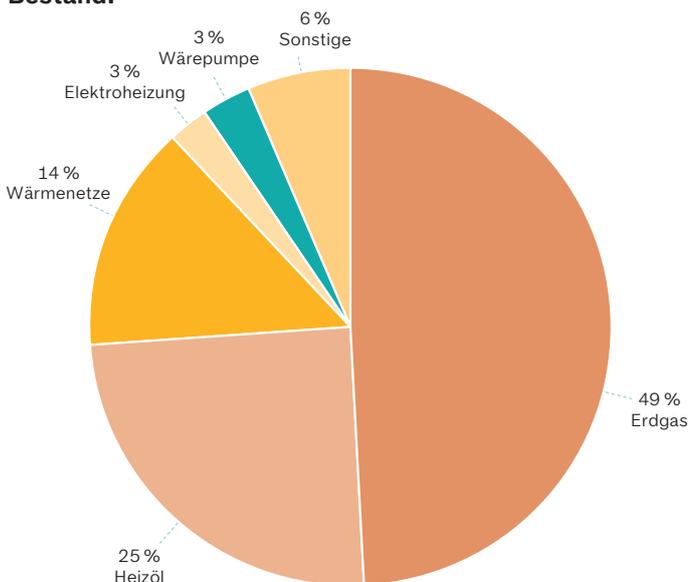
»1 von 2 Heizungen im Gebäudebestand sind Erdgasheizungen.«

In der **Industrie** stellt Erdgas mit insgesamt 32 % den wichtigsten Energieträger dar. Dabei wird neben der stofflichen Nutzung ein Großteil (80 %) für die Erzeugung von Prozesswärme eingesetzt; mechanische Energie stellt eine Randanwendung dar (Abbildung 4.4).

»Die Industrie setzt 80 % des Erdgases für Prozesswärme ein.«

Für einige Branchen, allen voran die Glas- und Keramikindustrie mit 77 % (Abbildung 4.2) Erdgasanteil am Endenergieverbrauch (EEV) dieses Industriezweigs, ist die Abhängigkeit besonders hoch (Destatis, 2023c). Erdgas wird dabei für Prozesswärme bei hohen Temperaturen für Schmelz- und Walzprozesse eingesetzt (Zukunft Gas, 2022b). Gleiche Anwendungen finden sich auch bei der Metallbearbeitung (44 % Anteil am EEV). Die Nahrungsmittel- und Papierindustrie (56 %) verwenden Erdgas dagegen für Trocknungsprozesse in niedrigeren Temperaturbereichen. Die Grundstoffchemie (36 %) nutzt Erdgas zum einen für Prozesswärme in Form von Dampf, Hitze oder Kälte. 42,3 % fallen in dieser Branche im stofflichen Einsatz an (Zukunft Gas, 2022a). Erdgas ist der Grundrohstoff für organische Basischemikalien wie Ammoniak und Methanol (VCI, 2023). Der Einsatz von Erdgas in diesen Prozessen wurde in der Energiekrise bereits deutlich reduziert, vor allem Ammoniak wurde verstärkt importiert. Die stoffliche Nutzung macht für die gesamte Industrie 17 % aus (Abbildung 4.4).

Bestand:



Neubau:

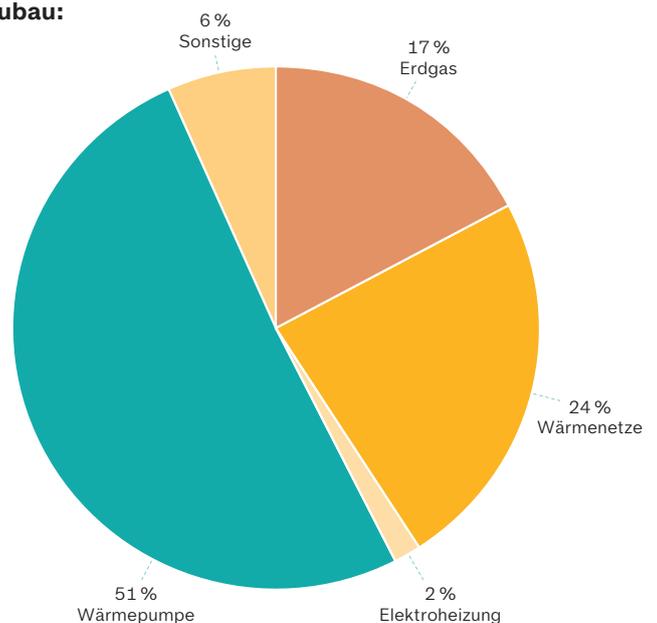


Abbildung 4.3: Erdgasnutzung im Gebäudesektor: Wärmeerzeuger in Gebäuden im Bestand (links) und Neubau (rechts) in 2022, Stand 08/2023 (BDEW, 2023b, 2023c).

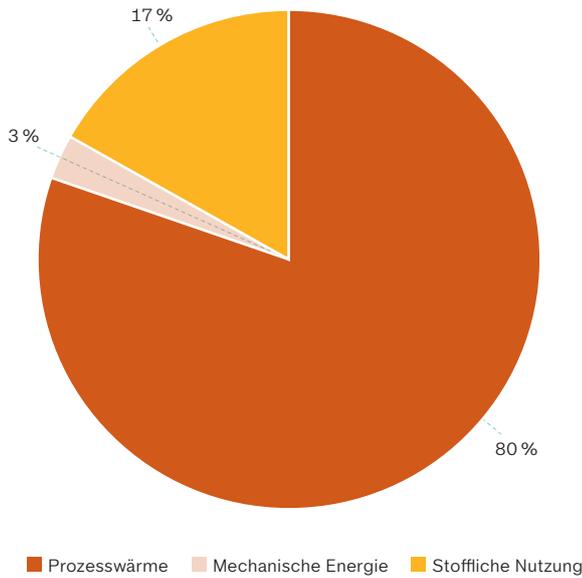


Abbildung 4.4: Anwendungsbereiche von Erdgas im Industriesektor (Fraunhofer ISI, 2022).

Die technischen Voraussetzungen für die Erdgasunabhängigkeit sind gegeben

Die Technologien, die Deutschland aus der Erdgasabhängigkeit führen können, sind in allen Anwendungsbereichen vorhanden. Nur in wenigen Ausnahmefällen braucht es noch Innovation. Damit sind bereits jetzt die Reduktionspfade in den einzelnen Sektoren modellierbar und ein Ende der Erdgasabhängigkeit abschätzbar. Das BMWK hat im November 2022 erste Ergebnisse aus dem Projekt Langfristszenarien veröffentlicht, in dem eine Modellierung aller Sektoren mit dem Ziel der Treibhausneutralität 2045 durchgeführt wird (Fraunhofer ISI et al., 2022). Die zwei Szenarien des Projektes, die für diesen Bericht ausgewählt wurden, sind das ökonomisch günstigste T45-Strom und das als Reaktion auf die Gaskrise im Jahr 2022 berechnete Szenario einer beschleunigten Erdgasunabhängigkeit T45-RedGas. Für beide Szenarien sind die Reduktionspfade anhand des Primärenergiebedarfs für Erdgas bis 2045 in Abbildung 4.5 dargestellt. Die Modellierungen zeigen, dass die Substitution von Erdgas wesentlich beschleunigt werden kann.

»Die Substitution von Erdgas kann beschleunigt werden.«

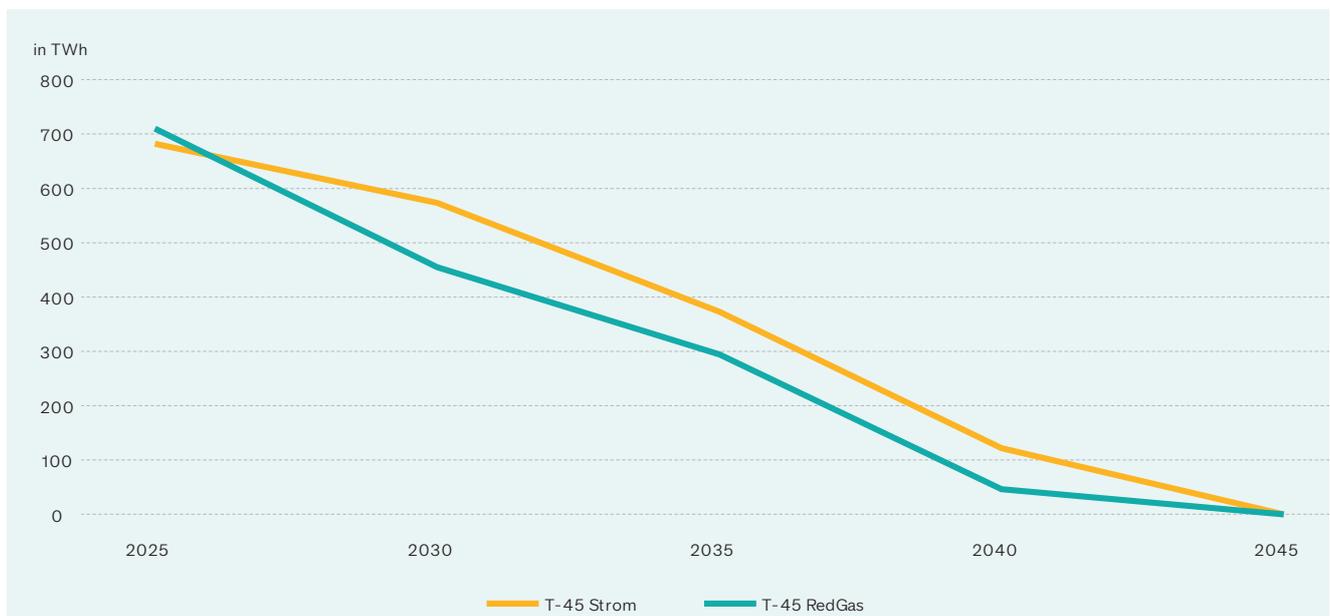


Abbildung 4.5: Erdgasreduktionspfade im Primärenergieverbrauch in den BMWK-Langfristszenarien (Fraunhofer ISI et al., 2022).

Drei Maßnahmen für erdgasfreie Gebäude

Im Gebäudesektor stellen der Ersatz von Erdgas bei der Wärmeerzeugung und die Steigerung der Energieeffizienz die zentralen Strategien dar. Dies lässt sich dezentral über den Heizungswechsel zu erneuerbaren Systemen, insbesondere der Wärmepumpe, erzielen. Energieeffizienz durch eine energetische Hüllensanierung wirkt dabei unterstützend. Auch Wärmenetze spielen bei der Umstellung der Wärmeversorgung eine Rolle und sollten dort ausgebaut werden, wo eine zentrale Versorgung wirtschaftlich sinnvoll ist. Gleichzeitig besteht hier die Hauptherausforderung in einer erdgasfreien Wärmeerzeugung, wofür erneuerbare Technologien wie die Tiefengeothermie und Solarthermie zur Verfügung stehen. Der größte Anteil der erneuerbaren Erzeugung wird von Groß-Wärmepumpen bereitgestellt werden (Ahrendts et al., 2023).

Nach aktuellen Zahlen wird Wasserstoff für die Wärmeversorgung von Gebäuden eine untergeordnete Rolle spielen, insbesondere bei dezentralen Heizsystemen, da nur 10 % der Haushalte in der Nähe des Wasserstoffkernnetzes liegen und die Elektrifizierung im Betrieb

deutlich günstiger ist (Aunedi et al., 2023; Braungart & Bürger, 2023). Das zeigt sich auch an den Planungen der Stadtwerke. Derzeit planen mindestens 83 % der Stadtwerke keine Umstellung der Versorgungsnetze auf Wasserstoff (BDEW, 2023b). Die kommunale Wärmeplanung wird hier zukünftig Planungssicherheit geben und lässt eine Befriedung der gesellschaftlichen Debatte erwarten.

»90 % der Haushalte liegen nicht in einem Wasserstoffpotentialgebiet.«

Aktuelle Studien des BMWK zeigen ambitionierte Zielszenarien für die Diffusion der für die Erdgasunabhängigkeit notwendigen Technologien auf. Abbildung 4.6 zeigt die Transformationspfade in den zwei Szenarien T-45 Strom und T-45 RedGas für die energetische Hüllensanierung (a), den Ausbau der Wärmepumpen (b) und die Versorgung aus Wärmenetzen (c). Die Sanierungsrate muss für den Zeitraum bis 2045 nahezu verdoppelt werden, auf 1,95 %. Für das Ziel von 6 Mio. Wärmepumpen in 2030 müssen ab 2024 jedes Jahr mindestens 500.000 Geräte installiert werden, so auch der Plan der Bundesregierung (Öko-Institut et al., 2023).

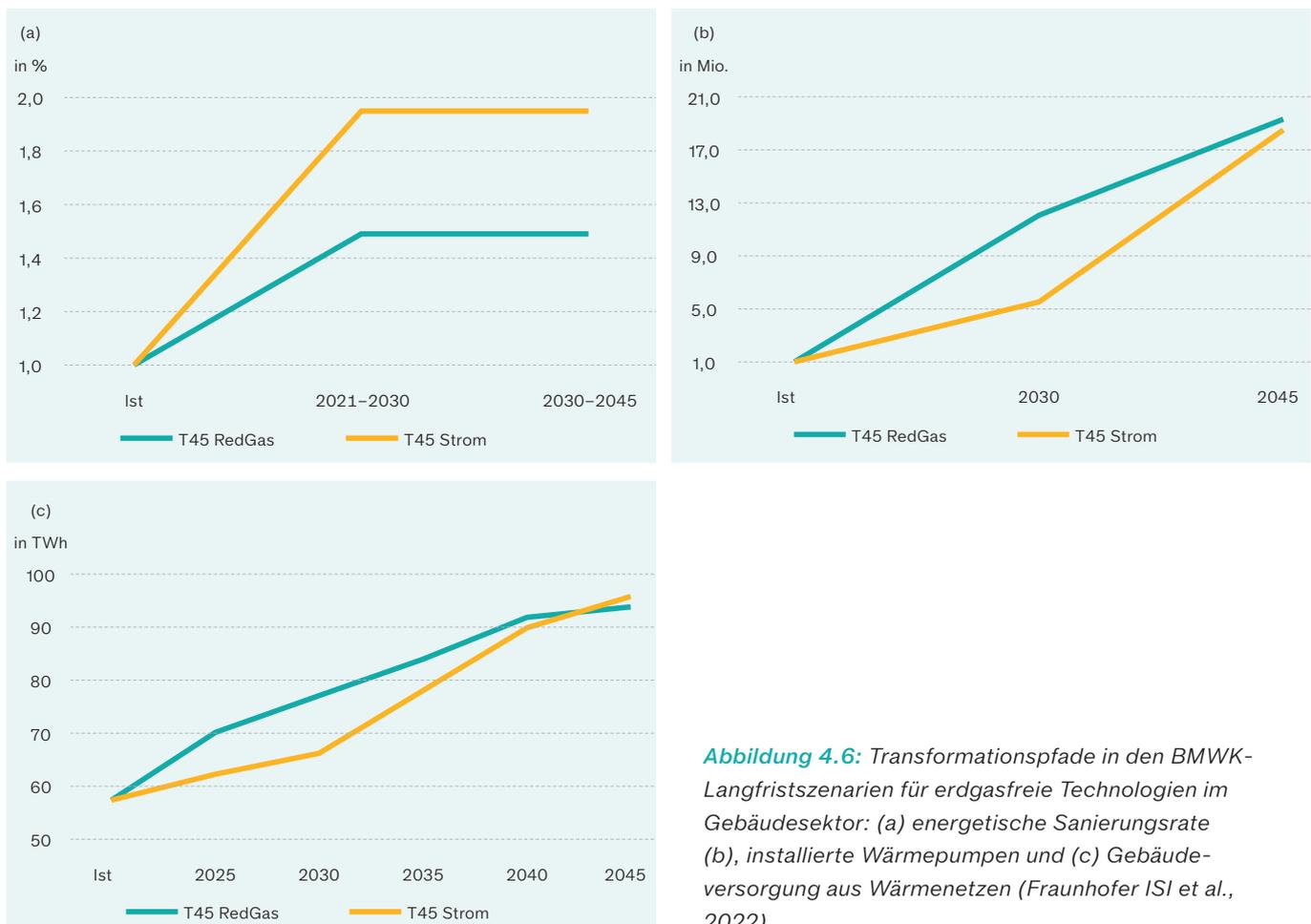


Abbildung 4.6: Transformationspfade in den BMWK-Langfristszenarien für erdgasfreie Technologien im Gebäudesektor: (a) energetische Sanierungsrate (b), installierte Wärmepumpen und (c) Gebäudevorsorgung aus Wärmenetzen (Fraunhofer ISI et al., 2022).

Bei den Wärmenetzen ist zu beachten, dass die Versorgung zeitgleich zum Ausbau auch dekarbonisiert werden muss. Jährlich müssen mindestens 100.000 neue Gebäude an Wärmenetze angeschlossen und 800 km Leitungen pro Jahr neu gebaut werden (BMWK, 2023m) und je nach Annahmen bis zu 103,5 GW Großwärmepumpenleistung zugebaut werden (Arendts et al., 2023).

Elektrifizierung der Prozesswärme und fokussierter Einsatz von Wasserstoff sind Alternativen zu Erdgas in der Industrie

Für den Industriesektor konzentriert sich der Wandel auf die Elektrifizierung der Prozesswärme sowie den Ersatz von Erdgas als Rohstoff, wofür grüner Wasserstoff verwendet werden kann. Die spezifischen Technologien, die den Industriebranchen für die Prozesswärme und der Grundstoffchemie und Stahlindustrie für die stoffliche Substitution zur Verfügung stehen, werden in Kapitel 7 genauer beschrieben.

In Abbildung 4.7 sind die Transformationspfade der erdgasfreien Technologien für die Industrie dargestellt. Die Elektrifizierung der Prozesswärme (a) erreicht in beiden Szenarien eine Nachfrage von ca. 180 TWh pro Jahr. Zwischen 2025–2040 ist die Elektrifizierung im Szenario T45-RedGas noch etwas ambitionierter. Für die anderen Transformationspfade gibt es keine großen Unterschiede zwischen den Szenarien, da hier die technologische Verfügbarkeit, z. B. von Wasserstoff, eine entscheidende Rolle spielt und weniger ökonomische Abwägungen.

Die Stahlherstellung über Wasserstoff-DRI-Anlagen (b) steigt erst ab 2025 stark an, zuvor werden die Anlagen teilweise noch mit Erdgas betrieben (siehe Kapitel 7, Textbox: *Zukunft des Stahls*). Für die Darstellung der Nutzung von Wasserstoff als Alternative für Erdgas in der Chemieindustrie werden die Kapazitäten von drei Produktionsverfahren in (c) zusammengefasst: die Herstellung von Ammoniak und Methanol aus Wasserstoff sowie die Produktion von Ethylen über das Methanol-to-Olefine (MTO) Verfahren.

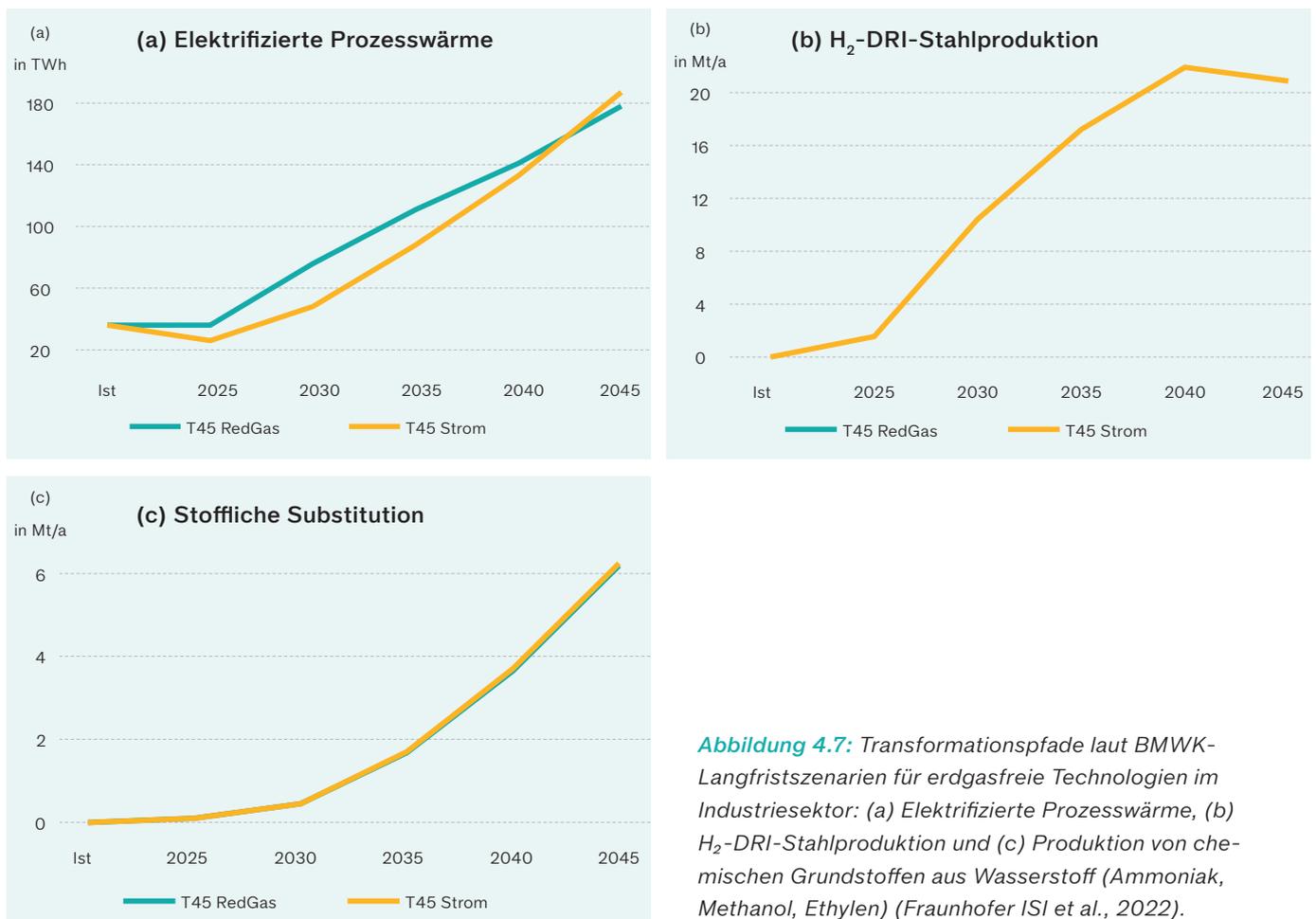


Abbildung 4.7: Transformationspfade laut BMWK-Langfristszenarien für erdgasfreie Technologien im Industriesektor: (a) Elektrifizierte Prozesswärme, (b) H₂-DRI-Stahlproduktion und (c) Produktion von chemischen Grundstoffen aus Wasserstoff (Ammoniak, Methanol, Ethylen) (Fraunhofer ISI et al., 2022).

5 Herausforderung: Investitionen mobilisieren – wenn Bestehendes nicht reicht

Die jüngsten Entwicklungen weisen darauf hin, dass die in den Szenarien von Kapitel 4 definierten Investitionsgeschwindigkeiten sowie die politischen Vorgaben aus Kapitel 3 nicht erreicht werden. Diese Entwicklung birgt die Gefahr einer verlängerten strategischen Abhängigkeit Deutschlands von Flüssigerdgas (LNG) und Erdgasimporten und treibt den Nachfragedruck auf CO₂-Preise in die Höhe, was wiederum ihre gesellschaftliche Akzeptanz langfristig unterminieren könnte. Deutschland gelingt es damit nicht die wirtschaftlichen Potentiale der Erdgasabhängigkeit voll zu nutzen (siehe Kapitel 2).

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt verharrt die Sanierungsrate bei unter 1 %, weit unter dem erforderlichen Wert von 1,9 % (Behr et al., 2023). Um das Ausbauziel von 500.000 Wärmepumpen jährlich bis 2025 zu erreichen, wäre ein jährliches Wachstum von 53 % erforderlich – aktuell liegt das Wachstum jedoch nur bei 35 % (PwC, 2023a). Auch bei Großwärmepumpen und Wärmenetzen geht die Umstellung nicht schnell genug. Während jährlich neue Großwärmepumpen mit einer Kapazität von 4,5 GW installiert werden müssten, was 340–410 Projekten entspricht, befinden sich 2023 gerade einmal 30 Projekte im Bau oder Planung (Ahrendts et al., 2023). Jedes Jahr bräuchte es etwa 130.000 bis

150.000 neue Wärmenetzanschlüsse (+ 8 % pro Jahr) sowie ein Zubau von 800 km Verteilnetztrassen, wobei der Zubau 2020 nur bei 423 km lag (Ahrendts et al., 2023). Für den Industriesektor wird ohne zusätzliche Maßnahmen das Klimaziel für das Jahr 2045 um 29 Prozentpunkte verfehlt werden (Umweltbundesamt, 2023).

Um die ambitionierten Ziele zu erreichen und die Erdgasunabhängigkeit Deutschlands voranzutreiben, ist eine konsequente Umlenkung von Investitionskapital unabdingbar.

Für die Ausweisung der Investitionsbedarfe gehen wir aufgrund der vorliegenden Daten unterschiedlich in den Sektoren vor. Im Industriesektor werden Investitionen zum Tausch der Industrieanlagen beschrieben und im Gebäudesektor die Mehrinvestitionen für Ersatz von Erdgas (siehe Abbildung 5.1). In Kapitel 7 werden die Investitionsbedarfe weiter aufgeschlüsselt.

Die Investitionskosten des Industriesektors umfassen damit alle Investitionskosten, die mit der Substitution erdgasbetriebener Anlagen durch erdgasfreie Technologien nötig sind. Fleitner et al. (2023) beziffern Investitionen für die Elektrifizierung von erdgasbetriebenen Branchenreferenzprozessen, in denen Erdgas für

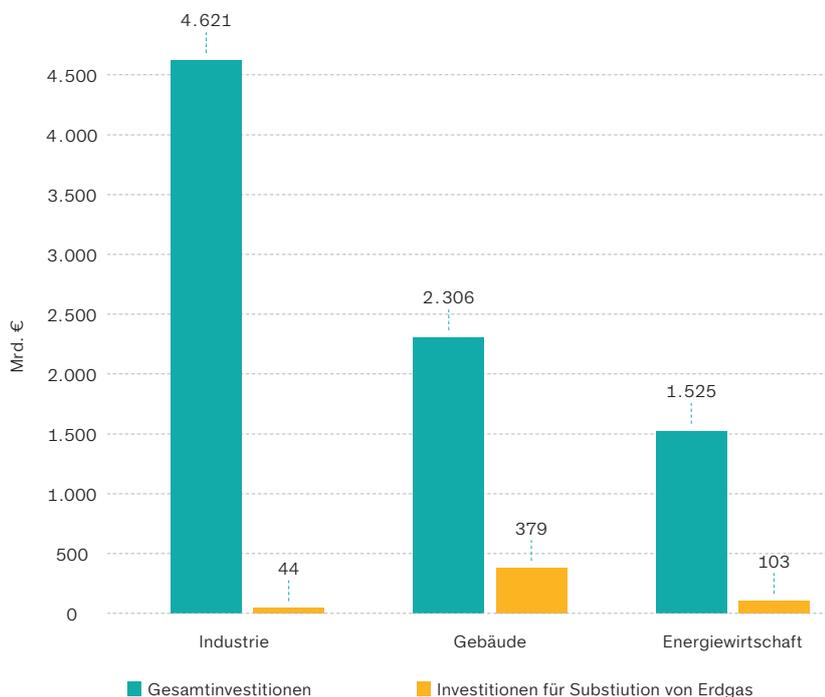


Abbildung 5.1: Investitionsbedarfe zur Substitution von Erdgas in Industrie, Gebäuden und Wärmenetzen im Vergleich mit Gesamtinvestitionen der Sektoren bis 2050 (Agora Industrie, 2023; Burret et al., 2021; Fleiter et al., 2023; Hauser et al., 2022).

Prozesswärme genutzt wird. Diese rechnen wir auf den gesamten Erdgasverbrauch der Branchen hoch. Zudem berechnen wir über die Ziele für grüne Chemie- und Stahlproduktionskapazitäten in Deutschland und deren spezifische Investitionskosten für die Dekarbonisierung die Investitionsvolumen zur stofflichen Substitution von Erdgas und zur grünen Rohstahlherstellung (Umweltbundesamt, 2023). Damit ergeben sich insgesamt für die kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) sowie die Großunternehmen im Industriesektor ein Investitionsbedarf von 44 Mrd. Euro.

Für Gebäude weisen wir Mehrinvestitionen aus, die zusätzlich gegenüber der Referenzentwicklung für die Erreichung eines klimaneutralen Bestands notwendig sind. Hierbei werden Investitionen in die energetische Hüllensanierung und die Umstellung der Heizungsanlagen in Wohngebäuden (inkl. Gebäudeanschlüsse für Fernwärme) beziffert. Diese belaufen sich für die privaten und institutionellen Wohnungseigentümer:innen zusammen auf 379 Mrd. Euro (Prognos et al., 2022). Die gesamten Klimaschutzinvestitionen für Wohngebäude werden auf 635,7 Mrd. Euro beziffert (Burret et al., 2021). Zudem müssen die Wärmenetze erdgasfrei ausgebaut und die Wärmeerzeugung dekarbonisiert werden, um eine Technologieumstellung im Gebäudesektor zu ermöglichen. Insgesamt kumulieren sich die Investitionen für den Ausbau der Wärmenetze, die notwendige Umstellung auf Niedrigtemperaturnetze und den Zubau von Großwärmepumpen auf einen Investitionsbedarf von 103 Mrd. Euro (Ahrendts et al., 2023; Biesl et al., 2023).

»Die Investitionen für eine erdgasfreie Industrie sind sehr klein im Verhältnis zur Gesamtheit der bis 2050 in der Industrie erwarteten Investitionen (1 %).«

Zur Einordnung der ausgewiesenen Bedarfe, hilft ein Blick auf die Gesamtinvestitionen der Sektoren. Die Investitionen zum Ersatz von Erdgas belaufen sich im Industriebereich auf lediglich 1 %, im Gebäudebereich auf 16,4 % und in der Energiewirtschaft auf 6,7 % der bis 2050 anfallenden Gesamtinvestitionen (Burret et al., 2021). Stellt man diese Investitionsvolumina den gesamtwirtschaftlichen Finanzanlagen im EU-Raum gegenüber, so ergibt sich ein aufschlussreiches Bild: Unternehmen in der EU verfügen über Finanzanlagen in Höhe von 35 Bio. Euro (Eurostat, 2023b). Die für die Erdgasunabhängigkeit von Gebäuden und Industrie benötigten 526 Mrd. Euro entsprechen gerade einmal 1,5 % dieser Summe. Das eigentliche Problem ist somit nicht ein Mangel an verfügbarem Kapital, sondern die Allokation dieser Mittel.

6

Wirtschaftstheoretische Einordnung: Investitionstheorie und politische Zielkonflikte

Angesichts der aktuellen politischen Diskussionen um die haushaltspolitischen Prioritäten in Deutschland ist es entscheidend, ein tieferes Verständnis dafür zu entwickeln, welche politischen Maßnahmen privates Kapital tatsächlich effektiv mobilisieren können. Die Wirtschaftstheorie kann helfen, um Schlüsselfaktoren zu identifizieren, die Investitionsentscheidungen für Erdgasunabhängigkeit beeinflussen. Wir untersuchen dabei, wie Pfadabhängigkeiten und Unsicherheiten zu Verzögerungen bei Investitionen in erdgasfreie Technologien und Infrastruktur führen können.

Aus der Theorie leiten wir vier mögliche politische Ziele ab, vor denen politische Entscheidungsträger stehen, wenn es um die Mobilisierung von privatem Kapital geht. Diese umfassen

1. Statische Effizienz und Technologieoffenheit
2. Dynamische Effizienz und Skaleneffekte
3. Eine hohe Investitionsdynamik
4. Soziale sowie politische Akzeptanz.

Es werden nicht alle Ziele gleichzeitig erreicht werden können – eine Tatsache, die jede wirtschaftspolitische Debatte prägt.

Standardtheorie

In der neoklassischen Investitionstheorie wird investiert, um Profit zu maximieren. Dies gilt, solange der marginale Wert einer Investition größer als dessen marginale Kosten ist (positives Grenzprodukt). Die Berechnung von Wert und Kosten hängt von verschiedenen Faktoren ab. Im Folgenden beschränken wir uns auf ausgewählte Aspekte, die für die Analyse der Investitionshemmnisse der in Kapitel 4 genannten Akteure relevant sind.¹

In neoklassischen Modellen spielt der Gegenwartswert (Net Present Value NPV) einer Investition eine entscheidende Rolle (Dixit & Pindyck, 1994; Pindyck & Rubinfeld, 2012). Der NPV wird durch Diskontierung der zukünftigen Netto-Cashflows auf den gegenwärtigen Zeitpunkt berechnet. Ein positiver NPV deutet darauf hin, dass die Investition rentabel ist.

Höheres Risiko einer Investition wird über eine höhere Diskontierungsrate abgebildet. Dabei umfassen die Ausgabenposten des Netto-Cashflows in der betriebswirtschaftlichen Betrachtung unter anderem Kapitalausgaben (CapEx), Betriebskosten (OpEx), Finanzierungskosten einschließlich Zinsaufwendungen, sowie Abschreibungen, Amortisationen und Opportunitätskosten. Auf der Ertragsseite werden Cashflows aus Umsatzerlösen, betrieblichen Kosteneinsparungen und finanziellen Vorteilen wie Steuervorteilen berücksichtigt. Diese Kostenarten sind vor allem für die Akteursbetrachtung in Kapitel 7 relevant, um die Auswirkungen auf die Rentabilität zu bewerten.

»Die politischen Folgerungen aus neoklassischen Gleichgewichtsmodellen unterliegen wichtigen Einschränkungen.«

Wesentlich für die politische Einordnung ist, dass die Standardtheorie auf spezifischen Grundannahmen basiert. Modelle gehen unter anderem von rationalen Investoren aus, die über vollständige Informationen hinsichtlich zukünftiger Entwicklungen verfügen und konvexen Anpassungskosten. Diese Annahmen liegen auch den makroökonomischen dynamischen Gleichgewichtsmodellen nach dem Ansatz von Nordhaus (1993) und damit verwandten Integrierten Assessment Modellen zu Grunde (Krusell & Smith, 2022), in denen Investitionen intertemporal optimiert werden.² Diese Modelle unterstreichen, dass die Internalisierung von Kosten durch Umweltsteuern oder Emissionshandelssysteme die kosteneffizienteste Methode ist, um den Klimawandel zu adressieren – eine Forderung, die sich auch in den Empfehlungen des Sachverständigenrats der Bundesregierung widerspiegelt (Sachverständigenrat, 2019).

Modelle und Theorie wurden über die Jahre kontinuierlich durch unterschiedliche Ansätze erweitert, auch wenn diese Entwicklungen häufig in der öffentlichen Debatte zu kurz kommen. Wir konzentrieren uns hier auf Analysen rund um die Arbeiten von Acemoglu et al. (2012, 2016) zum Wettbewerb zwischen grünen und fossilen Technologien und Pfadabhängigkeiten sowie für die Mikroökonomie auf die Realoptionstheorie für Investitionen unter Unsicherheit (Dixit & Pindyck, 1994).

¹ Daneben verweisen wir für eine vertiefte Diskussion auf die Literatur (Pindyck & Rubinfeld, 2012).

² Für eine detaillierte Diskussion weiterer Grundannahmen makroökonomischer Gleichgewichtsmodelle siehe unter anderem Krebs (2023a).

Investieren unter Pfadabhängigkeiten

Die politischen Schlussfolgerungen aus neoklassischen Gleichgewichtsmodellen sind insbesondere dann mit wesentlichen Einschränkungen behaftet, wenn technischer Fortschritt grüner Technologien als exogen angenommen wird (wie auch im neusten Modell von Barrage & Nordhaus (2023) der Fall) oder keine Differenzierung zwischen verschiedenen Technologien erfolgt.

Im Gegensatz dazu berücksichtigt die Arbeit von Acemoglu (2012, 2016) den Wettbewerb zwischen grünen und fossilen Technologien und modelliert technischen Fortschritt und dessen Entwicklung endogen. Seine Arbeit beleuchtet die Pfadabhängigkeiten, die bei der Substitution fossiler Technologien auftreten. Fossile Technologien profitieren von einem größeren Marktvolumen und anfänglich höherer Produktivität, was Investitionen und Innovationen in diese Richtung lenkt. Diese Pfadabhängigkeiten ließen sich an unterschiedlichen Stellen beobachten. Investitionen in fossile Energien übertrafen noch bis 2015 die Investitionen in saubere Energien (IEA, 2023b). Auch während der Energiekrise wurde aufgrund mangelnder kurzfristig umsetzbarer Alternativen der Bau von LNG-Terminals forciert.

»CO₂-Preise allein führen nicht zu einem sozial optimalen Ergebnis.«

Aus dem Modell von Acemoglu (2012, 2016) folgt, dass CO₂-Preise allein nicht zu einem sozial optimalen Minderungspfad für Emissionen führten. Sie wirken sich zwar unmittelbar auf die Rentabilität einer Investition aus, haben jedoch nur indirekte Auswirkungen auf die Lenkung von Innovationen. Dies führt dazu, dass das Produktivitätsniveau grüner Technologien über lange Zeit nicht wettbewerbsfähig bleibt. Entscheidend für die Diffusion grüner Technologien sind jedoch gerade Innovationen, die durch Skalen- und Lerneffekte zu Produktivitätssteigerungen führen. Ein Beispiel hierfür ist das exponentielle Wachstum der Photovoltaik-Produktion, das inzwischen von Kostenvorteilen gegenüber fossilen Technologien angetrieben wird – auch als Ergebnis der frühen deutschen EEG-Förderung. Damit CO₂-Preise nicht nur Investitionen, sondern auch Innovationen lenken, müssten sie nach Acemoglu (2012, 2016) exzessive Höhen erreichen, die gesellschaftlich nicht durchsetzbar sind.

Die Logik von Pfadabhängigkeiten lässt sich auch auf andere Bereiche übertragen, in denen sich Technologien unter unfairen Wettbewerbsbedingungen durchsetzen sollen. Der Ausbau von Produktionskapazitäten für Wärmepumpen, die Elektrifizierung von Industrieanlagen – all das findet unter verzerrten Marktbedingungen statt, die das Ergebnis von jahrelangen

Investitionen in fossile Wirtschaftsaktivitäten sind. Treiber des unfairen Wettbewerbs sind nicht nur Preisvorteile, sondern auch die bestehende Infrastruktur, Wissen, Fähigkeiten der Bevölkerung, bestehende Standardisierungen oder Gewohnheiten.

Ohne die Berücksichtigung dieser Faktoren, Schaffung eines fairen Wettbewerbs, der all diese Unterschiede angeht, riskiert Wirtschaftspolitik entweder die Verzögerung von Investitionen oder lenkt Kapital weiterhin in fossile Technologien, die noch immer einen Produktivitätsvorteil genießen. Kurzfristig ließen sich Wettbewerbsvorteile erdgasfreier Technologien theoretisch durch CO₂-Preise ausgleichen (statische Effizienz, siehe Textbox). Doch das dafür nötige Preisniveau wäre politisch kaum durchzusetzen und würde mit starken Reduktionen von Produktion und Konsum einhergehen (Acemoglu, 2012). Damit trotzdem langfristig Produktivitätspotentiale gehoben werden und dynamische Effizienz entsteht, ist ein Politikmix aus CO₂-Preisen mit Förderungen das effektivere Instrument.

Statische und dynamische Effizienz

Statische Effizienz besteht, wenn bestehende Ressourcen zu einem bestimmten Zeitpunkt optimal eingesetzt sind und den Gesamtnutzen maximieren. Sie konzentriert sich auf die effiziente Verteilung und Verwendung *vorhandener Ressourcen und Technologien*.

Dynamische Effizienz besteht, wenn Gesamtnutzen über die Zeit maximiert wird und berücksichtigt die langfristige Allokation von Ressourcen, mit Blick auf zukünftige Produktion, technologische Entwicklung und sich verändernde Marktbedingungen. Sie bildet auch Investitionen u. a. in Innovation und Infrastruktur ab.

Investieren unter Unsicherheit

Neben Pfadabhängigkeiten spielen Unsicherheit und die Irreversibilität von Investitionen eine maßgebliche Rolle bei Investitionsentscheidungen. Anstelle vollständiger Informationen, wie es die Standardtheorie annimmt, sind Unternehmen mit unvollständigen Informationen konfrontiert – sei es bezüglich zukünftiger technologischer Entwicklungen, sich ändernder regulatorischer Rahmenbedingungen, Kapitalzinsen oder Preisschwankungen.

Die Realloptionstheorie nach Pindyck und Dixit (1994) hilft, die Auswirkungen dieser Unsicherheiten auf Investitionsentscheidungen zu verstehen. Der Ausgangspunkt ist, dass Unternehmen investieren können, aber nicht müssen. Unter bestimmten Umständen kann es für Unternehmen optimal sein, Investitionen zu verzögern, selbst wenn der Netto-Gegenwartswert positiv ist. Denn ist Kapital einmal investiert, ist dessen Rücknahme entweder unmöglich oder kostspielig.

»Potenzielle Einnahmen einer Investition müssen nicht nur die Kosten, sondern auch den Wert der Warteoption übersteigen.«

Entscheidend dafür, ob investiert wird, ist der Optionswert des Wartens. Dieser Wert steigt, wenn das Abwarten präzisere und informativere Daten liefern kann, die zu fundierteren Entscheidungen führen. Bei unsicheren Marktbedingungen müssen die potenziellen Einnahmen einer Investition nicht nur die Kosten, sondern auch den Wert der Warteoption übersteigen. Dies führt dazu, dass Firmen höhere Hürden für Investitionen setzen und diese verzögern, bis größere Sicherheit herrscht, was auch empirisch beobachtet wurde (Fleten et al., 2016).

Wie Pindyck und Dixit argumentieren, mobilisieren vor allem solche Maßnahmen Investitionen, die wirtschaftliche Volatilität und Unsicherheit reduzieren (Dixit & Pindyck, 1994). Dazu gehören sowohl sichere Absatzentwicklungen bestimmter Technologien als auch stabile steuerliche Rahmenbedingungen und verlässliche regulatorische Vorgaben. Aber auch finanzielle Anreize wie Steuervergünstigungen, Subventionen oder Zuschüsse können sofortige Investitionen attraktiver machen. CO₂-Preise allein stehen also nicht nur im Spannungsverhältnis zu dynamischer Effizienz und sozialer Akzeptanz. Die durch sie entstehende Unsicherheit riskiert auch die Verzögerung frühzeitiger Investitionen. Gleiches gilt für die Technologieoffenheit.

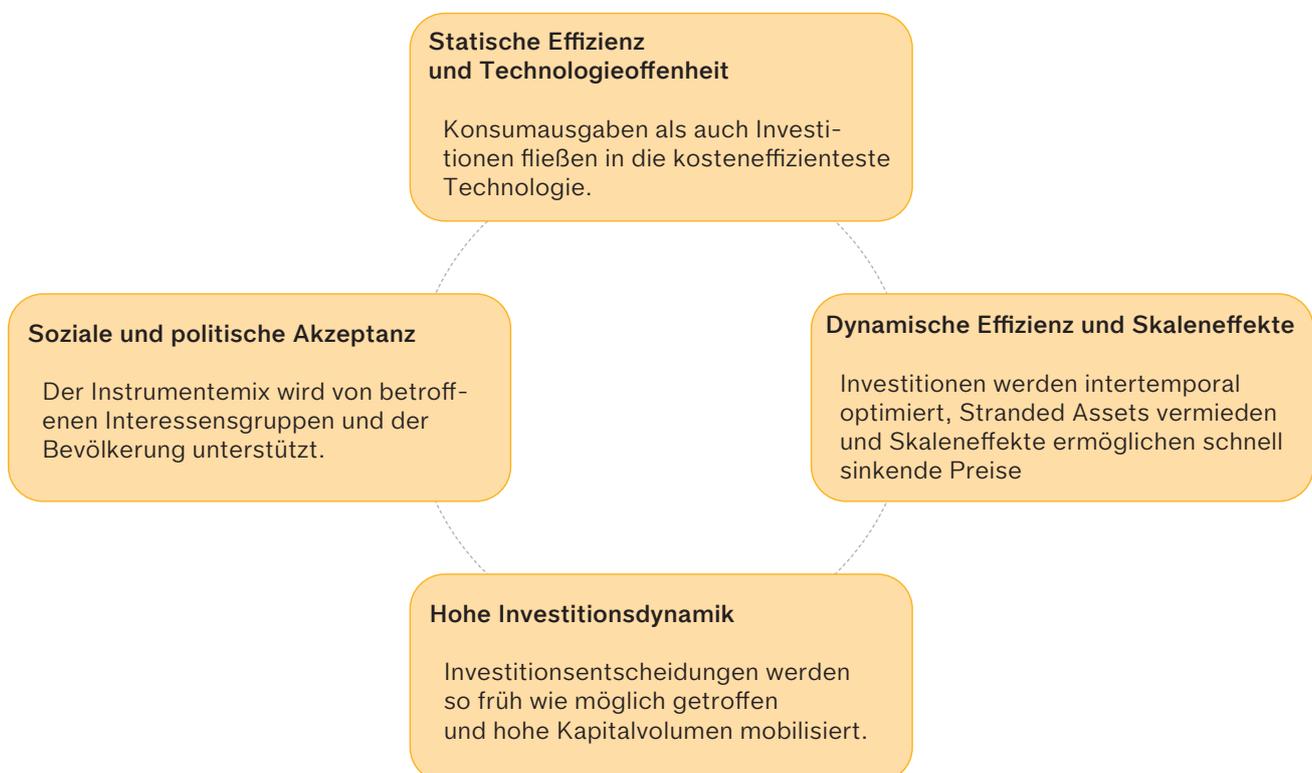


Abbildung 6.1: Mögliche politische Zielkonflikte in einer sozial ausgewogenen Transformation zur Erdgasunabhängigkeit (eigene Darstellung).

Politische Zielkonflikte prägen die Debatte

Die Bezahlbarkeit ist ein zentrales Thema in jeder energiepolitischen Debatte und Investitionen haben auf sie einen unmittelbaren Einfluss. Die Diskussion fokussiert sich häufig auf das Verhältnis zwischen den kurzfristigen Kosten, die sich aus direkten Preisanstiegen, der Verlagerung von Konsum zu Investitionen oder Schulden ergeben, und den langfristigen Kosten, die durch eine Verlängerung der Erdgasabhängigkeit, Energiepreisschocks, Klimakosten oder verpasste Wertschöpfungspotentiale entstehen. Daneben werden diese mit den kurz- und langfristigen Auswirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit abgewogen.

»Jeder Politikmix zur Beschleunigung von Investitionen muss Prioritäten zwischen vier politischen Zielen definieren.«

Auf Grundlage der diskutierten Theorien können diese Vergleiche versachlicht werden. Da Investitionsentscheidungen nicht allein von der Profitabilität bestimmt werden, sondern in erheblichem Maße von Pfadabhängigkeiten und Unsicherheiten geprägt sind, stehen politische Entscheidungsträger bei der Schaffung von Kosteneffizienz vor dem Dilemma, vier Ziele auszubalancieren, die nicht simultan realisiert werden können (Abbildung 6.1).

Jeder Politikmix aus marktbasierenden Instrumenten wie der CO₂-Bepreisung, Regulierung und Förderung muss Prioritäten zwischen diesen vier Zielen definieren, wie wir in Tabelle 6.1 darstellen. Das gilt auch für die in Kapitel 8 präsentierten Maßnahmen.

Tabelle 6.1: Politische Zielkonflikte bei der Beschleunigung von Investitionen durch CO₂-Preise, Regulierung und Förderung im Vergleich (eigene Darstellung)

CO ₂ -Preise	Regulierung	Förderung
<ul style="list-style-type: none"> • Stärken statische Effizienz und Technologieoffenheit. • Erreichen ohne zusätzliche Förderung keine dynamische Effizienz, v. a. nicht in der kurzen Frist. • Zu hohe CO₂-Preise könnten soziale Akzeptanz untergraben. Gleichzeitig sind <i>Preise des Marktes</i> im Gegensatz zu <i>Regulierungen der Politik</i> schwerer angreifbar. • Riskieren bei Unsicherheit und volatilen Preisen die Verzögerung von Investitionen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kann statische Effizienz durch Ausschluss bestimmter Technologien begrenzen. • Trägt zu dynamischer Effizienz und Skaleneffekten bei, wenn sie Investitionen in zukunftssträchtige Technologien klar vorgibt und Entscheidungen evidenzbasiert getroffen werden. • Beeinträchtigt soziale Akzeptanz kurzfristig, kann aber langfristig durch Preissenkungen aus dynamischer Effizienz soziale Akzeptanz fördern. • Schafft eine hohe Investitionsdynamik durch verbindliche Rahmenbedingungen. • Leicht politisch angreifbar, da sie sich häufig an spezifische Technologien oder wirtschaftliche Aktivitäten richtet. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kann kurzfristig statische Effizienz beeinträchtigen, aber dynamische Effizienz unterstützen. • Unter der Annahme von Pfadabhängigkeiten werden dynamischer Effizienz und Skaleneffekten gefördert, insbesondere durch gezielte Unterstützung neuer Technologien. Dabei muss sichergestellt werden, dass Förderung nicht nur die Verfügbarkeit, sondern auch die Wettbewerbsfähigkeit der neuen Technologien stärkt. • Unterstützt hohe Investitionsdynamik durch Kapitalmobilisierung und Sicherstellung von Rentabilität. • Verbessert soziale und politische Akzeptanz durch Abmilderung der Verteilungseffekte und Erleichterung des Kapitalzugangs.

7 Deep Dives: Die Sektoren Gebäude, Industrie und Finanzwirtschaft

In drei Deep Dives analysieren wir, welche Akteure die Politik mobilisieren muss, um den Weg in die Erdgasunabhängigkeit zu ebnen und welche Prioritäten dafür gesetzt werden müssen.

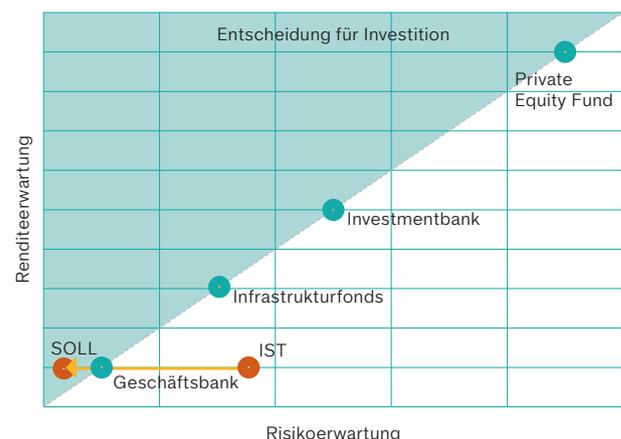
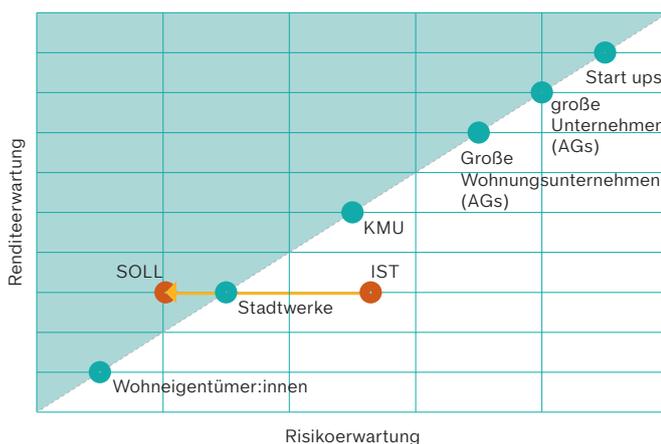
In Kapitel 2 haben wir bereits dargelegt, dass Erdgasunabhängigkeit nicht nur Energiepreisvolatilitäten und geostrategische Abhängigkeiten reduziert, sondern auch Transitions- und Klimarisiken mindert und gleichzeitig neue Märkte sowie Wertschöpfungspotentiale erschließt. Dafür braucht es einen klaren und kohärenten Politikrahmen, der ein gesamtgesellschaftliches Engagement mobilisiert, um die vielfältigen Hindernisse zu überwinden, die Finanzunternehmen, die Realwirtschaft und Bürger:innen von Investitionen in erdgasfreie Technologien abhalten. Die folgenden Ergebnisse skizzieren eine Priorisierung der Hemmnisse. Sie basieren auf Analysen des Fachrats, Stakeholderinterviews sowie Literaturlauswertungen und bilden die Grundlage für die Entwicklung zielgerichteter Maßnahmen in Kapitel 8.

Der Übergang hin zur Erdgasunabhängigkeit erfordert eine entscheidende Umlenkung von Kapitalströmen: Bis 2045 müssen im Gebäudesektor etwa 480 Mrd. Euro und in der Industrie rund 44 Mrd. Euro von derzeitigen fossilen Anlagen hin zu Investitionen in erdgasfreie Technologien fließen (vergleiche Kapitel 5). Um diese Zielsetzung zu realisieren, ist ein erfolgreiches Matching zwischen Kapitalnehmenden – dazu zählen private Eigentümer:innen, Wohnungsunternehmen, Stadtwerke, kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sowie große Industrieunternehmen – und Kapitalgebenden wie Geschäftsbanken, Investitionsbanken und Investmentfonds unabdingbar. Die effiziente Verzahnung beider Seiten ist zentral für eine erfolgreiche Finanzierung des Strukturwandels.

Zwei Faktoren spielen dabei eine zentrale Rolle:

1. Aus Sicht der Akteure ist das Verhältnis von Rendite- zu Risikoeerwartung ausschlaggebend für Investitionsentscheidungen. Dies variiert je nach Akteur und wird in Abbildung 7.1 schematisch veranschaulicht: Wohnungseigentümer:innen tendieren zu einer geringeren Risikotoleranz und Renditeerwartung als Großunternehmen, Geschäftsbanken wiederum zu einer geringeren als Investmentfonds. Ein zu hohes Risiko oder eine zu geringe Rendite können Investitionsentscheidungen hemmen (dargestellt im weißen Bereich der Abbildung 7.1). Dabei ist die Differenzierung zwischen wahrgenommenem und tatsächlichem Risiko wesentlich.
2. Darüber hinaus müssen die Akteure nicht nur finanziell, sondern auch strukturell in der Lage sein, erforderliche Investitionen zu tätigen. Wohnungseigentümer:innen benötigen beispielsweise Zugang zu einem Wärmenetz für den Anschluss, Stadtwerke interne Planungskapazitäten für den Ausbau der Fernwärme und Unternehmen einen geeigneten Stromnetzanschluss zur Elektrifizierung von Prozessen. Jeder Akteur benötigt Zugang zu den erforderlichen Technologien und Fachkräften.

Abbildung 7.1: Illustrative Darstellung der Rendite- und Risikoeerwartung von Akteuren der Kapitalnachfrage (links) und des Kapitalangebots (rechts). Gelbe Pfeile illustrieren die Möglichkeit durch eine Änderung der Risikowahrnehmung Investitionsentscheidungen zu befördern (Baker & Whitaker, 2023; Whitehouse et al., 2020).



Übergeordnet lassen sich fünf Schlussfolgerungen ziehen, die in den folgenden Kapiteln präzisiert und ergänzt werden:

- 1. Verfügbare Technologien bieten Alternativen zu Erdgas** und sind bis auf Ausnahmen in der Anwendung **erprobt**.
- 2. In den hier betrachteten Sektoren sollte Wasserstoff vor allem in der Industrie eingesetzt werden, um dessen Potentiale optimal zu nutzen.**
- 3. Im Gebäudesektor ist der Umstieg besonders komplex**, aufgrund der vielfältigen Akteursstruktur, differenzierter Interessenlagen, langfristiger erforderlicher Infrastruktur-Umbauten und der hohen Investitionsvolumina. Das macht eine umfangreiche Koordination erforderlich.
- 4. Die Kostenarten verteilen sich unterschiedlich innerhalb der Sektoren:** Während der Gebäudesektor signifikante Kapitalkosten (CapEx) aufbringen muss, sind Betriebskosten (OpEx) für Industrieunternehmen das Hauptproblem.
- 5. In einzelnen Industriesektoren lassen sich durch verhältnismäßig geringe Kosten erhebliche Einsparungen erzielen.**

7.1 Wärmewende für erdgasfreie Gebäude

Im Gebäudebereich müssen private Eigentümer:innen, Stadtwerke und Energiedienstleister sowie Wohnungsunternehmen aktiviert werden, um weitere Investitionen in Hüllensanierung und erneuerbare Wärmezeugung zu beschleunigen (siehe Abbildung 7.2). Die Analyse der Maßnahmen und Investitionshemmnisse der Akteure in diesem Kapitel bezieht sich aus Gründen der Vereinfachung auf Wohngebäude. Für Nicht-Wohngebäude liefert diese Analyse ebenfalls wichtige Erkenntnisse, da sich die notwendigen Maßnahmen und Herausforderung ähneln. Dementsprechend können die in Kapitel 8 erläuterten Vorschläge auch Investitionen in Nicht-Wohngebäude mobilisieren.

Neun Schlussfolgerungen lassen sich für den Gebäudesektor ziehen:

- 1. Umstellung der Wärmezeugung**
Der Übergang zu erdgasfreien Gebäuden erfordert primär den Austausch von Technologien und der entsprechenden Infrastruktur und wird durch die Steigerung der Energieeffizienz unterstützt.
- 2. Aktivierung institutioneller Akteure**
Institutionelle Akteure wie Wohnungsunternehmen, Energiedienstleister und Stadtwerke sind der Schlüssel für die effiziente Allokation privatwirtschaftlichen Kapitals und die Skalierung der Wärmewende.
- 3. Einsparpotentiale und Investitionsbedarfe**
variieren – Größte Erdgaseinsparungspotentiale und Investitionsbedarfe liegen bei privaten Eigentümer:innen, während Stadtwerke vor hohen konzentrierten Kosten stehen.
- 4. Zwei Bremsen von Wohnungsunternehmen**
Verschlechterte Kreditbedingungen und bürokratische Hemmnisse setzen Wohnungsunternehmen unter Druck.
- 5. Erdgasunabhängige Stadtwerke**
Stadtwerke müssen jetzt neue Geschäftsmodelle entwickeln, um starke Umsatzrückgänge aus dem Gasgeschäft zu kompensieren und ihre zukünftige Wettbewerbsfähigkeit zu sichern.
- 6. Ungenutztes Potential der Energiedienstleister**
Die Komplexität im Falle von Mehrfamilienhäusern, begrenzter Förderzugang und hohe Verbindlichkeiten mindern das Potential der Energiedienstleister, eine große Rolle in der Wärmewende zu spielen.
- 7. Kapitalzugang von privaten Eigentümer:innen**
15–30 % der privaten Eigentümer:innen haben Probleme beim Kapitalzugang, zudem bestehen strukturelle Investitionshemmnisse.
- 8. Investitionsbereitschaft fördern**
Fehlende Wahrnehmung der Beratungs- und Förderangebote gepaart mit einer Aversion gegenüber langfristigen Krediten hemmen private Investitionen.
- 9. Fachkräftemangel im Handwerk als Querschnittsherausforderung**
Das Handwerk steht vor großen Herausforderungen bei der Fachkräftesicherung und Mobilisierung – weitere Maßnahmen der Fachkräftemobilisierung sind notwendig.

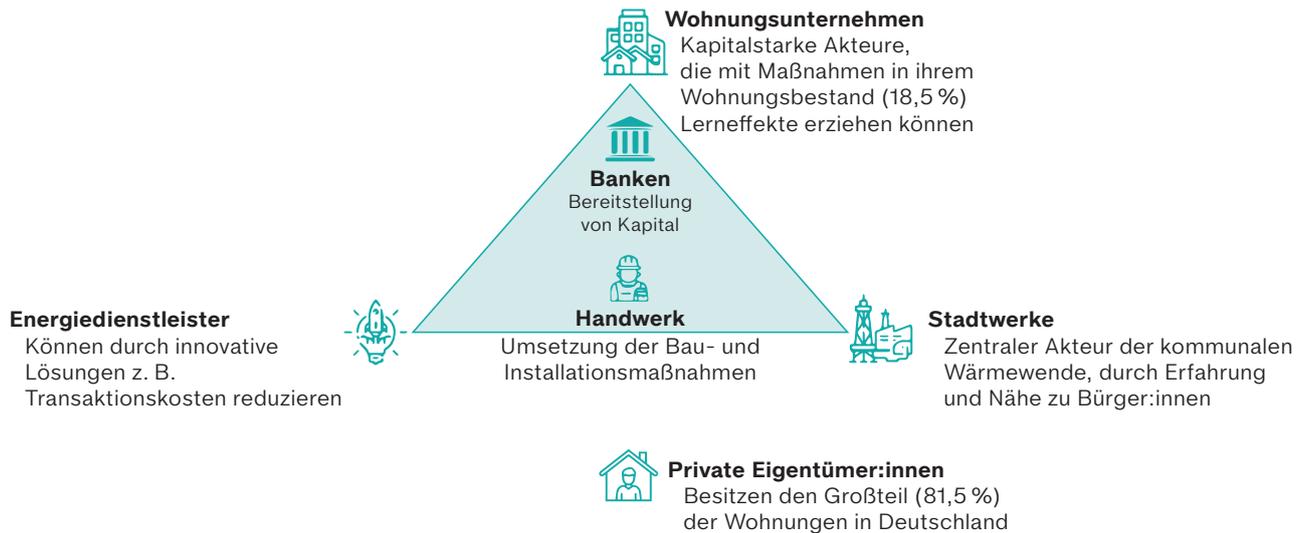


Abbildung 7.2: Akteure der Wärmewende (BMWSB, 2022).

Umstellung der Wärmeerzeugung

Der Übergang zu erdgasfreien Gebäuden erfordert primär die Umstellung von Technologien und der entsprechenden Infrastruktur und wird durch die Steigerung der Energieeffizienz unterstützt. Die wichtigsten Technologien dafür sind:

- 1. Wärmepumpen** sind auf lange Sicht die kosten- und energieeffizienteste Technologie für dezentrales Heizen (Gibb et al., 2023; IEA, 2022) und könnten Deutschland auf dem schnellsten Weg in die Gasunabhängigkeit bringen (Altermatt et al., 2023).
- In ausreichend besiedelten Gebieten lohnen sich statt dezentralen Heiztechnologien **Wärmenetze**, die CO₂-neutral aus erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme gespeist werden, wobei Großwärmepumpen eine wesentliche Bedeutung zukommt.
- Parallel kann eine **energetische Hüllensanierung** für beide Technologien den Energiebedarf senken.

Abhängig von den Anforderungen des Gebäudes können vereinzelt auch andere (hybride) Heizsysteme eine technische Lösung sein. Wasserstoffbetriebene Heizungen kommen für die Wärmewende allerdings nur in Ausnahmefällen in Frage. Selbst wenn alle Gebäude im Umkreis des geplanten Wasserstoffnetzes mit Wasserstoff beheizt werden sollten (was unrealistisch erscheint), betrifft dies nur 10 % des deutschen Gebäudebestandes (Öko-Institut, 2023). Darüber hinaus sollte Wasserstoff alternativen Anwendungsbereichen vorbehalten werden (siehe Textbox *Die Rolle von Wasserstoff für die Erdgasfreiheit*) – Das hält den Preisdruck gering, sichert damit die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie und minimiert Deutschlands Importabhängigkeit für Wasserstoff.

Die Rolle von Wasserstoff für die Erdgas-unabhängigkeit

Wasserstoff sollte vor allem den Anwendungen vorbehalten werden, für die er alternativlos ist.

Zu diesen „no regret“-Anwendungen zählen aktuell die Ammoniakherstellung der Grundstoffchemie sowie die Verstromung in Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)-Anlagen (Wietschel et al., 2021). In Zukunft werden noch die Stahlproduktion sowie Schiff- und Luftfahrt hinzukommen. In einer weiteren Reihe an Anwendungsfeldern ist noch unklar, ob Wasserstoff oder die direkte Elektrifizierung die kosteneffizienteste Alternative ist. Beispiele hierfür sind die Hochtemperaturwärme, der Schwerlastverkehr auf der Straße und die saisonale Stromspeicherung. Aufgrund der Unklarheit im Hinblick auf die Kosten sollten technologische Lock-ins in diesen Sektoren vermieden werden.

Heizen zählt zu keinem der Anwendungsfelder, in denen Wasserstoff eine Rolle spielen könnte. Zahlreiche Studien zeigen, dass die direkte Elektrifizierung die kosten- und energieeffizientere Option gegenüber Wasserstoff ist (Agora Energiewende & Industrie, 2022; Cebon, 2020; Gerhardt et al., 2020; Wietschel et al., 2021). Grüner Wasserstoff zum Heizen benötigt bei der Herstellung sechsmal mehr Strom als das Heizen mit der Wärmepumpe (Cebon, 2020; Gerhardt et al., 2020). Die höheren Stromkosten bei der Produktion werden sich auch im Preis für Haushalte widerspiegeln, selbst wenn der Wasserstoff aus dem Ausland importiert würde.

Das grüne Wasserstoffangebot in Deutschland wird knapp und von Importen aus dem Ausland abhängig sein. In der Nationalen Wasserstoffstrategie (NWS) wird eine heimische Elektrolysekapazität von zehn GW angestrebt (BMWK, 2023g). Das wird jedoch sehr wahrscheinlich nicht ausreichen, um alle Bedarfe in der Industrie, der Energiewirtschaft und im Verkehr zu decken (Merten & Scholz, 2023). Deutschland muss sich deshalb auf Importabhängigkeiten von Wasserstoff einstellen.

Außerdem ist zu erwarten, dass die Unsicherheiten über Zeitpunkt und Menge des verfügbaren grünen Wasserstoffs und die damit zusammenhängenden Nutzungskonkurrenzen die Preise für Haushalte stark ansteigen lassen können.

Im Angesicht dieser Knappheit und der damit verbundenen signifikanten wirtschaftlichen Risiken sollte eine Erhöhung der Wasserstoffnachfrage durch Wasserstoffheizungen im Gebäudebestand mit großer Vorsicht betrachtet werden. Das würde die Importabhängigkeit noch vergrößern und lediglich zu einer Problemverlagerung zwischen Erdgas und Wasserstoff führen. Außerdem hebt eine erhöhte Nachfrage den Preis, sodass insbesondere die Industrie mit höheren Kosten konfrontiert wäre. Eine unnötig hohe Nachfrage nach Wasserstoff würde somit auch der Wettbewerbsfähigkeit des Industriestandortes Deutschland schaden.

Tabelle 7.1: Anwendungsfelder von Wasserstoff nach Wietschel et al. (2021)

Alternativlos → No-regret	Unklar → Lock-ins vermeiden	Elektrifizierung ist günstiger
<ul style="list-style-type: none"> Grundstoffchemie, Ammoniak Stahlproduktion Schiff- und Luftfahrt 	<ul style="list-style-type: none"> Hochtemperaturwärme Schwerlastverkehr (Straße) Saisonale Stromspeicherung 	<ul style="list-style-type: none"> Dezentrales Heizen Niedertemperaturwärme Pkw

Die Mobilisierung von Kapital ist entscheidend für die gesamte Wertschöpfungskette erdgasfreier Technologien wie Wärmepumpen, Wärmenetze und Hüllensanierung. Dies umfasst sämtliche Phasen: von der Produktion über die Implementierung bis hin zu Einbau, Betrieb und Entsorgung. Die Wertschöpfungskette ist von einer breiten Palette an Beteiligten geprägt, darunter Zulieferer, Produkthersteller, Bauunternehmen, Installationsfachkräfte und Endverbraucher:innen.

Die meisten Hersteller von Dämmmaterialien, Fenstern und Türen zählen zu kleinsten, kleinen und mittleren Unternehmen (KMU). Obwohl der Markt für Wärmepumpen teilweise ebenfalls von KMU geprägt ist, lässt sich aktuell eine Marktkonsolidierung beobachten (siehe auch Kapitel 2). Für Technologien im Bereich

der Wärmenetze, wie Solarthermie- und Geothermieanlagen sowie Großwärmepumpen, sind auch Großunternehmen relevant.

Wir fokussieren unsere Analyse deshalb auf die Nachfrageseite. Produktionsseitig ist bereits eine starke Dynamik beobachtbar, wie am Beispiel der Wärmepumpenproduktion deutlich wird (siehe Textbox *Wärmepumpenhochlauf*). Auch die Entwicklung von Großwärmepumpen verläuft rasant – in den letzten drei Jahren ließen sich deutliche Erhöhungen der Leistungen und der Temperaturen beobachten (Ortner et al., 2023). Damit diese sich konsistent auf alle relevanten Branchen überträgt – insbesondere den Anlagen- und Maschinenbau – ist ein verlässlicher industriepolitischer Rahmen und Richtungssicherheit erforderlich.

Wärmepumpenhochlauf

Das BMWK hat 2023 eine Wärmepumpenoffensive angekündigt, mit dem Ziel ab 2024 jährlich 500.000 Wärmepumpen zu installieren (BMWK, 2023d). Die Ankündigungen haben sich auf der Produktionsseite bereits in reale Investitionen übersetzt. Viessmann und die Bosch Home Comfort Group planen bis 2030 Investitionen in Höhe von je einer Mrd. Euro in den Ausbau ihrer Produktionskapazitäten (Bosch, 2023; Viessmann, 2022). Vaillant hat noch ehrgeizigere Ziele und will bis 2030 bis zu zwei Mrd. Euro investieren (Vaillant Group, 2023). Auch Stiebel Eltron hat angekündigt, seine Produktionskapazitäten auszubauen. Bis 2027 will das Unternehmen 670 Mio. Euro investieren (Stiebel Eltron, 2023). Der Trend zum Ausbau der Wärmepumpenproduktion ist nicht auf Deutschland beschränkt, sondern findet auch international Anklang. Das japanische Unternehmen Daikin Industries, einer der weltweit führenden Hersteller von Wärmepumpen, plant bis 2025 Investitionen in Höhe von 840 Mio. Euro in bestehende Produktionsstätten in Europa (Daikin, 2021).

Für den Erfolg des Wärmepumpenhochlaufes muss dieses Momentum erhalten werden. Unter anderem führten die Debatten um die Novelle des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) dazu, dass sich die Anträge für Wärmepumpen im ersten Halbjahr 2023 im Vergleich zum Vorjahr nahezu halbierten (Tagesschau, 2023). Strategische Industriepolitik und vereinfachte Genehmigungsverfahren gekoppelt mit verlässlichen Förderstrukturen können dabei unterstützen.

2017). Dazu zählen private Vermieter:innen sowie selbstnutzende Eigentümer:innen, die selbst in ihrem Haus oder ihrer Wohnung leben. Auch Wohneigentümer:innengemeinschaften (WEG) werden zu privaten Akteuren gezählt. Der restliche Teil (18,5 %) entfällt auf institutionelle Wohnungseigentümer mit unterschiedlicher Rechtsform (Abbildung 7.3) (IW Köln, 2017). Letztere besitzen vor allem Mehrfamilienhäuser, während die meisten Einfamilienhäuser in der Hand von privaten Eigentümer:innen liegen.

Große Teile der institutionell verwalteten Wohnungen (18,5 % der gesamten Wohneinheiten) gehören privatwirtschaftlichen Unternehmen (36 %), der kommunalen Hand (29 %) oder Genossenschaften (27 %) (BMWSB, 2022). Ein kleinerer Teil der Wohnungen entfällt zusätzlich auf den Bund und die Länder (4 %) sowie Organisationen ohne Erwerbszweck (4 %).

Insgesamt gibt es in Deutschland rund 69.000 institutionelle Wohnungseigentümer. Während private Eigentümer:innen im Durchschnitt 1,7 Wohneinheiten besitzen, fallen auf einen institutionellen Wohnungseigentümer im Durchschnitt 114 Wohneinheiten. Damit bündeln institutionelle Wohnungseigentümer eine größere Anzahl an Wohnungen und können so eine Investitions- und Skalierungsdynamik erzeugen. Dieser Hebel wird durch eine hohe Marktkonzentration bei den privatwirtschaftlichen Wohnungsunternehmen verstärkt. Von den knapp 3 Mio. Wohnungen privatwirtschaftlicher Unternehmen gehört gut ein Drittel den sieben größten Immobilien-AGs (Savills, 2019).

»18,5 % der Wohnungen entfallen auf institutionelle Wohnungseigentümer.«

Aktivierung institutioneller Akteure

Institutionelle Akteure wie Wohnungsunternehmen, Energiedienstleister und Stadtwerke sind der Schlüssel für die effiziente Allokation privatwirtschaftlichen Kapitals und die Skalierung der Wärmewende.

Aus der Analyse der Wertschöpfungsketten der drei Transformationspfade energetische Hüllensanierung, Wärmepumpen und Wärmenetze im Gebäudesektor sowie Gesprächen mit Stakeholdern aus den jeweiligen Bereichen haben wir Akteursgruppen und ihre individuellen strukturellen und ökonomischen Hemmnisse identifiziert.

Wohnungseigentümer

Die erste Akteursgruppe sind Wohnungseigentümer. Dies können sowohl private Eigentümer:innen als auch institutionelle Akteure sein. In Deutschland gehört ein Großteil der Wohneinheiten (81,5 %) den knapp 21 Mio. privaten Eigentümer:innen (Abbildung 7.3) (IW Köln,

Energieversorgungsunternehmen

Zur zweiten Gruppe gehören Unternehmen, die in der Gas-, Strom- und Fernwärmewirtschaft aktiv sind. Ende 2022 gab es in Deutschland 2.294 Energieversorgungsunternehmen, von denen 700 Gasverteilnetzbetreiber, 1038 Gaslieferanten und 465 Fernwärmenetzbetreiber waren (Unternehmen können in mehreren Geschäftsbereichen aktiv sein) (BDEW, 2023a). In diesen, für die Technologieumstellung kritischen Geschäftsfeldern sind ein Großteil der Unternehmen Stadtwerke. In diesem Bericht definieren wir sie als Energieversorgungsunternehmen mit kommunaler Beteiligung und stellen sie in den Fokus unserer Analyse, da sie durch ihr Gasgeschäft und die Fernwärmenetze eine Schlüsselrolle in der (kommunalen) Wärmewirtschaft und Politik spielen.

»Unter den großen Stadtwerken sind 60 % als GmbH und 40 % als AG mit meist kommunaler Trägerschaft organisiert.«

Die rund 1.000 Stadtwerke in Deutschland genießen großes Vertrauen bei Bürger:innen und bieten sich daher für eine Vorreiterrolle bei der Wärmewende an (Beier et al., 2020). Stadtwerke sind grundsätzlich heterogen und unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Geschäftsmodelle, Anzahl an Endkund:innen und Regionalität ihrer Angebote. Die meisten sind in kommunalen Querverbänden organisiert, in denen zum Teil eine Querfinanzierung mit anderen Geschäftsfeldern stattfindet (z. B. Gewinne aus dem Energiegeschäft gleichen Verluste im ÖPNV aus) (Schrems & Eulgem, 2022). Stadtwerke sind auch in ihrer Rechtsform unterschiedlich organisiert. Eine Analyse der 77 größten Stadtwerke hat ergeben, dass von diesen ca. 60 % als GmbH und 40 % als AG organisiert sind. Von den 77 Stadtwerken befinden sich ca. 70 % in kommunaler Trägerschaft mit Anteilen von über 50 %. Die Marktkonzentration ist regional sehr hoch, denn die größten Stadtwerke stellen einen erheblichen Teil an der gesamten Energieversorgung und Fernwärmeversorgung bereit. Daher lohnt es sich, einen besonderen Fokus auf die Stadtwerke in Städten mit über 100.000 Einwohner:innen zu legen, da hier die größten Versorgungsgebiete bestehen.

Energiedienstleister

Zur dritten Gruppe gehören die Energiedienstleister, die durch ihr kundenorientiertes Serviceangebot eine wichtige Rolle in der zukünftigen Energiewirtschaft spielen. Ein Fokus liegt in diesem Bericht auf den Anbietern von Wärmedienstleistungen. Diese umfassen Services wie das Wärmeliefercontracting, die Heizungsrente bzw. das Heizungsleasing und das Lieferkettenmodell für Heizungsanlagen. Bei einer Wärmedienstleistung überträgt der:die Immobilieneigentümer:in die Aufgaben der Wärmeversorgung und die damit verbundenen Investitionskosten an einen professionellen Dienstleister (Verbraucherzentrale, 2022). Dessen Ausgaben werden über monatliche Abschläge über mehrere Jahre abbezahlt, im besten Fall kostenneutral aus den Einsparungen der Heizkosten für den:die Immobilieneigentümer:in (BfEE, 2023).

Dabei wird Haushalten der Austausch ihrer fossilen Heizung gegen eine erneuerbare Lösung, z. B. die Wärmepumpe, über eine Full-Service Dienstleistung angeboten, die alle Schritte der Installation und die Wartung umfasst. Für Energiedienstleistungen können neue Unternehmen, wie Cleantech-Startups, durch innovative Produkte eine Dynamisierung des Marktes bewirken; genauso können auch Stadtwerke stärker auf Energieserviceprodukte setzen, damit sie ihre Kund:innen bei der Energieumstellung unterstützen und gleichzeitig zukunftsfähige Geschäftsbereiche aufbauen.

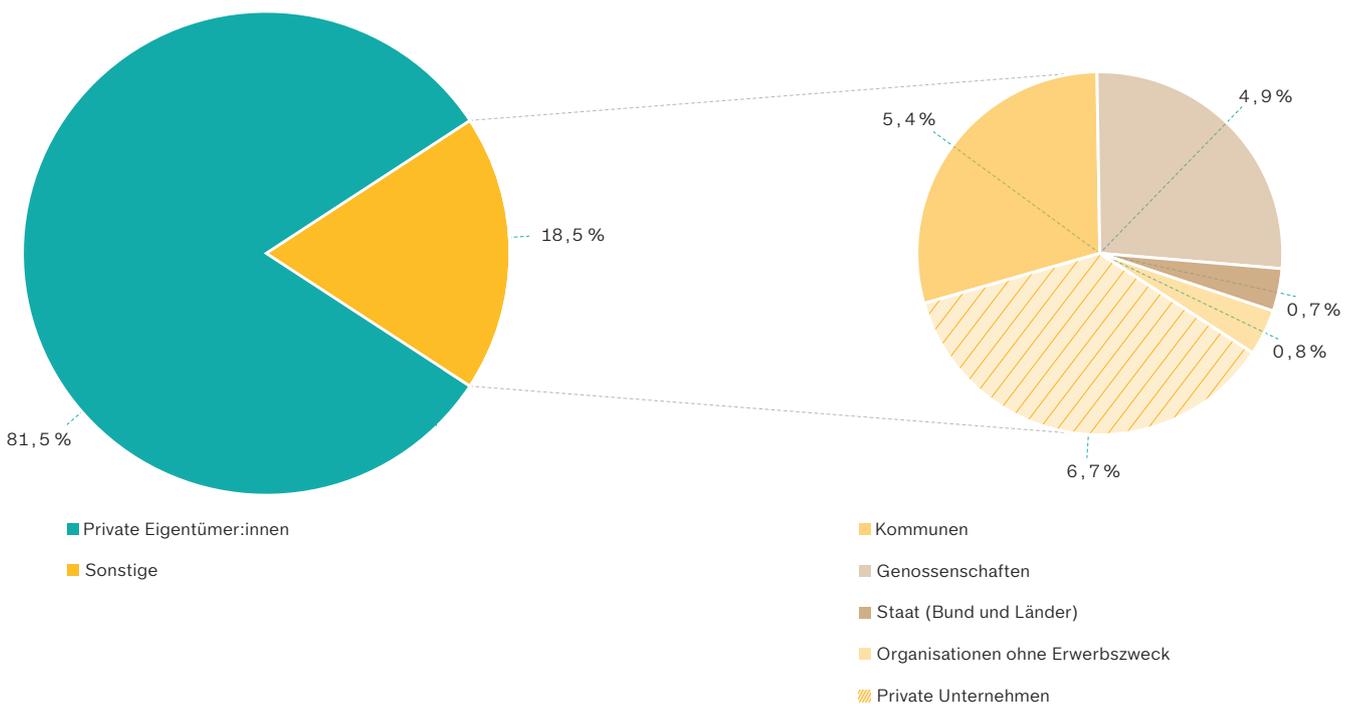


Abbildung 7.3: Anteile der Wohnungen in Deutschland nach Eigentumstyp und Rechtsform (IW Köln, 2017; BMWSB, 2022).

Nicht-gewinnorientierter Betrieb von Wärmenetzen

Über die genannten Akteure hinaus gibt es Möglichkeiten der rechtlichen Umstrukturierung der Wärmeversorgung. Hierzu gehört der nicht-gewinnorientierte Betrieb der Wärmeversorgung (Nah- und Fernwärme). Ein Beispiel hierfür ist die Wärme-gesetzgebung in Dänemark, bei der das Nicht-Profit-Prinzip für die gesamte öffentliche Wärmeversorgung und somit auch für die Wärmeversorger selbst gilt. Hierbei dürfen Versorgungsleistungen weder der indirekten Besteuerung (durch Kommunen) noch der indirekten Subvention von Bürger:innen dienen (Danish Energy Agency, 2015). Die dänische Fernwärmeversorgung ist nach dem *Danish Heat Supply Act* also nicht gewinnorientiert sondern kostendeckend und wird daher überwiegend von kommunalen Unternehmen oder Genossenschaften angeboten (Bürger, 2022; Köhler et al., 2023). Diese Organisationsform bietet den Vorteil, dass auch Wärmenetze mit geringeren Ertragsprofilen ausgebaut werden.

Handwerk

Das Handwerk spielt eine zentrale Rolle in der Umsetzungsphase und umfasst etwa 30 Gewerke, 490.000 Betriebe und über 3 Mio. Beschäftigte. Von diesen Gewerken sind insbesondere 18 für die Implementierung der genannten Maßnahmen entscheidend, darunter Elektrotechniker:innen/Installateur:innen, Heizungsbauer:innen/Brunnenbauer:innen sowie Schornsteinfeger:innen. Weitere Gewerke wie Dachdecker:innen, Glaser:innen und Tischler:innen sind ebenfalls für die energetische Sanierung von Gebäuden von Bedeutung (ZDH, 2023b). Das Handwerk spielt eine Schlüsselrolle bei der Beratung, Konzeption und Umsetzung von Technologie- und Infrastrukturmaßnahmen vor Ort. Hierbei ist ausschlaggebend, dass das Angebot an qualifizierten Handwerker:innen mit der steigenden Nachfrage mithält – ansonsten kann es zu einer signifikanten Verzögerung von vielen Vorhaben kommen (Römer & Salzgeber, 2023).

Einsparpotentiale und Investitionsbedarfe variieren

Größte Erdgaseinsparungspotentiale und Investitionsbedarfe liegen bei privaten Eigentümer:innen, während Stadtwerke vor hohen konzentrierten Kosten stehen.

Private Eigentümer:innen, institutionelle Wohnungseigentümer und Energieversorgungsunternehmen müssen unterschiedliche Summen in ihre Transformationsprojekte investieren, um die Technologieumstellung und damit die Klimaneutralität des Gebäudesektors bis 2045 zu stemmen (Abbildung 7.4). Im Hintergrundpapier Gebäudestrategie Klimaneutralität 2045 des BMWK werden die Mehrinvestitionen bis 2045 ausgewiesen (Prognos et al., 2022). Der mit 259 Mrd. Euro größte Teil fällt für die Umstellung der dezentralen Wärmeerzeugung von Erdgas- und Ölheizungen, z. B. auf Wärmepumpen, an oder für die Gebäudeanschlüsse zur Fernwärme, danach folgen die Investitionen für die energetische Sanierung der Gebäudehülle mit 120 Mrd. Euro. Diese beiden Posten müssen von privaten sowie institutionellen Wohnungseigentümer getragen werden. Der dritte große Investitionsposten für die Wärmewende ist der Ausbau sowie die Umstellung und Dekarbonisierung der Wärmenetze. Energieversorgungsunternehmen müssen für die Erweiterung ihrer Wärmenetze 7,1 Mrd. Euro, für die Umstellung auf Niedrigtemperaturnetze 13 Mrd. Euro und den Zubau von Großwärmepumpen im Umfang von 103,5 GW bei durchschnittlichen Kosten von 800 Euro/kW 82,8 Mrd. Euro mobilisieren (Ahrendts et al., 2023; Biesl et al., 2023). Dabei hängen Schätzungen stark von Annahmen ab. So weisen Ortner et al. (2023) ein wesentlich geringeres Volumen an Großwärmepumpen aus und AGFW (2020) geht allein bis 2030 von Umstellungskosten der Wärmenetze von rund 30 Mrd. Euro aus.

Das Potential, den Erdgasverbrauch zu senken, und die damit einhergehenden Mehrinvestitionen sind in Abbildung 7.5 dargestellt. Private Eigentümer:innen haben den größten aggregierten Verbrauch und die insgesamt höchsten Mehrkosten, sind allerdings auch zahlenmäßig die mit Abstand größte Akteursgruppe. Durchschnittlich entfallen auf jede:n Eigentümer:in 0,01 GWh und 15.000 Euro.¹ Der Gasverbrauch pro Wohnungsunternehmen liegt bei 0,68 GWh bei gleichzeitig höheren Mehrinvestitionen von einer Mio. Euro pro Akteur. Die Energieversorger, die zahlenmäßig die kleinste Akteursgruppe bilden, haben einen überproportional hohen Erdgasverbrauch von 67 GWh für die Wärmeerzeugung in Wärmenetzen. Gleichzeitig werden einzelne Unternehmen mit besonders hohen Kosten belastet – durchschnittliche 102,9 Mio. Euro pro Akteur

¹ Die Kosten sind nicht repräsentativ, sondern dienen nur dem Vergleich der Akteure, da bei der Berechnung der Mittelwerte auch Akteure einbezogen werden, die bereits Investitionen vorgenommen haben.

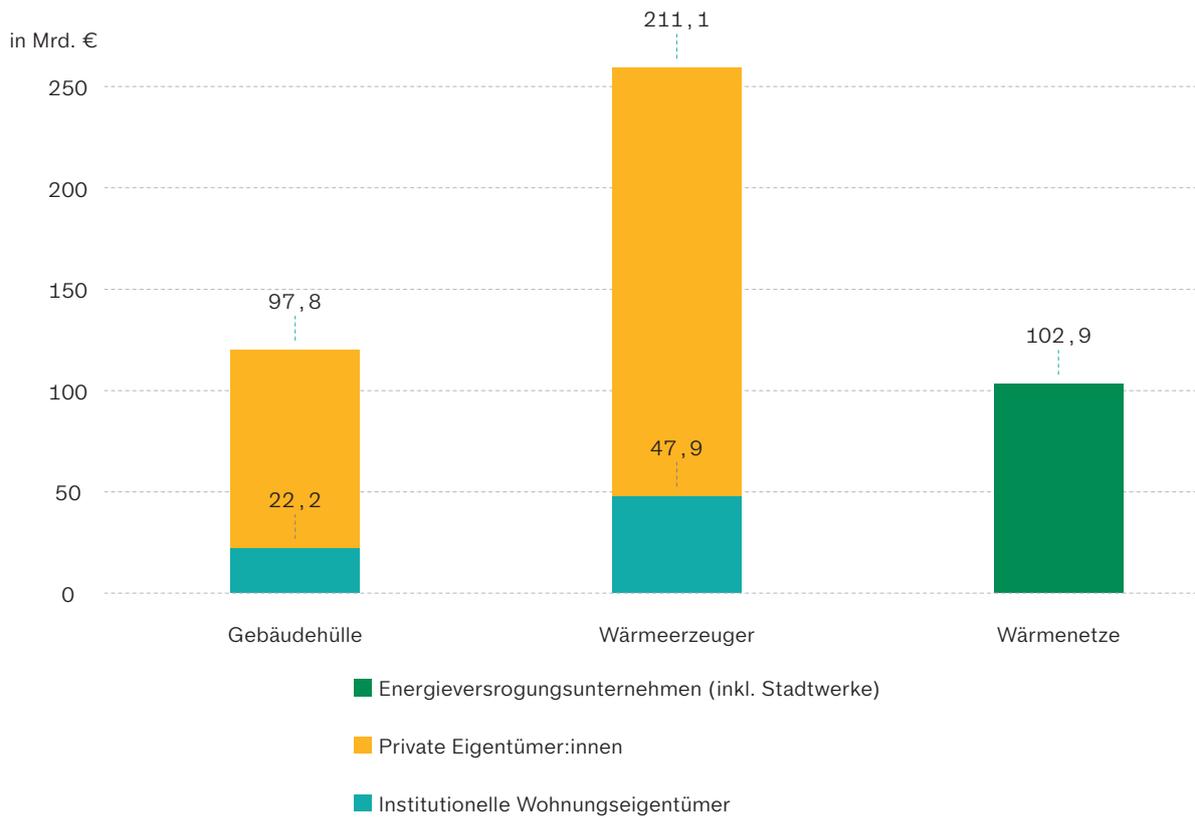


Abbildung 7.4: Mehrinvestitionsvolumina für einen klimaneutralen Gebäudebestand in 2045 nach Technologie und Akteuren (Ahrendts et al., 2023; Biesl et al., 2023; BMWSB, 2022; Prognos et al., 2022).

für die Transition ihres Wärmenetzes. Kosten hängen dabei sehr von regionalen Gegebenheiten ab. Biel et al. (2023) beziffern allein für die Umstellung der Wärmenetze Investitionsbedarfe von bis zu 120 Mio. Euro für ein Energieversorgungsunternehmen. Für Großwärmepumpen kommen je nach Situation bei besonders großen Netzen bis zu 500 Mio. Euro hinzu (Ahrendts et al., 2023). Die hohen konzentrierten Kosten machten Stadtwerke zu einem der Schlüsselakteure in der Wärmewirtschaft, der bei der Transformation unterstützt werden muss.

Hemmnisanalyse

Jeder der beteiligten Akteure ist mit eigenen Herausforderungen bei Investitionen konfrontiert. Zur Analyse dieser Hemmnisse haben wir eine Reihe von Studien herangezogen und Gespräche mit Stakeholdern geführt. Tabelle 7.2 präsentiert eine detaillierte Übersicht der Investitionshemmnisse sowohl für institutionelle Akteure als auch für private Eigentümer:innen, speziell bezogen auf Maßnahmen zur Wärmewende bei den drei Schlüsseltechnologien: Wärmepumpen, energetische Hüllensanierung und Wärmenetze. Wir fokussieren uns auf Faktoren, die unmittelbar mit Investitionen zusammenhängen.

In den folgenden Abschnitten werden die zentralen Hemmnisse, spezifisch für jeden Akteur, aufgeduldet und erörtert. Dabei konzentrieren wir uns auf die Hemmnisse, die derzeit Investitionen in die drei Schlüsseltechnologien besonders erschweren. Es ist jedoch wichtig zu betonen, dass viele dieser Hemmnisse sektorübergreifende Herausforderungen darstellen und somit auch auf andere Akteure Anwendung finden können, die hier nicht explizit erwähnt sind.

Tabelle 7.2: Überblick über die Investitionshemmnisse der Akteure der Wärmewende im Gebäudesektor (eigene Darstellung)

Akteur	Strukturelle Hemmnisse	Ökonomische Hemmnisse
Wohnungsunternehmen (WU)	<ul style="list-style-type: none"> • Bürokratische Hürden (u. a. Schallschutz- und Brandschutzanforderungen, Vorgaben aus Bebauungsplänen wie z. B. der erforderliche Einsatz bestimmter Fassadenmaterialien) • Vermieter-Mieter:innen Dilemma mit vielen fehlenden Anreizen 	<ul style="list-style-type: none"> • Schlechtere Kreditbedingungen • Aktuelle Herausforderungen (Baukosten- und Zinssteigerung) führen für einige WU zu Unrentabilität • Unzureichende Umlagemöglichkeiten aus Sicht der WU • Hohe und kurzfristige Renditeerwartungen im Fall börsennotierter Unternehmen
Energieversorgungsunternehmen	<ul style="list-style-type: none"> • Fehlende Rahmenbedingungen für nachhaltige Investitionen • Aktuelle Regulierung sichert bestehende Geschäftsmodelle ab • Querfinanzierung anderer öffentlicher Aufgaben der Kommune • Finanzielle Situation der Kommunen 	<ul style="list-style-type: none"> • Großer Teil des Umsatzes mit fossilen Geschäften • Hohe Investitionskosten bei Umstieg auf grüne Technologien • Kein Zugang zu großen Kapitalvolumina • Schlechtes Risikoprofil aufgrund von Gasnetzen als Stranded Assets • Anfänglich unrentable Investition in Wärmenetze
Energiedienstleister	<ul style="list-style-type: none"> • Bürokratische Hürden (u. a. begrenzte Fördermittelweitergabe an Endkund:innen; auf Etablierte zugeschnittene Regulierung (z. B. EnWG)) • Fehlende Erfahrung und Netzwerke bei neuen Marktteilnehmern (Startups) • Unsicherheit in den Lieferketten 	<ul style="list-style-type: none"> • Fehlendes Angebot von Risikokapital (Venture Capital) • Hohe Anfangsinvestitionen • Hohe Kapitalintensität des Geschäftsmodells • Hohe bilanzielle Verbindlichkeiten • Unsichere Strompreisentwicklungen • Schnelle Renditeerwartungen der Investoren • Keine garantierten Absatzmärkte
Private Eigentümer:innen	<ul style="list-style-type: none"> • Unzureichende Wahrnehmung von Informations- und Beratungsangeboten • Unsicherheiten durch Informationsdiffusion in der öffentlichen Debatte • Unterschiedliche Bereitschaft zur Kreditaufnahme • Wahrgenommene Komplexität der Fördermittelanträge • Anreizdefizit für ältere Eigentümer:innen bei energetischen Investitionen • Vermieter-Mieter:innen Dilemma führt zu unterschiedlichen Schwerpunkten bei selbstnutzenden Eigentümer:innen und Vermieter:innen • Erschwerte Koordination und Entscheidungsfindung in Wohnungseigentümer:innengemeinschaft (WEG) 	<ul style="list-style-type: none"> • Aversion gegenüber Krediten mit langer Laufzeit • Unzureichender Kreditzugang bei geringer Bonität • Niedriger Immobilienwert durch Standortabhängigkeit erhöht Eigenkapitalanforderungen • Unsicherheit über Kosteneinspareffekte durch Energieeffizienzmaßnahmen • Illiquidität und hohe Kapitalkosten der erneuerbaren Wärmeversorgung ermöglichen Kreditbedarf • Fremdkapitalaversion selbst bei Kreditwürdigkeit

Erdgasfreie Gebäude

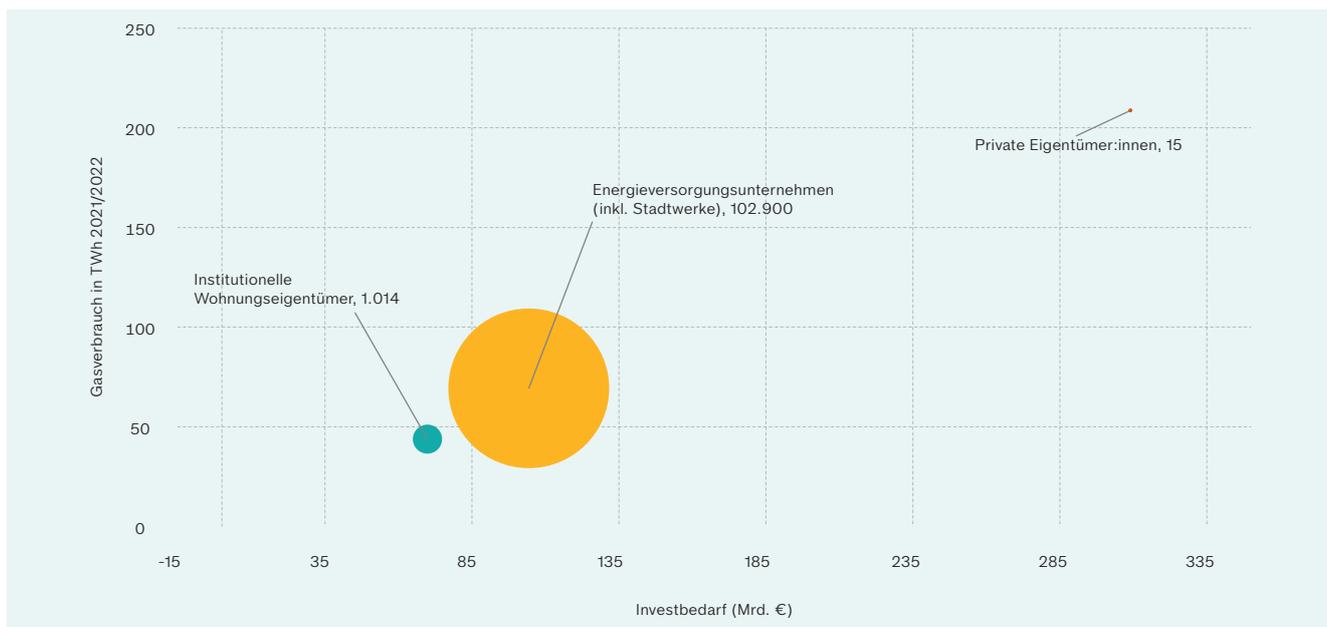


Abbildung 7.5: Mehrinvestitionsvolumen (x, Mrd. Euro) und Gasverbrauch (y, TWh/a) nach Akteuren und indikative durchschnittliche Kosten pro Akteur (Größe der Kreise in Tsd. Euro) (Bantle & Wiersich, 2022; Beier et al., 2020; BMWSB, 2022; Prognos et al., 2022).²

² Durchschnittliche Kosten geben nur ein indikatives Bild, da sie aus der Gesamtzahl der Akteure und Einheiten berechnet sind inkl. derer, die bereits investiert haben.

Zwei Bremsen von Wohnungsunternehmen

Verschlechterte Kreditbedingungen und bürokratische Hemmnisse setzen Wohnungsunternehmen (WU) unter Druck.

Regulatorische Rahmenbedingungen und bürokratische Hürden

Zum einen sehen sich WU mit bürokratischen Hürden konfrontiert. Lange Wartezeiten für Baugenehmigungen (GDW, 2023) und die Notwendigkeit, kommunale Vorgaben sowie Auflagen auf Bundes- und Landesebene, wie Schall- und Brandschutzrichtlinien, zu erfüllen, führen zu Verzögerungen und zusätzlichen Kosten (ARGE, 2023). Erst durch Gesetzesnovellen wie das Gebäudeenergiegesetz (GEG) und das Wärmeplanungsgesetz entstehen nun rechtliche Rahmenbedingungen, die einen verbindlichen Pfad für solche Investitionen vorgeben.

Eigenkapitalausstattung und sich verschlechternde Kreditbedingungen

Frühere wirtschaftliche Bedingungen und das Fehlen klarer ordnungsrechtlicher Vorgaben haben dazu geführt, dass WU nur geringfügig in alternative Heizsysteme wie Wärmepumpen investierten. Die anfänglichen Investitionskosten für Wärmepumpen sind im Vergleich zu Gasheizungen höher und in Mehrfamilienhäusern ist der Installationsaufwand oft erheblich (Bürger et al., 2022).

»Steigende Zins- und Baukosten setzen sowohl kleine als auch große Wohnungsunternehmen zunehmend unter Druck.«

Die Novelle des GEG verspricht dieses Verhältnis zu ändern. WU verfügen über umfangreiche Erfahrungen und entsprechende Strukturen, um erhebliche Investitionen zu tätigen. Dennoch haben sich die Investitionsbedingungen in jüngster Zeit verschlechtert und verhindern, dass durch WU große Skaleneffekte erzielt werden können.

Steigende Zins- und Baukosten setzen sowohl kleine als auch große WU zunehmend unter Druck (ARGE, 2023; BBSR, 2021). In der Folge können viele WU ohne Fördermaßnahmen die notwendigen Investitionen nicht stemmen. Bei großen börsennotierten WU scheint ein Fenster für Investitionen verpasst: Vor der Zinswende haben sie zum Teil statt Investitionen hohe Dividendenausschüttungen getätigt (Gerrard et al., 2023).

Das Volumen von Investitionen in den Bestand hängt stark von der Zinssituation an den Finanzmärkten ab (BBSR, 2017), wobei die Eigenkapitalausstattung entscheidend für den Kreditzugang ist. Die Eigenkapitalausstattung ist ein zentraler Indikator für die strukturelle Zahlungsfähigkeit und die Fähigkeit, neue finanzielle Herausforderungen zu bewältigen (BBSR, 2021; GDW, 2013). Das richtige Verhältnis zwischen Eigen- und Fremdkapital stellt sicher, dass Risiken wie Zahlungsunfähigkeit minimiert werden, und hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Bonität (GDW, 2019).

Insgesamt ist die Eigenkapitalausstattung der Wohnungsunternehmen ausgewogen. Der Branchendurchschnitt zeigt eine Eigenkapitalquote von etwas über 40 % (Theurl, 2023). Auffällig sind dabei die Genossenschaften mit einer überdurchschnittlichen Eigenkapitalausstattung von rund 47 %. Letztere zeichnen sich besonders durch Planungssicherheit und Langfristigkeit aus.

Im Jahr 2017 betrug die durchschnittliche Eigenkapitalrentabilität kommunaler WU etwa 5 %, bei rund 70 % der Unternehmen lag sie über 2 % (BBSR, 2021). Wichtiger ist jedoch die Gesamtkapitalrentabilität, die nach Aussagen von Branchenexpert:innen durchschnittlich bei 2,8 % liegt. Die Gesamtkapitalrentabilität kann dabei als Grenzwert für die Aufnahme neuer Kredite gelten. Bei einem Leitzins von über 4,5 % sind damit im Durchschnitt nur dann rentable Investitionen möglich, wenn durch die Investition erheblichen Kosteneinsparungen oder Einnahmensteigerungen entstehen.

»Spielräume für Investitionen bei Wohnungsunternehmen bestehen bei hoher Eigenkapitalausstattung und hoher Gesamtkapitalrentabilität.«

Spielräume für Investitionen bestehen vor allem für Unternehmen mit guter Eigenkapitalausstattung und einer hohen Gesamtkapitalrentabilität. Das Fehlen einer angemessenen Eigenkapitalbasis kann den Kapitalzugang für WU weiter erschweren. Eigenkapitalstarke WU haben weniger Zinsaufwand zu tragen als vergleichbare eigenkapitalschwache. Sie erreichen deshalb früher die Rentabilität einer Investition. Erhöhungen des Zinsniveaus wirken sich deshalb bei eigenkapitalschwachen Unternehmen deutlich negativer aus als bei eigenkapitalstarken. Negative Eigenkapitalrentabilität, niedrige Eigenkapitalquoten und eine übermäßige Abhängigkeit von Fremdfinanzierung bergen das Risiko der Überschuldung und könnten letztendlich zu einer Insolvenz führen (Lohse, 2006).

Hohe Renditeerwartungen von börsennotierten Wohnungsunternehmen

Die erwartete Kapitalrentabilität hängt stark von der Eigentümerstruktur der Wohnungsunternehmen (WU) ab. Börsennotierte große WU wie TAG, Vonovia, Grand City Properties, LEG zeichnen sich insgesamt durch eine starke Kapitalmarktorientierung aus. Sie stehen in der Kritik, wegen der Renditeerwartungen der Anleger nicht genug zu investieren. Es wurde die Gelegenheit verpasst während der Niedrigzinsphase das Potential für Mehrinvestitionen, vor allem in erdgasfreie Heizsysteme, voll auszuschöpfen. 2021 wurden von börsennotierten Unternehmen im Durchschnitt 41 % der Mieteinnahmen abgeschöpft (Abbildung 7.6), 2016 waren es lediglich 32 % (Gerrard et al., 2023).

Inzwischen haben sich die Marktbedingungen geändert. Für börsennotierte WU kam es im vierten Quartal 2022 zu mehreren Rating-Herabstufungen. Gründe dafür waren das schwächelnde wirtschaftliche Umfeld im Immobiliensegment, gestiegene Finanzierungskosten und ein Rückgang von 10 % bei Immobilienbewertungen. Herabstufung und Verlust des Investmentgrade-Ratings erhöhen Finanzierungskosten und verschlechtern Zugang zu Kapital (Daube & Krivenkov, 2023). Das größte WU Deutschlands, Vonovia, kündigte Anfang des Jahres 2023 einen vollständigen Stopp von Neubauprojekten an (Süddeutsche Zeitung, 2023).

»2023 wurden von Wohnungsunternehmen voraussichtlich nur 38 % der Investitionskosten für Modernisierung aufgewendet.«

Modernisierungsinvestitionen rückläufig

Börsennotierte WU haben bevorzugt in Modernisierungsmaßnahmen wie energetische Hüllensanierung investiert, da die Kosten im Gegensatz zu Instandhaltungsmaßnahmen in großem Umfang an Mieter:innen weitergegeben werden können. Die neue Zinsituation hemmt diese Investitionen oder verstärkt bei Modernisierungen den Druck auf die Miete. Für WU insgesamt lässt sich aufgrund der höheren Zinsen eine Verschiebung zu mehr Instandhaltungs- und weniger Modernisierungsmaßnahmen feststellen, was die Investitionsdynamik für die Erdgasunabhängigkeit schwächt. Während 2021 noch 44 % der Investitionen für Modernisierung aufgewendet wurden, werden es für 2023 voraussichtlich nur 38 % sein. Im Gegensatz dazu stieg der Anteil an Investitionen in Instandhaltungsmaßnahmen von 56 % auf 62 % an (GDW, 2023). Davon sind auch Investitionen in erdgasfreie Heizsysteme wie Wärmepumpen betroffen, die ebenfalls zur Modernisierung zählen.

Entwicklung der Abschöpfungsquoten

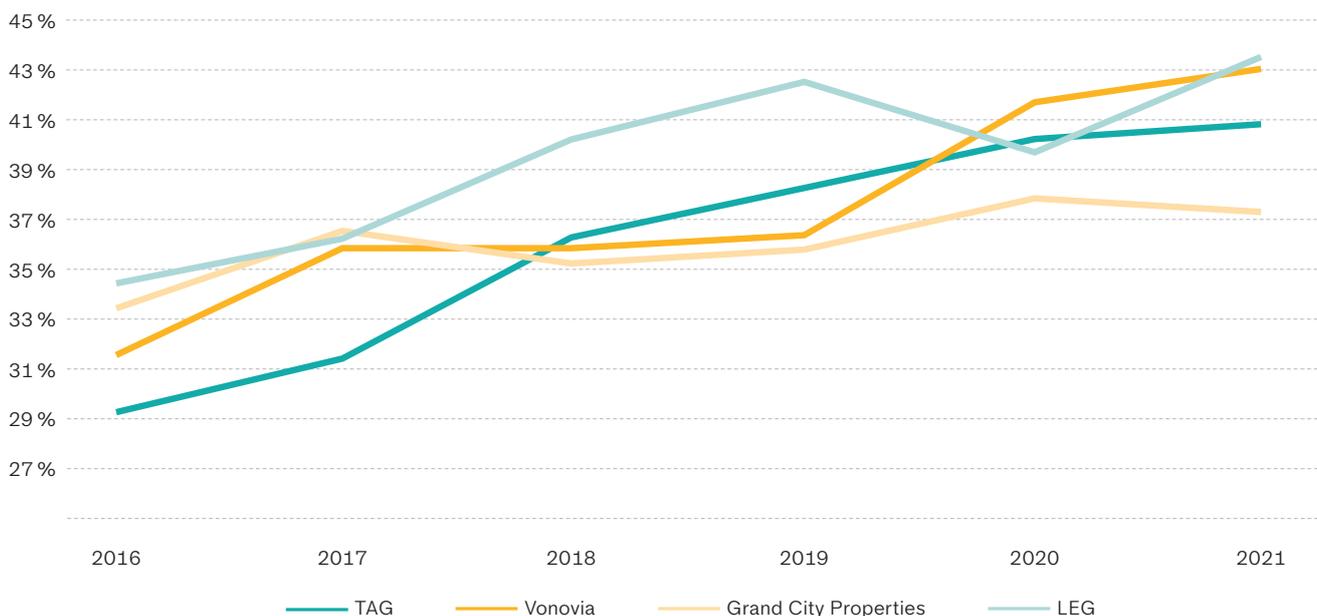


Abbildung 7.6: Entwicklung der Abschöpfungsquoten von börsennotierten Wohnungsunternehmen vor der Zinswende. Eigene Darstellung basierend auf Gerrard et al., (2023).

Vermieter-Mieter:innen Dilemma

Gemäß § 559 BGB besteht die Möglichkeit für Eigentümer:innen, bis zu 8 % der für die Wohnung getätigten Modernisierungskosten auf die jährliche Miete der Mieterpartei umzulegen. Im Falle einer Mietsteigerung darf sich die monatliche Miete innerhalb von sechs Jahren nicht um mehr als drei Euro je Quadratmeter Wohnfläche erhöhen. Sollte die monatliche Miete vor der Erhöhung weniger als sieben Euro pro Quadratmeter Wohnfläche betragen, ist eine Erhöhung um nicht mehr als zwei Euro je Quadratmeter Wohnfläche zulässig (Bundesamt für Justiz, 2023a). Ebenfalls müssen aktuell in Anspruch genommene öffentliche Fördermittel von den Gesamtkosten abgezogen werden und verringern somit die umlagefähigen Kosten (Bundesamt für Justiz, 2023b). Das stellt Politik und Vermieter:innen vor ein gut bekanntes Dilemma. Die begrenzte Weitergabe der Investitionskosten stellt laut Branchenaussagen angesichts steigender Bau- und Zinskosten zunehmend eine Hürde für zusätzliche Modernisierungen dar. Demgegenüber kam es in der Vergangenheit häufig zu einem Missverhältnis zwischen den eingesparten Heizkosten und der Höhe der Modernisierungsumlage, wenn die Modernisierung nicht zu einer vergleichbaren Senkung der Betriebskosten führt und Mieter:innen damit Netto mehr zahlen (BBSR, 2017). Dies ist vor allem dann ein Problem, wenn die Modernisierungsmaßnahmen nicht zu unmittelbaren Kosteneinsparungen führen. Für eine ausführliche Betrachtung des Themas verweisen wir auf die einschlägige Literatur (Henger et al., 2021, 2023).³

³ Eine Analyse zu Lösungsansätzen zum Vermieter-Mieter:innen-Dilemma findet sich bei Henger et al. (2023). Ein Überblick zu Reformoptionen der Modernisierungsumlage geben Henger et al. (2021) im Rahmen des Ariadne-Projektes.

Erdgasunabhängige Stadtwerke

Stadtwerke müssen jetzt neue Geschäftsmodelle entwickeln, um starke Umsatzrückgänge aus dem Gasgeschäft zu kompensieren und ihre zukünftige Wettbewerbsfähigkeit zu sichern. Stadtwerke nehmen eine zentrale Rolle in der Energieversorgungslandschaft ein, insbesondere im Kontext der kommunalen Wärmewende. Sie haben hohe Marktanteile an der Wärme- und Gasversorgung mit Anteilen von 88 % des Wärme- und 60 % des Gasgeschäfts im Endkundenbereich (VKU, 2023b). Als Gasnetzbetreiber und -anbieter sind sie maßgeblich für die Umsetzung von nachhaltigen Energiekonzepten verantwortlich. Sie müssen vor allem den Großteil der 103 Mrd. Mehrinvestitionskosten in Wärmenetze stemmen. Das auslaufende Gasgeschäft hat jedoch wesentliche Auswirkungen auf den Zugang zu dafür benötigtem Kapital, wie unsere Analyse von 77 großen Stadtwerken (Städte über 100.000 Einwohner:innen) zeigt.

»25 % des Gesamtumsatzes bei großen Stadtwerken kommen aus dem Gasgeschäft.«

Auslaufmodell Gasgeschäft

Die 77 großen Stadtwerke sind stark vom Gasgeschäft abhängig. Alle vertreiben Gas und besitzen bis auf sehr wenige Ausnahmen zusätzlich ein Gasverteilnetz, dessen Betrieb aufgrund der Unbundling-Vorschriften an ein Tochter- oder Schwesterunternehmen ausgelagert wird. Betrachtet man den Energieversorger und

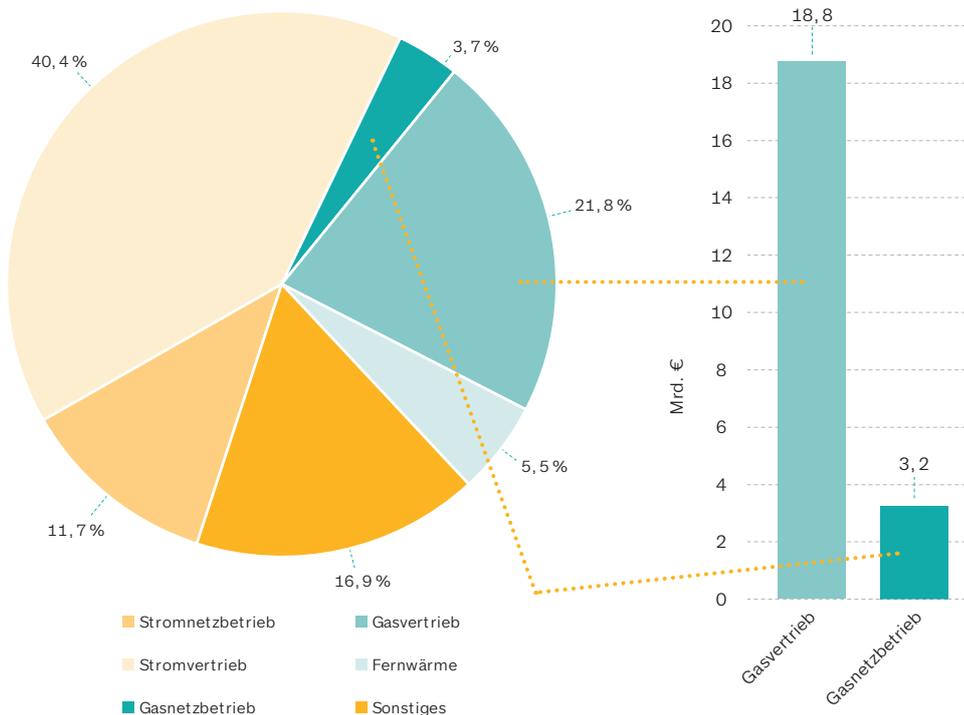


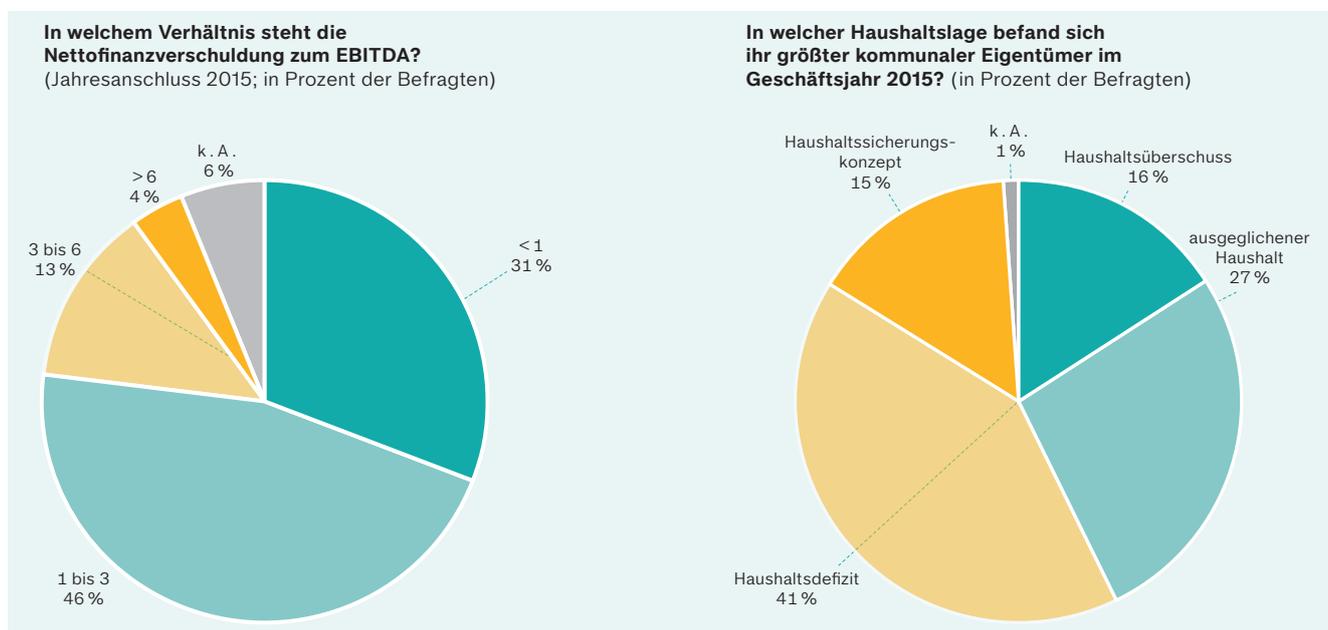
Abbildung 7.7: Umsatzzusammensetzung nach Geschäftsfeld für Stadtwerke in Städten mit über 100.000 Einwohner:innen (links), Gesamtumsätze im Gasgeschäft in 2021 (rechts). Auswertung der Geschäftsberichte der Stadtwerke aus den 77 größten Städten in Deutschland. Eigene Erhebung.

Netzbetreiber als ein Unternehmen, machen die Erträge aus dem Gasgeschäft durchschnittlich rund ein Viertel dessen Gesamtumsatzes aus (Abbildung 7.7). In absoluten Zahlen spielt der Gasvertrieb der großen Stadtwerke Gesamterlöse von jährlich 18,8 Mrd. Euro ein, während sich der Erlös aus dem Gasnetzbetrieb auf 3,2 Mrd. Euro beläuft. Fernwärme hat bis jetzt nur einen Anteil von 5,5 % am Gesamtumsatz. Sechs der 77 Stadtwerke haben kein konzernerneigene Wärmenetz. Andere Daten zeigen, dass auch bei kleinen und mittleren Stadtwerken der Netzbetrieb und der Vertrieb von Gas und Strom am meisten zum Umsatz der Unternehmen beiträgt (Der Neue Kämmerer, 2019).

Kreditwürdigkeit

Wenn rund ein Viertel der zukünftigen Einnahmen wegbriecht, ist das keine gute Ausgangslage für Kapitalzugang. Dem können die großen Stadtwerke eine gute durchschnittliche Eigenkapitalquote (31 %) entgegenstellen. Insgesamt ist die Datenlage zur Kreditwürdigkeit mangelhaft. Abbildung 7.8 gibt ein Indiz und zeigt das Verhältnis Verschuldungsgrad zum EBITDA – ist jedoch aus dem Jahr 2015. Liegt der Wert bei bis zu drei, kann die Finanzsituation als auskömmlich bezeichnet werden, während bei einem Verhältnis von deutlich über drei der strategische Spielraum eingeschränkt sein kann. Es wird deutlich, dass in der Vergangenheit bis zum Jahr 2015 die große Mehrheit der Stadtwerke (77 %) finanziell gut aufgestellt war, um den Transformationsherausforderungen zu begegnen (Der Neue Kämmerer, 2017).

Abbildung 7.8: Verschuldungsgrade der Stadtwerke (links) und Haushaltslage der kommunalen Eigentümer (rechts). (Der Neue Kämmerer, 2017).



Finanzielle Situation der Kommunen

Darüber hinaus spielt die finanzielle Unterstützung durch Städte, Landkreise und Gemeinden eine entscheidende Rolle bei der Bonitätsbewertung. Noch 2015 befanden sich dabei über die Hälfte (55 %) der größten kommunalen Eigentümer in einem Haushaltsdefizit oder einem Haushaltssicherungskonzept (Abbildung 7.8). Aufgrund der hohen Belastungen auf die öffentlichen Haushalte im Zuge der letzten Jahre ist davon auszugehen, dass sich diese Situation nicht grundsätzlich geändert hat. Im Rahmen der Energiepreiskrise gerieten viele Kommunen und Stadtwerke unter hohen wirtschaftlichen Druck (DStGB, 2022b) und es ist zu erwarten, dass in den nächsten Jahren die Finanzierungsdefizite der Kommunen zunehmen werden (BMF, 2022; KfW, 2023d). Dies könnte zu Unsicherheiten hinsichtlich des Risikoprofils der Stadtwerke führen. Die Umfrageergebnisse zeigen zudem, dass höher verschuldete Stadtwerke einen größeren Teil ihrer Gewinne abführen müssen (Der Neue Kämmerer, 2017).

Neue Geschäftsmodelle und Infrastrukturinvestitionen

Für Stadtwerke stellt sich die zentrale Frage, wie sie den Einkommensverlust kompensieren können. Stadtwerke stehen daher vor der Notwendigkeit, ihre Geschäftsmodelle an die sich verändernden Marktbedingungen anzupassen. Der prognostizierte Rückgang der Gasumsätze und gleichzeitig notwendige Investitionen erfordern eine grundlegende Umstellung der Geschäftsmodelle. Besorgniserregend ist der Rückgang des Aufbaus neuer Geschäftsfelder, der zwischen 2021 und 2022 von 60 % auf 40 % gesunken ist (BDEW & EY, 2022). Zudem zeigt eine Studie von 2019, dass nur eine geringe Anzahl von Stadtwerken Vertrauen in die regulatorischen Rahmenbedingungen für Investitionen hatte (Der Neue Kämmerer, 2019).

Die Energiekrise in Folge des russischen Angriffskriegs auf die Ukraine hat jedoch eine positive Dynamik angestoßen: Laut einer EY-Befragung reagieren 64 % der Stadtwerke mit der Schaffung neuer Wärmeangebote und 44 % beschleunigen die Dekarbonisierung ihrer Wärmeerzeugung. Gleichzeitig investieren trotz hoher Unsicherheiten noch 17 % in die Vorbereitung ihrer Gasnetze auf eine potenzielle Umstellung auf Wasserstoff (BDEW & EY, 2023b).

Kreditbedingungen für Wärmenetzprojekte

Wärmenetze bieten eine Möglichkeit neue Geschäftsmodelle zu erschließen (Ortner & Pehnt, 2022). Zentral ist die Finanzierung der Investitionen. Grundsätzlich sind Wärmenetze aufgrund des hohen Kreditvolumens interessant für Infrastrukturinvestitionen, doch stehen Stadtwerke hinsichtlich ihrer Kreditwürdigkeit vor einer doppelten Herausforderung. Auf der einen Seite fallen ihnen ihre Gasnetze zur Last, die zunehmend unrentabler oder zu Stranded Assets werden – deren Nutzung durch Gaskund:innen wird voraussichtlich schneller zurückgehen als die Gasnetze abgeschrieben werden können (Agora Energiewende, 2023). Solange die Abschreibung hinterherhinkt, ist auf der Bilanz weder Platz für nachhaltigere Assets, noch kann sich eine Bilanzverkleinerung positiv auf die Eigenkapitalquote auswirken.

»Die Förderlücke bei Wärmenetzen beträgt rund 12 Mrd. Euro.«

Auf der anderen Seite ist die Einnahmenentwicklung aus den neuen Wärmenetzen unsicher. Investitionen in einen Netzausbau tragen sich in den ersten Jahren noch nicht selbst, da nach dem Verlegen der Leitungen in der Regel ein Zeitraum von 10–20 Jahren vergeht, bis die anvisierten Wärmeabnehmer:innen ihre bis dahin verwendeten Wärmeerzeugungsanlagen abgeschrieben haben und zu einer Umstellung bereit sind. Dieser Zeitraum muss finanziell überbrückt werden (Biesl et al., 2023).

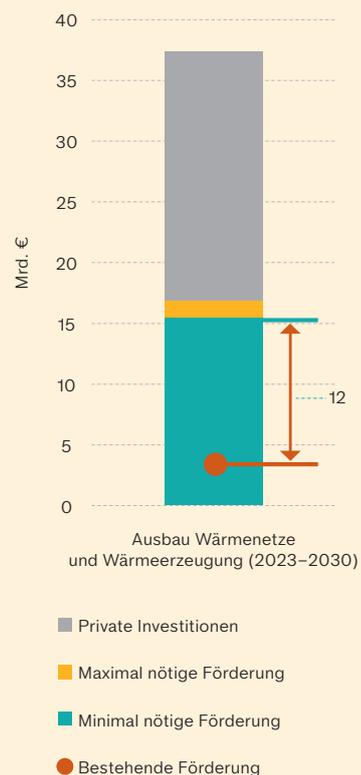
Abbildung 7.9: Förderlücke für Investitionsförderungen beim Ausbau und der Dekarbonisierung der Wärmenetze durch Großwärmepumpen bis 2030. Ohne Betriebskostenförderung. Daten aus Bundesregierung (2023e), Bundestag (2023), Biesl et al. (2023).

Förderlücke bei Wärmenetzen

Bei den Stadtwerken ist die Diskrepanz zwischen vorhandenen Fördermitteln und tatsächlichem Bedarf besonders gravierend. Aktuell sind in der BEW-Förderung inklusive Verpflichtungserklärungen nur etwa 3,3 Mrd. Euro vorgesehen (siehe Anhang). Demgegenüber liegt der gesamte Förderbedarf bis 2045 bei konservativ angenommenen Investitionshöhen von 20 Mrd. Euro für die Wärmenetze bei mindestens 11,3–15,6 Mrd. Euro (Biesl et al., 2023). Daraus ergibt sich für die Umstellung und den Ausbau der Wärmenetze bei gleichmäßiger Streckung über die Jahre ein nötiges Fördervolumen von insgesamt 3,9–5,4 Mrd. Euro bis 2030, das Investitionen von insgesamt 7 Mrd. Euro ermöglicht.

Folgen wir Pehnt et al. (2020) und gehen von einem Investitionszuschuss für Großwärmepumpen von 40 % aus, ergibt sich aus den angenommen 3,6 Mrd. Euro Investitionen pro Jahr von Ahrendts et al. (2023, ~29 Mrd. Euro bis 2030) ein nötiges Fördervolumen von 11,5 Mrd. Euro bis 2030 für Wärmepumpen und folglich inklusive der Wärmenetze in der Summe 15,4–16,9 Mrd. Euro bis 2030. Betriebskosten sind in diesen Förderannahmen nicht enthalten.

Abweichungen zu Pehnt et al. (2020) resultieren aus höheren Annahmen zur jährlich neu installierten Kapazität von Großwärmepumpen und abweichenden Annahmen zur Umstellung der Wärmenetze auf Niedertemperatur. Damit lässt sich die Förderlücke bis 2030 auf mindestens 12 Mrd. beziffern.



Es ist deshalb trotz der Sicherheiten von Kommunen davon auszugehen, dass sich die Finanzierungsbedingungen für Stadtwerke verschlechtern und der Kreditzugang erschwert wird. Dies wird noch erschwert durch die sich verschlechternde Haushaltslage der Kommunen im Zuge und als Folge der Energiepreiskrise und die sich verschlechternde finanzielle Lage der Stadtwerke, insbesondere ihrer Liquidität (DStGB, 2022a). Diese Entwicklungen zusammen mit den steigenden Zinsen drohen den Kreditzugang und damit zusammenhängende Investitionen in Transformation und Infrastruktur weiter zu erschweren, insbesondere bei hoch verschuldeten Kommunen (Brand & Salzgeber, 2023).

Ungenutztes Potential der Energiedienstleister

Der aktuelle politische Rahmen und hohe Verbindlichkeiten mindern das Potential der Energiedienstleister, eine große Rolle in der Wärmewende zu spielen.

Die Energiedienstleister spielen eine entscheidende Rolle in der dezentralen Wärmeversorgung und tragen maßgeblich zur Beschleunigung von Transformationsprojekten bei. In diesem Report fokussieren wir uns auf Unternehmen, die als Contractor oder One-Stop-Shop für Heizungsanlagen agieren. Diese bieten nicht nur Effizienzsteigerungen der Prozesse in der Planung und Durchführung der Investition, sondern auch eine wichtige Dynamik für die Wärmewende durch Wettbewerb und Innovation.

Die Skalierung von Energiedienstleistern erweist sich als entscheidender Faktor, um die Gasunabhängigkeit voranzutreiben. Die gebündelte und gepoolte Finanzierungsleistung, insbesondere durch die Etablierung von One-Stop-Shop-Lösungen, ermöglicht eine beschleunigte Umsetzung von Transformationsprojekten. Dieser Ansatz erlaubt es, die Betriebsführung von Heizungen auf Energiedienstleister zu übertragen, da sie nicht nur über Digitalisierungskompetenzen verfügen, sondern auch das erforderliche Know-how besitzen, um Optimierungspotentiale in der dezentralen Wärmeversorgung zu erschließen und Transaktionskosten zu reduzieren.

Strukturelle Herausforderungen

Ein bedeutendes Hindernis für Energiedienstleister ist ein hohes Maß an Regulierung, das oft auf die bestehenden Strukturen zugeschnitten ist. Diese Ausrichtung begünstigt weiterhin die dominante Stellung etablierter Unternehmen im Wärmemarkt, was den Eintritt neuer Energiedienstleister erheblich erschwert und die Skalierung ihrer innovativen Geschäftsmodelle behindert. Die Unterscheidung zwischen bereits in der Energieversorgung tätigen Unternehmen und neuen Marktteilnehmern

ist von großer Bedeutung. Letztere sehen sich in der Energiewirtschaft mit hohen Markteintrittsbarrieren konfrontiert, die auf komplexe Regelungen wie dem EnWG und der Wärmelieferverordnung (WärmeLV) sowie strengen Versorgungspflichten beruhen. Aber auch für etablierte Energieversorger stellt die Vorgabe zur Kostenneutralität in der WärmeLV für Gebäude mit Zentralheizung eine Hemmnis für die Investition in neue Anlagen dar (Seefeldt et al., 2021).

Hohe bilanzielle Verbindlichkeiten

Das Geschäftsmodell der Energiedienstleister ist sehr kapitalintensiv. Dienstleister nehmen hohe Kreditsummen für den Kauf der Wärmepumpen auf, die sie Kund:innen zum Leasing anbieten. Diese Praxis erhöht die Verbindlichkeiten in den Bilanzen, während das Eigenkapital unverändert bleibt. Die steigenden Verbindlichkeiten führen zu einer kontinuierlichen Verschlechterung des Kapitalzugangs. Das stellt die Nachhaltigkeit dieses Geschäftsmodells grundsätzlich in Frage.

Begrenzter Zugang zu Förderungen

Förderungen sind ein entscheidender Hebel, damit Energiedienstleister auch günstige Produkte anbieten können, die sich an einkommensschwache Haushalte richten. Gleichzeitig können Förderungen die Verschuldungsquote von Energiedienstleistern verbessern.

»Dienstleister können im BEG nur eine Grundförderung von 30 % beantragen.«

Aktuell können Dienstleister gemäß Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)-Richtlinien als „Vermieter“ nur eine Grundförderung von 30 % (maximal 9.000 Euro) für den Heizungstausch beanspruchen (BMWK, 2023f). Demgegenüber steht selbstnutzenden Eigentümer:innen je nach Einkommenssituation eine Förderung von bis zu 70 % (bis zu 21.000 Euro) zu. Damit sinkt die Wettbewerbsfähigkeit von Energiedienstleistungen gegenüber dem Kauf. Davon sind vor allem einkommensschwache Haushalte betroffen, die von einer Kapitalstreckung und Prozessvereinfachung durch die Energiedienstleister als One-Stop-Shop profitieren würden.

Exemplarische Mehrkostenschätzung aus beschränktem Förderzugang

Energiedienstleister, die die Förderung an Kund:innen weitergeben, können nach der aktuellen Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)-Richtlinie bis zu 12.000 Euro weniger Förderung beantragen als ein:e Vergleichskund:in beim Selbstkauf. Die Differenz hängt vom Zugang des:der Kund:in zu Geschwindigkeitsbonus und Anspruch auf besondere Unterstützung wegen geringen Einkommens ab.

Bei einer angenommenen Lebensdauer einer Heizung von 20 Jahren (BWP, 2014) bedeutet dies monatliche Mehrkosten von mindestens 50 Euro zuzüglich Zinsen und Aufschlägen. Dies sind 25 % des Abschlags, bei einem angenommenen Mietpreis von etwa 200 Euro pro Monat für erneuerbare Heizungen (Hamacher, 2023).

Unsichere Strompreisentwicklungen

Ob sich die Elektrifizierung der Heizung lohnt, hängt vom Strompreis ab. Preisschwankungen an den Spotmärkten können signifikant und unvorhersehbar sein. Gleichzeitig sind Projektionen mit hohen Unsicherheiten verbunden. Wenn Dienstleister Leasingmodelle anbieten, in denen neben der Heiztechnik auch die Betriebskosten enthalten sind, kann sich das in hohen Preisaufschlägen bemerkbar machen.

Wärmestromtarife

Untersuchungen zeigen, dass etwa die Hälfte der analysierten Energieversorger Wärmestromtarife anbietet (EUPD Research, 2023). Der Wärmepumpenstrompreis lag 2022 durchschnittlich bei 26 Cent/kWh, relativ zu zehn Cent/kWh für Erdgas, dabei war die Steuer und Abgabenlast bei Strom doppelt so hoch wie bei fossilen Energieträgern (BWP, 2023b). Allgemein ist davon auszugehen, dass Wärmepumpen bei den derzeitigen Investitionskosten wirtschaftlicher sind, wenn das Verhältnis von Strom zum Gaspreis unter 2,5 liegt (dena, 2023).

Zugang zu Venture Capital

Die hohen Investitionskosten schrecken potenzielle Investoren, insbesondere Venture Capital, ab. Die Skalierung und der Markteintritt gestalten sich daher schwierig. Der Zugang zu Venture Capital ist für Startups im Markt der Energiedienstleistungen eine der größten Herausforderungen. Obwohl es einige Climate Venture Capital-Fonds gibt, ist das Angebot an Venture Capital in der EU im Vergleich zu anderen Ländern gering (Fink, 2020). Venture-Investoren neigen dazu, Lösungen zu favorisieren, die wenig kapitalintensiv sind. Dies steht im Widerspruch zu den hohen Investitionskosten und dem Risiko, die mit innovativen Projekten im Energiemarkt einhergehen.

Strukturelle Herausforderungen

Ein bedeutendes Hindernis für Energiedienstleister ist die bestehende Regulierungslandschaft, die auf die bestehenden Akteure zugeschnitten ist. Diese Ausrichtung begünstigt die dominante Stellung etablierter Unternehmen im Wärmemarkt, was den Eintritt neuer Energiedienstleister erheblich erschwert und die Skalierung ihrer innovativen Geschäftsmodelle behindert. Die Unterscheidung zwischen bereits in der Energieversorgung tätigen Unternehmen und neuen Marktteilnehmern ist von großer Bedeutung. Letztere sehen sich in der Energiewirtschaft mit hohen Markteintrittsbarrieren konfrontiert. Dazu zählen Zertifizierungen als Energieversorger oder komplexe Regelungen wie das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) und die Wärmelieferverordnung (WärmeLV), die ein hohes Maß an Detailwissen erfordern.

Wärmelieferverordnung

Die Wärmelieferverordnung ist ein Querschnittsthema, das sowohl Energiedienstleister und etablierte Energieversorger aber auch Wohnungsunternehmen und Kleinvermieter betrifft. Zentral ist die Vorgabe zur Kostenneutralität in der WärmeLV für Gebäude mit Zentralheizung bei Umstellung auf andere Wärmeversorgungsanlagen (Seefeldt et al., 2021).

Kapitalzugang von privaten Eigentümer:innen

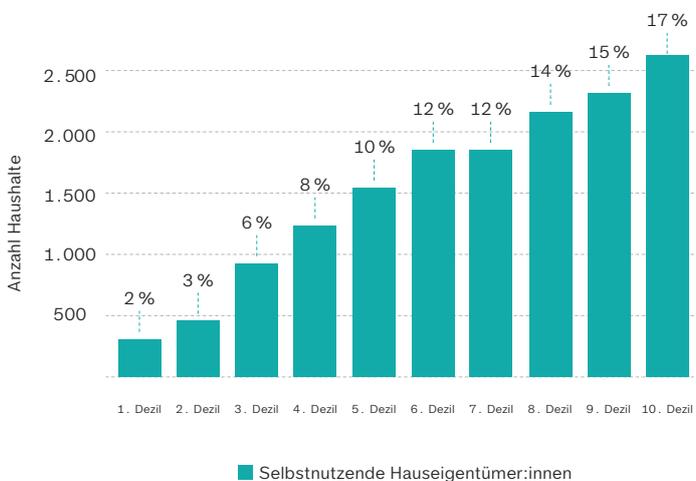
15–30 % der privaten Eigentümer:innen haben Probleme beim Kapitalzugang.

Nach einer KfW Studie von 2023 gibt die Mehrheit der befragten privaten Eigentümer:innen an, dass sie sich energetische Sanierungsmaßnahmen vorstellen können, allerdings geben rund 40 % der Eigentümer:innen an, dass sie sich diese Investitionen nicht leisten können, über 10 % mehr als 2021 (Römer & Salzgeber, 2023). Diese Zahlen stimmen auch mit Schätzungen überein, die davon ausgehen, dass etwa 15–30 % der privaten Eigentümer:innen Schwierigkeiten bei der Finanzierung von Maßnahmen zur Wärmewende haben könnten (DENEFF, 2023).

»40 % der Eigentümer:innen geben an, dass sie sich Investitionen nicht leisten können.«

Von den 2,7 Mio. Eigentümer:innen, die älter als 80 Jahre sind (16 %), stellen viele im Rahmen des neuen GEG einen Sonderfall dar. Die finanzielle Belastung für diese Gruppe könnte signifikant ausfallen. Ein beträchtlicher Anteil von 1,5 Mio. Eigentümer:innen mit niedrigem Einkommen (untere drei Einkommensdezile) lebt in älteren und sanierungsbedürftigen Gebäuden (Römer & Salzgeber, 2023; Schumacher et al., 2022). Gleichzeitig kommen fossile Energieträger häufig in genau diesen älteren und schlecht gedämmten Häusern zum Einsatz (Römer & Salzgeber, 2023). Die finanziellen Ressourcen für einen Wechsel auf ein erneuerbares Heizsystem oder die energetische Sanierung sind in dieser Gruppe begrenzt, was zu einer weiteren Verzögerung der dringend benötigten Modernisierungen führen könnte (Abbildung 7.10). Studien zufolge konnten im Jahr 2020 fast 40 % der deutschen Bevölkerung unerwartete finanzielle Ausgaben nicht stemmen (Toleikyte et al., 2023). Eine Studie der KfW zeigt, dass 68 % der befragten Eigentümer:innen aus der niedrigsten Einkommensgruppe 2023 sich finanziell keine Sanierungsmaßnahmen leisten können, dies ist ein signifikanter Anstieg um 31 % im Vergleich zu 37 % im Jahr 2021 (Römer & Salzgeber, 2023).

Einkommenssituation der Eigentümerhaushalte



Schuldenbelastung der Eigentümerhaushalte (Anteile gerundet)

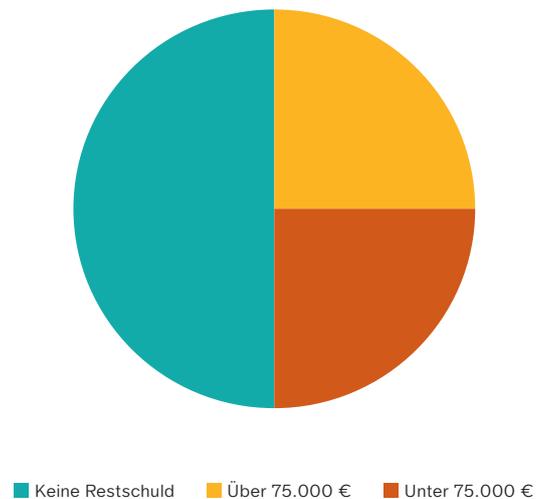


Abbildung 7.10: Einkommenssituation (links) und Schuldenbelastung (rechts) der Wohnungseigentümer:innen (DENEFF, 2023).

Wohneigentümer:innengemeinschaften (WEG)

Diese Herausforderungen erstrecken sich auch auf WEG, denen knapp 12 % der Wohnungen in Deutschland gehören. Aufgrund der Vielzahl der Akteure im Entscheidungsprozess für eine Investition, entsteht ein zusätzliches Koordinationsproblem. Die Notwendigkeit einer abgestimmten Vorgehensweise führt zu Verzögerungen und Unsicherheiten bei Investitionen in energetische Maßnahmen. Seit 2020 müssen bauliche Veränderungen, wie etwa energetische Sanierungen, nicht mehr einstimmig beschlossen werden. Es ist jedoch immer noch eine einfache Mehrheit notwendig und in der Praxis können sich die Überstimmten den Maßnahmen entgegenstellen (Bundesgesetzblatt, 2020). Eine mangelnde Koordination innerhalb der WEG kann dazu führen, dass Chancen für die Umsetzung gasunabhängiger Technologien nicht optimal genutzt werden. Dies kann zur Folge haben, dass beispielsweise Gasheizungen nicht durch neue erneuerbare Heizsysteme ersetzt werden.

Investitionsbereitschaft fördern

Fehlende Wahrnehmung der Beratungs- und Förderangebote gepaart mit einer Aversion gegenüber langfristigen Krediten hemmen private Investitionen.

Die grundlegende Bereitschaft zur Kreditaufnahme stellt eine zentrale Voraussetzung für Investitionen in erdgasfreie Heizsysteme dar. Jedoch ist die Gruppe der privaten Eigentümer:innen äußerst heterogen. Die Diversität unter den privaten Eigentümer:innen ist entscheidend für die Investitionsbereitschaft. Selbstnutzende Eigentümer:innen neigen angesichts einer langfristigen Nutzungsperspektiven eher zu Investitionen. Jedoch zögern ältere Eigentümer:innen oft, Sanierungen vorzunehmen und überlassen diese Entscheidungen ihren Nachkommen (Grashof, 2023; Stieß et al., 2010).

Förderlücke für Heizungstausch und Hüllensanierung

Private Eigentümer:innen und Wohnungsunternehmen müssen insgesamt 379 Mrd. Euro an Mehrinvestitionen bereitstellen. Es ist entscheidend, dass zum Zeitpunkt der Reinvestition in erdgasfreie Alternativen investiert wird, um die Entstehung von gestrandeten Vermögenswerten und hohe Kosten durch die Internalisierung der Umweltkosten (CO₂-Preise) zu vermeiden.

Zwar sind erneuerbare Heizungsalternativen bereits für viele Gebäudetypen die wirtschaftliche Option (Pehnt et al., 2023), doch fallen dabei wesentlich höhere Kapitalkosten an als bei Erdgasheizungen. Daher ist neben der Streckung der Kapitalkosten durch Energiedienstleistungen eine Senkung der Kapitalkosten ein zentraler Ansatzpunkt für die Mobilisierung privaten Kapitals.

Aktuell liegt die BEG-Förderung bei 30–70 % und die Renovierungsförderung bei 15–20 % bezogen auf die Gesamtkosten (nicht die Mehrkosten). Nach Prognos (2022) liegen die jährlichen Gesamtklima-investitionen bei 60–65 Mrd. Euro. Für den Zeitraum 2023–2027 entspräche dies einem Investitionsvolumen von 300–325 Mrd. Euro. Im KTF sind nach dem Finanzplan der Bundesregierung (Stand Nov. 2023) für den gleichen Zeitraum 75 Mrd. Euro an Förderung zu erwarten, was einem Anteil von 23–30 % der Gesamtinvestitionen entspricht. Wir gehen deshalb davon aus, dass bestehende Förderprogramme derzeit ausreichend sind, sollten sie über 2027 hinaus bis zu dem Zeitpunkt weitergeführt werden.

Unzureichende Inanspruchnahme von Unterstützungsangeboten

Unter den Eigentümer:innen mit langfristiger Nutzungsabsicht sprechen einige Faktoren gegen Investitionen. Zwar stehen sie häufig Modernisierungen nicht grundsätzlich ablehnend gegenüber, zeigen jedoch wenig Interesse und Bereitschaft sich aktiv zu informieren, da sie mit dem aktuellen Zustand ihres Hauses zufrieden sind und die Sanierung als Zusatzbelastung empfinden (Stieß et al., 2010). Zudem gehen neue Heizsysteme oft mit einer veränderten Handhabung einher und werden dadurch als Unsicherheitsfaktor wahrgenommen (Engelmann et al., 2021). Sie beschäftigen sich oft erst mit einer möglichen Investition, wenn es durch einen Geräteausfall oder eine ordnungsrechtliche Vorgabe notwendig wird (Albrecht et al., 2010).

Aufgrund des mangelnden Interesses und des kurzen zeitlichen Handlungsspielraums werden Informations- und Beratungsangebote wie Sanierungsfahrpläne (KfW, 2023c) oder Beratungen der Verbraucherzentralen (Verbraucherzentrale, 2023) oft nur unzureichend wahrgenommen (Stieß et al., 2010). Diesbezüglich lässt sich jedoch ein positiver Trend feststellen: Während 2021 noch rund ein Viertel der Eigentümer:innen eine niedrige Bereitschaft zur Information zeigte, sank der Wert im Rahmen der Energiekrise auf 15 % in 2023 (Römer & Salzgeber, 2023).

Dieses Problem erstreckt sich auch auf die wahrgenommene Komplexität der Fördermitelanträge. Die Vielschichtigkeit der Antragsprozesse, die mit verschiedenen Anlaufstellen wie der KfW, dem BAFA und Energieberater:innen verbunden ist, führt zu Verzögerungen und Unsicherheiten bezüglich möglicher finanzieller Unterstützung. Die Vielfalt der Förderer auf Bundes-, Landes- und Kommunalebene sowie der unterschiedlichen Förderlinien (Wärmepumpe, Sanierung) erschweren die Orientierung, Antragsstellung und Entscheidungsfindung (Engelmann et al., 2021).

Durch mangelnde Informationen und die Komplexität der Förderprozesse entstehen vermeidbare Unklarheiten über den Mehrwert von Heizungstausch und energetischer Sanierung sowie die Kosten der Verzögerung der Investition. Dies wirkt sich direkt auf die Investitionsbereitschaft der privaten Eigentümer:innen aus und erfordert eine gezielte Vereinfachung und verbesserte Kommunikation in Bezug auf Fördermöglichkeiten und Beratungsangebote.

Vermieter:innen im Vergleich zu selbstnutzenden Eigentümer:innen

Auch bei vermietenden Eigentümer:innen ist ein Defekt der Heizsysteme meist der Auslöser für Sanierungsmaßnahmen. Darüber hinaus sind ökonomische Motive stärker ausgeprägt als bei der Selbstnutzung (Engelmann et al., 2021). Hier zeigt sich ähnlich wie bei den Wohnungsunternehmen das Vermieter-Mieter:innen Dilemma. Trotzdem können Vermieter:innen langfristig von energetischen Sanierungen profitieren, da sie zu einer Wertsteigerung der Immobilie und einer dauerhaft verbesserten Vermietbarkeit führen können (Thöne et al., 2019).

Lange Amortisationszeiten

Investitionen mit Amortisationszeiträumen von mehr als zwei Jahren werden nur von einer Minderheit (27 %) der Verbraucher:innen in Betracht gezogen (McKinsey, 2008). Doch die durchschnittliche Betriebsdauer von Heizungen liegt bei 20–30 Jahren. Diese lange Zeitspanne bis zur Amortisation führt oft dazu, dass Investitionen vorschnell abgelehnt werden, da die Einsparungen nicht unmittelbar eintreten. Die Entscheidungsfindung stützt sich häufig ausschließlich auf die Investitionskosten und vernachlässigt die laufenden Betriebskosten sowie aufkommende Faktoren wie steigende CO₂-Preise. Zudem gibt es hohe wahrgenommene Unsicherheiten bei den Kosteneinspareffekten und dem langfristigen Nutzen von energetischen Sanierungsmaßnahmen, insbesondere im Vergleich zu den direkt wahrnehmbaren Investitionskosten (Jenny et al., 2012). Tendenziell neigen Eigentümer:innen dazu, günstigere Maßnahmen mit eher kurzfristigen Rückflüssen gegenüber solchen mit hohen Investitionskosten und langsame aber höheren Rückflüssen vorzuziehen (Albrecht et al., 2010). Als Resultat solcher Herausforderungen kommt es zu irrationalen Entscheidungen, wie dem vermehrten Kauf von Öl- und Gasheizungen, obwohl erdgasfreie Technologien eigentlich vorteilhafter sind.

»Allgemein werden Investitionen mit Amortisationszeiträumen von mehr als zwei Jahren nur von 27 % der Bürger:innen in Betracht gezogen.«

Aversion gegenüber Krediten

Darüber hinaus können private Eigentümer:innen selbst bei Kreditwürdigkeit tendenziell aversiv gegenüber der Kreditaufnahme sein. Studien zufolge sagen 53 % der Befragten, dass ihre Entscheidung nicht zu sanieren, modernisieren oder umzubauen damit zusammenhängt, dass sie keinen Kredit aufnehmen wollen (Durth, 2017). Private Eigentümer:innen weisen dabei tendenziell eine Zurückhaltung auf, Kredite für hohe Investitionskosten aufzunehmen, sogar wenn die Rentabilität der Investitionsmaßnahmen gegeben ist und wahrgenommen wird (Albrecht et al., 2010; Gigli, 2008). Die Fremdkapitalaversion gilt vor allem für Eigentümer:innen mit geringeren Einkommen (Albrecht et al., 2010).

Fachkräftemangel im Handwerk als Querschnittsherausforderung

Das Handwerk steht vor großen Herausforderungen bei der Fachkräftesicherung und Mobilisierung – weitere Maßnahmen der Fachkräftemobilisierung sind notwendig.

Für die notwendigen Umstellungen von Technologien und Infrastrukturen steigt die Nachfrage nach Fachkräften im Handwerk deutlich an, dies stellt das Handwerk vor neue Herausforderungen der Fachkräftesicherung und Mobilisierung, auch angesichts der bereits signifikanten Fachkräftelücke im Handwerk.

Um die Klimaziele beim Heizungstausch zu erreichen, muss sich laut Industrieschätzungen die Anzahl der Heizungsinstallateur:innen bis 2050 verdoppeln (EHI, 2021). Laut IG Metall und Handwerksverbänden fehlen bis zu 190.000 Fachkräfte, besonders im Bereich der energetischen Sanierung von 19,2 Mio. Wohngebäuden (ZVEH, 2022). Im Jahr 2022 wurde eine Fachkräftelücke von etwa 31.500 Beschäftigten im Bereich Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik (SHK) sowie Bau-elektrik festgestellt – dabei fallen auf 100 offene Stellen bundesweit nur 20 passend qualifizierte Arbeitssuchende (Malin & Köppen, 2023). Die Fachkräftelücke könnte sich nach unserer Einschätzung bis 2026 verdreifachen auf 95.400 gesuchte Fachkräfte (Fachrat Energieunabhängigkeit, 2023). Eine Schätzung, die auch mit den Prognosen des Zentralverbandes des Deutschen Handwerks vereinbar ist, welcher bis 2030 von 60.000 zusätzlich benötigten Fachkräften für den Heizungstausch spricht (ZDH, 2023a). Ähnliche Schätzungen gibt es auch vom Elektrohandwerk (Birk, 2022). Grund ist vor allem die erwartete höhere Nachfrage nach erdgas-freien Technologien, für deren Einbau weiterqualifizierte und zusätzliche Fachkräfte benötigt werden bei gleichzeitigem demographischen Wandel.

»Die Fachkräftelücke könnte sich bis 2026 verdreifachen.«

Für den Einbau dieser Heizungen müssen viele der Fachkräfte, die im Jahr 2022 noch 598.000 Gasheizungen eingebaut haben, umgeschult und weitergebildet werden. Der Fachkräftemangel im Handwerk zeigt sich zunehmend auch im Alltag der Menschen bei der Umsetzung von Investitionsmaßnahmen; der Fachkräftemangel ist bereits ein signifikantes und zunehmendes Investitionshemmnis. Denn gemäß einer KfW Studie gaben 2021 noch 9 % der Eigentümer:innen an, dass fehlende Handwerkskapazitäten die Umsetzung von Maßnahmen verhindern, bis zum Jahr 2023 verdreifachte sich der Anteil auf 27 % (Römer & Salzgeber, 2023).

In einigen Gewerken konnten wieder steigende Ausbildungszahlen erreicht werden, aber diese sind zu gering um den steigenden Bedarf an zusätzlichen Handwerker:innen zu decken – insbesondere vor dem Hintergrund der Nachfolgesituation vieler Handwerksbetriebe (Schwartz & Leifels, 2022). Trotz der essenziellen Bedeutung des Handwerks sinkt die Attraktivität von Handwerksberufen; der Fachkräftemangel ist besonders für die klimarelevanten SHK-Bereiche und Elektroinstallation signifikant (Mischler, 2017).

7.2 Wende zur erdgasfreien Industrie

Die deutsche Industrie befindet sich in einer guten Ausgangslage, um in erdgasfreie Technologien zu investieren. Wie in Kapitel 2 beschrieben, ist der deutsche Wirtschaftsstandort v. a. durch seine gute Innovations- und Forschungsinfrastruktur und gut ausgebildete Arbeitskräfte international wettbewerbsfähig. Gleichzeitig haben deutsche Unternehmen sicheren Zugang zu Finanzprodukten.

Die Industrie hat im Vergleich zum Gebäudesektor mehr Anwendungsfelder, in denen eine Substitution von Erdgas stattfinden muss. Das liegt zum einen daran, dass fast alle Industriebranchen auf diesen Energieträger zurückgreifen und er in unterschiedlichen Technologien je nach Anforderungen des Prozesses eingesetzt wird. Zudem dient Erdgas als Kohlenstoffderivat beispielsweise auch als Rohstoffbasis für Erzeugnisse in der Grundstoffchemie oder als Ausgangsstoff für die Herstellung von Wasserstoff in der Ammoniak-, Silizium- oder Aluminiumproduktion und in Raffinerien (Hüther et al., 2023).

Übergeordnete Schlussfolgerungen

Für die Mobilisierung von Investitionen in die Erdgasunabhängigkeit der deutschen Industrie lassen sich sechs Schlussfolgerungen ziehen:

- 1. Zugeschnittene Maßnahmen entwickeln:** Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) und Großunternehmen stehen vor differenzierten Herausforderungen, die sich je nach Unternehmensgröße, Branche und Technologie unterscheiden. Um eine Investitionsdynamik zu erzielen, die Investitionen beschleunigt und nicht verzögert, braucht es einen Ansatz, der diesem breiten Problemspektrum gerecht wird.
- 2. Querschnittsaufgaben lösen:** Gemeinsame Probleme wie hohe Finanzierungskosten, fehlender Infrastrukturzugang und die Reform der Netzentgelte müssen zügig angegangen werden. Sie bilden die Grundlage für einen wettbewerbsfähigen und erfolgreichen Übergang zu erdgasfreien Technologien.
- 3. KMU stärker in den Fokus rücken:** Die Mobilisierung von Investitionen von KMU bietet hohes Potential zur Erdgassubstitution. Die Hürden sind gering, denn es kommen erdgasfreie Technologien mit hoher technologischer Reife sowie geringen ökonomischen und strukturellen Hürden (siehe Tabelle 7.3) zum Einsatz. Vor allem in Kombination mit den geringen Erdgas-Vermeidungskosten lässt sich hier mit wenig Mitteln eine große Dynamik erzeugen. Dafür müssen vorhandene Förderinstrumente weiterentwickelt und vor allem für KMU zugänglich gemacht werden.
- 4. Branchen in die Verantwortung nehmen:** Lebensmittelindustrie, Papiergewerbe, Zement- und Kalkindustrie sowie der Grundstoffchemie machen 67 % des industriellen Erdgasbedarfs aus, der sich mit 9,5 Mrd. Euro an Anlageninvestitionen substituieren lässt.
- 5. Pioniere fördern:** Die Förderung von Pionieren – sowohl Großunternehmen als auch KMU – ist ein entscheidender Schritt, um Erfahrungen mit erdgasfreien Technologien zu sammeln, Prozesse weiterzuentwickeln und das Risikoprofil von Transitionsinvestitionen zu verbessern.
- 6. Lernprozesse anstoßen:** Unternehmen, die aufgrund struktureller oder betriebswirtschaftlicher Hemmnisse aktuell nicht in der Lage sind, ihre Produktionsprozesse auf erdgasfreie Technologien umzustellen, können von Pionieren lernen. Der Austausch von Erfahrungen und Best Practices kann als wichtiger Mechanismus dienen, um Risikowahrnehmungen zu senken und andere Unternehmen auf dem Weg zur Erdgasunabhängigkeit zu unterstützen.

Erkenntnisse der Analyse des Industriesektors

Diese Schlussfolgerungen basieren auf zehn Erkenntnissen, die wir auf den folgenden Seiten herleiten.

- 1. Elektrifizierung der Prozesswärme und fokussierter Einsatz von Wasserstoff** – Die Substitution von Erdgas in der Industrie bedeutet die weitestmögliche Elektrifizierung der Prozesswärme und den fokussierten Einsatz von Wasserstoff in der Grundstoffchemie und Stahlherstellung.
- 2. Hoher Reifegrad der Substitutionstechnologien** – Die Technologien zur Substitution von Erdgas in der Industrie haben einen hohen technischen Reifegrad und können über Pilotprojekte hinaus eingesetzt werden.
- 3. Anlagenbau als Wettbewerbsvorteil** – Deutschland ist führend im Anlagenbau und damit besonders stark positioniert in der Umstellung auf erdgasfreie Industrieprozesse um eine führende Rolle einzunehmen.
- 4. Zeitfenster der Investitionen entscheidend** – Industrieanlagen haben lange Lebensdauern, weshalb der Zeitpunkt für (Re-)Investitionen zentral ist. Gelingt es Investitionsfenster entsprechend der Erneuerungszyklen zu nutzen, können Extrakosten vermieden werden.
- 5. Übersehene Branchen** – Industriezweige mit geringer Marktkonzentration können ein Drittel des Erdgasverbrauchs bei geringen Investitionsvolumen substituieren, sie lassen sich zumeist über Querschnittstechnologien adressieren.
- 6. Überschaubare Investitionsbedarfe** – Verglichen mit Investitionsbedarfen in Gebäuden und den Energiekosten sind die Investitionen in Anlagen für erdgasfreie Prozesswärme vergleichsweise gering, erfordern jedoch in der typischen Logik des Sektors eine schnelle Amortisierung.
- 7. Unterschiedliche Ausgangsbedingungen** – Ausgehend von der Größe, dem Standort und dem spezifischen Energiebedarf haben Unternehmen unterschiedliche Herausforderungen in der Transformation.
- 8. OpEx schlägt CapEx** – Ein Großteil der Total Cost of Ownership der grünen Industrieanlagen sind OpEx zuzuordnen, nur ein kleiner Teil fällt auf die CapEx.

- 9. Drei Unternehmenstypen in der Industriewende** – Ausgehend von ihren Hemmnissen und dem damit verbundenen Stand der Substitution von Erdgas, lassen sich Unternehmen in Pioniere, Nachahmer und Teilnehmer differenzieren. Diese Differenzierung ermöglicht eine Priorisierung von Akteuren, bei denen die Investitions- und Innovationszyklen beschleunigt werden können.

Wie einleitend erwähnt, konzentrieren wir uns auf die Mobilisierung der Nachfrage nach erdgasfreien Technologien. Es ist wichtig zu betonen, dass es Upstream zu Engpässen in den Wertschöpfungsketten kommen kann, wenn zu viele Unternehmen gleichzeitig investieren. Wie der Wärmepumpenhochlauf zeigt, sind bei politisch forcierter Investitions- und Planungssicherheit für diese Technologien schnelle Anpassungen der Produktionskapazitäten zu erwarten. **Die folgende Diskussion setzt deshalb eine klare industriepolitische Priorisierung der Sektoren voraus, die erdgasfreie Technologien und Anlagen (z. B. Großwärmepumpen, Industrieöfen, Elektrodenkessel) zur Verfügung stellen.**

Elektrifizierung der Prozesswärme und fokussierter Einsatz von Wasserstoff

Die Substitution von Erdgas in der Industrie bedeutet die Elektrifizierung der Prozesswärme und den fokussierten Einsatz von Wasserstoff in der Grundstoffchemie und Stahlherstellung.

Für die Substitution von Erdgas als Energieträger im Industriesektor gibt es grundsätzlich zwei technologische Optionen, die zudem langfristig Klimaneutralität ermöglichen: die Elektrifizierung und den Einsatz von grünen Gasen, allen voran Wasserstoff. Bei Prozessen mit Temperaturbedarfen unter 500 °C stellt die Elektrifizierung in der Regel die effizienteste und ökonomisch sinnvollste Maßnahme dar. Erdgas, das stofflich genutzt wird, muss durch einen CO₂-neutralen Grundstoff substituiert werden. Dafür eignet sich als Reduktionsmittel sowie als Rohstoffbasis für Ammoniak und Methanol in der Regel Wasserstoff (Energiekrise solidarisch bewältigen, neue Realität gestalten, 2022; Luderer et al., 2021; Samadi, 2022).

Die beiden energetischen Anwendungsfelder für Erdgas sind die Bereitstellung von Prozesswärme in Industrieöfen und die Erzeugung von Dampf und Warmwasser (siehe Abbildung 7.11). Auf sie fallen 90 TWh/a bzw. 95 TWh/a des Verbrauches. Zusätzlich fallen noch 30 TWh/a für die stoffliche Nutzung an (Luderer et al., 2022).

Hoher Reifegrad der Substitutionstechnologien

Die Technologien zur Substitution von Erdgas in der Industrie haben einen hohen technischen Reifegrad und können über Pilotprojekte hinaus eingesetzt werden.

Manche Technologien sind branchenübergreifend einsetzbare Querschnittstechnologien, wie zum Beispiel Elektro- und Elektrodenkessel, die zur Substitution von erdgasbetriebener Dampferzeugung in verschiedenen Branchen geeignet sind. Andere Technologien sind branchenspezifisch, wie beispielsweise elektrische Schmelzwannen in der Glasindustrie oder Lichtbogenöfen und Direktreduktionsanlagen (DRI) in der Stahlherstellung. Tabelle 7.3 gibt einen Überblick über alle Technologien, die für die Substitution von Erdgas in der Industrie relevant sind – aufgeschlüsselt nach Branchen und der erdgaserdgasbasierten Technologie, die sie ersetzen (IN4climate.NRW, 2021). Wir führen hier bereits technologiespezifische Hemmnisse auf. In den nachfolgenden Abschnitten und Tabelle 7.5 werden diese um akteurspezifische Hemmnisse der Industrieunternehmen ergänzt.

Der Technologiereifegrad (TRL) ist eine Skala zur systematischen Bewertung der Entwicklung von neuen Technologien. Die neun Stufen der TRL-Skala geben eine Auskunft über den Marktreifegrad der Technologie (BLE, 2021). Mit Bezug auf die beschriebenen Technologien ist zum Beispiel der elektrische Steamcracker auf der Skala bei 5–6 (Luderer et al., 2021), das bedeutet er befindet sich auf der Stufe der experimentellen Entwicklung inklusive Entwicklung von Prototypen und Einsatz in Pilotprojekten. Im Vergleich haben Elektro- und Elektrodenkessel bereits Stufe 9 (Luderer et al., 2021) und sind somit marktreif für die Verwendung (BLE, 2021).

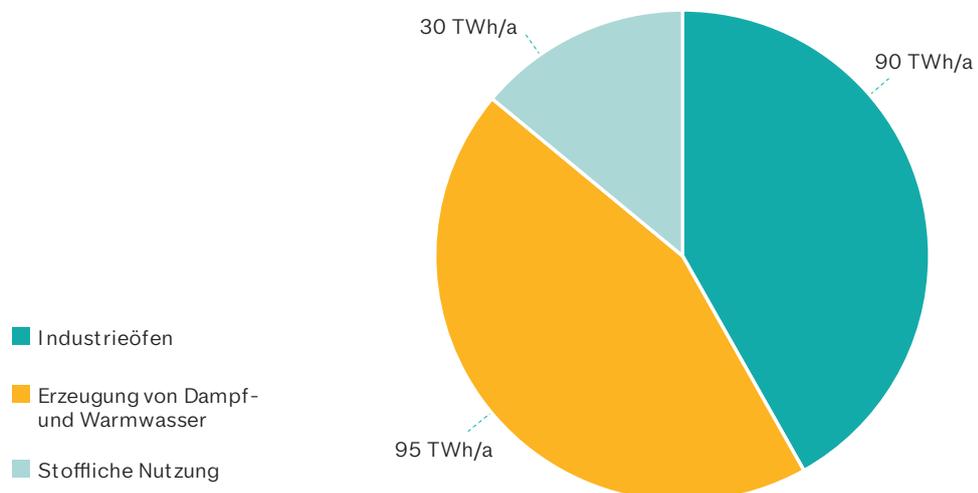


Abbildung 7.11: Erdgasverbrauch der Anwendungsbereiche im Industriesektor (Luderer et al., 2022).

Tabelle 7.3: Übersicht der betrachteten Substitutionstechnologien in der Industrie, technologischer Reifegrad, Einsatzgebiete sowie betriebswirtschaftliche und strukturelle Hemmnisse⁴

Substitutionstechnologie	Technologie-reifegrad (TRL) [1-9] ⁵	Erdgas-Technologie	Einsatz in Branchen	Eingesetzt in		Betriebswirtschaftliche Hemmnisse					Strukturelle Hemmnisse		
				KMU	Großunternehmen	Hohe Anfangsinvestitionen	Unsichere Betriebskosten	Hohe Umbaukosten	Unsichere Nachfrage	Internationaler Wettbewerbsdruck	Notwendige Infrastruktur	Komplexe Bürokratie	Fehlende Innovationsbereitschaft
Großwärmepumpen	9	Erdgas-KWK / Erdgaskessel	Branchenübergreifend	X	X	X	X	X			X		X
Elektro- & Elektrodenkessel	9		Papiergewerbe, Ernährung & Tabak, Grundstoffchemie	X	X		X						
Tiefengeothermie	8-9		Branchenübergreifend	X	X	X		X				X	X
Solarthermie	2-9		Branchenübergreifend	X	X	X		X				X	X
Energieeffizienz in Prozesswärme	marktreif	/	Alle Branchen	X	X	X							X
Elektrische Schmelzwannen	6-8	Erdgasbefeuerte Schmelzwannen	Glas & Keramik	X	X		X	X			X		
Elektrische Industrieöfen: Infrarot & Plasma	Infrarot: marktreif Plasma: 3	Erdgasbefeuerter Ofen	Infrarot: Papiergewerbe; Plasma: Eisen & Stahl, Aluminium	X	X		X				X	X	
Elektrolichtbogenöfen	marktreif	Erdgasbefeuerter Ofen, Hochofen-Konverter-Route	Eisen & Stahl	X	X	X	X				X		X
Wasserstoffbasierte Direktreduktionsanlagen (H ₂ -DRI)	5-7	Hochofen-Konverter-Route (Kohle), Erdgasbasierte DRI	Eisen & Stahl		X	X	X		X	X	X	X	
Elektrische Steamcracker	5-6	Erdgasbasierte Steamcracker	Grundstoffchemie		X	X	X	X			X	X	
Anlagen zur Ammoniak- und Methanolsynthese und dem MTO-Verfahren	7-9	Erdgas als Rohstoffbasis für Wasserstoff und damit Methanol, Ethylen und Ammoniak	Grundstoffchemie		X		X	X	X	X	X	X	

⁴ Basierend auf Luderer et al. (2021), Heumann & Huenges (2017), Giovannetti et al. (2018), Agora Energiewende (2020) und Interviews mit Expert:innen (Liste im Anhang); es wurde immer die aktuellste Quelle verwendet.

⁵ Stufen 1-2 Grundlagenforschung, 2-4 industrielle Forschung, 5-8 experimentelle Entwicklung, 9 Übergang zur Marktreife.

Anlagenbau als Wettbewerbsvorteil

Deutschland ist besonders stark positioniert, um in der Umstellung auf erdgasfreie Industrieprozesse eine Vorreiterrolle einzunehmen.

Jede der Technologien hat ihre spezifischen Anbieter aus dem deutschen Maschinen- und Anlagenbau. Die energieintensiven Industrien und der Maschinen- und Anlagenbau sind tief verzahnt (Agora Energiewende, 2020). Die Technologien werden dabei mit Hinblick auf die speziellen Bedürfnisse der jeweiligen Projekte angefertigt. Es handelt sich meist nicht um einzelne Anlagen, sondern um die Integration der Technologien in ein Gesamtsystem der industriellen Produktion. Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau, welcher vor allem durch spezialisierte mittelständische Unternehmen geprägt ist, umfasst mehr als 6.600 Unternehmen und über eine Mio. Beschäftigte (BMWK, 2023h). Die Branche verfügt über eine hervorragende Innovationsperformance und internationale Wettbewerbsfähigkeit. Sie ist somit bestens positioniert, um die Umstellung der Industrieanlagen zu vollziehen und dies eröffnet große Chancen für die langfristige Wettbewerbsfähigkeit und Technologieführerschaft der Branche (Agora Energiewende, 2020).

Zeitfenster der Investitionen entscheidend

Industrieanlagen haben lange Abschreibungsdauern, weshalb der Zeitpunkt für (Re-)Investitionen zentral ist.

Die in Tabelle 7.3 beschriebenen Technologien werden in den dort beschriebenen Branchen eingesetzt und im Zuge sehr langer Investitionszyklen ausgetauscht. Dabei werden jetzt wegweisende Investitionsentscheidungen für die nächsten Jahrzehnte getroffen. Industrielle Anlagen können Lebensdauern von bis zu 70 Jahren haben. So muss bis 2030 in 30–50 % der Stahl-, Chemie- und Zementindustrie Anlagen reinvestiert werden (Hauser et al., 2022). Diese Investitionsentscheidungen beeinflussen auch die langfristige internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie (Energiekrise solidarisch bewältigen, neue Realität gestalten, 2022). Weiterhin in konventionelle Industrieanlagen zu reinvestieren ist unter den gegebenen Rahmenbedingungen des europäischen Emissionshandels (ETS 1) nicht sinnvoll. Bereits gegen Ende der 2030er Jahre werden nach den aktuellen Beschlüssen für die energieintensiven Branchen keine CO₂-Emissionen im europäischen Handel mehr zu Verfügung stehen (Europäischer Rat, 2023). Gleichzeitig ist der CO₂-Preis im EU ETS 1 derzeit noch nicht ausreichend hoch, und die Entwicklung des zukünftigen CO₂-Preises ist nicht hinreichend sicher, so dass Unternehmen zögern, in die

neuen Technologien zu investieren. Die Industrie steht heute vor der Herausforderung, trotz unsicherer Rahmenbedingungen durch ambitionierte und tiefgreifende Veränderungen der industriellen Produktionssysteme und Wertschöpfungsketten die Weichen für einen grünen und wettbewerbsfähigen Anlagenpark zu stellen und Investitionsfenster zu nutzen, um sich auf den veränderten regulatorischen Rahmen einzustellen (Luderer et al., 2021).

Industrieunternehmen treffen langfristige Investitionsentscheidungen basierend auf den Investitionskosten und Betriebskosten von verfügbaren Technologieanlagen. Bei der Umstellung der Prozesse ergeben sich erhebliche Transformationskosten und Risiken, die eine mögliche Profitminderung und ein großes Geschäftsrisiko mit sich bringen. Diese entstehen durch Mehrkosten der neuen Technologien bei Investitionen (CapEx) und beim Anlagenbetrieb (OpEx) (Luderer et al., 2021). Die OpEx der erdgasfreien Technologien liegen unter aktuellen CO₂-Preisen in der Regel über den der konventionellen (Hauser et al., 2022). Mit der Produktionsumstellung ergeben sich außerdem punktuelle Auswirkungen auf die Infrastruktur, wie beispielsweise die Erweiterung von Stromnetzanschlüssen, die im Einklang mit der Produktionsumstellung an die Anforderungen der neuen Technologien angepasst wird.

Übersehene Branchen

Industriezweige mit geringer Marktkonzentration können ein Drittel des Erdgasverbrauchs bei geringen Investitionsvolumen substituieren.

Die Analyse der Marktstruktur zeigt, dass der Mittelstand und große Unternehmen über alle Branchen hinweg eine wichtige Rolle spielen (siehe Tabelle 7.4). Hierbei sind eine Handvoll Großunternehmen ausschlaggebend für einen hohen Anteil des Umsatzes, denn die größten Unternehmen erwirtschaften zwischen 58–80 % des Gesamtumsatzes je nach Branche (Heidorn & Weche, 2021). Der Mittelstand besteht aus Kleinst-, Kleinen und Mittleren Unternehmen (Destatis, 2023d). Große Unternehmen sind in allen Branchen aktiv, spielen aber vor allem in der Grundstoffchemie, Eisen und Stahl, und Nichteisen (NE)-Metalle Gießereien eine wichtige Rolle. In Ernährung und Tabak und Verarbeitung von Steinen und Erden dominieren vor allem Kleinst- und Kleine Unternehmen mit jeweils 58 % und 79 % Marktanteil. In der Grundstoffchemie, NE-Metalle und Gießereien, Papiergewerbe, Glas und Keramik, Metallbearbeitung und Eisen und Stahl sind Mittlere Unternehmen die größte Gruppe.

Tabelle 7.4: Marktstruktur und -konzentration der untersuchten Branchen (Destatis, 2023e)

Branchen	Unternehmensgröße			Unternehmenskonzentration
	Kleinst- & Kleine Unternehmen	Mittlere Unternehmen	Große Unternehmen	CR6
Papiergewerbe	31 %	54 %	15 %	57 %
Verarbeitung von Steinen und Erden	79 %	19 %	2 %	57 %
Metallbearbeitung	34 %	58 %	8 %	58 %
Ernährung & Tabak	58 %	33 %	9 %	63 %
NE-Metalle, -Gießereien	27 %	49 %	24 %	67 %
Eisen & Stahl	32 %	38 %	31 %	68 %
Glas & Keramik	34 %	53 %	14 %	72 %
Grundstoffchemie	36 %	45 %	20 %	80 %

Um die Interessenskonzentration bzw. Konzentration der Betroffenen zu ermitteln, nutzen wir den Herfindahl-Hirschman-Index (HHI)⁶ und den Marktanteil der sechs umsatzstärksten Unternehmen (CR6). Die Branche mit einer höchsten Konzentration ist die Grundstoffchemie mit einem HHI von 2.359 und somit über 2.000, was bedeutet, dass 80 % des Marktes auf die größten sechs Unternehmen aufgeteilt sind. Glas und Keramik, Eisen und Stahl und NE-Metalle und Gießereien liegen im Mittelfeld (67 %–72 %). Die unterschiedlichen Unternehmensgrößen und Marktstrukturen bringen unterschiedliche Anforderungen an die Gesetzgebung mit sich, die in diesem Kapitel weiter ausgeführt werden.

Überschaubare Investitionsbedarfe

Verglichen mit Investitionsbedarfen in Gebäuden und den Energiekosten sind die Investitionen in Anlagen für erdgasfreie Prozesswärme vergleichsweise gering, erfordern jedoch in der typischen Logik des Sektors eine schnelle Amortisierung.

Die Substitution von Erdgas findet in drei Bereichen statt: der Erzeugung von Prozesswärme (in allen Branchen), stofflich in der Produktion von Ammoniak, Methanol und Olefinen (Grundstoffchemie) und in wasserstoffbasierten Direktreduktionsanlagen (Stahlherstellung).

Für die Berechnung des Investitionsbedarfs werden die Kosten für Anlagen veranschlagt, die notwendig sind, um Erdgas in den Prozessen zu substituieren. Fleiter et al. (2023) beziffern Investitionen für die Elektrifizierung von erdgasbetriebenen Branchenreferenzprozessen.

⁶ Der HHI misst die Konzentration als Summe der quadrierten Marktanteile der Unternehmen multipliziert mit dem Faktor 10.000. Daher hat er eine Ausprägung, die von keine Konzentration (0) bis Monopol (10.000) reicht. Hierbei gelten allgemein Werte zwischen 1.000–2.000 als unbedenklich und unter 1.000 als wenig konzentriert (Effenberger et al., 2020; Monopolkommission, 2022).

Diese rechnen wir auf den gesamten Erdgasverbrauch der Branchen hoch. Zudem berechnen wir über die Ziele für grüne Chemie- und Stahlproduktionskapazitäten in Deutschland und deren spezifische Investitionskosten für die Dekarbonisierung die Investitionsvolumen zur stofflichen Substitution von Erdgas und zur grünen Rohstahlherstellung (Umweltbundesamt, 2023).

Insgesamt beträgt das Investitionsvolumen zur Substitution von Erdgas in der Industrie rund 44 Mrd. Euro. Die Aufteilung auf die Anwendungsfelder wird in der Abbildung 7.12 dargestellt. Die Substitution von Erdgas in der Prozesswärme macht den größten Investitionsbedarf mit 30 Mrd. Euro aus. Allerdings verteilen sich die Investitionen auf verschiedene Anlagen in fast allen Branchen. Etwa 12,5 Mrd. Euro entfallen auf den Aufbau von DRI und Elektrolichtbogenöfen als Ersatzinvestitionen für die bis 2030 abgeschriebenen Hochöfen (Erklärung in der Textbox: *Zukunft des Stahls*). Für die stoffliche Substitution von Erdgas in der Grundstoffchemie müssen 1,6 Mrd. Euro in Anlagen für die Ammoniak- und Methanolsynthese sowie das Methanol-to-Olefine Verfahren investiert werden.

Die ausgewiesenen Investitionen beziehen sich dabei nur auf die Anlagen selbst und beinhalten keine notwendige Infrastrukturerweiterungen (Stromnetzanschlüsse, Transformatoren) oder den Abriss der Bestandsanlagen. Die KfW beziffert in ihrer Studie Mehrinvestitionen für eine klimaneutrale Industrie in 2050 und weist einen Wert von 462 Mrd. Euro aus. Die Differenz zu den in dieser Studie ausgewiesenen Investitionsbedarfen ist zum einen auf die Fokussierung auf die Anlagenkosten und zum anderen auf die Fokussierung der erdgasintensiven Branchen (Grundstoffchemie, NE-Metalle und Gießereien, Papiergewerbe, Glas und Keramik, Metallbearbeitung und Eisen und Stahl) zu erklären. Außerdem betrachtet unsere Studie nicht den Aufbau von Wasserstoffproduktionskapazitäten und weiteren DRI-Kapazitäten in Deutschland nach 2032.

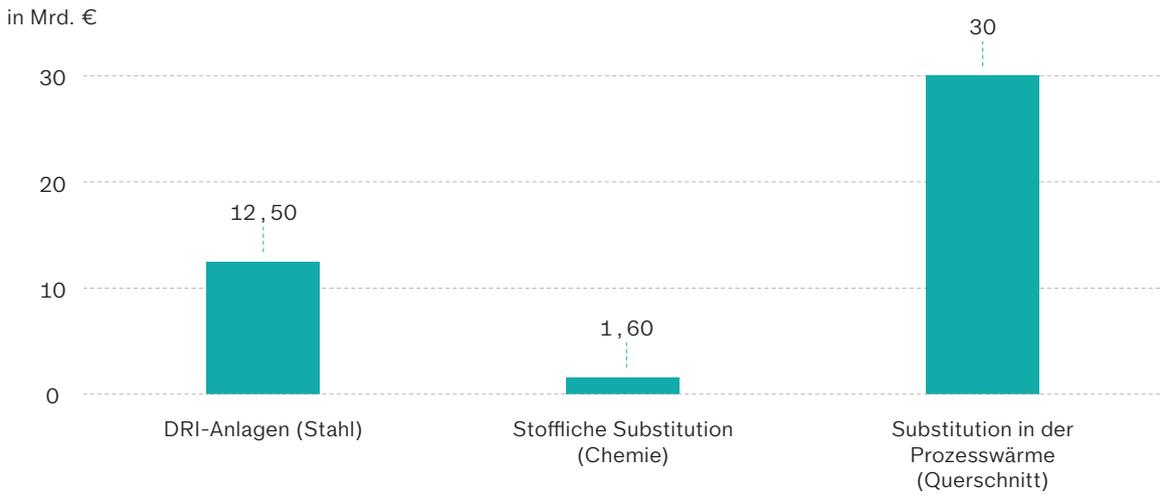


Abbildung 7.12: Investitionsvolumen zur Substitution von Erdgas in der deutschen Industrie nach Anwendungsfeldern und (Branche) in Mrd. Euro (Agora Industrie, 2023; Fleiter et al., 2023; Fraunhofer ISI, 2022; Fraunhofer ISI et al., 2022; Hauser et al., 2022).

Zukunft des Stahls? Investieren, wo es Sinn macht.

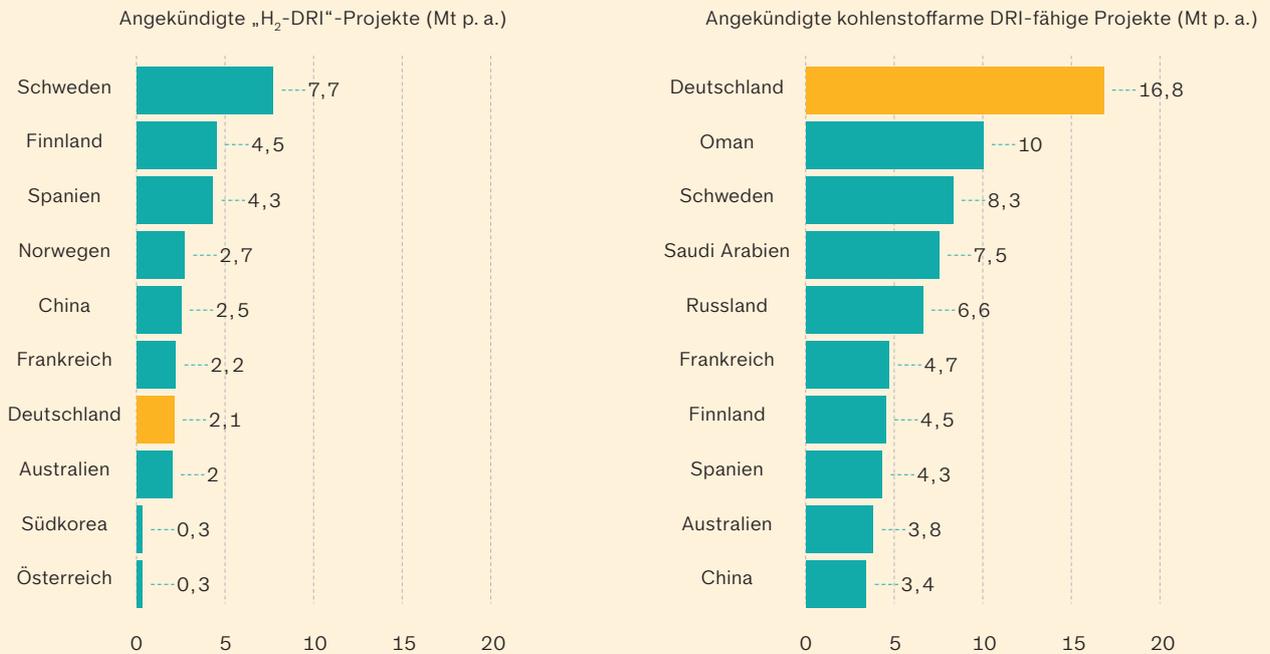


Abbildung 7.13: Global angekündigte Investitionen in DRI von Eisenerz mit Wasserstoff (H₂) oder Erdgas bis 2030. Eigene Darstellung basierend auf Agora Industrie (2023).

Zukunft des Stahls? Investieren, wo es Sinn macht.

In den 2020er Jahren wird sich zeigen, ob Deutschland für Jahrzehnte hohe CO₂-Emissionen mit dem Risiko von Stranded Assets festschreibt, oder ob es gelingt, den Weg in eine zukunftsfähige Stahlerzeugung einzuschlagen. Für 18,7 Mt/a (~77 %) Produktionskapazität stehen in Deutschland bis 2030 Ersatzinvestitionen an (Agora Industrie, 2023). Damit besteht das Potential, auf erdgasfreie Technologien umzustellen und Reinvestitionen in Hochöfen zu vermeiden. 3,9 Mt/a können durch die Erhöhung der Sekundärstahlproduktion ersetzt werden.

1,7 % des Erdgases werden in der Stahl- und Eisenindustrie genutzt und der Energieträger macht nur 12 % des Endenergieverbrauchs der Branche aus (Fraunhofer ISI, 2022). Trotzdem ist die vollständige Substitution von Erdgas in Stahlprozessen besonders komplex, da die Nutzung neuer Technologien maßgeblich von der Verfügbarkeit von Wasserstoff abhängt. Eisenerz wird in Hochöfen zu Eisen reduziert, die aktuell mit Kohle betrieben werden. Die Substitutionstechnologie sind Direktreduktionsanlagen (DRI), die mit Erdgas oder Wasserstoff betrieben werden können. Zwar wird in den Hochöfen kein Erdgas genutzt. Doch die erdgasbetriebenen Anlagenteile können aus technischen Gründen nur in Kombination mit dem Rest der Anlage ausgetauscht werden.

Somit könnte der Erdgasbedarf der Branche sogar kurzzeitig ansteigen und es muss – durch einen fokussierten Einsatz in den No-regret Anwendungen – sichergestellt werden, dass zeitnah grüner Wasserstoff für DRI-Anlagen zur Verfügung steht (Hauser et al., 2022).

Die Rohstahlherstellung aus Eisen und Stahlschrott kann durch Elektrolichtbogenöfen elektrifiziert werden, in denen aktuell auch noch ein kleiner Anteil Erdgas verwendet wird. Eine komplette Elektrifizierung ist in Zukunft aber möglich.

Eine vollständig erdgasfreie Rohstahlherstellung kann folglich nur durch den Einsatz von grünem Wasserstoff gelingen. Dafür ist es nicht zwingend erforderlich, dass die DRI innerhalb von Deutschland stattfindet. Deutschland könnte vom Import von Eisenerz auf den Import von Eisen umstellen, was einen vernachlässigbaren Effekt auf die Importabhängigkeit von Deutschland hätte.

Der energieintensive Schritt würde dann in Ländern stattfinden, die durch eine hohe Verfügbarkeit erneuerbarer Energien günstige Bedingungen für die Wasserstoffherstellung haben, wie z. B. Brasilien, Australien, Südafrika (Agora Industry & Wuppertal Institute, 2023).

Als Reaktion auf die Klimaschutzverträge haben die deutschen Stahlhersteller bereits angekündigt, im Zuge der ersten Welle an Ersatzinvestitionen (bis 2030) auf DRI umzustellen (Agora Industrie, 2023). Dazu gehören insbesondere Salzgitter, Thyssen in Duisburg, Arcelor Bremen, Arcelor Eisenhüttenstadt und Saarstahl. Es ist davon auszugehen, dass auch die zweite Welle an Ersatzinvestitionen in Deutschland stattfindet. Damit stehen Investitionen für 16,8 Mt/a Kapazität an DRI-Anlagen und Elektrolichtbogenöfen an, die sich mit spezifischen Investitionskosten von 745 Euro/Tonne Produktionskapazität (Hauser et al., 2022) auf 12,5 Mrd. Euro belaufen.

Für die Abschätzung unserer Investitionsbedarfe gehen wir davon aus, dass ab 2032 keine neuen DRI-Anlagen in Deutschland entstehen und auf den Import von grünem Eisen, in der Form von heißen Eisenbriketts (HBI), gesetzt wird, um Wettbewerbsfähigkeit in der Stahlindustrie sicherzustellen. Dadurch würden 96 % der Arbeitsplätze in Deutschland gehalten und es ließen sich zeitgleich 16 % der Herstellkosten von Rohstahl einsparen, was die Wettbewerbsfähigkeit der grünen Stahlindustrie und seiner Abnehmerindustrien in Deutschland sichern könnte (Agora Industry & Wuppertal Institute, 2023). Dabei ist zu beachten, dass die Auslagerung von Teilen der Wertschöpfungskette letztlich eine politische und strategische Entscheidung ist, die hier nur als Annahme für die Abschätzung der Kostenbedarfe dient.

Hinsichtlich des Ziels der Erdgasunabhängigkeit ist es wichtig, dass die Prozesse der Stahlverarbeitung elektrifiziert werden, da sie aktuell hauptsächlich erdgasbasiert sind. Für die Substitution stehen elektrische Anlagen zur Verfügung, die vereinzelt auch in Kombination mit einer Wasserstoffbeheizung umgesetzt werden können. Eine vollständige Umstellung der 19 TWh Erdgasnutzung in diesen Prozessen würde Anlageninvestitionen von 10,64 Mrd. Euro erfordern (Fleiter et al., 2023). Damit belaufen sich die Investitionsbedarfe für die Stahlindustrie auf 23,1 Mrd. Euro.

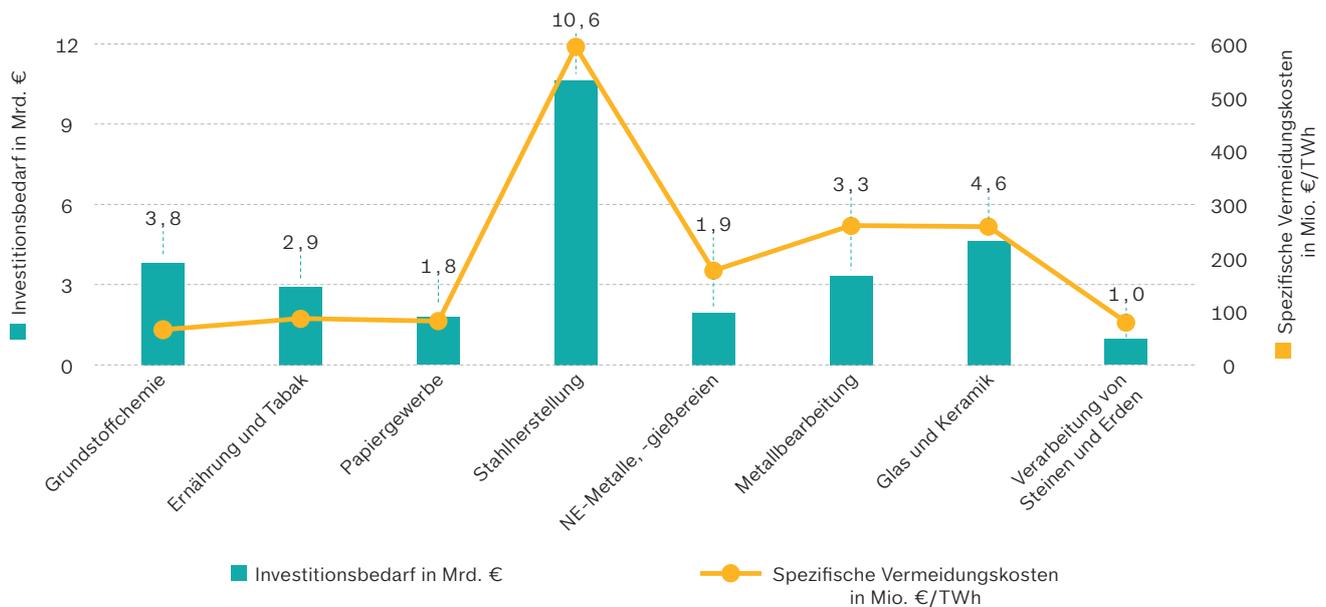


Abbildung 7.14: Investitionsbedarfe zur Substitution von Erdgas durch Elektrifizierung der Prozesswärmeerzeugung in Mrd. Euro und Vermeidungskosten nach Branchen in Mio. Euro. Eigene Berechnungen. Datengrundlage siehe Abbildung 7.12.

Prozesswärme im Fokus

55 % des Erdgasverbrauches in der Industrie entfällt auf die Erzeugung von Prozesswärme. Die Kosten für die komplette Umstellung belaufen sich auf rund 30 Mrd. Euro.⁷ Dafür kommen unterschiedliche Technologien zum Einsatz, die in Tabelle 7.3 eingeführt wurden. In der Grundstoffchemie geht es um die Bereitstellung von Dampf, die Branche Ernährung und Tabak sowie die Papierindustrie setzen Wärme in Trocknungsprozessen ein. Höhere Prozesstemperaturen werden in den anderen Branchen notwendig – in der Glas- und Keramikindustrie sowie NE-Metalle und Gießereien in unterschiedlichen Schmelzwannen, in der Stahlindustrie v. a. in Walzprozessen, bei der Metallbearbeitung werden für das Umformen und Härten verschiedene Öfen verwendet und in der Verarbeitung von Steinen und Erden geht es um das Brennen von Kalk und Zement. Anhand der notwendigen Technologien zur Elektrifizierung der Prozesse, ihren spezifischen Investitionskosten und den Erdgasverbräuchen lassen sich die Investitionsbedarfe für diese Branchen quantifizieren. Abbildung 7.14 weist die Investitionsbedarfe zur Erdgassubstitution sowie die Vermeidungskosten als Division der Investitionen durch die jährlichen Erdgasverbräuche der Branchen aus.

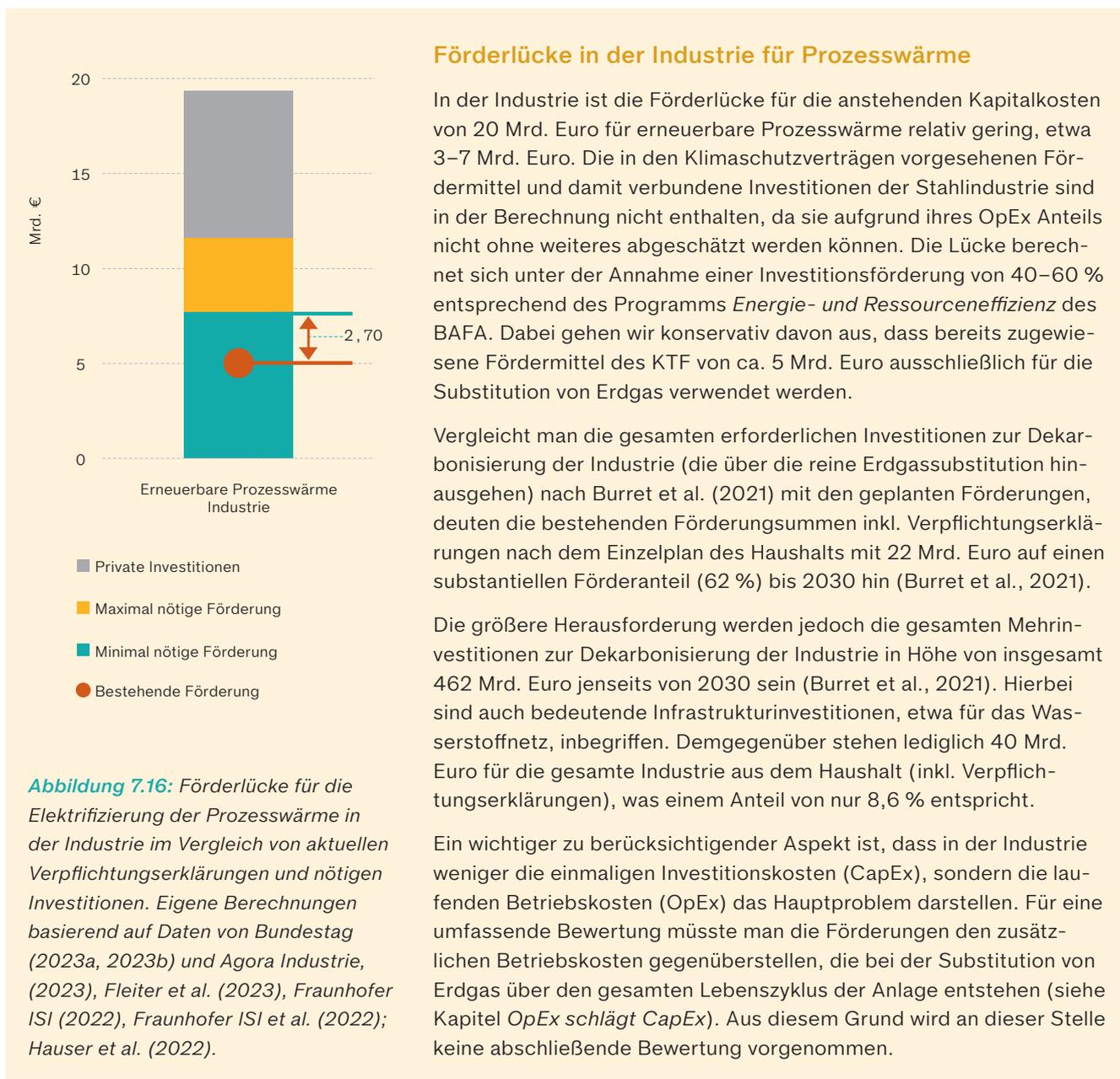
⁷ Die Daten basieren auf der UBA Studie CO₂-neutrale Prozesswärme (UBA, 2023), die die Umstellung des industriellen Anlagenparks zur Prozesswärmeerzeugung in den oben genannten Branchen untersucht. Der Berechnungsrahmen bezieht sich auf Austausch des Ofens bzw. des Dampferzeugers bei gleichbleibender Produktionskapazität. Weitere notwendige Anpassungen wie der Abriss der Bestandsanlage und die Erweiterung der Infrastruktur innerhalb des Unternehmens und im Versorgungsnetz (Transformatoren und Stromnetzanschlüsse) werden darin nicht berücksichtigt.

Am effizientesten sind die Einsparungen in der Grundstoffchemie, in der pro TWh Erdgasverbrauch für die Anlagen zur Elektrifizierung der Prozesse 72 Mio. Euro anfallen. Die anderen Branchen (Ernährung und Tabak/Lebensmittelindustrie, Papiergewerbe, Verarbeitung von Steinen und Erden/Zement- und Kalkindustrie) mit einem Prozesswärmebedarf in einem niedrigeren Temperaturniveau haben ebenfalls Vermeidungskosten unter 100 Mio. Euro/TWh. Lebensmittelindustrie, Papiergewerbe, Zement- und Kalkindustrie sowie der Grundstoffchemie zusammen machen dabei 67 % des industriellen Erdgasbedarfs aus, der sich mit 9,5 Mrd. Euro an Anlageninvestitionen substituieren lässt.

Für den Ersatz des Erdgases in den Walzprozessen der Stahlindustrie müssen hohe Investitionen ausgegeben werden. Die 17,9 TWh in 2021 ließen sich mit 10,6 Mrd. Euro Investitionen in elektrisch-beheizte Walzen substituieren (595 Mio. Euro/TWh). Abbildung 7.15 zeigt die unterschiedlichen Vermeidungskosten anhand der Marktkonzentration (CR6, erklärt in Tabelle 7.4). In den Branchen mit geringen Marktkonzentrationen liegt fast ein Drittel der Substitutionsmöglichkeiten von Erdgas bei gleichzeitig geringem Investitionsaufwand. Dazu gehören Papiergewerbe, Verarbeitung von Steinen und Erden, Metallbearbeitung und Ernährung und Tabak.



Abbildung 7.15: Gasverbrauch und Investitionen nach Branchenkonzentration. Eigene Berechnungen. Datengrundlage siehe Tabelle 7.4 und Abbildung 7.12.



Förderlücke in der Industrie für Prozesswärme

In der Industrie ist die Förderlücke für die anstehenden Kapitalkosten von 20 Mrd. Euro für erneuerbare Prozesswärme relativ gering, etwa 3–7 Mrd. Euro. Die in den Klimaschutzverträgen vorgesehenen Fördermittel und damit verbundene Investitionen der Stahlindustrie sind in der Berechnung nicht enthalten, da sie aufgrund ihres OpEx Anteils nicht ohne weiteres abgeschätzt werden können. Die Lücke berechnet sich unter der Annahme einer Investitionsförderung von 40–60 % entsprechend des Programms *Energie- und Ressourceneffizienz* des BAFA. Dabei gehen wir konservativ davon aus, dass bereits zugewiesene Fördermittel des KTF von ca. 5 Mrd. Euro ausschließlich für die Substitution von Erdgas verwendet werden.

Vergleicht man die gesamten erforderlichen Investitionen zur Dekarbonisierung der Industrie (die über die reine Erdgassubstitution hinausgehen) nach Burret et al. (2021) mit den geplanten Förderungen, deuten die bestehenden Förderungssummen inkl. Verpflichtungserklärungen nach dem Einzelplan des Haushalts mit 22 Mrd. Euro auf einen substantiellen Förderanteil (62 %) bis 2030 hin (Burret et al., 2021).

Die größere Herausforderung werden jedoch die gesamten Mehrinvestitionen zur Dekarbonisierung der Industrie in Höhe von insgesamt 462 Mrd. Euro jenseits von 2030 sein (Burret et al., 2021). Hierbei sind auch bedeutende Infrastrukturinvestitionen, etwa für das Wasserstoffnetz, inbegriffen. Demgegenüber stehen lediglich 40 Mrd. Euro für die gesamte Industrie aus dem Haushalt (inkl. Verpflichtungserklärungen), was einem Anteil von nur 8,6 % entspricht.

Ein wichtiger zu berücksichtigender Aspekt ist, dass in der Industrie weniger die einmaligen Investitionskosten (CapEx), sondern die laufenden Betriebskosten (OpEx) das Hauptproblem darstellen. Für eine umfassende Bewertung müsste man die Förderungen den zusätzlichen Betriebskosten gegenüberstellen, die bei der Substitution von Erdgas über den gesamten Lebenszyklus der Anlage entstehen (siehe Kapitel *OpEx schlägt CapEx*). Aus diesem Grund wird an dieser Stelle keine abschließende Bewertung vorgenommen.

Abbildung 7.16: Förderlücke für die Elektrifizierung der Prozesswärme in der Industrie im Vergleich von aktuellen Verpflichtungserklärungen und nötigen Investitionen. Eigene Berechnungen basierend auf Daten von Bundestag (2023a, 2023b) und Agora Industrie, (2023), Fleiter et al. (2023), Fraunhofer ISI (2022), Fraunhofer ISI et al. (2022); Hauser et al. (2022).

Unterschiedliche Ausgangsbedingungen

Ausgehend von der Größe, dem Standort und dem spezifischen Energiebedarf haben Unternehmen unterschiedliche Herausforderungen in der Transformation.

Im Folgenden werden wir sehen, dass Unternehmen vor sehr unterschiedlichen Ausgangsbedingungen stehen. Die Erdgasunabhängigkeit gelingt, wenn die Investitionsdynamik schrittweise aufgebaut wird, bis sie die gesamte deutsche Industrie erfasst – insbesondere auch den Mittelstand. Dafür muss jedes Unternehmen in seiner individuellen Geschwindigkeit vorangehen können. In Tabelle 7.5 haben wir auf Grundlage von Branchenstudien und Stakeholderinterviews die strukturellen und betriebswirtschaftlichen Hemmnisse zusammengefasst. Sie dient als Ergänzung zu Tabelle 7.3. Im Folgenden werden die Hemmnisse näher erörtert, die derzeit Investitionen in erdgasfreie Produktionsprozesse besonders erschweren.

Risikoaversion von KMU

Gerade Entscheidungsträger:innen von KMU reagieren sensibler auf Risiken. Der Effekt der hohen Finanzierungskosten wird dabei verstärkt durch eine mögliche Minderung der Einnahmen. Auch ein niedriger technologischer Reifegrad oder mangelnde Anwendungsbeispiele der Technologie beeinflussen die Entscheidung. KMU fürchten Produktionsstörungen und Verluste, wenn sie sich von bewährten Praktiken entfernen.

Großunternehmen: mehr Möglichkeiten bei höheren Erwartungen

Im Unterschied dazu sind Großunternehmen zu höheren Risiken bereit und zu großen Investitionsvolumen fähig. Im Fokus stehen primär Rentabilität und die Auswirkungen auf die Profiterwartungen. Großunternehmen stehen unter einem höheren Druck bezüglich

der Profitabilität, nicht zuletzt aufgrund ihrer häufigen Börsennotierung. Darüber hinaus sind die Entscheidungsketten in großen Unternehmen oft langwierig, was die Agilität im Markt hemmt. Steile Hierarchien und lange Entscheidungswege verhindern oft, dass innovative Ideen von der Umsetzungsebene bis zur Leitungsebene vordringen können. Die Prozessketten in Großunternehmen sind häufig noch stark auf konventionelle Produkte ausgerichtet. Dies begrenzt den Spielraum für betriebswirtschaftliche Anpassungen.

Wanted: Zugang zu Infrastruktur und Förderung

Finanzierung und Risiko spielen erst eine Rolle, wenn die strukturellen Voraussetzungen für Investitionen durch entsprechende Infrastruktur geschaffen wurden. Diese sind oft nicht gegeben – sei es in Bezug auf die Stromnetzanschlüsse oder die Verfügbarkeit von Wasserstoff. Insbesondere die Erweiterung von Netzanschlüssen für Großverbraucher (Steamcracker oder Elektrolichtbogenöfen) stellen besondere Herausforderungen und Wartezeiten dar. Selbst bei gutem Willen sind Investitionen dann nicht möglich.

Eine ähnliche Wirkung entfalten langwierige Genehmigungsverfahren von Förderungen, komplexe EU-Beihilferegulungen, oder eine regionale Heterogenität in der Regulatorik. Insgesamt sind viele der vorhandenen Instrumente auch wegen des Fördervolumens nur für einzelne Pilotvorhaben geeignet oder auf einzelne Industrien konzentriert (Klimaschutzverträge). Instrumente für die Skalierung der Technologien sind rar. Der Schritt vom Pilotprojekt zur Massenanwendung gelingt zu selten.

Für KMU kommt hinzu, dass sie weniger gut in politischen Netzwerken vertreten sind und ihre Interessen dadurch schlechter kommunizieren können. Großunternehmen verfügen tendenziell über leichteren Zugang zu Fördermitteln und politischen Netzwerken.

Tabelle 7.5: Investitionshemmnisse für Industrieunternehmen

Akteure	Strukturelle Hemmnisse	Betriebswirtschaftliche Hemmnisse
KMU und Großunternehmen	<ul style="list-style-type: none"> • Unzureichende Infrastruktur (z. B. Stromnetzanschluss, Verfügbarkeit von Wasserstoff, Anschluss an Wasserstoffnetz) • Einstellung beim Altbewährten zu bleiben → wenig Innovationen • Risikoaversität von KMU • Bürokratische Hürden (z. B. EU-Beihilferecht; aufwendige & langwierige Genehmigungsverfahren) • Struktur der Netzentgelte verstellt den Weg für eine flexible Elektrifizierung • Strom als Energieträger trägt aktuell deutlich höhere Lasten des Übergangs als Gas • Erwartungen einer kurzen Amortisation (insb.: Energieeffizienzmaßnahmen gelten nur als „marktnah“, wenn sie sich innerhalb von drei Jahren amortisieren) 	<ul style="list-style-type: none"> • Unrentabilität (hohe CapEx/OpEx) • Produktionsumstellung birgt großes Geschäftsrisiko und mögliche Profitminderung durch Umstieg auf neue Technologien • Großer Teil des Umsatzes mit fossilen Geschäftsmodellen • Unzureichendes Wissen/Unsicherheit über Möglichkeiten für „grüne“ Prämien aufgrund fehlender Standardisierung grüner Produkte • Erschwerter Zugang zu großen Kapitalvolumen • Wenig finanzieller Spielraum für Investitionen und Durststrecken • Eingeschränkter Zugang und fehlende Informationen zu Pilotprojekten und Fördermitteln • Fehlendes Personal für Transformationsplanung

Investieren nach der Zinswende

Wenn zukünftige Einnahmen und Risiken abgebildet werden können, ist der Mittelstand grundsätzlich gut positioniert die nötigen Kredite aufzunehmen (KfW, 2023b). Dies zeigt sich auch in einer geringen Kreditablehnungsquote bei KMU (Abbildung 7.17). Gleiches gilt auch für Großunternehmen, die durch ihre Größe erfahren mit der Kapitalakquise sind.

Dabei haben die Finanzierungsbedingungen in der Vergangenheit eine entscheidende Rolle bei der Schulden-tragfähigkeit gespielt. Der Zinsaufwand mittelständischer Unternehmen, der im Jahr 2009 bei einem Höchststand von 53 Mrd. Euro lag, belief sich in den letzten Jahren jeweils auf 26 Mrd. Euro (KfW, 2023b). Es liegt allerdings nahe, dass dieses Volumen in den kommenden Jahren deutlich anziehen wird, da mit der Zinswende die Zinsen für Unternehmenskredite merklich gestiegen sind. Bereits für das laufende Jahr 2023 ist mit erhöhten Zinsaufwänden zu rechnen, sodass bei einigen Unternehmen die Schulden-tragfähigkeit auf eine härtere Probe gestellt werden dürfte (KfW, 2023b). In der Breite stellt die Mobilisierung von Investitionen kein Problem dar (KfW, 2023b). Dennoch können gestiegene Finanzierungskosten abschreckend wirken.

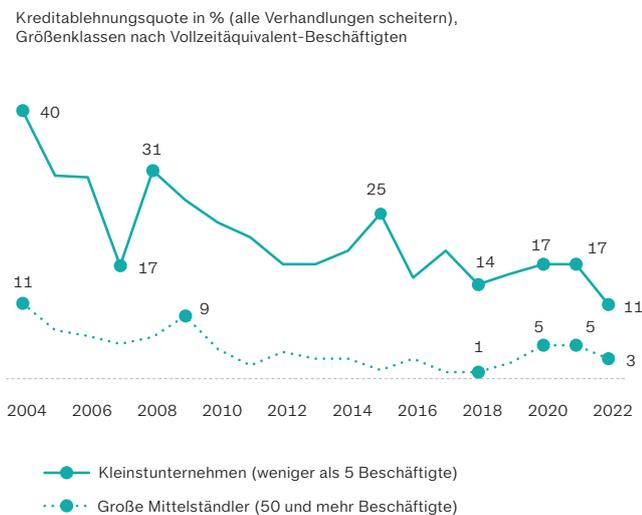


Abbildung 7.17: Kreditablehnungsquote unter KMU (KfW, 2023b).

OpEx schlägt CapEx

Ein Großteil der Total Cost of Ownership der grünen Industrieanlagen sind OpEx zuzuordnen, nur ein kleiner Teil fällt auf die CapEx.

Unternehmen müssen in der anfänglichen Projektentwicklung den Finanzbedarf aus Eigenkapital sichern und dann Investitionskosten aus Fremdkapital stemmen (erste beiden Phasen von Abbildung 7.18). Die Voraussetzung ist, dass die Rentabilität der Investition über Einnahmenüberschüsse refinanziert werden kann. Die Höhe der OpEx spielt deshalb eine entscheidende Rolle.

Zwar machen die Energiekosten bei den meisten Unternehmen nur einen geringen Anteil der Gesamtkosten aus. Bereits bevor der Konflikt in der Ukraine 2021 begann, hatten etwa ein Drittel (34 %) der Unternehmen im Mittelstand Energiekosten, die höchstens 2 % ihres Gesamtumsatzes ausmachten. Diese Zahl ist bis zum Frühjahr 2023 gestiegen: Zu diesem Zeitpunkt verzeichneten 42 % der KMU Energiekosten, die maximal 2 % ihres Gesamtumsatzes betragen, was etwa 1,6 Mio. Firmen entspricht. Bei knapp einem Drittel der mittelständischen Unternehmen lagen die Energiekosten zwischen 2 und 5 % des Umsatzes und bei einem Fünftel zwischen 5 und 10 %. Der Anteil der Mittelständler, bei denen die Energiekosten mehr als 10 % des Umsatzes ausmachten, hat sich von 16 % auf 7 % verringert (KfW, 2023a).

»In Grundstoffchemie und der Ernährungs- und Tabakindustrie sind keine OpEx-Steigerungen durch die Elektrifizierung zu erwarten.«

Dennoch sind über die gesamte Lebensdauer bei vielen Technologien, insbesondere bei der Prozesswärmeerzeugung, die OpEx der dominierende Anteil der Total Cost of Ownership. Tabelle 7.6 zeigt das Verhältnis für einige der Branchen beispielhaft mit angenommenen Energie- und CO₂-Preisen (Fleiter et al., 2023). In den meisten Branchen liegen die OpEx über denen der erdgasbetriebenen Referenztechnologie.⁸ In den Branchen Grundstoffchemie und Ernährung- und Tabak sind keine OpEx-Mehrkosten zu erwarten, vielmehr lassen sich in der Grundstoffchemie sogar Kosteneinsparungen erzielen.

⁸ Die OpEx der Referenztechnologie wurden unter der Annahme von 75 Euro/t CO₂ berechnet und basieren auf Fleiter et al. (2023).

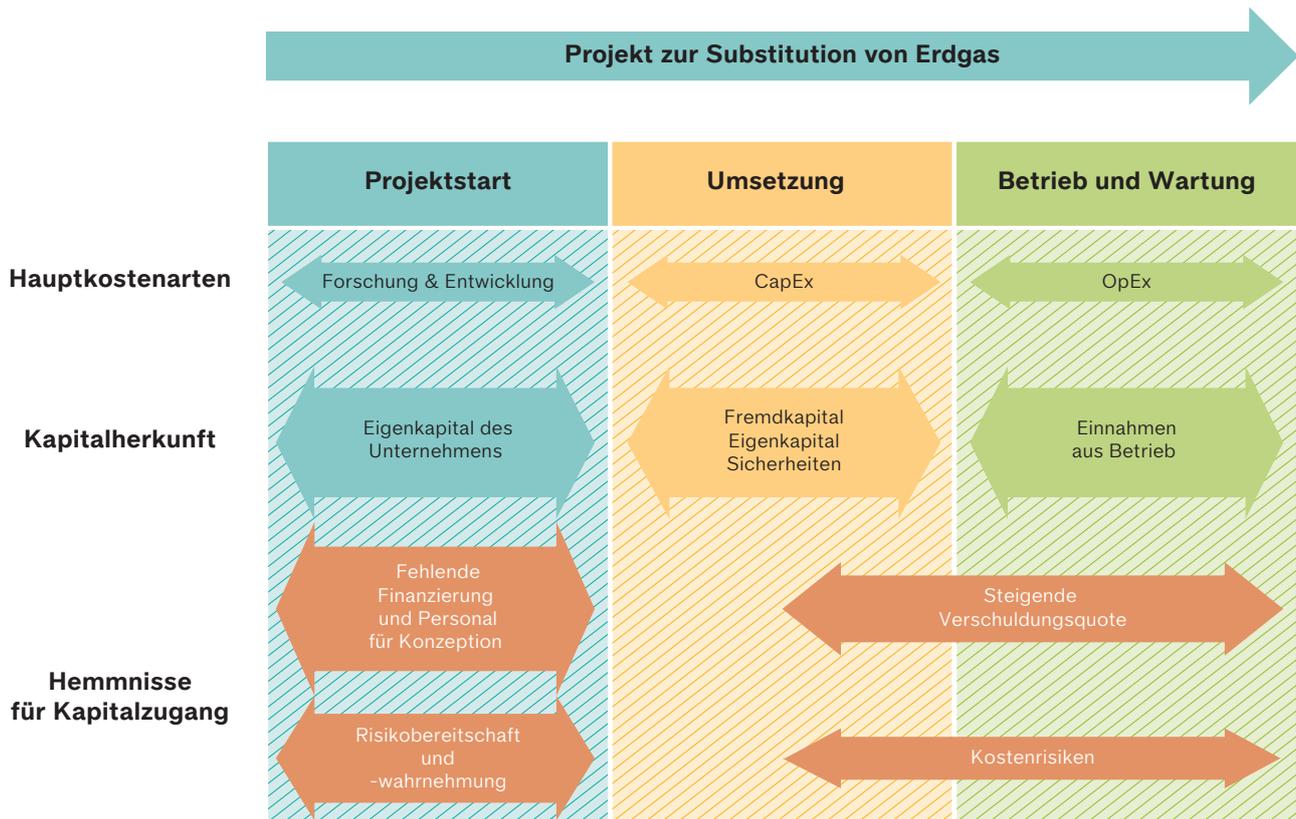


Abbildung 7.18: Finanzierungsmittel nach Projektphasen. Eigene Darstellung nach UNEP (2008).

»Bei der Elektrifizierung sind in vielen Branchen die OpEx-Kostendifferenzen um ein Vielfaches höher als die damit verbundenen CapEx.«

Dagegen übersteigen die Mehrkosten aus der Elektrifizierung in den anderen Branchen die CapEx um ein Vielfaches. Diese werden erst durch Steigerungen der CO₂-Preise oder eine Senkung der Strompreise wettbewerbsfähig. Für eine vollständige Bewertung der Auswirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit müssten die Mehrkosten jedoch noch ins Verhältnis der Gesamtkosten gestellt werden. Dabei sind Unsicherheiten bei ihrer Kalkulation, insbesondere durch schwankende Strompreise, noch nicht mit abgebildet, welche Rentabilität und Risikowahrnehmung weiter beeinflussen. Die Klimaschutzverträge der Bundesregierung für energieintensive Industrien bieten zu Teilen einen Ausweg.

Grüne Leitmärkte als Ausweg?

Würden Autos ausschließlich aus grünem Stahl hergestellt werden, bedeutet dies höhere Kosten für Autos von etwa 300–700 Euro (abhängig von Größe und Gewicht) (BMWK, 2022b). Unternehmen haben theoretisch die Möglichkeit diese Kostensteigerungen durch „grüne Prämien“ zu finanzieren. Doch die Entwicklung der Märkte für grüne Produkte ist ein langwieriger Prozess, der vor allem verlässliche und einheitliche Definitionen und Regeln des Accountings braucht, über welche die grünen Prämien gesichert werden können. Diese heute noch bestehende Unsicherheit drückt die Rentabilitätserwartungen der Investitionen. Grüne Märkte bieten folglich nur eine mittelfristige Lösung. Gleichzeitig sind sie rein privatwirtschaftlich organisiert nur für bestimmte Branchen und Marktsegmente relevant, die die Zahlungsbereitschaft für die Mehrkosten bei den Endprodukten aktivieren können. Dennoch können grüne Leitmärkte insbesondere angetrieben durch eine staatliche Beschaffungspolitik einen unterstützenden Effekt bieten, die Umstellung der Produktionsprozesse rascher voranzutreiben (BMWK, 2022b). Allerdings fördern „grüne Prämien“ keinen breiten gesellschaftlichen Zugang zu neuen Technologien, und kommen somit auch an ihre Marktgrenzen.

Tabelle 7.6: Vergleich der OpEx (Energie- & CO₂-Kosten) der Referenztechnologie und der Elektrifizierung für repräsentative Beispielprozesse sowie CapEx für die Elektrifizierung basierend auf Fleitner et al. (2023). Kosten sind nicht diskontiert. Annahme Erdgaspreis 40 Euro/MWh und Strom 90 Euro/MWh

Energie- und CO ₂ -Kosten in Mrd. Euro/Jahr	Bsp.-Prozess	Referenz Elektrifizierung					
		Erdgas (40 Euro/MWh)	Strom (90 Euro/MWh)	OpEx Differenz über Lebensdauer	OpEx über Lebensdauer	CapEx	Verhältnis: OpEx/CapEx
Branche							
Grundstoffchemie	Dampfversorgung	7,65	7,52	-2,51	150,43	3,82	39
Ernährung & Tabak	Milchpulverherstellung	2,78	2,78	-	55,56	2,92	19
Papiergewerbe	Papiertrocknung	2,90	4,19	25,78	83,78	1,78	47
Eisen & Stahl	Wärmebehandlung Flach-/Langstahl	2,66	4,77	21,08	47,67	10,64	4
Verarbeitung Steine und Erden	Kontinuierliches Brennen Kalk	3,61	6,82	32,07	68,16	0,96	71
Annahme:	75 Euro/t CO ₂						

Drei Unternehmenstypen in der Industriewende

Ausgehend von ihren Hemmnissen und dem damit verbundenen Stand der Transformation lassen sich Unternehmen in Pioniere, Nachahmer und Beobachter differenzieren.

Der vorangestellte Überblick über die Hemmnisse hat gezeigt, dass Unternehmen basierend auf betriebswirtschaftlichen und strukturellen Hemmnissen in drei Kategorien eingeteilt werden können. Diese Einteilung ermöglicht eine gezielte Anpassung der Anreizsysteme, da die Bedürfnisse und Herausforderungen je nach Akteurstyp variieren (Tabelle 7.5).

1. Potenzielle Pioniere als Innovationsvorreiter:

Unternehmen, die bereits die betriebswirtschaftlichen und strukturellen Voraussetzungen für eine Transformation erfüllen, werden als potenzielle Pioniere kategorisiert. Diese Akteure benötigen Anreize, um den Transformationsprozess zu starten oder fortzusetzen. Damit ihre Investition eine Wirkung auf die gesamte Wirtschaft hat, ist es entscheidend, Anreize und Strukturen zu schaffen, damit Pioniere ihr Wissen mit möglichen Nachahmern teilen.

2. Mögliche Nachahmer auf dem Weg zur Transformation:

Unternehmen in der Kategorie der möglichen Nachahmer können die Transformation betriebswirtschaftlich abbilden und sind bereit zu investieren, stoßen jedoch auf strukturelle Hemmnisse.

Für diese Akteure ist es entscheidend, von Pionieren zu lernen und sich intensiv auf die Transformation vorzubereiten. Anreizsysteme sollten darauf abzielen, diesen Unternehmen den Weg zu ebnen und sie bei der Bewältigung struktureller Herausforderungen zu unterstützen.

3. Beobachter als Potentialträger: Beobachter sind Unternehmen, die aufgrund von strukturellen oder betriebswirtschaftlichen Gründen noch nicht aktiv transformieren. Hierbei können zielgerichtete und niedrigschwellige Förderprogramme dazu beitragen, einen Mindshift herbeizuführen, insbesondere wenn finanzielle Gründe oder Risikoerwägungen eine Umstellung bisher verhinderten. Falls strukturelle Hemmnisse vorliegen, können der Wissensaustausch und Kooperationen mit Pionieren als Anreiz dienen, um sich vorzubereiten und einen maßgeschneiderten Transformationsplan zu entwickeln. Dies ermöglicht den Beobachtern, vorbereitet zu sein, sobald die strukturellen Bedingungen für eine erfolgreiche Transformation gegeben sind.

Abbildung 7.19 beinhaltet unterschiedliche Strategien und Instrumente, die bereits umgesetzt oder diskutiert werden. Dabei wird deutlich, dass Investitionsentscheidungen nicht nur von der tatsächlichen Rentabilität oder strukturellen Faktoren abhängen, sondern vor allem von der Wahrnehmung des Risikos. Aufgrund von Fehlwahrnehmungen können faktisches und wahrgenommenes Risiko auseinanderfallen.

7.3 Finanzwirtschaft als Ermöglicher der Erdgasunabhängigkeit

Investitionen in Erdgasunabhängigkeit erfordern vor allem Vertrauen. Finanzunternehmen und insbesondere Banken spielen eine zentrale Rolle bei der Vertrauensbildung, wenn sie ihre Expertise im Risikomanagement gezielt einsetzen.

Damit die Umlenkung von Kapitalströmen in erdgasfreie Technologien – bis 2045 rund 482 Mrd. Euro im Sektor Gebäude (siehe Kapitel 7.1) und rund 44 Mrd. Euro im Sektor Industrie (siehe Kapitel 7.2) – gelingt, müssen sich nicht nur Kapitalnehmer, sondern auch Kapitalgeber (Geschäftsbanken, Investitionsbanken und Investmentfonds) für die Finanzierung entscheiden.

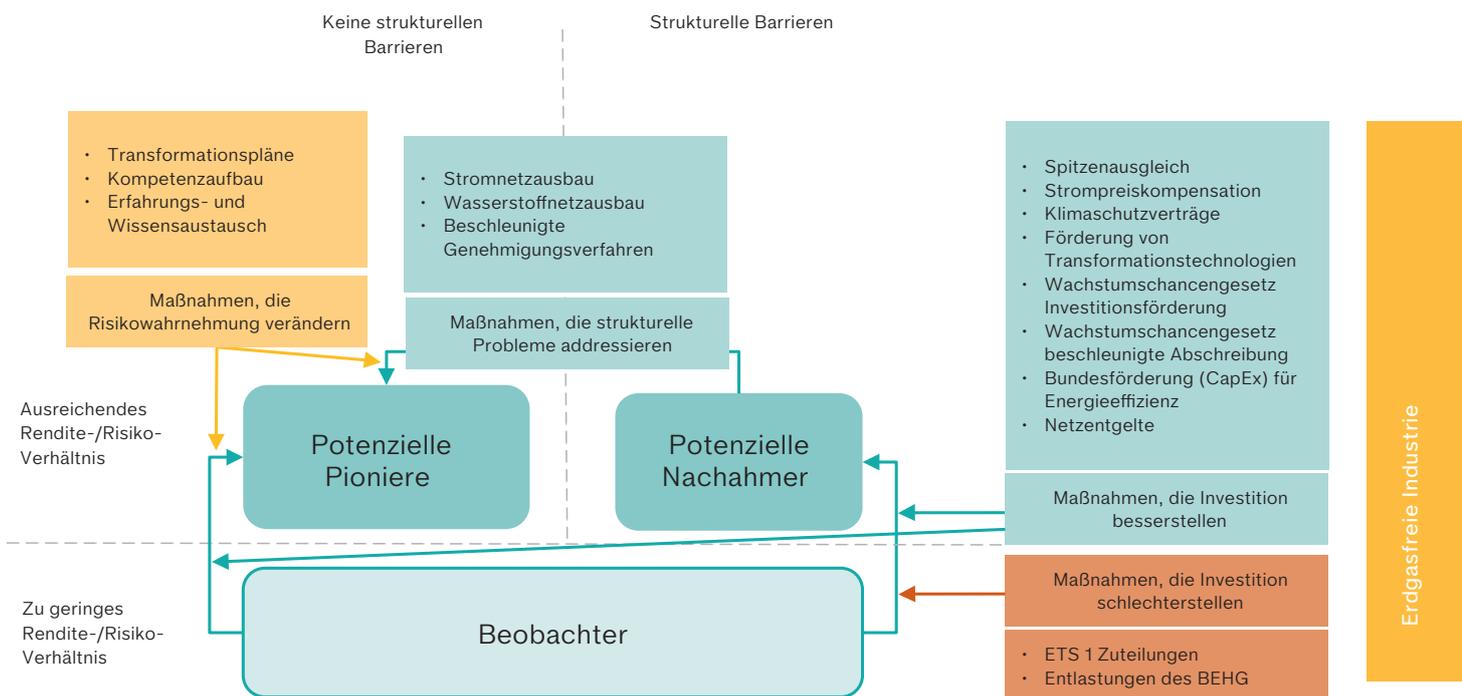


Abbildung 7.19: Der Industrie Lock-in: Unternehmenstypen kategorisiert nach Hemmnissen und Möglichkeiten zur Überwindung von strukturellen und ökonomischen Hemmnissen sowie der Veränderung der Risikowahrnehmung. Eigene Darstellung.

Erwartete Erträge und Risiken, das Risikoprofil des Kapitalnehmers sowie das Investitionsvolumen beeinflussen das Interesse von Kapitalgebern und welche Finanzinstrumente geeignet sind. Unsere Analyse, wie Finanzunternehmen als Ermöglicher für den Wandel aktiviert werden können, resultiert in fünf Schlüsselerkenntnissen, die in den nachfolgenden Abschnitten näher erläutert werden:

Schlussfolgerungen für die Finanzwirtschaft

- 1. Strukturwandel finanzieren** – Eine gezielte und beschleunigte Finanzierung der Erdgasunabhängigkeit bedarf einer passgenauen Verzahnung von Kapitalangebot und -nachfrage.
- 2. Investieren zwischen Profitabilität und Risiko** – Wo Risiken, fehlende Planungssicherheiten und geringe Renditeerwartungen Investitionen in die Erdgasunabhängigkeit bremsen, ermöglichen verlässliche Regulierung, die Veränderung der Risikowahrnehmung, öffentliche Investitionen und Risikoübernahmen das Crowding-in von privatem Kapital.
- 3. Kredite und Aufwände bündeln** – Um hohe Vergabeaufwände zu reduzieren, braucht es Finanzierungslösungen, die Kredite effektiv bündeln.
- 4. Rolle von Banken neu denken und Transitionsrisiken abbilden** – Banken werden zukünftig Begleiter:innen des Wandels für Unternehmens- und Privatkund:innen, indem sie Transitionsrisiken identifizieren und adressieren. Finanzierungsinstrumente müssen auf standardisierten und verbindlichen Zielsetzungen und fortlaufenden Wirkungsanalysen aufbauen, um Transitionsrisiken mittelfristig zu minimieren und langfristig auszuschließen.
- 5. Klare, unterstützende und ambitionierte Standards** – Eine verlässliche Datengrundlage und eindeutige Klassifizierung von Investitionen in die Erdgasunabhängigkeit im Kontext der EU-Taxonomie verstärkt den Kapitalfluss in den wirtschaftlichen Strukturwandel. Eine lückenhafte EU-Taxonomie, die die Investitionen der Industrie (44 Mrd. Euro) in die Erdgasunabhängigkeit nicht eindeutig abdeckt, fördert dagegen Unsicherheit.

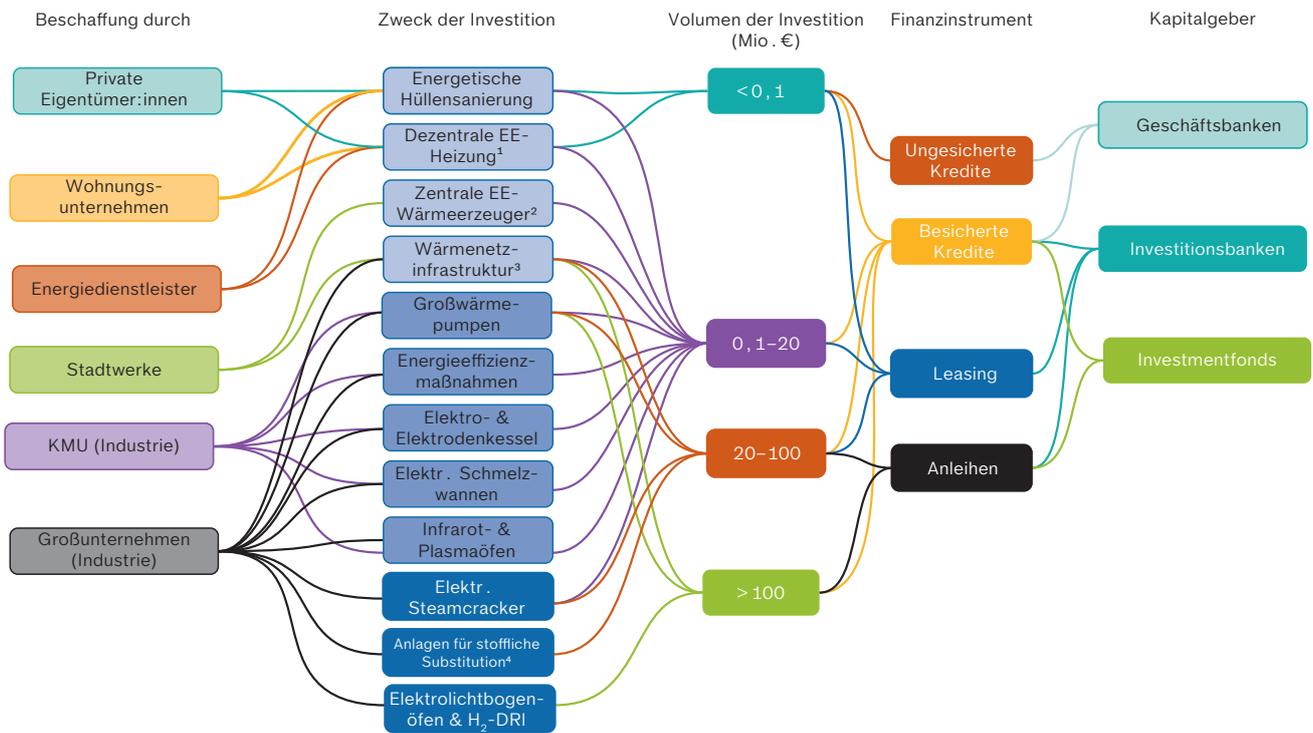
Strukturwandel finanzieren

Eine gezielte und beschleunigte Finanzierung der Erdgasunabhängigkeit bedarf einer passgenauen Verzahnung von Kapitalangebot und -nachfrage. Die Diversität der Kreditnehmer erfordert eine vielfältige Palette an Finanzierungsmöglichkeiten, die auf die spezifischen Bedürfnisse zugeschnitten sind. Abbildung 7.20 gibt einen illustrativen Überblick über die Zuordnung von Kreditnehmern, worin investiert wird, welche Volumen dabei anfallen und über welche Instrumente und Finanzunternehmen das Kapital zur Verfügung gestellt wird. Wir bilden darin nur die Kanäle des primären Kapitalzugangs ab. Diese decken alle direkten Finanzierungen ab, unabhängig davon, ob sie sich auf den Kauf oder die Bereitstellung eines Produkts beziehen. Dabei fließt Kapital von der Bank direkt an den Projektentwickler oder den Käufer des Produkts.⁹

Für den Bereich Gebäude gehen wir davon aus, dass der Großteil entweder aus internen Mitteln (z. B. aus Rücklagen oder Gewinnen), durch ein Leasing-Modell oder über Kredite finanziert wird (Whitehouse et al., 2020). Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) finanzieren sich ebenfalls primär über Eigenmittel oder Kredite, 80 % davon sind unter 100.000 Euro (KfW, 2023e). Anleihen oder projektbezogene Beteiligungen kommen in wenigen Fällen für große Unternehmen oder große Infrastrukturprojekte in Frage.

Das Fremdkapital kommt entweder von Geschäftsbanken, Investmentbanken oder Investmentfonds. Dabei definieren die deutschen und europäischen Kapitalmarktregulierungen und -gesetze, welche Anbieter für welche Investitionen in Frage kommen. Während UCITS Wertpapierfonds sind, können alternative Investmentfonds (AIFM) auch in Sachwerte investieren. Sie unterliegen spezifischen Regulierungen, die das Volumen und die Typen an zulässigen Anlagegegenständen (z. B. Fonds, Sachwerte wie Immobilien, Anteile an Infrastruktur-Projektgesellschaften, unverbriefte Forderungen, Darlehen etc.) beschränken (siehe Textbox *Beispiel European Long-Term Investment Funds*).

⁹ Je nach Größe werden Kredite oder Anleihen auf dem Kapitalmarkt (sekundärer Kapitalzugang) weiterverkauft, wodurch das Volumen an verfügbarem Primärkapital gehoben werden kann.



¹ Wärmepumpen, Biomasse, Geothermie, Solarthermie
² Große Solarthermieranlagen, Tiefengeothermie, Biomasse-KWK
³ Rohrleitungen, Tiefbaumaßnahmen, Verdichterstationen
⁴ Anlagen zur Ammoniak-, Methanolsynthese und dem Methanol-to-Olefines-Prozess

Abbildung 7.20: Illustratives Senkey Diagramm zum Matching zwischen Kapitalnachfrage (links) und privatem Kapitalangebot (rechts). Verbindungen zwischen Kapitalnehmern, Technologien, Finanzierungsvolumen, Finanzinstrumenten und Kreditgebern sind illustrativ und zeigen mögliche Kapitalflüsse basierend auf Einschätzungen von Expert:innen. Das Volumen und die Typen an zulässigen Anlagegegenständen von Fonds unterliegen den Regulierungen der UCITS¹⁰, EU-AIF¹¹ und des KAGB.¹²

¹⁰ Nach Europäische Union (2023a)
¹¹ Nach Europäische Union (2021).
¹² Nach KAGB (2023).

Beispiel European Long-Term Investment Funds

European Long-Term Investment Funds (ELTIF) stehen in enger Beziehung zur AIFM-Richtlinie (2011/61/EU) und sind definitionsgemäß EU-AIF. Sie werden von den in der Richtlinie zugelassenen Verwaltern alternativer Investmentfonds verwaltet. ELTIFs können über Kredite, Schuldtitel oder Eigenkapitalinstrumente in illiquide Anlagenvermögenswerte mit festen Rückzahlungszeiträumen und langfristigem wirtschaftlichen Profil investieren. Dazu zählen insbesondere Sachwerte aus Energieinfrastruktur wie Energienetze, Projekte zur Anpassung an den Klimawandel oder zur Abschwächung der Folgen des Klimawandels. ELTIFs können prinzipiell für Privatanleger:innen unabhängig von einer Mindestinvestmentsumme oder einem Mindestportfoliowert geöffnet werden. In diesem Fall bestehen Einschränkungen hinsichtlich der Diversifizierung, d. h. beispielsweise, dass nur ein gewisser Prozentsatz in einzelne Infrastrukturprojekte oder KMU (mit einer Kapitalausstattung von bis zu 1,5 Mrd. Euro) investiert werden kann.

Je nach Kapitalnehmer eignen sich unterschiedliche Finanzunternehmen und Instrumente:

- **Private Eigentümer:innen** stehen oftmals vor der Herausforderung, die Anfangsinvestition für Maßnahmen wie eine Wärmepumpe oder eine Hüllensanierung aufzubringen. Den Großteil zahlen sie aus verfügbaren Eigenmitteln oder Krediten. Eine entscheidende Ergänzung sind staatlich geförderte Kredite und Zuschüsse, wie sie beispielsweise von der KfW und dem BAFA angeboten werden. Diese Finanzierungsmöglichkeiten bieten oft niedrigere Zinsen und Erleichterungen bei den Rückzahlungsbedingungen. Daneben bieten sich Energiedienstleistungen und Leasingmodelle an, bei denen ein Dienstleister die Investitionskosten und je nach Produkt auch Betrieb und Wartung der Wärmeerzeugungsanlage übernimmt und diese über mehrere Jahre abbezahlt werden.
- **Wohnungsunternehmen**, sei es im kleinen oder großen Maßstab, benötigen Finanzierungsmodelle, die es ihnen ermöglichen, größere energetische Hüllensanierungen oder die Installation von erneuerbaren Heizungsanlagen in ihren Beständen zu realisieren. Hier sind neben den traditionellen Bankkrediten auch spezialisierte Immobilienfonds und öffentliche Fördermittel relevant. Insbesondere für größere Wohnungsunternehmen können auch grüne Anleihen eine interessante Option darstellen, um Kapital aufzunehmen.
- **Stadtwerke** stehen vor großen Infrastrukturinvestitionen. Für umfangreiche Projekte können neben staatlichen Fördermitteln und traditionellen Bankkrediten auch spezielle Infrastrukturfonds von Bedeutung sein. Diese können helfen, das erforderliche Kapital für großangelegte Investitionen wie den Aufbau von Wärmenetzen oder die Installation von Großwärmepumpen aufzubringen. Jedoch kommt dies nur für Investitionen mit entsprechender Rentabilität in Frage – diese ist bei Wärmenetzen für die ersten Jahre nicht gegeben.
- **KMU** im Energiebereich benötigen flexible Finanzierungslösungen. Hier können neben klassischen Bankkrediten auch staatliche Förderprogramme und spezialisierte Kreditprogramme für KMU eine Rolle spielen.
- **Großunternehmen** haben Zugang zu einer breiten Palette an Finanzierungsinstrumenten. Für sie sind neben großen Unternehmenskrediten und syndizierten Krediten vor allem Kapitalmarktprodukte wie Unternehmensanleihen und Aktienemissionen von Bedeutung. Diese ermöglichen, beträchtliche Summen für umfangreiche Projekte wie die Umstellung auf erneuerbare Energien oder den Aufbau großer Infrastrukturprojekte zu mobilisieren.

Investieren zwischen Profitabilität und Risiko

Wo Risiken, fehlende Sicherheiten und geringe Einnahmen Investitionen bremsen, ermöglichen verlässliche Regulierung, die Veränderung der Risikowahrnehmung, öffentliche Finanzierung und Risikoübernahmen das Crowding-in von privatem Kapital. Fünf Faktoren spielen bei Risiko- und Renditebewertungen und der darauf erfolgenden Investitionsentscheidung eine besondere Rolle:

Untypische Investitionen – Investitionen in die Transformation des Geschäftsmodells sind in der Finanzbranche nicht typisch. Sie gelten nicht eindeutig als große neue Infrastruktur- oder Immobilienprojekte, sondern vielmehr als Transformation bestehender Vermögenswerte. Sie generieren kurzfristig keine zusätzlichen (finanziellen) Renditen, mit denen sich Investoren oder Eigenkapitalgeber locken ließen. Diese Wahrnehmung reduziert das Interesse von Geldgebern, insbesondere Investmentfonds, da Investitionen eine geringere finanzielle Attraktivität oder Sicherheit als klassische Großprojekte bieten.

Erwartungssicherheit gegeben? Starker Gegenwind für Investitionen kommt aus der oft fehlenden Erwartungssicherheit (siehe Kapitel 6). Dazu zählen sowohl regulatorische Unklarheiten über die Gültigkeitszeiträume von Mindeststandards, Förderungen und Reporting-Erwartungen. Hinzu kommen technische Unwägbarkeiten, weil es häufig um Investitionen in Prozesse und Technologien geht, die weniger erprobt sind als mit Erdgas betriebene Alternativen. Die meisten Technologien weisen eine hohe Marktreife auf, da hier jedoch gerade in den letzten Jahren wesentliche Entwicklungsfortschritte erzielt wurden, sind diese noch nicht in der Breite bekannt.

Risiko zu konzentriert? Unsicherheiten bezüglich der Verfügbarkeit und Verlässlichkeit von Technologien spielen eine umso größere Rolle, weil Investoren in der Regel kein konzentriertes Risiko auf ein bestimmtes Unternehmen oder eine bestimmte Technologie eingehen möchten. Da es bei der Erdgasunabhängigkeit um einige wenige spezifische Technologien geht, besteht leicht die Gefahr eines Klumpenrisikos, wenn eine dieser Technologien scheitert.

Hohe Verschuldungsquoten – Energiedienstleister brauchen Investoren, die bereit sind, hohe Verschuldungsquoten und Risiken zu akzeptieren (siehe Kapitel 7.1). Hohe Kapitalkosten werden über Schulden finanziert und führen zu abnehmenden Kreditratings. Diese Verschlechterung beeinflusst wiederum die kreditgebenden Banken negativ, da sie das Risiko ihrer Aktiva erhöht. Instrumente wie Leasingmodelle können Abhilfe schaffen.

»Um eine Rentabilität zu erreichen, braucht es in einigen Fällen öffentliches Kapital.«

Fehlende Rentabilität – Grundsätzlich kommen für private Geldgeber:innen nur rentable Investitionen (positiver Gegenwartswert, siehe Kapitel 6) in Betracht. Um Rentabilität zu erreichen, braucht es in einigen Fällen (z. B. Wärmenetze) öffentliches Kapital, das der Bund über das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) oder die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) sowie die Länder über Landesämter oder Landesbanken bereitstellen. Dabei muss nicht die volle Investition gestemmt werden, es geht vielmehr darum, den Differenzbetrag zu finanzieren, der für die Rentabilität nötig ist. Hier fließen neben der reinen Kostenbetrachtung auch Transaktionskosten, Lernkosten und andere indirekte Kosten mit ein.

Kredite und Aufwände bündeln

Um hohe Vergabeaufwände zu reduzieren, braucht es Finanzierungslösungen, die Kredite effektiv bündeln. Investitionen von Privatkund:innen und kleinen Unternehmen sind mit hohen Anfangskosten verbunden. Die Schwierigkeit besteht darin, dass für die Bank jede einzelne Investition klein ist, meist unter 50.000 Euro, was bedeutende Verwaltungskosten für die Identifizierung, Verifizierung und Abwicklung von Krediten mit sich bringt. Auch bei KMU liegen 80 % der Kredite unter einem Volumen von 100.000 Euro, der Durchschnitt liegt bei 100.000 Euro (KfW, 2023b). Ohne entsprechende Standardisierung und Digitalisierung zur Automatisierung sind Banken daher weniger bereit, Ressourcen in die Bonitätsprüfung zu investieren, da die Erträge im Vergleich zu anderen Investitionsmöglichkeiten gering sind. Die Bündelung von Investitionen kann Abhilfe schaffen und macht diese neben Geschäftsbanken auch für andere Investoren interessant.

Rolle von Banken neu denken und Transitionsrisiken abbilden

Banken werden zukünftig Begleiter des Wandels für Unternehmens- und Privatkund:innen, indem sie Transitionsrisiken identifizieren und adressieren. Finanzierungsinstrumente müssen auf einheitlichen Zielsetzungen und fortlaufenden Wirkungsanalysen aufbauen, um Transitionsrisiken abzubilden.

Transitionskompetenz gefragt

Die Auswirkungen der Sustainable Finance Regulierung bedeuten einen wesentlichen Wandel von einer vergangenheitsorientierten hin zu einer zukunftsgerichteten Bewertung von Kreditnehmenden. Es ist nicht mehr ausreichend, die Kreditwürdigkeit ausschließlich auf Basis des aktuellen Geschäftsmodells sowie vergangener Cashflows und Verschuldung zu bewerten. Vielmehr entstehen Kreditrisiken aus der Zukunftsfähigkeit der Geschäftsmodelle und den damit verbundenen notwendigen spezifischen Investitionen in Transformationen. Dies erfordert die Entwicklung neuer Fähigkeiten, die über finanztechnisches Wissen hinausgehen und auch technische Expertise einschließen. Ein Beispiel hierfür ist die Nachhaltigkeitsberichterstattung der DZ Bank (DZ Bank Group, 2022). Diese führt nicht nur Kredite für grüne Technologien auf, sondern bietet auch Einblicke in die CO₂-Intensität der Kreditnehmenden wie beispielsweise bei Stahlunternehmen oder Automobilherstellern. Bisher berücksichtigen Rating-Agenturen, deren Bewertungen eine wesentliche Grundlage für Kreditvergaben darstellen, diese Risiken nicht ausreichend (Ciummo et al., 2022), wodurch Marktentscheidungen nach wie vor verzerrt sind. Trotz der Existenz von Emissionshandelssystemen werden die externen Kosten des Klimawandels nur in begrenztem Maße in Investitionsentscheidungen miteinbezogen.

»Banken werden zukünftig Begleiter des Wandels, indem sie Transitionsrisiken identifizieren und adressieren.«

Uneinheitliche Transitionspläne der CSRD

Grund dafür sind unter anderem uneinheitliche und unterschiedlich ambitionierte Transitionspläne, die als Teil der Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) und Corporate Sustainability Due Diligence Directive (CSDDD) verlangt werden. Diese erschweren die Bewertung der Transitionsrisiken und den Aufbau entsprechender Kompetenzen von Finanzunternehmen. Daten von 2022 von CDP (einer gemeinnützigen Organisation, die das globale Umweltinformationssystem für Investoren, Unternehmen, Städte, Staaten und Regionen betreibt) zeigen, dass von knapp 1.500 meist börsennotierten Unternehmen mit Hauptsitz in Europa 49 % einen Transitionsplan zur Klimaneutralität vorgelegt haben (Sokolowski et al., 2023). Allerdings haben nur 0,5 % dieser Unternehmen alle 21 CDP-Indikatoren abgedeckt und damit einen Transitionsplan mit ausreichendem Umfang. Nur 5 % haben sowohl über zwei Drittel oder mehr der Indikatoren berichtet als auch Emissionsreduktionsziele, die auf das 1,5 °C-Ziel ausgerichtet sind.

Transition Plan

Für einen Eindruck eines Transitionsplans empfehlen wir den Transition Plan von Heidelberg Zement (Heidelberg Materials, 2023).

Klare, unterstützende und ambitionierte Sustainable Finance Standards

Um den Kapitalfluss in den wirtschaftlichen Strukturwandel zu verstärken, bedarf es einer verlässlichen Datengrundlage und einer eindeutigen Klassifizierung von Investitionen in die Erdgasunabhängigkeit im Kontext der EU-Taxonomie. Eine lückenhafte EU-Taxonomie, die die Investitionen der Industrie in die Erdgasunabhängigkeit in Höhe von 44 Mrd. Euro nicht eindeutig abdeckt, fördert dagegen Unsicherheit.

EU-Taxonomie

Die EU-Taxonomie ist ein wichtiger Hebel, um Investitionen in zukunftsfähige Unternehmensaktivitäten zu lenken. Ihre Lenkungswirkung entsteht daraus, dass Investitionen von Finanzunternehmen als Teil der Green Asset Ratio (GAR) ausgewiesen werden können. Zwar unterliegen Finanzunternehmen noch keinen Mindestquoten für die GAR, doch die Klassifizierung ermöglicht ein kontinuierliches Monitoring, ob Finanzunternehmen Transitions- und Klimarisiken abbilden und adressieren. Eine Lenkungswirkung auf die Kreditvergabe kann beispielsweise durch Reputationsrisiken, Bonitätsbewertungen von Ratingagenturen oder Eigenkapitalanforderungen der EZB an Banken entstehen.

Lückenhafte Abdeckung von Investitionen in erdgasfreie Technologien

Insgesamt gelten 8 % der Gesamtinvestitionen in die Erdgasunabhängigkeit (44 Mrd. Euro) nicht eindeutig als taxonomiekonform – dies betrifft vor allem die Industrie (siehe Abbildung 7.21 und Tabelle 7.7). 29 Mrd. Euro können unter Einhaltung von Schwellenwerten nach der Investition als taxonomiekonform eingestuft werden. 16 Mrd. Euro sind aufgrund der fehlenden Taxonomiefähigkeit der Wirtschaftsaktivitäten nicht unter der EU-Taxonomie anrechenbar.

»16 Mrd. Euro der Investitionen in der Industrie sind nicht taxonomiefähig.«

Der Grund hierfür ist, dass die Taxonomie angebotsseitig definiert, welche Technologien als grün gelten. Dazu gehören die Produktion von erneuerbaren Energietechnologien (Solar, Wind usw. – Aktivitäten 3.1), energieeffiziente Gebäudeausrüstung (3.5) sowie kohlenstoffarme Technologien (3.6 – nicht klimaneutral).

Dies gilt auch für die Erzeugung erneuerbarer Wärme (Geothermie, Solarthermie, Abfallanlagen usw. – Maßnahmen 4.15–4.25) und den damit verbundenen Ausbau von Wärmenetzen (4.14) sowie die Installation und den Betrieb von elektrischen Wärmepumpen (4.16). Problematisch ist, dass sowohl die Erzeugung von Strom aus Erdgas als auch die Wärmeerzeugung unter bestimmten Voraussetzungen unter die Kriterien fällt.

Der Einsatz von Technologien im Industriesektor wird dagegen anhand bereichsübergreifender Schwellenwerte für die CO₂-Intensität bewertet. Für die Branchen mit hohem Erdgasverbrauch werden Schwellenwerte für die Eisen- und Stahlerzeugung (Tätigkeitsbereich 3.9) und die Herstellung chemischer Erzeugnisse (organische Grundstoffe und Chemikalien, Soda, Ammoniak, Salpetersäure, Kunststoffe – Tätigkeitsbereiche 3.14–3.17) festgelegt. Für Elektrolichtbogenöfen gibt es einen technologiespezifischen Schwellenwert, da ein bestehender Hochofen zur Eisenschmelze nur in Kombination mit einem Elektrolichtbogenofen ausgetauscht werden kann. Schwellenwerte für DRI-Anlagen sind deshalb nicht definiert.

Die Produktion kohlenstoffarmer Technologien (Elektrokessel und Elektroden, elektrische Schmelzöfen, elektrische Steamcracker, Infrarot- und Plasmaöfen, Lichtbogenöfen und Industrieöfen) fällt zwar unter die Kategorie *Produktion CO₂-armer Technologien* (3.6) und gilt als taxonomiefähig, aber für viele Branchen, die diese Technologien nutzen, gibt es keine Bewertungskriterien und sie gelten nicht als taxonomiefähig. Dies betrifft vor allem die Papier-, Nahrungs- und Genussmittel-, Glas- und metallverarbeitende Industrie. Infolgedessen können Investoren ihre Investitionen nur als taxonomiekonform einstufen, wenn sie im Bezug zu taxonomiefähigen Aktivitäten stehen.

Darüber hinaus ist bei Tätigkeiten, die unter die bestehenden Bewertungskriterien fallen, der Endzustand des Prozesses entscheidend. Bei der Elektrifizierung einzelner Komponenten im Herstellungsprozess unter Nutzung des bestehenden Strommixes besteht das Risiko, dass der Prozess noch unter den Schwellenwert fällt. Investitionen in diese Technologien können nur dann als taxonomiekonform angesehen werden, wenn sie Teil eines CapEx Plans sind, der die Erreichung der Taxonomiekonformität innerhalb von fünf Jahren erwarten lässt (European Commission, 2021).

Taxonomiekonformität von Erdgasaktivitäten neu bewerten

Darüber hinaus gibt die Taxonomie positive Anreize für Investitionen, die die Erdgasabhängigkeit verstärken. Hierbei ist besonders die Anrechenbarkeit von Investitionen in erdgasbetriebene Wärme- und Stromerzeugung (Tätigkeitsbereiche 4.29–4.31) problematisch.

Zwar sind diese Investitionen an strenge Grenzwerte und Bedingungen geknüpft, inklusive eines Plans zur Umstellung auf erneuerbare Energieträger bis 2035, doch bleibt diese Regelung in ihrer aktuellen Form fragwürdig.

»Vor dem Hintergrund der angestrebten Unabhängigkeit von Erdgas bedarf es einer Neubewertung der vorgenommenen Einstufung von Erdgas als Übergangstechnologie in der EU-Taxonomie.«

Diese Regelungen wurden zu einer Zeit erlassen, als Erdgas noch als Übergangstechnologie betrachtet wurde. Durch die Aufnahme werden jedoch erdgasfreie und erdgasbasierte Technologien gleichgesetzt, was zu Fehlanreizen bei Finanzierungsentscheidungen führt. Erdgasbasierte Technologien, die nicht in der Taxonomie aufgeführt sind, sind nach wie vor legal und können weiterhin Investitionen erhalten. Sie sind allerdings nicht ökologisch nachhaltig und im Falle von Erdgas-technologien nicht kompatibel mit den Emissionsreduktionszielen der EU (Platform on Sustainable Finance, 2022).

Dass Erdgastechnologien auch so genug Investitionen erhalten, zeigen aktuelle Zahlen. Zwischen 2021 und 2022 stiegen die globalen Investitionen in Erdgas um 14 % von 131 auf 149 Bio. Dollar (OGJ, 2022). Vor dem Hintergrund der angestrebten Unabhängigkeit von Erdgas bedarf es einer Neubewertung der vorgenommenen Einstufung von Erdgas als Übergangstechnologie in der EU-Taxonomie. Der Ausbau erdgasfreier Technologien und erneuerbarer Energien sollte gegenüber Erdgasinvestitionen Vorrang haben.

Mangelnde Informationen

Die Kompatibilität von Investitionen mit der Taxonomie ist zwar eine notwendige Voraussetzung, aber nicht ausreichend, dass Kredite oder Anleihen bei Finanzunternehmen als solche ausgewiesen werden. Entsprechende Daten müssen zugrunde liegen, um den Kredit hinsichtlich der EU-Taxonomie zu bewerten. Das ist vor allem für Kredite an Privatpersonen und KMU häufig schwierig, selbst wenn diese taxonomiefähig sind. Für Privatpersonen werden je nach Größe für den Heizungstausch oder die energetische Sanierung meist ungesicherte Kredite von bis zu 100.000 Euro ausgestellt – nur wenn dafür zweckgebundene Kredite in Anspruch genommen werden, kann die Bank diese Kreditvergaben als taxonomiekonform einstufen. Auch bei gesicherten Krediten für größere energetische Renovierungsmaßnahmen ist entscheidend, welchen Energiestandard das Haus danach erreicht oder ob mindestens Einsparungen von 30 % gelingen. Dafür braucht es Informationen zum vorherigen Zustand und Energieverbrauch.

Darüber hinaus unterliegen nicht am Kapitalmarkt notierte KMU nicht der Berichtspflicht der CSRD. Die Berechnung der Green Asset Ratio (GAR) gemäß der EU-Taxonomie schließt jedoch nur Unternehmen ein, die in den Geltungsbereich der CSRD fallen. Finanzinstitute, die sich hauptsächlich auf Kredite an KMU und kleinere Projekte spezialisieren, werden dadurch benachteiligt. Das betrifft gerade die Banken, wie Triodos oder die GLS Bank, die in der Branche eine Vorreiterrolle einnehmen. Sie können diese Kredite für alle Unternehmen außerhalb des Geltungsbereichs der CSRD nicht in die GAR anrechnen – unabhängig davon, ob die Unternehmen grünen Aktivitäten der EU-Taxonomie zuzuordnen sind. Auch wenn ein Unternehmen freiwillig seine Nachhaltigkeitswirkungen offenlegt, entstehen ihm dadurch auf dem Kapitalmarkt keine Vorteile. Grund für den Ausschluss der KMU war auch der zusätzliche Implementierungsaufwand der CSRD. Doch sind dafür etwa durch abgespeckte Berichtsanforderungen gangbare Lösungen denkbar.

Tabelle 7.7: Taxonomiefähigkeit von CapEx Investitionen in ausgewählte Technologien zur Beschleunigung der Erdgasunabhängigkeit. Eigene Darstellung auf Basis von Expert:innengesprächen und Europäisches Parlament und der Rat (2020)

Taxonomie-kompatibilität	Technologien mit anrechenbaren CapEx	Wirtschaftliche Aktivitäten (EU-Taxonomie)	Gesamt-investitions-volumen
Kompatibel	Wärmedämmung und Renovierung, Wärmepumpen, Wärmenetze und Anschlüsse, RE-Wärmeerzeuger im Wärmenetz, Großwärmepumpen, Solarthermische Anlagen für Prozesswärme, Tiefengeothermie für Prozesswärme, Energieeffizienzmaßnahmen in der Industrie, Dienstleistungen im Zusammenhang mit der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden	Renovierung von bestehenden Gebäuden (7.2), Installation, Wartung und Reparatur von Technologien für erneuerbare Energien (7.16), Installation und Betrieb von elektrischen Wärmepumpen (4.16), Fernwärme-/Kälteverteilung (4.15), Installation, Wartung und Reparatur von Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien (7.16), Kraft-Wärme/Kälte-Kopplung und Kraft-Wärme-Kopplung aus Solarenergie und 10 weitere Tätigkeiten (4.15–4.25), Installation und Betrieb von elektrischen Wärmepumpen (4.16), Herstellung von Energieeffizienzgeräten für Gebäude (3.5), Herstellung von Technologien für erneuerbare Energien (3.1), Herstellung von sonstigen kohlenstoffarmen Technologien (3.6)	482 Mrd. Euro
Taxonomie-fähig, Kompatibilität hängt vom Erreichen der Grenzwerte ab	Elektrokessel und Elektrodenkessel, Elektrische Schmelzwannen, Elektrische Steamcracker, Elektrische Lichtbogenöfen, Infrarot- und Plasmaöfen, DRI-Systeme für die Stahlproduktion in Kombination mit einem elektrischen Lichtbogenofen, Elektrolyseure	Kraft-Wärme/Kälte-Kopplung und Strom aus Solarenergie (4.17), Erzeugung von Wärme/Kälte aus Solarthermie (4.21), Kraft-Wärme/Kälte-Kopplung und Stromerzeugung aus geothermischer Energie (4.18), Erzeugung von Wärme/Kälte aus geothermischer Energie (4.22), Herstellung von Wasserstoff (4.10), Herstellung von Ausrüstungen für die Erzeugung und Verwendung von Wasserstoff (3.2), Herstellung von kohlenstoffarmen Technologien (3.6)	29 Mrd. Euro
Nicht taxonomiefähig	Alle Investitionen	Herstellung von Papier und Papierprodukten, Herstellung von Nahrungsmitteln, Herstellung von Glas und Glasprodukten, Metallbearbeitung	16 Mrd. Euro

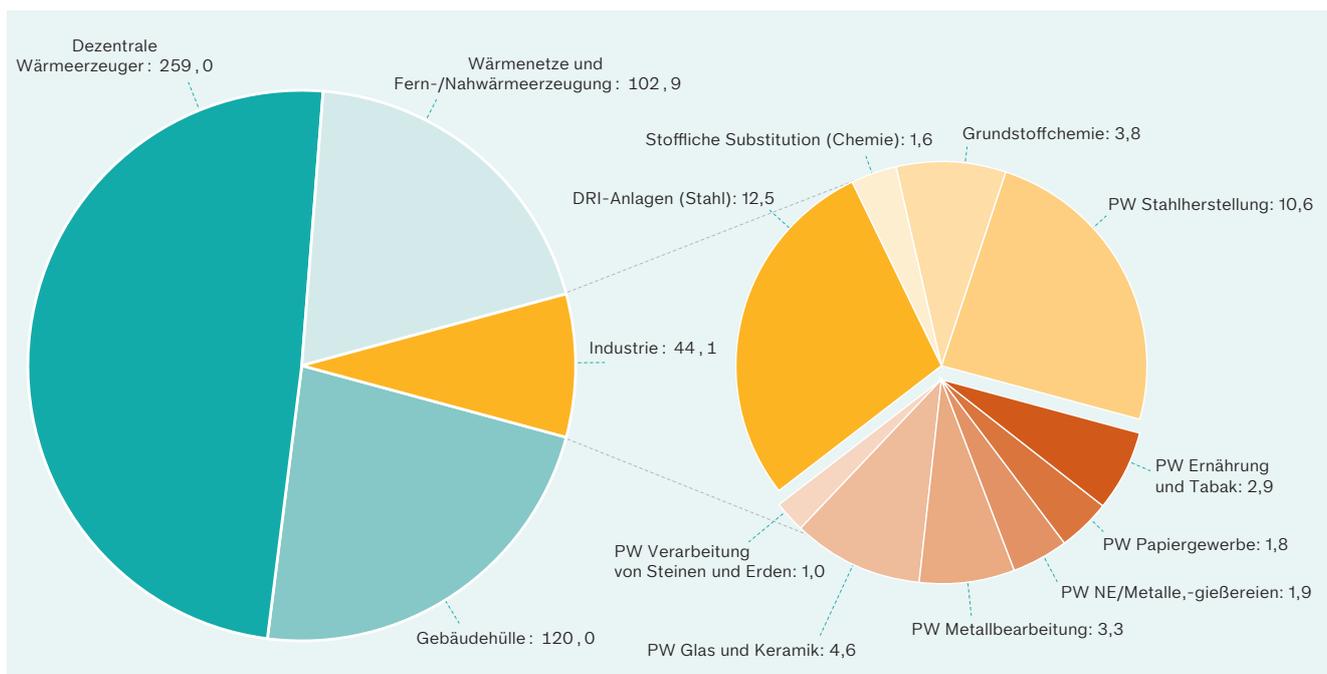


Abbildung 7.21: Taxonomiefähigkeit und -konformität der notwendigen Investitionen (Mrd. Euro) in Industrie und Gebäude zur Substitution von Erdgas. PW = Prozesswärme. Grün = Taxonomiekonform, Gelb = Taxonomiefähig (91 %), Konformität abhängig von Erfüllung von Grenzwerten (7 %), Rot = Nicht taxonomiefähig (3 %). Eigene Berechnungen auf Basis der Daten aus Abbildung 7.4 und Abbildung 7.12. Details siehe Anhang.



Handeln: Zehn Vorschläge für Erdgasunabhängigkeit

Das Jahr 2022 markierte eine geopolitische und energiepolitische Zeitenwende. Kurzfristig gelang es zwar, die unmittelbaren Auswirkungen der Energiekrise zu mildern, doch diese Erfolge dürfen nicht über die Notwendigkeit einer grundlegenden Neubewertung der deutschen und europäischen Energiepolitik hinwegtäuschen.

Ausgangslage. Die EU und Deutschland haben sich kurzfristig erfolgreich von geringeren russischen Erdgaslieferungen entkoppelt, indem sie zwischen 2021 und 2022 66 % mehr LNG in die EU importierten und den Verbrauch reduzierten. Langfristig konfrontieren die Importabhängigkeiten von LNG Wirtschaft und Gesellschaft mit neuen Preisunsicherheiten, Inflationsrisiken, geopolitischen Abhängigkeiten sowie wachsenden Transitions- und Klimarisiken. Eine Priorisierung der Unabhängigkeit von Erdgas birgt das Potential, diese Risiken zu mindern. Deutschland kann wesentlich von einer führenden Rolle im Bereich grüner Schlüsseltechnologien profitieren und so zur Stärkung der heimischen Wertschöpfung und der europäischen Wirtschaft beitragen (siehe Kapitel 2).

Investitionen. Die Technologien, die Deutschland aus der Erdgasabhängigkeit führen, sind bereits in allen Anwendungsbereichen erprobt (siehe Kapitel 4). Es bedarf nun einer Investitionswelle, um Erdgas in der Gebäudewärmeversorgung zu ersetzen, industrielle Prozesswärme zu elektrifizieren und knappe Wasserkapazitäten gezielt für stoffliche Substitution und Direktreduktionsprozesse einzusetzen.

Politischer Rahmen. Für die Umlenkung von Kapitalströmen in erdgasfreie Technologien – schätzungsweise 482 Mrd. Euro Mehrinvestitionen im Gebäudesektor und etwa 44 Mrd. Euro Gesamtinvestitionen in der Industrie bis 2045 für den Anlagentausch – ist ein klarer, ambitionierter und zielgerichteter politischer Rahmen erforderlich. Dieser sollte Schlüsselakteure zu Investitionen motivieren und bestehende Lücken im Gefüge aus gesetzlichen Vorgaben, Zielen und Instrumenten effektiv schließen (siehe Kapitel 3).

Effizienz. Im Spannungsfeld zwischen kurzfristiger Bezahlbarkeit, langfristiger Wettbewerbsfähigkeit und sozialer Akzeptanz schafft die Ergänzung des Emissionshandels durch gezielte Förderungen ein Umfeld für private Investitionen, das durch Skaleneffekte und gemeinsames Lernen eine sowohl ökonomisch effiziente als auch sozial effektive Investitionsdynamik erzeugt (siehe Kapitel 6).

Schlüsselakteure. Damit die Loslösung von Erdgas gelingt, muss das Handeln relevanter Schlüsselakteure effektiv ineinandergreifen. Dies geschieht durch zehn Maßnahmen.

- **Gebäudesektor:** Ein Skalierungsprogramm für Wärmecontracting, ein Ermöglichungspaket kommunale Wärmewende und Praxis-Checks aktivieren institutionelle Akteure (Wohnungsunternehmen, Stadtwerke und Energiedienstleister) die Investitionsdynamik zu beschleunigen, Skaleneffekte zu erzeugen und an der Weiterentwicklung des rechtlichen Rahmens mitzuwirken. Ein Wärme-für-Alle Programm sichert den Zugang zur erdgasfreien Wärmeversorgung auch für Wohnungseigentümer:innen mit schlechter Kreditbonität. Die Fachkräfteoffensive fördert die Ausbildung nötiger Fachkräfte.
- **Industriesektor:** Eine Industrierende-Beschleuniger-Plattform mobilisiert Pionierunternehmen, bei der Elektrifizierung der Prozesswärme voranzugehen und durch Erfahrungen Vertrauen in den Wandel zu schaffen. Diese Vorreiter weisen den Weg, wie Transitions- und Klimarisiken effektiv vorgebeugt werden können, und inspirieren andere Unternehmen.
- **Finanzsektor:** Die Ausrichtung der Sustainable Finance Regulierung auf den Strukturwandel, der mit der Unabhängigkeit von Erdgas verbunden ist, macht Banken und institutionelle Investoren zu Begleitern dieses Wandels. Sie nutzen ihre Expertise im Risikomanagement, um Transitionsrisiken zu identifizieren und Vertrauen in Investitionen zu stärken.
- **Systemisch:** Eine Kommission für Erdgasunabhängigkeit, zielgerichtete öffentliche Finanzierung sowie temporäre grüne TLTROs (gezielte langfristige Refinanzierungsgeschäfte der Banken) wirken in der Breite und unterstützen die strukturellen sowie ökonomischen Rahmenbedingungen für die Beschleunigung der Erdgasunabhängigkeit Deutschlands.

Hemmnisse. Noch immer verhindern strukturelle oder ökonomische Rahmenbedingungen, dass Wirtschaft und Gesellschaft gemeinsam den Weg in eine erdgasfreie Zukunft beschreiten. Unsere zehn Vorschläge schaffen einen Rahmen, in dem sich Schlüsselakteure für Investitionen in die Erdgasunabhängigkeit entscheiden. Tabelle 8.1 und Abbildung 8.1 geben einen Überblick über die Vorschläge und zeigen, an welche Akteure sich die Vorschläge richten und welche Hemmnisse sie überwinden.

Fokus auf private Investitionen. Viele der Vorschläge befördern die Mobilisierung privater Investitionen in die Erdgasunabhängigkeit auch ohne öffentliche Förderung. Das gilt insbesondere für die Maßnahmen Erdgaskommission (1), die Säulen 1–4 des Ermöglichungspakets kommunale Wärmewende (2), das Skalierungsprogramm Wärmecontracting (3), die Praxis-Checks für die Wärmewende (4), die Funktionsweise der Industrierende-Beschleuniger-Plattform (IBP, 7), die Weiterentwicklung der Sustainable Finance Regulierung (8) sowie die temporären grünen TLTROs (10).

Öffentliche Förderung. Öffentliche Förderung spielt dann eine Rolle, wenn Investitionen kurz- bis mittelfristig nicht rentabel, aber langfristig notwendig sind (wie z. B. Investitionen in grüne Wärmenetze), Risikoprofile den Kapitalzugang verhindern (vulnerable Eigentümer:innen), Lohnanreize zu gering oder Umschulungskosten zu hoch sind (Fachkräfte im Handwerk) oder kurzfristige Kostennachteile entstehen, die erst langfristig bei hohen CO₂-Preisen ausgeglichen werden (Investitionsförderung der IBP). Möglichkeiten für die Schaffung der dafür nötigen Spielräume im Haushalt sind unter dem Vorschlag Zielgerichtete öffentliche Finanzierung (9) zusammengefasst.

Iteratives Lernen und Adaptionfähigkeit jenseits von CO₂-Preisen, Regulierung und Förderung stärken

Feedback-Mechanismen. Die Empfehlungen erweitern bewusst das Spektrum an Maßnahmen über Regulierung, CO₂-Preise und Förderung hinaus. Es geht darum, ein Umfeld zu schaffen, das Vertrauen fördert; Prozesse zu initiieren und Feedback-Mechanismen zu etablieren, die eine Dynamik entfachen, welche die Erdgasunabhängigkeit Deutschlands realisierbar macht.

Anpassungsfähigkeit. Die Lösung für den Gebäude- und Industriesektor, sich von Erdgas zu lösen, wird Zeit brauchen. Für den Erfolg ist ein Lernrahmen entscheidend, der Iteration und Anpassung ermöglicht. Risikoprofile und Rentabilität sind Kernaspekte von Investitionen, aber der alleinige Blick darauf reicht nicht aus. Kapitalnachfrage und -angebot müssen aufeinander abgestimmt sein und entscheidende Informationen müssen zeitgerecht bei den richtigen Akteuren landen. Es braucht Prozesse und Strukturen, in denen alle Akteure über die nächsten Jahre des Strukturwandels gemeinsam lernen, Erfahrungen austauschen und die strukturellen und rechtlichen Rahmenbedingungen basierend auf diesen Erkenntnissen kontinuierlich anpassen. Die folgenden Vorschläge sind in diesem Kontext zu verstehen und sollen den Weg für innovative Lösungen ebnen.

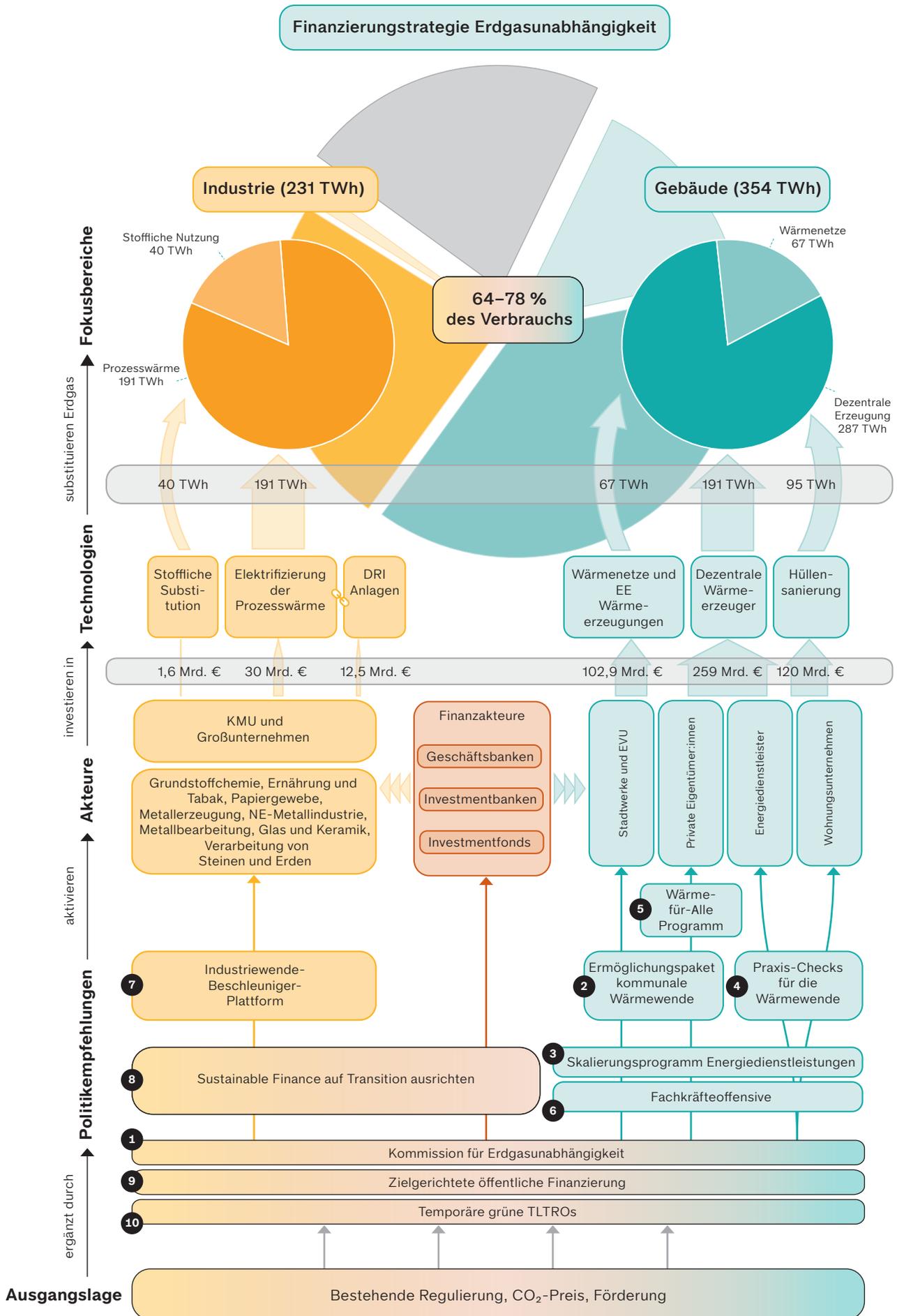


Abbildung 8.1: Finanzierungsstrategie Erdgasabhängigkeit - Gesamtüberblick über Akteure, Politikempfehlungen, Technologien und Fokusbereiche inkl. Investitionsvolumina und Erdgasreduktionspotentiale.

Tabelle 8.1: Zuordnung von Maßnahmen zu ausgewählten Hemmnissen von Wohnungsunternehmen, Eigentümer:innen, Stadtwerken, Energiedienstleistern, Industrieunternehmen und Finanzunternehmen. Eigene Darstellung.

		Kommis- sion für Erdgasun- abhängig- keit	Ermög- lichungs- paket kom- munale Wärme- wende	Skalle- rungs- programm Wärme- contracting	Praxis- Checks für die Wär- mewende	Wärme- für-Alle Programm für vul- nerable Eigentü- mer:innen	Fachkräf- teoffensive Wärme- wende	Industrie- wende- Beschleu- niger- Plattform	Zielge- richtete öffentliche Finanzie- rung	Sustai- nable Fi- nance auf Transition ausrichten	Temporäre grüne TLTROs
Wohnungsunternehmen (WU) und Eigentümer:innen	Bürokratische Hürden für WU										
	Schlechtere Kreditbedingungen für WU										
	Fehlende Investitionsbereitschaft										
	Aversion gegenüber Krediten mit langer Laufzeit										
	Geringe Bonität										
	Fachkräftemangel										
Stadtwerke	Finanzielle Situation der Kommunen										
	Geschäftsmodell abhängig vom Gasgeschäft										
	Unrentable Investitionen in Wärmenetze										
	Gasnetze als Stranded Assets										
Energiedienstleister	Begrenzter Fördermittelzugang										
	Auf Etablierte zugeschnittene Regulierung										
	Kapitalintensität des Geschäftsmodells										
	Unsichere Strompreisentwicklungen										
	Fachkräftemangel										
Industrieunternehmen	Status-Quo Bias von KMU										
	Lange Amortisation										
	Fehlende Informationen zu Förderung und Piloten										
	Unrentabilität (hohe CapEx/OpEx)										
	Vorsicht gegenüber neuen Technologien										
	Fehlendes Personal für Transformationsplanung										
Finanzunternehmen	Matching Kapitalangebot und -nachfrage										
	Untypische Investitionen										
	Erwartungssicherheit										
	Klumpenrisiken										
	Kapitalintensität von Energiedienstleistern										
	Fehlende Rentabilität der Investition										
	Hohe Kreditvergabekosten										
	Bewertung von Transitionsrisiken										
	Mangelnde Taxonomiekonformität										
	Verzerrte Kapitalmärkte										

Einige Einschränkungen

Fokus auf Finanzierung. Es wurden die Hemmnisse ausgewählt, die eine unmittelbare Nähe zu Fragen der Finanzierung und Auswirkungen auf das Matching von Kapitalnachfrage und -angebot haben. Dafür haben wir einen (mikroökonomischen) Akteursfokus gewählt und uns auf Gebäude und Industriesektor beschränkt. Dies stellt nicht in Abrede, dass es darüber hinaus zahlreiche weitere Herausforderungen gibt, die beim Übergang in eine erdgasfreie Zukunft eine Rolle spielen.

Stromsektor. Zum einen wurde der Stromsektor ausgeklammert, da sich hier bereits eine entsprechende Investitionsdynamik beobachten lässt und er am gesamten Erdgasverbrauch eine vernachlässigbare Rolle spielt. Durch die Elektrifizierungsstrategie ergeben sich jedoch wichtige Wechselwirkungen der hier vorgeschlagenen Maßnahmen mit dem Strommarktdesign, auch über die Kraft-Wärme-Kopplung. Strom ist gegenüber Erdgas weiterhin mit höheren Steuern, Abgaben und Umlagen belegt. Für eine erdgasfreie Zukunft werden deshalb seit langem Möglichkeiten der Senkung von Stromkosten und eine Reform der Netzentgelte gefordert. Unsere Maßnahmen sind als Ergänzung zu diesen Forderungen zu verstehen.

Infrastruktur. Zum anderen wurde hinsichtlich der Weiterentwicklung der Netzinfrastrukturen (Strom, Wärme, Gas, Wasserstoff) der Fokus auf die Investitionen in Wärmenetze gelegt, was die hier aufgeführten Investitionsvolumina in der Industrie maßgeblich senkt. Aufgrund der Komplexität und der Anzahl beteiligter Stakeholder und Interessensgruppen empfehlen wir angrenzende Fragestellungen einer integrierten Netzentwicklung, wie Änderungen am Konzessionsrecht, die Gasnetzentgeltverordnung, die Anreizregulierungsverordnung, den Netzentwicklungsplan, das Energiewirtschaftsgesetz oder die Wasserstoffnetzentgeltverordnung, in der dafür vorgesehenen Erdgaskommission zu diskutieren.

Technologieangebot. Die Effektivität der hier vorgebrachten Vorschläge setzt deshalb eine klare industriepolitische Priorisierung der Sektoren voraus, die Technologien und Anlagen (z. B. Großwärmepumpen, Industrieöfen, Elektrodenkessel) zur Verfügung stellen. Das zählt insbesondere der deutsche Maschinen- und Anlagenbau. Unsere Studie konzentriert sich auf die Mobilisierung der Nachfrage nach erdgasfreien Technologien, sowohl für Industrie als auch Gebäude und nicht auf deren Angebot. Dabei kann es Upstream zu Engpässen in den Wertschöpfungsketten kommen, wenn zu viele Unternehmen gleichzeitig investieren. Wie der Wärmepumpenhochlauf zeigt, sind bei politisch forcierter Investitions- und Planungssicherheit für diese Technologien schnelle Anpassungen der Produktionskapazitäten zu erwarten.

Industriepolitik. Unsere Vorschläge sind als Ergänzung der deutschen Industriestrategie zu verstehen. Sie konzentrieren sich auf ausgewählte Branchen mit relevanten Einsparpotentialen von Erdgas und branchen- und unternehmensspezifische Hemmnisse. Abseits der daraus abgeleiteten Empfehlungen über die Priorisierung von Sektoren und Technologien bleiben übergeordnete systemische Fragen der industriellen Entwicklung in Deutschland und Europa, ihrer Zukunftsfähigkeit und strategischer Prioritäten außen vor. Dazu zählen auch daran angrenzende Diskussionen, wie die Etablierung grüner Leitmärkte, die wir nur am Rande erwähnt haben.

Europa. Die vorliegenden Maßnahmen beschränken sich auf Deutschland und liegen in der Kompetenz der Bundesregierung, mit der Ausnahme temporärer grüner TLTROs und der Anpassung der Sustainable Finance Regulierung. Jedoch werden Energie-, Industrie- und Wohnungspolitik heute zu großen Teilen europäisch koordiniert. Fragestellungen wie die Auswirkungen der Maßnahmen auf den europäischen Gasmarkt bei einer beschleunigten Unabhängigkeit von Erdgas in Deutschland, damit verbundene geostrategische Erwägungen oder Auswirkungen auf den europäischen Binnenmarkt bilden wir nicht ab.

1. Kommission für Erdgasunabhängigkeit

Eine Kommission für die Institutionalisierung der Erdgasunabhängigkeit

Erdgas durchzieht Deutschland über ein weitverbreitetes Gasnetz mit 555.000 km Verteilnetz und 40.000 km Fernleitungsnetz (BMWK, 2023I). Die Begleitung der Transformation dieser Infrastruktur erfordert fundierte Entscheidungen, die sowohl ökonomisch sinnvoll als auch gesellschaftlich tragbar sein müssen. Wir schlagen deshalb die Einrichtung einer Erdgaskommission vor. Die Kommission bietet einen strukturierten Rahmen für den kontinuierlichen Austausch von Stakeholdern zu Fragen der Erdgasunabhängigkeit in Deutschland. In ihr kommen Expert:innen unterschiedlicher Interessensgruppen und Fachgebiete zusammen, um bestehende Maßnahmen kontinuierlich zu evaluieren und die Erdgasunabhängigkeit Deutschlands zu beschleunigen.

Ziel der Kommission

- Identifikation eines realistischen, mit den Klimazielen der Bundesregierung vereinbaren und sozialverträglichen **Pfades zur Erdgasunabhängigkeit**, unter Berücksichtigung der Systementwicklungsstrategie der Bundesregierung (BMWK, 2023j), zur Planungssicherheit für Investitionen.
- Entwicklung **einer Strategie für die Stilllegung von Gasnetzen bzw. deren Transformation**, einschließlich Regelungen für Versorgungspflichten und Abschreibungsbedingungen sowie Konzepte für eine Umnutzung.
- Vorschlag von **Maßnahmen zur Mobilisierung von Investitionen in erdgasfreie Technologien**.
- Koordination verschiedener Akteure sowie kontinuierliche **Evaluation und Weiterentwicklung der Maßnahmen, die den deutschen Erdgasverbrauch senken**. Dabei ist das Ziel, gemeinsam bindende Vereinbarungen zu entwickeln, die mit entsprechenden regulatorischen Anpassungen und Finanzierungszusagen abgesichert werden.

Ausgestaltung und Zusammensetzung

- Ziele und Mandat der Kommission werden zuvor von der Bundesregierung definiert und innerhalb des Mandates wird eine unabhängige und parteiübergreifende Zusammenarbeit sichergestellt.
- Die Kommission setzt sich aus Fachexpert:innen und Vertreter:innen von Interessensgruppen zusammen. Fachexpert:innen decken die verschiedenen

Sektoren der Substitution von Erdgas (Gebäude, Industrie, Energiewirtschaft, Finanzwirtschaft) ab und vereinen sowohl makroökonomische, finanzwirtschaftliche als auch technische Expertise.

- Die Besetzung ist bewusst ausgewogen und eine unabhängige Moderation ist sichergestellt. Es gibt einen transparenten und vertrauensschaffenden Umgang mit Interessenskonflikten.
- Die Kommission diskutiert auf Basis bestehender Untersuchungen akteurs- und branchenspezifische sowie systemische Hemmnisse für die Mobilisierung von Investitionen in Substitutionstechnologien von Erdgas.
- Sie identifiziert insbesondere offene Fragen bei der Stilllegung der Gasnetzinfrasturktur. Dazu gehören insbesondere gesetzliche Anpassungen der Versorgungspflicht der Grundversorger, Regelungen in Konzessionsverträgen, die Umlage der Netzentgelte und die Abschreibungszeiträume für Netzbetreiber (Agora Energiewende, 2023). Dies betrifft insbesondere das Konzessionsrecht, die Gasnetzentgeltverordnung, Anreizregulierungsverordnung, Netzentwicklungsplan, Energiewirtschaftsgesetz sowie die Wasserstoffnetzentgeltverordnung.
- Sie macht Vorschläge, wie die Stilllegung der Erdgasversorgung in eine zukunftsgerichtete Netz- und Wärmeplanung integriert werden kann, um sowohl Versorgungsmöglichkeiten für Verbraucher:innen als auch neue Geschäftsfelder für Energieunternehmen zu schaffen.

Umsetzung

In einem ersten Schritt bräuchte es einen Einsetzungsbeschluss der Bundesregierung sowie ein Nominierungsverfahren durch die Koalitionsparteien mit Federführung des BMWK als zuständigem Ministerium.

2. Ermöglichungspaket kommunale Wärmewende

Um die Ziele des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) zu erreichen, ist eine schnelle Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung unabdingbar. Dies erfordert eine koordinierte Herangehensweise, die die Vielfalt lokaler Bedingungen berücksichtigt, insbesondere da sich die Herausforderungen in kleineren und mittleren Kommunen signifikant von denen in Großstädten unterscheiden (DStGB, 2023). Das Ermöglichungspaket schließt dabei Maßnahmen ein, die sowohl für Wohn- als auch Nichtwohngebäude gelten. Eine Schlüsselrolle spielt hierbei:

- **Die Stärkung der Anpassungsfähigkeit der Gesetzgebung** und die Optimierung des Informationsflusses zwischen Kommunen, Ländern und dem Bund, um eine wirksame Kooperation auf nationaler und kommunaler Ebene zu ermöglichen (Beer et al., 2017; Coalition for Urban Transitions., 2019).
- **Die Etablierung einer effektiven kommunalen Koordination**, die kommunale Akteure wie Stadtwerke, Wohnungsunternehmen, Energiedienstleister, Handwerk/Baugewerbe und Geschäftsbanken berücksichtigt und die Interaktion zwischen öffentlichen und privaten Akteuren beachtet – sie kann einen beschleunigenden Effekt auf die Umsetzung haben (Hüncke et al., 2022).
- **Die Befähigung von Akteuren, ihre Rollen verantwortungsvoll wahrzunehmen.** Insbesondere Stadtwerke und private Energieversorger brauchen Unterstützung dabei, ihre Geschäftsmodelle anzupassen und ihre Rollen im Gefüge kommunaler Akteure neu zu definieren (KWW, 2023). Zudem ist für Kommunen und Energieversorger die Bereitstellung von Fachpersonal und adäquaten Fördervolumina und Sicherheiten für die Dekarbonisierung und den Ausbau der Wärmenetze essenziell, um neuen Anforderungen gerecht zu werden.
- **Die synergetische Betrachtung von Planung, Finanzierung und Umsetzung.** Bereits bei der Planung muss die Rolle von Stadtwerken, Wohnungsunternehmen, Energiedienstleistern, Handwerk/Baugewerbe und Geschäftsbanken in der Realisierung berücksichtigt werden, um Umsetzungshindernissen vorzubeugen.

Ziel des Ermöglichungspakets kommunale Wärmewende

Fünf Säulen des Ermöglichungspakets

Die Wechselwirkung der folgenden Maßnahmen ist in Abbildung 8.2 dargestellt.

1. Bereitstellung Kommunaler Wärmewendeteams (KWWTs) für die Kommunen

Durch die Unterstützung der KWWTs können alle Kommunen (besonders auch kleine Kommunen) ihre kommunalen Wärmepläne effektiv umsetzen. KWWTs fördern das Verständnis der Wärmewende als gemeinschaftliches Projekt. Sie entwickeln im Dialog mit lokalen Akteuren Ideen für die komplexen Herausforderungen, mobilisieren Unterstützung und beugen Widerständen in der Umsetzung vor.

→ Drei Funktionen der KWWTs:

- 1) Fachkundige Unterstützung der örtlichen Kapazitäten bei der Planung.
- 2) Organisation von Beteiligungsprozessen mit lokalen Stakeholdern (Stadtwerke, Wohnungsunternehmen, Energiedienstleister, Handwerk/Baugewerbe, Geschäftsbanken).
- 3) Unterstützung bei der Umsetzung der Wärmeplanung.

→ **Finanzierung:** Mittelbereitstellung für Personalkapazitäten der Teams aus Landes- oder Bundeshaushalten, abhängig von der finanziellen Situation der Kommune.

→ **Personalrekrutierung:** Möglichkeit einer Rekrutierung durch die Kommune, aber Anstellung über das Kompetenzzentrum Kommunale Wärmewende (KWW), um bessere Bezahlung und eine effektive Schnittstelle zum Bund und Förderangeboten zu schaffen.

2. Organisation von Dialogen der KWWT auf Bundesebene:

Diese Dialoge verbessern den Informationsfluss zwischen Kommune und Bund. KWWTs decken durch ihre Rolle Umsetzungsschwierigkeiten bei beteiligten Akteuren (Wohnungsunternehmen, Energieversorgungsunternehmen, Energiedienstleister, Eigentümer:innen) auf, die nur durch Landes- oder Bundesgesetzgebung gelöst werden können. Sie kommunizieren diese an den Gesetzgeber, um eine effiziente Anpassung der gesetzlichen Rahmenbedingungen zu ermöglichen.

→ **Umsetzung:** Die KWW organisiert regelmäßige Stakeholderdialoge mit Mitgliedern der KWWTs. In diesen Veranstaltungen werden kommunale Erfolgsfaktoren sowie rechtliche Hürden für die Wärmewende diskutiert und Ideen für Verbesserungen gesammelt, die in zukünftige Gesetzgebungsprozesse einfließen.

3. Initiierung regelmäßiger Austausch- und Lernprogramme der KWWTs auf Landesebene

Durch diese Programme können Kommunen Herausforderungen antizipieren, Fehler vermeiden und die Umsetzung beschleunigen. Gemeinsame Landesgesetzgebung stellt Vergleichbarkeit sicher.

- **Umsetzung:** Landesebene (z. B. Landesenergieagenturen) organisiert Formate, in denen KWWTs des Bundeslandes Herausforderungen identifizieren und Lösungen sowie Ideen teilen. Diese Veranstaltungen dienen dem Wissens- und Erfahrungsaustausch.
- **Integration in bestehende Strukturen:** Nutzung von Landesenergieagenturen für wirtschaftliche Effizienz, geringen bürokratischen Aufwand und regionalspezifisches Wissen.
- **Zugang zu Fördermitteln und Beratung:** Die Formate dienen auch als Plattform für den Zugang zu Fördermitteln (z. B. EFRE, Landesfördermittel).

4. Hosting von Innovationsclustern für Stadtwerke und Energieversorger auf Länderebene:

Stadtwerke und Energieversorgungsunternehmen entwickeln innovative Geschäftsmodelle, um sich unabhängig vom Gasgeschäft als Rundumversorger neu aufzustellen, einschließlich neuer Wärmedienstleistungen und Angeboten wie Wallboxen für E-Autos.

- **Umsetzung:** Länder und Kreise vergeben Preise für innovative Geschäftsmodelle, wie z. B. den Energiewende Award (Energiewende Award, 2023).

→ **Innovationscluster:** Führungspersonal ausgezeichneter Stadtwerke kommt mit Innovationsmanagern anderer Stadtwerke zusammen und teilt in organisierten Formaten Lösungen und Ideen.

5. Aufstockung und Dynamisierung der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)

Ein Großteil der erforderlichen Investitionen in die Dekarbonisierung der Wärmenetze und Wärmeerzeugung ist gegenwärtig nicht rentabel. Diese Investitionen wurden in Kapitel 7 auf rund 103 Mrd. Euro geschätzt.

→ **BEW weiterentwickeln:** Die aktuelle Förderung von rund 3 Mrd. Euro sollte als erster Schritt betrachtet werden. Zukünftige Haushaltsplanungen sollten Aufstockungen der Programme *Zuschüsse für den Betrieb dekarbonisierter Wärmeinfrastrukturen* und *Transformation Wärmenetze* berücksichtigen. Darüber hinaus sollte es für Energieversorger die Möglichkeit geben, Personalkapazitäten zur strategischen Weiterentwicklung von Geschäftsmodellen beantragen zu können (siehe auch Vorschlag → Zielgerichtete öffentliche Finanzierung).

→ **Dynamische Förderung:** Beim Wärmenetzausbau wäre eine Förderung, die sich an tatsächlich erreichten Anschlussdichten orientiert, hilfreich – je mehr Gebäudeeigentümer sich anschließen, desto geringer fällt die Förderung aus. Hierfür wäre ein KfW-Programm mit zinslosen Darlehen geeignet, wobei die Rückzahlungen erst fällig werden, wenn die Wirtschaftlichkeit des Netzes durch vermehrte Anschlüsse steigt.

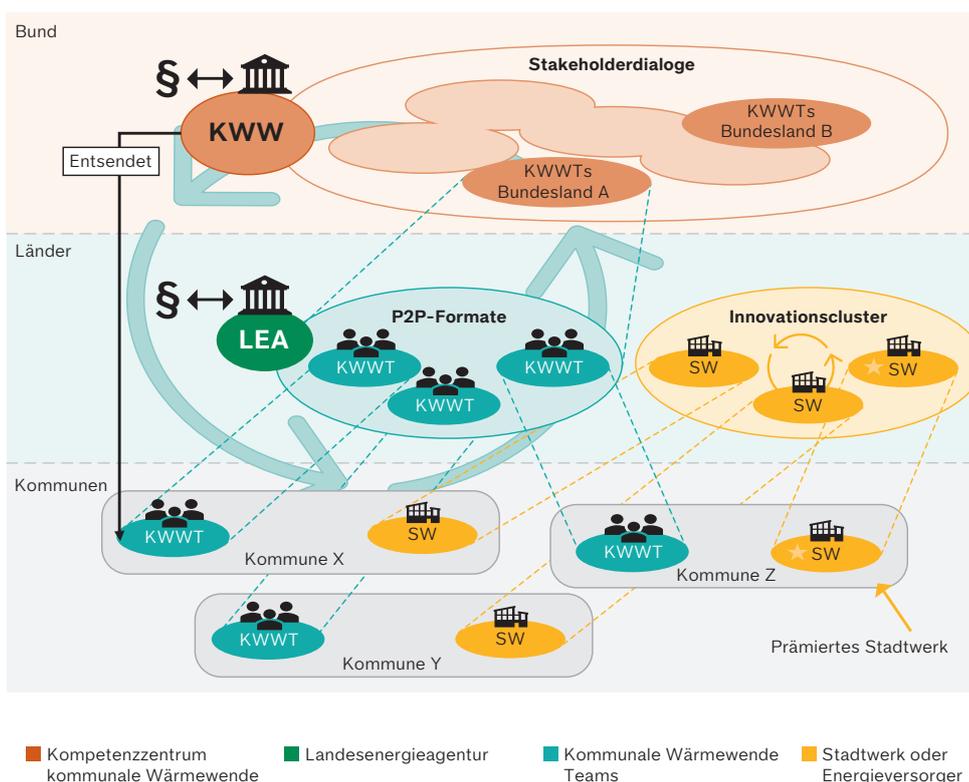


Abbildung 8.2: Illustrative Darstellung des Ermöglichungsprogramms kommunale Wärmewende insb. des Zusammenspiels von Bund, Ländern und Kommunen und der Rolle von kommunalen Wärmewendeteams (KWWT) und Stadtwerken sowie Energieversorgern (SW).

3. Skalierungsprogramm Wärmecontracting

Das Wärmecontracting ist ein zentraler Hebel für die Mobilisierung von Investitionen in erneuerbare Heiztechnologien. Es erzeugt eine vierfache Dividende.

1. **Effiziente Finanzierung**, indem Transaktionskosten für Gebäudeeigentümer:innen durch Energiedienstleistungen gesenkt werden (One-Stop-Shop-Lösung, gebündeltes Wissen über Förderanträge);
2. **Unterstützung vulnerabler Eigentümer:innen**, durch die Umwandlung von CapEx in OpEx;
3. Stadtwerke können **Wärmedienstleistungen als neues Geschäftsmodell** nutzen, und damit die wegfallenden Einnahmen von ca. 25 % aus dem Gasgeschäft kompensieren;
4. Privateigentümer:innen können sich **regional gegenseitig beim Heizungstausch** unterstützen und damit eine kollektive Aufbruchstimmung erzeugen.

Als Dienstleister kommen vor allem Stadtwerke, Energieversorgungsunternehmen und vereinzelt Energie-Startups in Frage. Grundsätzlich lassen sich die Modelle auch auf alle Produkte mit Energieeinsparungen, u. a. auch energetische Hüllensanierung, übertragen. Herausforderungen in der Umsetzung (siehe Kapitel 7.1) sind die hohe Kapitalintensität, die sich negativ auf die Kreditfähigkeit auswirkt, sowie Vorbehalte gegenüber dem Model. Darüber hinaus werden Wärmedienstleistungen primär für Einfamilienhäuser angeboten und nicht für die breite Masse des Wohnungsbestandes. Das Skalierungsprogramm adressiert all diese Probleme. Zwar steigen durch die Energiedienstleistung die gesamten Kosten für den Contract-Nehmer. Dennoch kann Wärmecontracting als Katalysator für eine Investition wirken, wenn diese durch die genannten Vorteile aufgewogen werden.

Ziel des Skalierungsprogramms

- **Aktivierung von Gebäudeeigentümer:innen** für den Heizungstausch durch Auslagerung von Kapital- und Transaktionskosten an Energiedienstleister.
- **Etablierung zukunftsfähiger Geschäftsmodelle** von Stadtwerken und Energiedienstleistern durch die Umsetzung der Programme.
- Erzeugung einer größeren **Akzeptanz der Maßnahmen** durch Renditebeteiligungen.
- Sicherstellung der **Kreditwürdigkeit der Energiedienstleister** durch die Gründung von Zweckgesellschaften.

Funktionsweise: Zweckgesellschaften zur Bündelung und kommunaler Beteiligung

- **Um Wärmedienstleistungen in die Breite zu tragen, schlagen wir die Gründung von regionalen Zweckgesellschaften (Special Purpose Vehicle, ZG) als Aktiengesellschaften (SAG) oder Genossenschaften (eG) vor.**
- Die ZG würde den Einkauf von erneuerbaren Heiztechnologien und die damit verbundene Kreditaufnahme bündeln und die Produkte als Leasingangebot Stadtwerken und anderen Dienstleistern zur weiteren Vermittlung an Immobilieneigentümer:innen zur Verfügung stellen.
- Die Zweckgesellschaft würde rechtlich die Produkte (Wärmepumpen, energetische Hüllensanierung etc.) erwerben, wobei das Produkt direkt Energiedienstleistern wie z. B. Stadtwerken oder anderen Unternehmen zur Verfügung gestellt wird. Im Gegenzug wird ein Leasingcontract zwischen ZG und Energiedienstleister über ein bestimmtes Volumen der Wärmepumpen oder Isolierungen abgeschlossen.
- Bürger:innen in der Region können Anteile an der ZG erwerben und damit an Profiten partizipieren.
- Die Bundesregierung sollte sicherstellen, dass auch die ZG Zugang zu Förderungen des Bundes erhalten kann, die sie an die Nutzer weitergibt.

Zahlreiche Vorteile der Bündelung

Günstige Kreditkonditionen und Kapitalzugang

Die ZG könnten mit Beteiligung von KfW, kommunal verankerten Geschäftsbanken, Ländern oder Kommunen gegründet werden. Durch die gebündelte Kreditaufnahme werden die Bilanzen der Dienstleister vor hohen Verbindlichkeiten geschützt. Die Beteiligung der KfW und der Kommunen stellt eine Kreditwürdigkeit der ZG sicher. Darüber hinaus ermöglicht die Beteiligung öffentlicher Geldgeber die Aufnahme zinsgünstiger Kredite, wovon auch die Kunden profitieren. Dieser Effekt wird noch verstärkt, wenn das Kreditvolumen und die Anrechenbarkeit auf die EU-Taxonomie zu weiteren Zinsvorteilen führen.

Vertrauen durch Beteiligung und Versicherung schaffen

Das Vertrauen in die Wärmewende wird über verschiedene Hebel gestärkt. Über eine Kooperation mit regionalen Geschäftsbanken wäre es Bürger:innen möglich, Anteile an der ZG zu erwerben und sich an den Profiten zu beteiligen. Dies ermöglicht, die Wertschöpfung in

der Region zu halten, stärkt die Sichtbarkeit des Programms und erhöht die Akzeptanz – wie das Modell regionaler Energiegenossenschaften zeigt.

Darüber hinaus kann die Kombination mit einer Versicherung, die Strompreisspitzen ausgleicht, helfen einen „sicheren Wärmepreis“ (siehe ergänzende Instrumente) und damit sichere Einsparungen gegenüber der fossilen Heizalternative zu garantieren.

Neue Geschäftsmodelle für Stadtwerke

Die Delegation des Wärmepumpeneinkaufs an eine Zweckgesellschaft reduziert den Managementaufwand für den Vertrieb. Dadurch wird der Aufbau dieses Geschäftsfeldes erleichtert. Weiterhin schützt die Kreditaufnahme der ZG die Bilanzen der Stadtwerke vor weiteren Verbindlichkeiten. Dies gibt ihnen mehr wirtschaftlichen Spielraum, da Einnahmen aus dem Gasgeschäft zurückgehen und Stadtwerke gleichzeitig in den Ausbau der Fernwärme investieren müssen. Prinzipiell wäre zu prüfen, ob Stadtwerke ebenfalls Anteile an der ZG erwerben. Dadurch könnten sie auf eine institutionelle Beziehung zur ZG zurückgreifen, was die Koordination des Aufbaus eines Energiedienstleistungsprogramms vereinfachen würde.

Unrentable Kreditvergabe wird zentralisiert

Die Kreditvergabe von Kleinstkrediten für den Heizungstausch ist für Banken nur bei hohen Zinskosten rentabel. Diese wiederum hemmen Investitionen. Durch die Bündelung und Zentralisierung der Kreditprüfung und Förderantragsstellung werden Banken entlastet und günstige Kreditkonditionen ermöglicht. Statt Millionen an Einzelkrediten werden wenige Großkredite aufgenommen.

Ein erprobtes und preisgekürtes Modell

- Ähnliche Modelle wurden bereits für energetische Sanierungen entwickelt und umgesetzt, unter anderem von der Interamerikanischen Entwicklungsbank (IDB). Das Konzept wurde vom Global Innovation Lab for Climate Finance als eines der vielversprechendsten Instrumente zur Mobilisierung von Investitionen des Privatsektors in erneuerbare Technologien gekürt (Whitehouse et al., 2020).
- Auch die Deutsche Unternehmensinitiative Energieeffizienz (DENEFF) hat kürzlich ein ähnliches Programm zur niederschweligen Finanzierung von Investitionen vorgeschlagen (DENEFF, 2023).
- Einem Bericht der IEA zufolge wurde der europäische Markt für Energiedienstleistungen im Jahr 2017 auf 30 Mrd. Euro geschätzt, davon 10 % mit Einspargarantie. China und die Vereinigten Staaten sind

führend. Der Grad der Marktentwicklung wird durch die Möglichkeiten der Energieeinsparung durch Energieeffizienz in verschiedenen Regionen sowie durch die Politik zur Förderung solcher Investitionen beeinflusst. Deutschland gilt innerhalb der EU als der reifste Markt, zusammen mit Frankreich, Österreich und der Tschechischen Republik. Daran ließe sich anknüpfen (European Commission, 2017).

Add-ons: Skalierungsprämien und Versicherungen zur Unterstützung

Skalierungsprämie

Wir schlagen darüber hinaus vor, den Anspruch auf den Geschwindigkeitsbonus und Einkommenszuschlag der Bundesförderung Effiziente Gebäude auf Energiedienstleister auszuweiten, wenn die Kund:innen des Leasingvertrags unter die Einkommenskategorien der BEG fallen, was demnach v. a. selbstnutzende Eigentümer:innen betrifft. Außerdem sollte als Teil der BEG-Förderung eine Prämie für Energiedienstleister für die Ausweitung des Angebots von Energiedienstleistungen auf andere Gebäudetypen als Einfamilienhäuser eingeführt werden und mit einer Skalierungsprämie kombiniert werden. Dies würde die nachfrageseitigen Förderungen (Investitionszuschuss, Geschwindigkeitsprämie, Einkommenszuschlag) um angebotsseitige Anreize ergänzen.

Diese könnte wie folgt aussehen: Der Fördersatz pro verleaste erneuerbare Heiztechnologie steigt um 0,01 % pro GWh für jede innerhalb eines Jahres prognostizierte Wärmeerzeugung der Kund:innen – unter der Bedingung, dass der Anbieter damit eine Mindestmenge an Mehrfamilienhäusern abdeckt. Zur Abschätzung würde der Wärmeenergiebedarf der Kund:innen aus dem letzten Jahr herangezogen. Die Erhöhung wäre auf maximal zusätzliche 1,5 % und insgesamt 10 Mio. Euro für die Produkte eines Anbieters gedeckelt. Was für einzelne Personen nur eine geringe Unterstützung wäre, wird durch den Skaleneffekt für den Energiedienstleister wirtschaftlich interessant und würde Investitionen vor allem in größere Wärmepumpen und damit in Mehrfamilienhäuser lenken. Auch andere Ausgestaltungen (z. B. abhängig vom Umsatzwachstum des Unternehmens) sind denkbar.

Beispielrechnung

Ein Anbieter, der beispielsweise Wärmeerzeuger mit einer Wärmeproduktion von 100 GWh verleast, würde zusätzliche 1 % Förderung bekommen. Bei einer Jahresenergieproduktion von 10 MWh/Wärmepumpe entspräche dies 10.000 verkauften Wärmepumpen. Unter der Annahme von geförderten Kosten von 30.000 Euro pro Wärmepumpe würde das Unternehmen zusätzliche 3 Mio. Euro erhalten. Würde das Ziel von 500.000 Wärmepumpen pro Jahr allein durch Energiedienstleister erreicht (bspw. 20 Anbieter mit je 25.000 Wärmepumpen), würde dies lediglich 0,2 Mrd. Euro zusätzliche Kosten bedeuten.

Versicherungen

Zur Absicherung gegen schwankende Strompreise und damit verbundene Betriebsrisiken könnte die ZG über das Angebot des Leasing-Vertrags in Kooperation mit einem Versicherungsunternehmen eine Strompreisversicherung für Energiedienstleistungsunternehmen anbieten. Dadurch würde das Einnahmerisiko weiter gesenkt (Whitehouse et al., 2020).

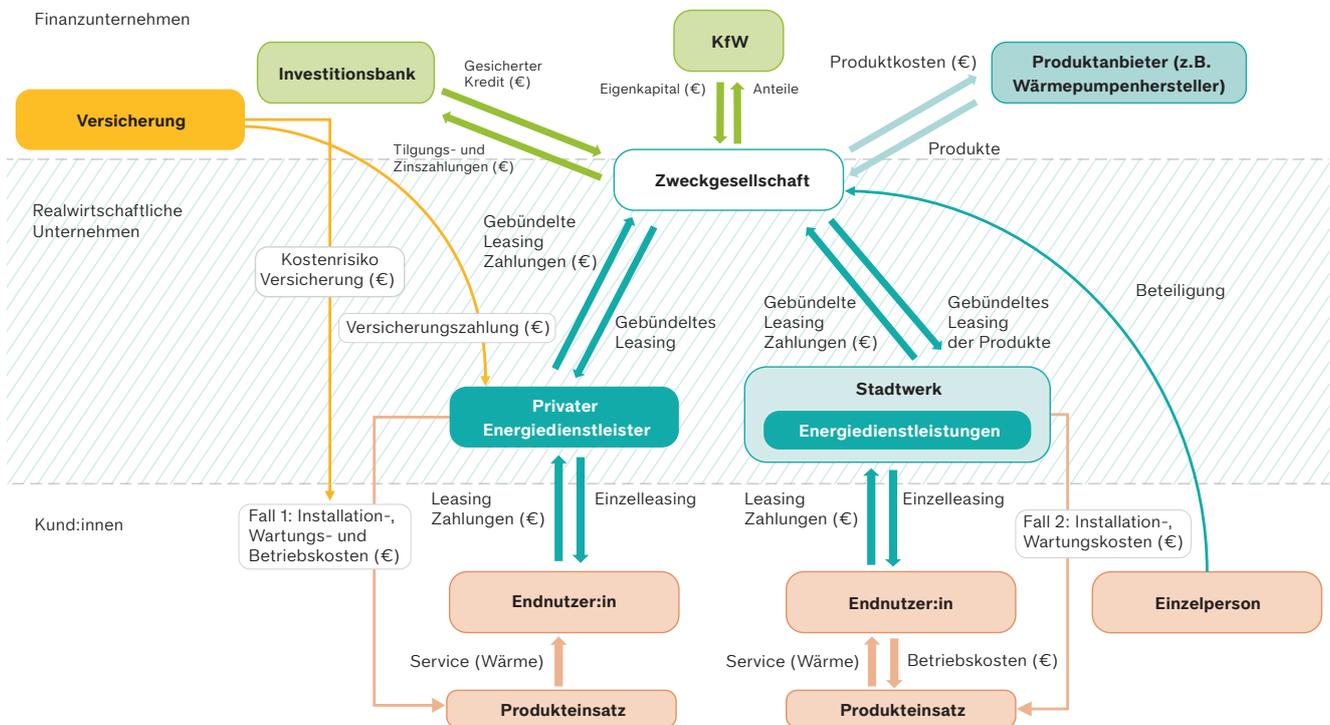


Abbildung 8.3: Bündelung der Wärmecontractingverträge durch eine Investmentbank und die KfW zur Sicherstellung der Kapitalisierung von Stadtwerken und privaten Energiedienstleistern (oben) und Kombination mit einer Versicherung (unten). Eigene Darstellung angelehnt an Whitehouse et al. (2020).

4. Praxis-Checks für die Wärmewende

Diese Maßnahme ist darauf ausgelegt, bürokratische Hindernisse durch gezielte Beteiligungskonferenzen zu identifizieren und in einem Wärmewendeermöglichungspaket schrittweise zu beseitigen. Die Praxis-Checks schaffen eine neue Dynamik, welche die Wohnungswirtschaft und Energiedienstleister von übermäßigen Regulierungen entlastet. Dadurch wird die Transformation zu einem erdgasfreien Gebäudebestand beschleunigt. Die Praxis-Checks beziehen sich dabei sowohl auf Wohn- als auch auf Nichtwohngebäude.

Beschleunigung von Hüllensanierung, Heizungstausch und Energiedienstleistungen im Gebäudebereich

Die Praxis-Checks haben das Ziel, die Umsetzung der energetischen Hüllensanierung, des Heizungstausches und der Energiedienstleistungen durch einen Abbau nicht zielführender Regulierung im Gebäudebereich zu beschleunigen. Das wird konkret durch folgende Schritte erreicht:

- Identifizierung bürokratischer Hemmnisse durch Beteiligungskonferenzen mit relevanten Stakeholdern.
- Abbau der identifizierten Hemmnisse in einem Wärmewendeermöglichungspaket für einen gezielten Bürokratieabbau.
- Etablierung eines wechselseitigen Lernprozesses zur Schaffung von Akzeptanz und Vertrauen in eine zielführende Regulierung. Dies bildet eine wesentliche Grundlage für eine effektive Zusammenarbeit bei der Entwicklung weiterer Maßnahmen.

Funktionsweise

Die Praxis-Checks bieten einen Raum für umfassende Stakeholderbeteiligungen und stärken dadurch die Akzeptanz für die Veränderungsprozesse (BMWK, 2023n). Der Prozess wird systematisch und ergebnisoffen geführt, um einen wechselseitigen Lernprozess zu ermöglichen. Damit unterscheidet sich der Ansatz stark von einer reinen Mitteilung von Entscheidungsergebnissen (Tacke et al., 2019).

Zu den zentralen Stakeholdern gehören wegen ihres Skalierungspotentials Vertreter:innen der Wohnungswirtschaft und der Energiedienstleister, wozu breit aufgestellte Versorgungsunternehmen wie Energiekonzerne und Stadtwerke, aber auch spezialisierte Energiedienstleister zählen.

Besonders kleine und mittlere Wohnungsunternehmen leiden unter regulatorischen Hemmnissen und können aufgrund einer Vielzahl von Standards schwieriger Skaleneffekte erzielen (ARGE, 2023; BMWK, 2023c).

Während der Stakeholderbeteiligung werden strukturelle Hemmnisse identifiziert, die einer Beschleunigung der energetischen Hüllensanierung, des Heizungstausches und der Energiedienstleistungen im Gebäudebereich im Weg stehen, um Kosten zu senken. Dazu können beispielsweise gehören (vgl. ARGE (2023)):

- kommunale Auflagen, wie Schallschutz- und Brandschutzanforderungen;
- Vorgaben aus Bebauungsplänen wie beispielsweise der erforderliche Einsatz bestimmter Fassadenmaterialien;
- technische Baubestimmungen/Normen und Qualitätsstandards.

Für das Wärmeliefercontracting stellt auch die Frage des Eigentums an der Anlage eine Hemmnis dar. Da die Heizungsanlage mit dem Einbau wesentlicher Bestandteil des Gebäudes (Verbraucherzentrale, 2022) wird und damit rechtlich dem:der Gebäudeeigentümer:in gehört, ergeben sich komplexere Finanzierungsbedingungen als es z. B. beim Contracting von Photovoltaikanlagen der Fall ist. Eine Regelung des Eigentums über eine Grunddienstbarkeit können Eigentümer:innen ablehnen, was die Situation für Contracting-Anbieter erschwert.

Best-Practice-Beispiele

Praxis-Check Solar: Es gibt bereits erfolgreiche Ansätze wie den *Praxis-Check Solar*, der zum Solarpaket I führte. Hierbei wurde der Bau und Betrieb von Photovoltaik (PV)-Anlagen entbürokratisiert und der Zubau von Photovoltaik beschleunigt. Dem Gesetzespaket vorausgegangen ist ein intensiver Austausch mit der Branche im Rahmen eines Praxis-Checks, um Hemmnisse und Bürokratiehürden zu identifizieren und gezielt abzubauen. Zu den teilnehmenden Akteuren gehörten die betroffenen Branchen, die Bundesländer und die Bundestagsfraktionen. Im Ergebnis konnten unter anderem bürokratische Hemmnisse im Zusammenhang mit der Inbetriebnahme von Photovoltaik-Anlagen auf dem Balkon abgebaut werden (Bundesregierung, 2023b).

Fernwärmegipfel: Im Rahmen des Fernwärmegipfels verpflichteten sich die Unterzeichnenden, vertiefende Workshops zu zentralen Handlungsfeldern wie etwa „Preistransparenz und Verbraucherschutz, Einbindung erneuerbarer Energien und Abwärme sowie den Förderrahmen für den Ausbau und die Transformation der Nah- und Fernwärme“ zu organisieren und gemeinsame Lösungen abzustimmen (Fernwärmegipfel, 2023). Als zentrale Hemmnisse wurden beispielsweise der

§ 556c BGB und die Wärmelieferverordnung identifiziert, die eine wichtige Rolle dabei spielen, Mieter:innen leichter bezahlbares und klimaneutrales Heizen zu ermöglichen und die zunehmende Wärmelieferung aus erneuerbaren Energien und Abwärme zu fördern. Im Ergebnis soll gemeinsam geprüft werden, wie diese Regelungen zukünftig ausgestaltet werden (Fernwärmegipfel, 2023).

Mögliche nächste Schritte

Beteiligungskonferenzen

→ Das BMWK und das BMWSB organisieren Beteiligungskonferenzen mit Stakeholdern des Wohnungsbaus. Vertreter:innen der Wohnungsbau- und ausbaugewerbe, Kommunen, Energiedienstleister, Landesförderbanken und Wärmewendekompetenzzentren kommen zusammen, um regulatorische Hemmnisse anhand von Praxisfällen zu identifizieren.

Wärmewendeermöglichungspaket

→ Anschließend erfolgt eine gesetzliche Anpassung der Vorschriften im Rahmen eines Wärmewendeermöglichungspakets. Alternativ können die identifizierten regulatorischen Hürden in bestehende Gesetze, wie z. B. das Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes bei der Entwicklung in Städten und Gemeinden, integriert werden. Letzteres ermöglicht bereits in § 35 BauGB eine privilegierte Zulässigkeit bei Bauvorhaben für erneuerbare Energien und in § 248 BauGB die Absicherung nachträglicher Energiesparmaßnahmen bei der Installation von PV-Anlagen.

5. Wärme-für-Alle Programm für vulnerable Eigentümer:innen

Mindestens 11 % (1,5 Mio.) der privaten Eigentümer:innen haben Schwierigkeiten bei der Finanzierung des Heizungstausches. Angesichts dieser Situation besteht ein dringender Bedarf an finanziellen Instrumenten, die diesen Eigentümer:innen helfen können, Investitionen in den Heizungstausch und die energetische Gebäudenhüllensanierung vorzunehmen.

Allerdings sind Banken oft nicht in der Lage das Kreditrisiko für solche Investitionen zu tragen, da die Bonität dieser Eigentümer:innen in der Regel nicht ausreichend ist. Als Lösung des Problems schlagen wir die Einrichtung einer staatlichen Ausfallbürgschaft als Teil eines Wärme-für-Alle Programms vor.

Ziel der staatlichen Ausfallbürgschaft

- Die staatliche Ausfallbürgschaft zielt darauf ab, Kredite für vulnerable Haushalte mit niedrigem Einkommen und schlechter Bonität, z. B. wegen ihres hohen Alters, bereitzustellen, die sonst keinen Kapitalzugang hätten.
- Sie fördert Investitionen in Gebäude mit schlechtem Energiestandard und veralteter Heiztechnologie, um den Bedarf an Erdgas dort zu reduzieren, wo das größte Einsparpotential besteht.

Funktionsweise der Ausfallbürgschaft

- Eigentümer:innen beantragen für eine Investition Zugang zum Wärme-für-Alle Programm – entweder bei ihrer Geschäftsbank oder über eine extra dafür vorgesehene und einfach zugängliche Online-Plattform. Der Heizungsanbieter kann bei der Beantragung unterstützen.
- Nach Antragstellung wird geprüft, ob der:die Eigentümer:in Zugang zu bestehenden Kreditprogrammen der KfW (Förderkredit, Ergänzungskredit) oder klassischen Bankkrediten hat und die nötige Bonität besitzt. Eigentümer:innen, die die Bonitätskriterien nicht erfüllen, erhalten Zugang zum Programm.
- Zudem wird geprüft, ob für den:die Eigentümer:in die Option der Ausführung über einen Energiedienstleister besteht, der die Investitionskosten trägt (siehe Skalierungsprogramm Wärmecontracting). Sollte dies nicht möglich sein, erhält der:die Eigentümer:in Zugang zu einem Kredit, der sicherstellt, dass alle Investitionen gedeckt sind, die nicht durch die staatliche Förderung von 30 % bis 70 % Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) abgedeckt sind. Der Kredit wird entsprechend mit bestehenden Förderprogrammen der BEG-Förderung kombiniert.

- Im Falle eines Kreditausfalls sichert die öffentliche Hand über die KfW der Bank die verbleibenden Rückzahlungen inklusive eines garantierten Zinses.
- Durch die Ausfallbürgschaft werden günstige Zinsen ermöglicht, da die öffentliche Hand das Risiko übernimmt.

Verhinderung von Missbrauch

- Ein Ausfall wird festgestellt, wenn Zahlungsunfähigkeit nachgewiesen wird oder wenn die Vollstreckung nicht erfolgreich war.
- Der Kreditbetrag wird direkt von der Bank an das die energetische Maßnahme (Hüllensanierung, Heizungstausch) ausführende, zertifizierte Unternehmen übertragen und durch eine Abnahmebestätigung durch die Eigentümer:innen ergänzt, um sicherzustellen, dass die Mittel ausschließlich für die vorgesehenen Investitionen verwendet werden.

»Weitere Maßnahmen mit ähnlicher Wirkung finden sich bei DENEFF (2023).«

6. Fachkräfteoffensive Wärmewende

Aktuell besteht das Risiko, dass Fachkräfte aus der einbrechenden Baubranche in andere Industrien abwandern könnten. Darüber hinaus besteht in den vom Strukturwandel betroffenen Branchen ein großes Potential, Fachkräfte für die Wärmewende relevanten Berufsgruppen anzuwerben und umzuschulen. Die Fachkräfteoffensive Wärmewende greift diese Entwicklungen auf.

Ziel der Fachkräfteoffensive

- **Gewinnung freiwerdender qualifizierter Fachkräfte aus vom Strukturwandel betroffenen Branchen und aus der einbrechenden Baubranche**, um die Fachkräftelücke in Ausbaugewerken wie Sanitär-Heizung-Klima-Handwerk (SHK) und Bauelektrik zu schließen.
- **Aufbauen auf bestehenden und erprobten Umschulungsprogrammen** der Heizungsindustrie und Handwerksbetrieben, insbesondere Ausbaugewerke wie SHK und Bauelektrik.

Funktionsweise

Die Fachkräfteoffensive skaliert erprobte Umschulungsprogramme, wie das Umschulungsprogramm von Vaillant (KOFA, 2023), bei dem Heizungshersteller zusammen mit Handwerksbetrieben Umschulungsprogramme anbieten. Unsere Fachkräfteoffensive baut auf dem Umschulungsprogramm von Vaillant – oder ähnlichen in der Praxis erprobten Programmen – auf und ergänzt das Förderprogramm Aufbauprogramm Wärmepumpe (BAFA, 2023) der Bundesregierung, welches mit einem breit aufgelegten Anwerbungs- und Umschulungsprogramm auf die Weiterbildung von bestehenden Fachkräften abzielt.

Im Zentrum unserer Fachkräfteoffensive stehen Handwerksbetriebe und Heizungshersteller, die zusammen gezielt Fachkräfte aus anderen Branchen anwerben und umschulen. Die Betriebe und Heizungshersteller können hierbei durch regionale Arbeitsagenturen unterstützt werden. Bedingung ist, dass die Berufsausbildung der Fachkräfte aus anderen Branchen in ihren schulischen Inhalten zu mindestens 40 % mit der Ausbildung SHK-Anlagenmechaniker:in übereinstimmt.

Ähnlich wie bei Vaillant dauert das Umschulungsprogramm 4,5 Monate: drei Monate schulische Weiterbildung und 1,5 Monate Praxistraining im Betrieb. Das Vaillant Programm schließt zwölf Ausbildungsberufe mit ein, insbesondere KFZ- und Industrieanlagenmechaniker:innen, Elektroniker:innen und Industriemonteur:innen.

Wir schlagen die Ausweitung von erprobten Umschulungsprogrammen, wie dem von Vaillant, auf Ausbildungsberufe anderer Sektoren vor.

- 1. Für Branchen, die vom Strukturwandel betroffenen sind:** Dies beinhaltet beispielsweise die Automobilherstellung. Im Rahmen der Elektrifizierung des Verkehrs werden in der traditionellen Automobilherstellung auch Fachkräfte frei; Studien schätzen, dass dort bis 2030 bis zu 180.000 Stellen frei werden könnten (Agora Verkehrswende, 2022).
- 2. Bausektor:** Im wirtschaftlich einbrechenden Bausektor werden erwartungsgemäß ebenfalls innerhalb der nächsten zwei Jahre zwischen 60.000 Fachkräfte (Fachrat Energieunabhängigkeit, 2023) und nach Angaben von Bauunternehmen bis zu 300.000 Arbeitnehmer:innen frei (Uhlenbroich, 2023). Hier kann durch Umschulungsmaßnahmen Wirtschaftskraft in die Gebäudesanierung gelenkt werden und damit die Bauwirtschaft gestützt werden. Hier und in weiteren Branchen ergeben sich durch die Fachkräfteoffensive neue Möglichkeiten zur Fachkräftesicherung und Weiterbildung in Wachstumssektoren, die maßgeblich zur Investitionsdynamik in erdgasfreie Technologien beitragen können.

Aufbauprogramm Wärmepumpe

Das Aufbauprogramm Wärmepumpe richtet sich an die Weiterbildung von bestehenden Fachkräften aus dem Handwerk, die ihre Fachkräfte für die Arbeiten rund um Wärmepumpen weiterbilden wollen. Es zielt darauf, jährlich ca. 21.000 Fachkräfte zum Thema Wärmepumpe zu qualifizieren und fördert dabei förderfähige Schulungen mit 90 %, bis höchstens 250 Euro pro Tag und Teilnehmenden; praktische Qualifizierungsmaßnahmen vor Ort werden mit 90 % bis höchstens 500 Euro pro Tag und Teilnehmenden gefördert. Insgesamt beträgt die Höchstfördersumme 90 % und 5.000 Euro pro Teilnehmenden (BMWK, 2023k).

Umsetzung

- Qualifiziert für das Umschulungsprogramm und die Förderung wären alle Fachkräfte, deren schulische Inhalte in ihrer vorherigen Berufsausbildung zumindest zu mindestens 40 % mit der Ausbildung SHK-Anlagenmechaniker:in übereinstimmen.
- Die Fachkräfteoffensive Wärmewende würde, wie das Aufbauprogramm Wärmepumpe, durch den Bund finanziert und über das BAFA abgewickelt. Die BAFA-Antragstellung erfolgt, wie beim Aufbauprogramm Wärmepumpe, direkt durch die Handwerksbetriebe. Die Fachkräfteoffensive könnte mit den angekündigten Investitionen in Kommunikations-, Image- und Nachwuchskampagnen (BMWK, 2023e) kombiniert werden, um vor Ort zusammen mit Kommunalen Wärmewende Teams und Arbeitsämtern Umschulungsangebote zu schaffen.
- Die Förderung sollte bis 2030 bestehen und die Förderhöchstsumme degressiv angepasst werden. Anfangs, bis 2026, könnte ein Fördersatz von 90 % der Ausbildungskosten mit einer Fördergrenze von 10.000 Euro pro Mitarbeiter:in in Anspruch genommen werden. Anschließend, bis 2030, könnte ein Fördersatz von 70 % der Ausbildungskosten mit einer Fördergrenze von 7.000 Euro pro Mitarbeiter:in in Anspruch genommen werden. Um das Gesamtfördervolumen zu identifizieren, kann der zusätzliche Fachkräftebedarf für den Heizungstausch bis 2030 von 60.000 Fachkräften als förderfähiger Deckel dienen (ZDH, 2023a). Dies ergibt eine maximale Fördersumme von 600 Mio. Euro.

Herausforderungen

Bisher wird das Vaillant Umschulungsprogramm, welches als Grundlage zur Skalierung dienen kann, nicht offiziell anerkannt. Zur Qualitätssicherung des Handwerks und um zu verhindern, dass der Quereinstieg von Fachkräften zur Verschlechterung der Arbeitsbedingungen im Handwerk führt, benötigt es hier einen offiziellen Berufsabschluss mit klaren Ausbildungs- und Tarifbedingungen.

Hierzu laufen bereits Gespräche zwischen Branchenverbänden, Sozialpartnern und den zuständigen Ministerien; beim zweiten Wärmepumpen-Gipfel wurden wichtige Schritte in diese Richtung angestoßen. Das Aufbauprogramm Wärmepumpe ist bereits ein wichtiger Baustein der Fachkräftequalifizierung im SHK-Handwerk; es existiert ein politischer Wille, neue Berufsbilder zu gestalten, um das SHK-Handwerk zu entlasten.

7. Industriewende-Beschleuniger-Plattform

Wir schlagen die Einrichtung einer Industriewende-Beschleuniger-Plattform (IBP) vor, die Investitionen mobilisiert, indem sie die Risikowahrnehmung von Unternehmen bei der Substitution von Erdgas senkt, die Rentabilität von Investitionen durch Investitionsförderungen steigert und Unternehmen befähigt Transformationsplanungen vorzunehmen.

Durch eine Flankierung mit Anreizprogrammen und Statusvorteilen für die Teilnahme bietet die Plattform das Potential, trotz struktureller Hemmnisse einiger Unternehmen eine Investitionsdynamik zu initiieren.

Ziel: Industriewende beschleunigen

- Etablierung einer **Drehscheibe für Wissensaustausch, Unternehmenskooperationen und Investitionsförderung**, um die Umstellung von Großunternehmen und kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) auf erdgasfreie Prozesse zu beschleunigen.
- **Senkung der Risikowahrnehmung** von Unternehmer:innen bei der Investition in unbekanntere Technologien.
- Schaffung einer zentralen **Schnittstelle für Förderberatung** und Feedback an Gesetzgeber.
- **Skalierung von Pilotprojekten** von KMU und Mobilisierung von privaten Investitionen.

Ansatz: Lernen und Kooperationen beschleunigen Investitionen

- **Was:** Die Industriewende-Beschleuniger-Plattform (IBP) bietet Prozesse, Beratungen und Veranstaltungen an, die gemeinsames Lernen ermöglichen. Sie fördert Investitionskooperationen zwischen Unternehmen, die investieren, und denjenigen, die ihre Arbeitsprozesse erst später umstellen. Die IBP bündelt Kompetenzen zu Fördermaßnahmen und ist Schnittstelle zwischen Unternehmen und Politik.
- **Wer:** Auf der Plattform können Unternehmen in drei Rollen agieren: Pioniere, Nachahmer und Teilnehmer (Abbildung 8.4).
 - **Pionierunternehmen** haben ihre Arbeitsprozesse bereits weitgehend umgestellt oder befinden sich in einem fortgeschrittenen Übergangsprozess. Sie verfügen über wertvolles Wissen und verpflichten sich ihre Erfahrungen mit Unternehmen zu teilen, die mit der Umstellung ihrer Arbeitsprozesse noch nicht begonnen haben. Als Gegenleistung erhalten sie Steuererleichterungen als *Pionier-Prämie* und können sich für attraktive zukünftige

Kooperationen mit anderen Unternehmen vernetzen. Dadurch entstehen neue Finanzierungs- und Kooperationsmodelle. Gleichzeitig profitieren sie von Joint Ventures und können in gemeinsamen Pilotprojekten neue Technologien testen.

- **Nachahmer** sind Unternehmen, die sich als Ergebnis des Wissensaustausches mit anderen Nachahmern oder Pionierunternehmen für eine Investition entscheiden.
- **Teilnehmer** sind Unternehmen, die bislang erdgasbasierte Prozesse nutzen und beim Eintritt in die IBP noch keine Umstellung angestoßen haben. Das Ziel der Plattform ist es, diese durch das Angebot des Wissenstransfers, der Kooperationen und zielgerichteter Unterstützungsleistungen zu Nachahmern weiterzuentwickeln.

→ **Cluster:** Die Struktur der IBP sollte sektorale Cluster wie beispielsweise Zement- und Metallverarbeitung, Papier, Glas und Chemie umfassen sowie Technologiecluster wie Direktreduktion bei der Stahlherstellung oder die Dekarbonisierung von Schmelzwannen in der Glasindustrie. Damit der Kapitalzugang vereinfacht wird, werden außerdem öffentliche und private Banken auf die Plattform eingeladen.

Beispielprojekte belegen die Wirkung

Die positiven Effekte von Kooperationen im Bereich Wissensaustausch und Innovation wurden bereits durch zahlreiche Netzwerkangebote belegt – wie das Kompetenzzentrum Klimaschutz in energieintensiven Industrien (KEI), die Plattform für Industrietransformation IN4climate.NRW in Nordrhein-Westfalen, sowie die Energieeffizienz- und Klimaschutznetzwerke (IEEKN). Die IEEKN haben sich durch eine starke Fokussierung auf ihre Netzwerk- und Kooperationsfunktion bewährt. Seit Ende 2014 wurden bereits 398 Netzwerke mit 3.319 Standorten/Unternehmen (einige Unternehmen/Standorte nehmen gleichzeitig an mehreren Netzwerken teil) registriert. Basierend auf den bisherigen Erfahrungen mit bestehenden bzw. bereits abgeschlossenen Energieeffizienz-Netzwerken geht die Bundesregierung davon aus, dass durch weitere 300 bis 350 Netzwerke Einsparungen von 9 bis 11 TWh Endenergie bzw. 5 bis 6 Mio. t THG-Emissionen erzielt werden können (BMWK, 2017).

Funktionsweise: Wettbewerb um Kooperation

Abbildung 8.4 stellt die angestrebte Handlungsabfolge der Lern- und Austauschprozesse in fünf Schritten dar. Sie zeigt wie sich Unternehmen, unterstützt durch Förderung, gegenseitig inspirieren.

Tabelle 8.2: Aufbau der Plattform in zwei Phasen

Phase 1: Aufsetzen der Plattform	Phase 2: Investitionsdynamik entsteht
<ul style="list-style-type: none"> • Identifikation von Teilnehmern: Alle KMU und Großunternehmen werden eingeladen, an der Plattform teilzunehmen. Es gibt keine besonderen Eintrittsbarrieren. • Identifikation von Pionieren <ul style="list-style-type: none"> → Die Plattform identifiziert durch geeignete Maßnahmen (Ausschreibungen o. ä.) Pionierunternehmen, die bereit sind, ihre Prozesse auf erdgasfreie Technologien umzustellen. Ausgewählte Unternehmen erhalten Zugang zu einer Förderung wie z. B. Steuererleichterungen. Diese zielt darauf, dass Unternehmen ihr Wissen teilen, und stärkt die Wirtschaftlichkeit der Investition. → Unternehmen, die bereits öffentliche Unterstützung für Investitionen in erdgasfreie Technologien erhalten haben (z. B. Klimaschutzverträge, Bundesförderung Ressourcen- und Energieeffizienz), können ebenfalls in den Pionierstatus wechseln und ggf. Zugang zu weiterer Förderung erhalten, wobei Doppelförderung vermieden werden muss. Sie ermöglichen im Gegenzug anderen Unternehmen an ihren Erfahrungen teilzuhaben. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eintritt: Alle Unternehmen können freiwillig beitreten und erhalten dabei ein Förderberatungsgespräch. • Teilnehmer haben Anspruch auf Förderungen zur Erstellung eines <i>Transformationskonzeptes</i> mit Hilfe eines Transformationsmanagers. • Nachahmer: Teilnehmer können einen Antrag auf die neue Investitionsförderung stellen, um erdgasfreie Technologien zu implementieren. Im Gegenzug verpflichten sie sich, entstehendes Wissen zu teilen. Sobald die Investition begonnen hat, rückt ein Teilnehmer zum Nachahmer auf. • Unterstützer beteiligten sich an der Investition eines Nachahmers. Beide erhalten zusätzlichen Zuschüsse.

Empfehlungen für Angebote und Mehrwert der Plattform

- **Investitionsförderungen.** Wir schlagen vor, dass die Bundesregierung die bestehenden Förderprogramme um spezifische Investitionsförderungen für die Elektrifizierung von erdgasbasierten Prozessen ergänzt. Damit Unternehmen vom Teilnehmer zum Nachahmer werden, braucht es wirksame und je nach Rolle der Unternehmen gestaffelte Anreize für Investitionen. Mögliche Instrumente sind Sonderabschreibungen, Steuererleichterungen oder Investitionszuschüsse. Alle Unternehmen sollten Zugriff auf das Förderinstrument haben, Plattformteilnehmer genießen Vorteile. Die Förderhöhe hängt von der Größe des Unternehmens ab und ist prozentual nach oben gedeckelt. Um frühzeitige Investitionen zu fördern, nehmen maximale Förderhöhe und Förderanteil pro Jahr ab.
- **Förderberatung.** Die Plattform sollte Förderberatung für ihre teilnehmenden Unternehmen und personelle Kapazitäten bieten, die bei der Antragserstellung unterstützen.
- **Transformationsmanager.** Die bestehenden Fördermöglichkeiten im Modul 5 der Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz sollten ausgeweitet werden. Insbesondere sollte nicht nur die Beratung, sondern auch die Einstellung von qualifiziertem Personal für das Transformationsmanagement und die Erstellung eines Transformationsplans inkl. der

Personalkosten gefördert werden.¹ Fördervolumina und Zielrichtung der Förderung beschränken die Unterstützung aktuell auf die Erstellung von Transformationsplänen und eine erste Einführung von Umsetzungsprozessen im Klimaschutzmanagement.

Für KMU fehlen meist personelle und finanzielle Kapazitäten, um Transformationspläne zu entwickeln und die notwendigen Kompetenzen im Unternehmen aufzubauen.

- **Regulatives Lernen ermöglichen.** Zu den Technologie- und Branchenclustern sollte je ein:e Expert:in aus der Bundesregierung hinzugezogen werden. Die Struktur der Plattform ermöglicht einen koordinierten Austausch zwischen Unternehmen und politisch Verantwortlichen. Hierdurch wird regulatives Lernen gestärkt, sodass Regulierungen an die Bedürfnisse innovativer Unternehmen angepasst werden.
- **Unternehmenskooperationen fördern.** Die Plattform fördert Investitionskooperationen zwischen Unternehmen durch die Entwicklung von Vorlagen und Prozessen, vor allem zwischen Unternehmen, die strukturell nicht transformieren können und solchen, die es können. Dazu können Kooperationsverträge gehören, bei denen ein Unternehmen durch einen Investitionsbeitrag an den Erfahrungen eines anderen Unternehmens profitiert. Aber auch klassische Joint-Ventures sind denkbar.

¹ Das BMWK fördert im Rahmen der Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz im Modul 5: *Transformationskonzepte* u. a. die Beratungskosten im Zusammenhang mit der Erstellung eines Transformationskonzepts mit bis zu 50.000 Euro.

8. Sustainable Finance auf Transition ausrichten

Sustainable Finance kann helfen, Kapital in erdgasfreie Technologien zu lenken. Um das volle Potential dieses Ansatzes zu nutzen, schlagen wir eine Anpassung der EU-Taxonomie, eine Vereinheitlichung der Transitionspläne, eine Verbesserung der Berechnung der Green Asset Ratio (GAR) und eine Ausweitung der Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) vor.

Aktuell deckt die EU-Taxonomie im Industriesektor 33 % der von der Industrie zu tätigen Investitionen nicht ab. Für die verbleibenden 67 % hängt die Taxonomiekonformität von dem Erreichen der Schwellenwerte der technischen Bewertungskriterien ab. Darüber hinaus wird ein Großteil der Unternehmen, insbesondere alle nicht-kapitalmarktorientierten kleinen und mittleren Unternehmen (KMU), in der CSRD nicht erfasst. Uneinheitliche Standards für Transitionspläne erschweren seitens der Banken außerdem den Aufbau von Kompetenzen der Risikobewertung von Transitionsinvestitionen.

Ziel der Maßnahmen

- **Anrechnung ermöglichen:** Investitionen in erdgasfreie Technologien sollen in allen Sektoren auf die Green Asset Ratio der Banken im Rahmen der EU-Taxonomie angerechnet werden können.
- **Einheitliche Standards für Transitionspläne entwickeln,** die die Risikobewertung von Transformationsvorhaben durch Banken ermöglichen und als zukünftige Kondition für öffentliche Förderprogramme dienen können.
- **CSRD-Erfassung sicherstellen:** Unternehmen und Sektoren, die für die Erdgasunabhängigkeit relevant sind, sollten von der CSRD erfasst werden.

Entwicklung sektorspezifischer Standards für Transitionspläne

Wir empfehlen, dass die Bundesregierung in Zusammenarbeit mit relevanten Gremien einheitliche und sektorspezifische Standards für Transitionspläne entwickelt, die die unterschiedlichen Berichtspflichten unter der CSRD, der Mindestanforderungen an das Risikomanagement (MaRisk) Regulierung, sowie den Klimaschutzverträgen in einem Standard zusammenführt.

Die European Sustainability Reporting Standards (ESRS) definieren aktuell nur oberflächliche KPIs für Transitionspläne von Unternehmen unter der CSRD.

Zwar ist die Auslegung dadurch sehr flexibel, andererseits können Banken Transitionspläne so aber nicht für die einheitliche Bewertung von Transitionsrisiken nutzen. Damit entsteht keine gemeinsame Sprache in der Finanzwirtschaft, welche Faktoren die Transitionsrisiken beeinflussen und wie diese zu bewerten sind. Das erschwert den Kompetenzaufbau zukunftsgerichteter Risikobewertung innerhalb der Häuser, obwohl die Transitionspläne gerade für die Bewertung der ESG- und EU-Taxonomie-Konformität hilfreich sein können. Gleichzeitig fehlt es so an einer gleichberechtigten Grundlage, um die Auszahlung zukünftiger öffentlicher Förderungen an Transformationsverpflichtungen zu koppeln.

Die EU-Taxonomie zu einem Instrument für Erdgasunabhängigkeit ausbauen

Die EU-Taxonomie muss ermöglichen, dass sowohl alle Sektoren, die wesentlich zur Reduktion des Erdgasverbrauchs beitragen, als auch Investitionen in Elektrifizierung anrechenbar sind. Die Europäische Kommission hat angekündigt, die technischen Bewertungskriterien regelmäßig an neue Entwicklungen anzupassen.

In zukünftigen Anpassungen sind die folgenden Ergänzungen notwendig, um Investitionen in die deutsche und europäische Erdgasunabhängigkeit zu unterstützen und die EU-Taxonomie zu einem Transitionsinstrument weiterzuentwickeln:

1. Die Aufnahme von weiteren Sektoren in die delegierten Rechtsakten

Dazu gehören insbesondere die folgenden Wirtschaftstätigkeiten (NACE-Kategorien) (Eurostat, 2008):

- a. Herstellung von Papier und Papierprodukten
- b. Herstellung von Nahrungsmitteln
- c. Herstellung von Glas und Glasprodukten
- d. Metallbearbeitung
- e. NE-Metalle, -Gießereien
- f. Verarbeitung von Steinen und Erden.

Begründung: Bisher sind diese Kategorien nicht abgedeckt. Damit sind Umsätze und Investitionen – auch wenn sie zu einem erneuerbaren Herstellungsprozess beitragen sollten – nicht in der EU-Taxonomie abbildbar.

2. Die Aufnahme von Elektrifizierungsaktivitäten in die EU-Taxonomie

Erweiterung des Erfassungsrahmens von klimaneutralen Technologien (low-carbon), so dass diese auch die Produktion von Anlagen und Maschinen beinhaltet, die mit fossilen Energieträgern betriebene Prozesse elektrifizieren. Darüber hinaus sollten Investitionen (CapEx) in die Elektrifizierung bisher mit fossilen Energieträgern betriebener Prozesse in die Liste anrechenbarer Unterstützungsaktivitäten aufgenommen werden – unabhängig von der CO₂-Intensität, die das Unternehmen nach der Investition erreicht und damit unabhängig vom Strommix des Unternehmens.

Begründung: Elektrifizierung ist für die Substitution fossiler Prozesswärme in den meisten Fällen die Voraussetzung für einen klimaneutralen Produktionsprozess, welcher dann mit erneuerbarem Strom betrieben werden kann. Dennoch werden Investitionen in z. B. elektrische Industrieöfen, Elektrokessel und Elektrodenkessel, elektrische Schmelzwannen, Infrarot- und Plasmaöfen, Elektrolichtbogenöfen oder elektrische Steamcracker nur erfasst, wenn die Branche bereits taxonomiefähig ist, als auch wenn dadurch der Schwellenwert bereits erfasster Branchen innerhalb von fünf Jahren erreicht wird.

3. Prüfung, ob Energiedienstleistungen in der EU-Taxonomie ausreichend erfasst werden

Energiedienstleistungen können einen wesentlichen Beitrag zur Skalierung erneuerbarer Heiztechnologien leisten (siehe Kapitel 7.1). Da Unternehmen jedoch nur über Leasingangebote an Kund:innen Einnahmen aus grüner Wärmeerzeugung generieren, ist zu prüfen, ob diese Einnahmen auf die EU-Taxonomie angerechnet werden könnten. Dazu gehört insbesondere die Klärung, ob Energiedienstleistungen in den erdgasrelevanten Wirtschaftsaktivitäten der EU-Taxonomie bereits ausreichend erfasst sind. Im Unterschied zu Aktivitäten mit Bezug zum Mobilitätssektor werden Leasingmodelle in den relevanten Aktivitäten nicht explizit aufgeführt.

4. Die Neubewertung der Aufnahme von erdgasbasierter Strom- und Wärmeerzeugung in die taxonomiekonformen Aktivitäten und die Streichung des technischen Prüfkriteriums 1b

Vor der geopolitischen Zeitenwende wurde Erdgas als Brückentechnologie diskutiert. Im Zuge der Trilogverhandlungen wurde auch deshalb entgegen der Empfehlungen der Platform on Sustainable Finance (2022) positiv für eine Taxonomiekonformität entschieden und erdgasbasierte Strom- und Wärmetechnologien in der Erweiterung des delegierten Rechtsakts der EU-Kommission aufgenommen (Europäische Kommission, 2022b). Wir empfehlen die Rücknahme dieser

Entscheidung und die Streichung des technischen Prüfkriteriums 1b (Schwellenwerte, die nicht mit dem Klimaziel der EU vereinbar sind) im Einklang mit den Empfehlungen der Platform on Sustainable Finance. Damit würde auch die Konsistenz der EU-Taxonomie mit anderen Nachhaltigkeitsstandards und ihre Anwendbarkeit von Finanzunternehmen gestärkt.

Die Berechnung der GAR verbessern und den Anwendungsrahmen der CSRD erweitern

Die Berechnung der Green Asset Ratio (GAR) gemäß der EU-Taxonomie, welche den Anteil grüner Anlagen im Bankenportfolio erfasst, schließt momentan nur Unternehmen ein, die in den Geltungsbereich der CSRD fallen. Es ist jedoch anzustreben, dass die GAR ein breiteres Spektrum an Aktivitäten umfasst. Dies soll verhindern, dass Finanzinstitute, die sich hauptsächlich auf Kredite für KMU und kleinere Projekte spezialisieren, benachteiligt werden. Besonders sollten Investitionen und Kredite an Unternehmen, die zwar außerhalb des Geltungsbereichs der CSRD liegen, jedoch klar mit den Zielen der EU-Taxonomie übereinstimmen – wie zum Beispiel grüne, nicht-kapitalmarktorientierte KMU –, in der GAR-Berechnung berücksichtigt werden dürfen. Dies würde einen positiven Anreiz zur freiwilligen Berichterstattung schaffen, wenn Unternehmen dadurch z. B. ihre Bonitätsbewertung verbessern und gleichzeitig die Datenqualität für Banken verbessern.

Mittelfristig empfehlen wir die Erweiterung des Anwendungsbereichs der CSRD um nicht-kapitalmarktorientierte KMU. Als Voraussetzung sollten vereinfachte Berichtsstandards für KMU geschaffen werden, um einen geringen Implementierungsaufwand sicherzustellen. Teil der Überarbeitung der CSRD sollte auch die Überarbeitung der Kriterien des Geltungsbereichs der CSRD sein. Anstelle der Größe der Unternehmen empfehlen wir, dass neben der Unternehmensgröße die Abgrenzungskriterien um umweltzielbezogene Kriterien wie den CO₂-Ausstoß der Unternehmen ergänzt werden, so dass bei besonders CO₂-intensiven aber kleinen Unternehmen eine Konsistenz von Zielen und Indikatoren sichergestellt ist.

9. Zielgerichtete öffentliche Finanzierung

Öffentliche Finanzierung befähigt Akteure zum Handeln, auch wenn Investitionen kurz- bis mittelfristig nicht rentabel, aber langfristig notwendig sind (wie z. B. Infrastrukturinvestitionen in Wärmenetze), Risikoprofile den Kapitalzugang verhindern (vulnerable Eigentümer:innen), Lohnanreize zu gering oder Umschulungskosten zu hoch sind (Fachkräfte im Handwerk) oder kurzfristige Kostennachteile entstehen, die erst langfristig bei hohen CO₂-Preisen ausgeglichen werden (Investitionsförderung der IBP).

In Kapitel 7 haben wir einige der Mehrbedarfe für Förderung abgeschätzt, die sich in der Summe pro Jahr (bis 2030) auf mind. drei Mrd. Euro (max. 4,5 Mrd. Euro) belaufen.²

- **Wärmenetze:** Besonders hoch ist die Lücke bei Wärmenetzen, welche aufgrund der hohen Investitionsvolumina eine langfristige Planungssicherheit benötigen. Als Teil des Ermöglichungspaketes kommunale Wärmenetze (siehe Kapitel 8.2) schlagen wir vor, die Bundesförderung Wärmenetze aufzustocken. Es sind bis inkl. 2030 mindestens zwölf Mrd. Euro (maximal 13 Mrd.) weitere Förderung erforderlich, um die unrentablen Kosten aus der Wärmenetzumstellung auf erneuerbare Wärmeherzeugung sowie dessen Erweiterungen zu finanzieren. Jährlich entspricht dies 1,5–1,6 Mrd. Euro.
- **Industrie:** In der Industrie benötigt die Elektrifizierung der Prozesswärme insgesamt eine zusätzliche Mindestförderung von drei bis maximal sieben Mrd. Euro. Wir gehen davon aus, dass die Hälfte davon bis 2030 anfällt, was jährlich 0,4–1 Mrd. Euro entspricht. Investitionsförderungen sind bereits als Teil bestehender Förderprogramme möglich. Die Volumina reichen jedoch nicht für die Abdeckung aller Investitionen aus. Neue Förderungen könnten außerdem über beschleunigte Abschreibungen (siehe Kapitel 8.7 Industriewende-Beschleuniger-Plattform) abgewickelt werden.
- **Fachkräfte:** Weitere Kosten fallen für die Fachkräfteoffensive an, um Umschulungen aus nicht zukunftsfähigen Branchen und dem Baugewerbe zu ermöglichen. Diese haben wir mit 600 Mio. Euro abgeschätzt (siehe Kapitel 8.6), was jährlich 85 Mio. Euro entspricht.
- **Wärmewende-für-Alle:** Darüber hinaus ergeben sich Kosten durch das Wärmewende-für-Alle Programm für vulnerable Eigentümer:innen (siehe Kapitel 8.5). Unter der Extremannahme, dass 75 % der 1,5 Mio. Eigentümer:innen einen Kredit für die Finanzierung

² Die Förderlücke für die energetische Hüllensanierung und den Austausch der Wärmeherzeugung wird nicht aufgeführt, da hier bis 2030 keine substantielle Förderlücke zu erwarten ist.

der verbleibenden 30 % nach der BEG-Förderung in Höhe von 10.000 Euro in 2024 aufnehmen und die Hälfte davon bis 2030 ausfällt, ergeben sich minimal 5,6 Mrd. Euro an zusätzlicher Förderung, bei einem vollständigen Ausfall belaufen sich die Kosten auf maximal 11,3 Mrd. Euro (jährlich 0,8–1,6 Mrd. Euro).

- **Skalierungsbonus.** Um das Angebot von Energiedienstleistungen auszuweiten und vor allem institutionelle Anbieter zu fördern, die den Verkauf von Wärmepumpen bündeln, haben wir den Skalierungsbonus vorgeschlagen (siehe Kapitel 8.3). Die jährlichen Höchstkosten haben wir mit 0,2 Mrd. Euro beziffert (bis 2030: 1,2 Mrd. Euro).

Wie aus Abbildung 8.5 deutlich wird, gibt es zahlreiche Optionen, um diesen geringen zusätzlichen Förderbedarf zu decken.

Im Folgenden stellen wir Handlungsoptionen³ vor, die die Finanzierungslücke schließen können.

Investitionsspielraum durch Reform der Schuldenbremse

Die Schuldenbremse ist in Artikel 109 des Grundgesetzes verankert und zielt darauf ab, dass die öffentlichen Haushalte langfristig ohne strukturelle Neuverschuldung auskommen. Sie begrenzt die Nettokreditaufnahme auf jährlich 0,35 % des Bruttoinlandsproduktes (BIP).

- **Die Erhöhung der im Grundgesetz festgelegten Obergrenze für neue Kredite** ermöglicht bei anhaltendem Wirtschaftswachstum mehr Spielraum für Kreditaufnahmen. Eine solche Anhebung der Schuldenbremse auf 1,5 % des BIP gewährt zusätzliche 47 Mrd. Euro im Haushalt (Beznoska et al., 2023). Dies erfordert allerdings eine Grundgesetzänderung.
- **Wiedereinführung der „goldenen Regel“** durch eine Umgestaltung der Schuldenbremse, sodass neue Kredite zweckgebunden für Investitionen eingesetzt werden können, anstatt unbestimmt für verschiedene Ausgaben zu dienen. Das Finanzierungsvolumen kann sich hierbei am zusätzlichen öffentlichen Investitionsbedarf orientieren, dieser betrug 2019 für das Jahrzehnt 2020–2030 mindestens 457 Mrd. Euro, also 45,7 Mrd. Euro pro Jahr (Bardt et al., 2019). Dies entspricht inflationsbereinigt in etwa 54 Mrd. Euro pro Jahr ab dem Jahr 2024 bis 2030. Die goldene Regel stellt eine langfristige Lösung dar, die eine größere Flexibilität für Investitionsprojekte zulassen würde. Andererseits erfordert dies eine klare Unterscheidung zwischen investiven und konsumtiven Ausgaben sowie eine Zweidrittelmehrheit im Bundestag.

³ Für einen umfassenderen Überblick siehe: Fachrat Energieunabhängigkeit (2023).

→ **Änderung der Konjunkturkomponente** durch eine Überarbeitung der Schätzungsmethode des Produktionspotentials (Bundesbank, 2022; Dezernat Zukunft, n. d.) könnte je nach Berechnungsmethode einen zusätzlichen Spielraum von bis zu 28 Mrd. Euro im Jahr 2024 ermöglichen (Krebs, 2023). Die Modernisierung der Berechnung erfordert keine Grundgesetzänderung.

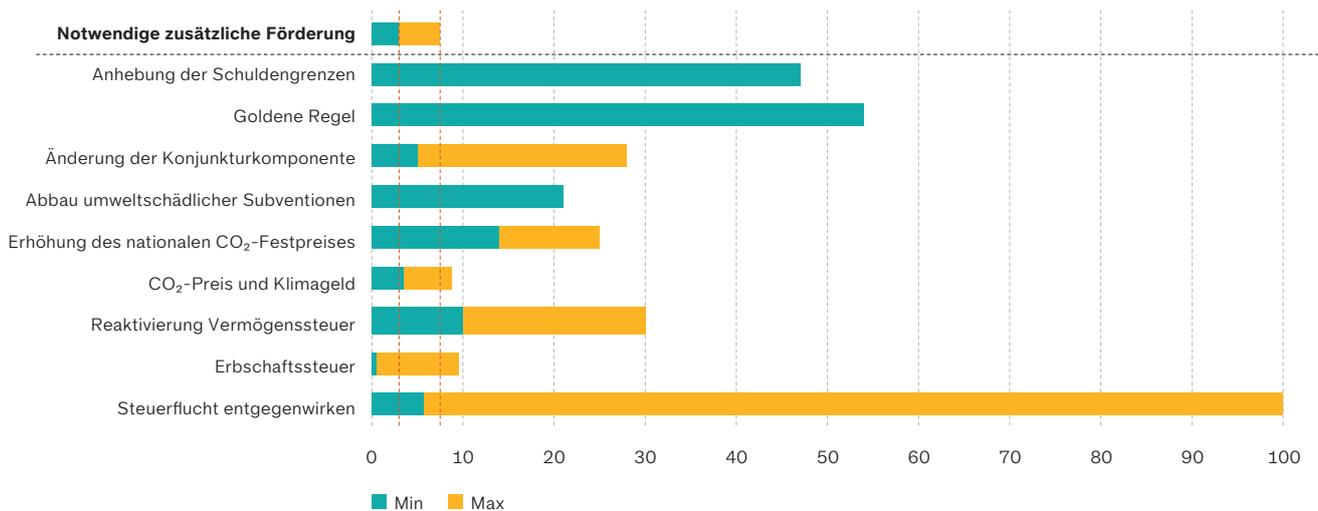


Abbildung 8.5: Notwendige zusätzliche Förderung zur Erdgasunabhängigkeit und geschätzter zusätzlicher fiskalischer Spielraum der Handlungsoptionen in Mrd. Euro pro Jahr. Eigene Berechnungen anhand untenstehender Quellen.

Optimierung der Ausgabenseite

→ Die Aufhebung des Privilegs für Dienstwagen, der Befreiung von der Kerosinsteuer und der steuerlichen Vergünstigungen für Dieseldieselkraftstoff schaffen nicht nur fiskalischen Spielraum, sondern setzen das Vorhaben der Bundesregierung **„überflüssige, unwirksame und umwelt- sowie klimaschädliche“ Subventionen abzubauen** um, wie im Koalitionsvertrag festgehalten (Meemken et al., 2023). Neben Treibhausgasminderungen ergeben sich dadurch Mehreinnahmen in Höhe von knapp 21 Mrd. Euro. 2021 beliefen sich die Kosten für das Dieselprivileg auf 8,2 Mrd. Euro, das Dienstwagenprivileg auf 4,4 Mrd. Euro und die Energiesteuerbefreiung für Kerosin auf 8,3 Mrd. Euro (Umweltbundesamt, 2013; Zerzawy et al., 2021).

Neue Einnahmequellen

1. Die Erhöhung des nationalen CO₂-Festpreises

könnte kurzfristig durch einen Anstieg auf 60 Euro pro Tonne CO₂ staatliche Einnahmen von 14 Mrd. Euro erzielen. Mittelfristig könnte ein durchschnittlicher Preis von 150 Euro pro Tonne CO₂ jährlich staatliche Einnahmen von etwa 35 Mrd. Euro generieren (Agora Energiewende & Verkehrswende, 2023). Ohne flankierende Maßnahmen sind CO₂-Preise sozial regressiv und riskieren, die soziale Unterstützung für die Transformation zu untergraben. Daher sind begleitende soziale Ausgleichsmechanismen von entscheidender Bedeutung, um negative Auswirkungen auf einkommensschwache Haushalte zu mildern. Diese wirken sich unmittelbar auf die Höhe der verfügbaren Finanzmittel für die hier genannten Förderungen aus, weswegen wir darauf kurz eingehen. Im Koalitionsvertrag haben die Regierungsparteien die Einführung des Klimageldes beschlossen, das eine Pauschalzahlung des Staates an Verbraucher:innen darstellt, um den Anstieg der CO₂-Bepreisung auszugleichen. Wird der CO₂-Preis auf

60 bzw. 150 Euro pro Tonne angehoben und 75 % als Klimageld ausgeschüttet, beliefe sich das potenzielle pro-Kopf Klimageld auf 127 bzw. 316 Euro jährlich (DIW Berlin, 2023a). Dem Staat blieben so etwa 3,5 Mrd. bzw. 8,75 Mrd. Euro pro Jahr als Mehreinnahmen.

- 2. Eine Reaktivierung der Vermögenssteuer** würde nach Schätzungen je Prozentpunkt Steuersatz ein Prozent des BIP betragen (Saez & Zucman, 2022). Für Deutschland wären das etwa 38 Mrd. Euro pro Jahr. Bach und Thiemann (2016) gehen für Deutschland von 10–20 Mrd. Euro aus. Vermögenssteuern wirken sich auch positiv auf die Verteilung der Transitionsbelastungen aus: Im Jahr 2019 verursachte das reichste Prozent der deutschen Bevölkerung mehr als 15-mal so viel CO₂, wie die ärmere Hälfte der Bevölkerung (Lorek et al., 2021). Allerdings kann die Bewertung von Vermögenswerten wie Immobilien, Kunstwerken oder Unternehmen komplex sein. Die Besteuerung solcher nicht liquiden Vermögenswerte kann in manchen Fällen zudem Liquiditätsprobleme auslösen.
- 3. Bei der Erbschaftsteuer** sind die Erhebungs- und Befolgungskosten deutlich geringer als bei Vermögenssteuern, da eine Bewertung von Vermögensgegenständen nicht jährlich, sondern im besten Fall nur einmal pro Generation erfolgen muss. Zudem können pauschale Freibeträge und langfristige zinslose Stundungen bürokratischen Aufwand verringern und gleichzeitig gebundenes Vermögen schonen. Annahmen über die Höhe variieren erheblich. Je nach konkreter Ausgestaltung und Steuersatz lassen sich staatliche Mehreinnahmen von 0,5–1 Mrd. Euro bei einem Steuersatz von 10 % bzw. 4–6,5 Mrd. Euro bei einem Steuersatz von 15 % pro Jahr (Beznoska & Hentze, 2021; Jirmann, 2023) realisieren. Bach (2022) sowie Thiemann et al. (2021) gehen von zusätzlichen 9 Mrd. Euro aus, wenn vererbte Unternehmensvermögen besteuert würden.
- 4. Die Schließung von Steuerschlupflöchern** bringt demokratische Vorteile mit sich, wie Steuergerechtigkeit oder Transparenz. Schätzungen zufolge verliert Deutschland insgesamt bis zu 100 Mrd. Euro jährlich durch Steuerhinterziehung und -vermeidung (Hans Böckler Stiftung, 2012). Steuervermeidung und -hinterziehung vollständig zu vermeiden ist schwer umsetzbar. Das Ausnutzen von Lücken im Steuergesetz sowie die Nutzung ausländischer Steueroasen ermöglichen es, Steuern zu minimieren oder zu vermeiden, und diese sind schwer zu kontrollieren. Steuerbehörden haben oft begrenzte Mittel, um Steuerhinterziehung effektiv zu bekämpfen.

10. Zinsvorteile für Investitionen in Erdgasunabhängigkeit

Wir schlagen vor, dass die EZB im Einklang mit ihrem ersten und zweiten Mandat ein temporäres grünes Targeted Long Term Refinancing Operations (TLTRO) Programm einrichtet, das Zinsvorteile für die Vergabe von Krediten an EU-taxonomiekonforme Investitionen koppelt.

Durch die Zinswende haben sich die Finanzierungsbedingungen für Investitionen verschlechtert. Refinanzierungskosten für Projekte in erneuerbare Energien beispielsweise stiegen von 16 % auf bis zu 34 % der Gesamtkosten (Schmidt et al., 2019). Dies hemmt nicht nur Investitionen in die Erdgasunabhängigkeit von Deutschland und Europa, sondern riskiert auch die langfristige Stabilität der Finanzmärkte aufgrund von risikoreichen Investitionen in fossile Wirtschaftsaktivitäten.

Mit einem temporären grünen TLTRO würde die EZB dazu beitragen, Marktversagen der Kapitalmärkte zu beheben, die aufgrund unterschiedlicher Marktgrößen und historischer Erfahrungen in die Richtung bestehender Märkte verzerrt sind und grüne Investitionen benachteiligen (Klooster & van Tilburg, 2020).⁴ Transitionsrisiken werden derzeit von Ratingagenturen nur unzureichend abgebildet.

Ziele

- **Ankurbelung der Kreditvergabe:** Ermutigung der Banken, mehr Kredite für Investitionen in taxonomiekonforme realwirtschaftliche Aktivitäten zu vergeben, dazu gehören auch Investitionen in die Erdgasunabhängigkeit, durch zinsgünstigen Kauf von grünen Wertpapieren und Anleihen.
- **Sicherstellung langfristiger Preisstabilität:** Grüne TLTRO ergänzen die Geldpolitik der EZB und tragen dazu bei, deren Inflationsziele zu erreichen, indem die Energiepreise langfristig sinken und Transitionsrisiken durch Anreize für die frühzeitige Dekarbonisierung gesenkt werden.

Funktionsweise⁵

Temporäre grüne TLTROs sind Refinanzierungsgeschäfte, bei denen der Zinssatz, den Banken für die Refinanzierung zahlen, durch das Volumen der taxonomiekonformen Kredite bestimmt wird.

- Das TLTRO-Programm würde die Refinanzierungskosten auf der Grundlage des Kreditvergabeprofils der Institute und des Anteils grüner Vermögenswerte im Portfolio differenzieren.
- Dafür muss die EZB bewerten, inwieweit die Kreditvergabe der Banken grün ist. Dies kann auf Grundlage bestehender EU-Umweltkriterien für Investitionen, z. B. der EU-Taxonomie Verordnung, geschehen. In dieser wurden Regeln für die Offenlegung einer Green Asset Ratio entwickelt.
- Das Volumen der grünen TLTRO-Kredite wird bestimmt durch das Prozent der neuen Kredite, für die die Bank nachweisen kann, dass sie taxonomiekonform sind. Banken bekommen einen „Zinsdiscount“ für Investitionen in grüne Technologien im Zuge ihrer Refinanzierungsgeschäfte.
- Wie TLTRO-III würde ein grünes TLTRO Programm auf einer Opt-in-Basis funktionieren. Das Programm bietet Anreize zur Teilnahme über den Preis der Refinanzierung.
- Das Programm wäre **zeitlich beschränkt, bis der Markt selbst in der Lage ist das Marktversagen zu beheben** und Ratingagenturen Transitionsrisiken in ihren Bewertungen abbilden.

Hintergrund

Die EZB hat 2019 beschlossen, eine neue Reihe von gezielten längerfristigen Refinanzierungsgeschäften (targeted longer-term refinancing operations – TLTRO-III) durchzuführen. Die TLTRO-III wurden seitdem mehrmals angepasst, um die Preisniveaustabilitätsziele des Eurosystems zu erreichen und die Kreditvergabe zu unterstützen. Die EZB hat in ihrem TLTRO-III Programm bereits Kriterien für die Inanspruchnahme der Zinsvergünstigungen festgelegt. Damals mussten Banken ihre Kreditvergabe über einen bestimmten Zeitraum konstant halten, um die Vergünstigungen in Anspruch zu nehmen. Hier wären grüne Kriterien denkbar. Nachdem das letzte Programm (TLTRO-III) mit der Zinswende nicht fortgeführt wird, werden Investitionen in realwirtschaftliche Aktivitäten derzeit nicht mehr explizit unterstützt. Davon sind auch grüne Investitionen betroffen.

⁴ Die Ausführungen basieren auf Publikationen zum Thema, insbesondere Klooster & van Tilburg (2020).

⁵ Das Design basiert auf Colesanti Senni et al. (2023).

Komptabilität von temporären grünen TLTROs mit dem EZB-Mandat⁶

- Temporäre grüne TLTROs werden zur Erfüllung des primären Mandates der EZB beitragen, indem sie **Marktversagen beheben**, das die allgemeinen wirtschaftlichen Voraussetzungen für Geldwertstabilität untergräbt.
- Temporäre grüne TLTROs würden die **Geldpolitik mit dem sekundären Mandat der EZB in Einklang bringen**. Aus diesem ergibt sich eine Verpflichtung der Berücksichtigung des Klimawandels als Teil der Unterstützung der allgemeinen Wirtschaftspolitik in der EU. Im Unterschied zu anderen Politikzielen sind die klimapolitischen Ziele klar operationalisiert, was der EZB eine Priorisierung erlaubt. Das zweite Mandat ist dem ersten Mandat unterzuordnen. Umweltziele sind nur zu unterstützen, wenn dies ohne Beeinträchtigung der Preisstabilität möglich ist. Dies wäre bei einem grünen TLTRO-Programm der Fall. Die Inflation wird auch durch hohe Energiepreise angetrieben (Pallara et al., 2023). Es ist zu erwarten, dass Investitionen in Substitutionstechnologien für Erdgas und erneuerbare Energien eine preisdämpfende Wirkung haben. Darüber hinaus können grüne Investitionen dazu beitragen, Transitionsrisiken im Zuge der Verknappung der Emissionshandelssystem (ETS)-Zertifikate abzufedern (Bolton et al., 2020).
- Die enge Auslegung des zweiten Mandates der EZB ergibt, dass die EZB es vermeiden sollte, zu weit zu gehen und die Klimapolitik selbst festzulegen, da dies nicht in ihr Mandat und ihre Kompetenz fällt. Durch die Anlehnung an die EU-Taxonomie wäre dies sichergestellt. Die **EZB würde keine eigene Definition von „grünen Aktivitäten“** vornehmen.⁷
- Darüber hinaus würde die EZB mit einem temporären grünen TLTRO Programm die Finanzstabilität des Euroraums befördern und das Risiko ihrer eigenen Bilanz managen (Elderson, 2021). Sie würde **Klima- und Transitionsrisiken in der Realwirtschaft minimieren**, auch da die EZB damit Bemühungen zur Verbesserung der Offenlegung von Nachhaltigkeitsdaten und damit eine Bekämpfung des Marktversagens befördert.

Temporäre grüne TLTROs würden Marktversagen auf mehreren Ebenen bekämpfen

- Das derzeitige Kreditvergabeverhalten der Banken basiert nicht auf angemessenen Risikomanagementpraktiken im Hinblick auf Klima- und Umweltrisiken. Banken fehlen angemessene Systeme, um diese Risiken in ihre Kreditentscheidungen einzubeziehen (ECB, 2022b). Außerdem werden **Transitionsrisiken von Ratingagenturen nur begrenzt abgebildet** (siehe Kapitel 7.3). Durch Anreize für die Kreditvergabe an taxonomiekonforme Wirtschaftsaktivitäten würde die EZB dieser Verzerrung entgegenwirken.
- Die aktuell ungleiche Marktentwicklung und Marktgröße von grünen und fossilen Technologien sowie unterschiedliche Produktivität aufgrund historischer Lerneffekte verzerren die Richtung von Investitionen (Acemoglu et al., 2012). Solch historische Pfadabhängigkeiten sind eine weitere Form von Marktversagen, welches die EZB durch ein grünes TLTRO Programm beheben würde (vergleiche Kapitel 6).
- Differenzierte Zinsen würden nicht die Abbildung von kreditspezifischen Risikoprofilen ersetzen. Dies würde weiterhin durch Aufschläge der Banken abgebildet. Grüne TLTROs folgen stattdessen der Logik, das Kapital für grüne Investitionen insgesamt zu erhöhen, um Marktversagen auszugleichen und langfristige Finanzstabilität sicherzustellen.

⁶ Die folgenden Ausführungen orientieren sich an Colesanti Senni (2023) und Kooster & van Tilburg (2020).

⁷ Siehe auch Ionannidis et al. (2021).

Anhang

Liste der Stakeholder Interviews

Für den Bericht wurden neben den Sitzungen des Fachrats Energieunabhängigkeit insgesamt 60 Stakeholder-Gespräche geführt. Die Teilnehmenden nahmen als kompetente Expert:innen und nicht zwingend als Vertreter:innen von Organisationen an den Gesprächen. Die Erkenntnisse der Gespräche sind in diesen Bericht eingeflossen, wobei Aussagen und Inhalte der Gespräche nicht explizit ausgewiesen werden. Um Transparenz zu gewährleisten und uns für das Engagement im Rahmen des Austausches mit der Fachratsarbeit zu bedanken, legt die folgende Liste die Zugehörigkeit der Stakeholder und Organisationen offen. Eine Auflistung impliziert explizit nicht die Zustimmung dieser Organisation und Person zu den Inhalten und Empfehlungen des Abschlussberichts.

Jana Bosse	GasWende
Britta Kleinertz	Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE)
Andreas Klingemann	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW)
Tim Mennel	Deutsche Energie Agentur (dena)
Tim Sternkopf	Deutsche Energie Agentur (dena)
Heribert Jöris	Zentralverband des Deutschen Baugewerbes (ZDB)
Prof. Dietmar Walberg	ARGE-SH Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen
Lisa Fischer	E3G
Rheanna Johnston	E3G
Aleksandra Waliszewska	E3G
Mareike Herrndorf	Agora Energiewende
Uta Weiß	Agora Energiewende

Darüber hinaus waren wir mit weiteren anonymen Vertreter:innen der folgenden Organisationen im Kontakt:

Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)
Zentraler Immobilien Ausschuss (ZIA)
Bundesverband Wärmepumpe (BWP)
Thermondo
Agora Industrie
Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie
Georgsmarienhütte
BASF
GasWende
Zentralverband der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke (ZVEH)
Deutsche Unternehmensinitiative Energieeffizienz (DENEFF)
Hauptverband der Deutschen Bauindustrie (Die BAUINDUSTRIE)
Deutscher Städte und Gemeindebund (DStGB)
Verband kommunaler Unternehmen (VKU)

Datenanhang

Der Datenanhang im Excel unter fachrat-energieunabhängigkeit.de/bericht enthält die den Grafiken unterliegenden Daten.

Literaturverzeichnis

- Acemoglu, D., Aghion, P., Bursztyn, L., & Hémous, D. (2012). The Environment and Directed Technical Change. *American Economic Review*, 102(1), 131–166. <https://doi.org/10.1257/aer.102.1.131>
- Acemoglu, D., Akcigit, U., Hanley, D., & Kerr, W. (2016). Transition to Clean Technology. *Journal of Political Economy*, 124(1), 52–104. <https://doi.org/10.1086/684511>
- AGEB. (2023). *Anwendungsbilanzen zur Energiebilanz Deutschland Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungszwecken*. AG Energiebilanzen. https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2023/01/AGEB_22p2_rev-1.pdf
- AGFW. (2020). *Leitfaden zur Erschließung von Abwärmequellen für die Fernwärmeversorgung* (Ein Leitfaden Des AGFW | Der Energieeffizienzverband Für Wärme, Kälte Und KWK e. V.). AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. <https://www.agfw.de/strategien-der-waermewende/perspektive-der-fw-7070-4040>
- Agora Energiewende. (2020). *Klimaneutrale Industrie: Schlüsseltechnologien und Politikoptionen für Stahl, Chemie und Zement*. https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2018/Dekarbonisierung_Industrie/164_A-EW_Klimaneutrale-Industrie_Studie_WEB.pdf
- Agora Energiewende. (2023). *Ein neuer Ordnungsrahmen für Erdgasverteilnetze. Analysen und Handlungsoptionen für eine bezahlbare und klimazielkompatible Transformation*. https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2022/2022-06_DE_Gasverteilnetze/A-EW_291_Gasverteilnetze_WEB.pdf
- Agora Energiewende & Industrie. (2022). *12 Thesen zu Wasserstoff*. https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_11_H2_Insights/A-EW_258_12_Thesen_zu_Wasserstoff_WEB.pdf
- Agora Energiewende & Verkehrswende. (2023). *Der CO₂-Preis für Gebäude und Verkehr. Ein Konzept für den Übergang vom nationalen zum EU-Emissionshandel*. https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2023/2023-26_DE_BEH_ETS_II/A-EW_311_BEH_ETS_II_WEB.pdf
- Agora Industrie. (2023). *Global Steel Transformation Tracker*. <https://www.agora-industry.org/data-tools/global-steel-transformation-tracker>
- Agora Industry & Wuppertal Institute. (2023). *15 insights on the global steel transformation* (Agora Industry Impulse). https://www.agora-industry.org/fileadmin/Projekte/2021/2021-06_IND_INT_GlobalSteel/A-EW_298_GlobalSteel_Insights_WEB.pdf
- Agora Verkehrswende. (2022). *Powering the Automotive Jobs of the Future: How the electrification of transport and other trends will change jobs in the automotive sector up to 2030 – and what this means for policymakers*. https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2021/BCG-Jobstudie/70_Jobeffekte_EN.pdf
- Ahrendts, F., Drechsler, B., Hendricks, J., Küpper, J., Lang, S., Peil, T., Scholz, D., Timofeeva, E., Utri, M., Weidinger, L., Kraus, A., Weiß, U., & Müller, S. (2023). *Roll-out von Großwärmepumpen in Deutschland*. <https://doi.org/10.24406/PUBLICA-1440>
- Albrecht, T., Deffner, J., Dunkelberg, E., Hirschl, B., van der Land, V., Stieß, I., Vogelpohl, T., Weiß, J., & Zundel, S. (2010). *Zum Sanieren motivieren Eigenheimbesitzer zielgerichtet für eine energetische Sanierung gewinnen*. ENEF Haus. https://www.ioew.de/fileadmin/_migrated/tx_ukioewdb/Zum_Sanieren_Motivieren.pdf
- Altermatt, P. P., Clausen, J., Brendel, H., Breyer, C., Gerhards, C., Kemfert, C., Weber, U., & Wright, M. (2023). *Replacing gas boilers with heat pumps is the fastest way to cut German gas consumption*. *Communications Earth & Environment*, 4(1), 56. <https://doi.org/10.1038/s43247-023-00715-7>
- ARGE. (2023). *Status und Prognose: So baut Deutschland – so wohnt Deutschland. Der Chancen-Check für den Wohnungsbau* (Bauforschungsbericht Nr. 86). Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen. <https://igbau.de/Binaries/Binary18974/WOHNUNGSBAU-STUDIE-So-baut-Deutschland-So-wohnt-Deutschland-ARGE-2023.pdf>
- Ariadne. (2023, November 21). *Ariadne Transformation Tracker*. Ariadne Transformation Tracker. <https://tracker.ariadneprojekt.de/de>
- Aunedi, M., Olympios, A. V., Pantaleo, A. M., Markides, C. N., & Strbac, G. (2023). System-driven design and integration of low-carbon domestic heating technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 187, 113695. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113695>
- Automobilwoche. (2023, April 14). *Deutsche Hersteller verlieren Marktanteile in China*. *Automobilwoche.de*. <https://www.automobilwoche.de/agenturmeldungen/deutsche-hersteller-verlieren-marktanteile-china>
- Bach, S. (2022). *Erbschaftsteuer: Privilegien abschaffen*.
- BAFA. (n. d.). *Modul 5: Transformationskonzepte. Bundesamt Für Wirtschaft Und Ausfuhrkontrolle*. Retrieved December 4, 2023, from https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme/Modul5_Transformationskonzepte/modul5_transformationskonzepte_node.html
- BAFA. (2023). *Aufbauprogramm Wärmepumpe. Bundesamt Für Wirtschaft Und Ausfuhrkontrolle*. https://www.bafa.de/DE/Wirtschaft/Fachkraefte/Aufbauprogramm_Waermepumpe/aufbauprogramm_waermepumpe_node.html
- Baker, D., & Whitaker, B. (2023). *The Case for Private Market Investments*. Laird Norton. <https://lairdnortonwm.com/wp-content/uploads/Private-Market-Investments-1.pdf>
- Bantle, C., & Wiersich, J. (2022). *Gasverbrauch: Heizen wir weniger als sonst? Analyse des aktuellen Gasverbrauchs von Haushaltskunden und kleineren bis mittleren Gewerbekunden (SLP-Kunden)* (Diskussionspapier). Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft. https://www.bdew.de/media/documents/221209_Diskussionspapier_Gaseinsparung_FINAL_mitAP.pdf
- Bardt, H., Dullien, S., Hüther, M., & Rietzler, K. (2019). *Für eine solide Finanzpolitik: Investitionen ermöglichen!* (IW-Policy Paper 10/19). Institut der deutschen Wirtschaft Köln. <https://www.iwkoeln.de/studien/hubertus-bardt-michael-huether-investitionen-ermoeglichen.html>
- Barrage, L., & Nordhaus, W. (2023). *Policies, Projections, and the Social Cost of Carbon: Results from the DICE-2023 Model* (w31112; p. w31112). National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w31112>
- Baselli, V. (2023, November 24). *Europas Gasspeicher sind prall gefüllt. Was sind die Risiken in diesem Winter?* *Morningstar DE*. <https://www.morningstar.de/de/news/243110/europas-gasspeicher-sind-prall-gef%fc3%bc1t-was-sind-die-risiken-in-diesem-winter.aspx>
- BBSR. (2017). *Börsennotierte Wohnungsunternehmen als neue Akteure auf dem Wohnungsmarkt: Börsengänge und ihre Auswirkungen*. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2017/bbsr-online-01-2017-dl.pdf;jsessionid=C2ACAA2D68651D9D19EA47068382F9B1.live21304?__blob=publicationFile&v=1
- BBSR. (2021). *Kommunale Wohnungsbestände: Mietengestaltung - Ausweitung - Investition. Ergebnisse der BBSR-Kommunalbefragung 2018*. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2021/kommunale-wohnungsbestaende-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=2

- BDEW. (2023a).** *Die Energieversorgung 2022. Jahresbericht* (p. 56).
https://www.bdew.de/media/documents/Pub_20230601_Jahresbericht-2022-UPDATE-mai-2023.pdf
- BDEW. (2023b, June 6).** *Entwicklung der Heizungsstruktur im Neubau – Baufertigstellungen*.
<https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/entwicklung-beheizungsstruktur-baufertigstellungen/>
- BDEW. (2023c, October 10).** *Beheizungsstruktur des Wohnungsbestandes in Deutschland*. Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft. <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/beheizungsstruktur-wohnungsbestand/>
- BDEW. (2023d, October 19).** *Erdgasabsatz in Deutschland*. Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft.
<https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/erdgasabsatz-nach-kundengruppen/>
- BDEW & EY. (2022).** *Teure neue Energiewelt* (Stadtwerkstudie 2022).
https://www.ey.com/de_de/forms/download-forms/2022/05/ey-und-bdew-stadtwerkstudie-2022
- BDEW & EY. (2023).** *Mit neuen Strategien aus der Krise: Zukunftsinvestitionen in eine nachhaltige Energieversorgung* (Stadtwerkstudie 2023). https://www.bdew.de/media/original_images/2023/06/09/ey_bdew_sws_2023.pdf
- BDH. (2023).** *Marktentwicklung Wärmemarkt Deutschland 2022*. Bundesverband der deutschen Heizungsindustrie.
https://www.bdh-industrie.de/fileadmin/user_upload/Pressemeldungen/Marktentwicklung_Waermemarkt_Deutschland_2022.pdf
- BDI. (2023).** *Industriebericht: Industrieproduktion und Handel nach Branchen*. Bundesverband der Deutschen Industrie.
https://issuu.com/bdi-berlin/docs/20230417_research_bdi_industriebericht_april_2023
- Becker Büttner Held. (2023).** *Regulatorische Anpassungsbedarfe zur Transformation der Gasversorgung im Kontext der Wärmewende*.
https://www.vku.de/fileadmin/user_upload/Verbandsseite/Presse/Pressemittelungen/2023/Regulatorische_Anpassungsbedarfe_zur_Transformation_der_Gasversorgung_im_Kontext_der_Waermewende_.pdf
- Beer, M., Schirmacher, J., Bichler, M., Hohmeyer, O., Hörter, A., Sommer, B., & Utz, J. (2017).** *Schlüsselakteure bewegen kommunalen Klimaschutz. AP 2: Grundlagenpapier zum theoretischen Hintergrund*. Europa-Universität Flensburg und Zentrum für Nachhaltige Energiesysteme. http://schluesselakteure.de/wp-content/uploads/2017/10/20170927_Grundlagenpapier_final.pdf
- Behr, S. M., Küçük, M., & Neuhoff, K. (2023).** *Energetische Modernisierung von Gebäuden sollte durch Mindeststandards und verbindliche Sanierungsziele beschleunigt werden* (DIW Aktuell Nr. 87). Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung.
https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.868217.de/diw_aktuell_87.pdf
- Beier, C., Grunwald, L., Hagemeyer, A., Hunstock, B., Krassowski, J., Witkowski, S., Buß, K., Hasselmann, M., Höffner, D., Maitanova, N., Rogotzki, R., & Schill, C. (2020).** *Abschlussbericht des Forschungsvorhabens TrafoSW – Transformation von Stadtwerken als wichtige Säule der Energiewende*. Fraunhofer UMSICHT. https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/referenzen/trafosw/TrafoSW_03ET1518A_Abschlussbericht_UMSICHT.pdf
- Beznoska, M., & Hentze, T. (2021).** *Eine Abschätzung des Potential der Erbschaftssteuer zur Entlastung des Faktors Arbeit* (IW-Policy Paper 18/21). Institut der deutschen Wirtschaft Köln.
https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/policy_papers/PDF/2021/IW-Policy_Paper_2021_Potentiale-Erbschaftssteuer.pdf
- Beznoska, M., Hentze, T., Rietzler, K., & Werding, M. (2023).** *Herausforderungen für nachhaltige Staatsfinanzen* (IW-Trends 3/2023). Institut der deutschen Wirtschaft Köln.
<https://www.iwkoeln.de/studien/martin-beznoska-tobias-hentze-herausforderungen-fuer-nachhaltige-staatsfinanzen.html>
- BfEE. (2023).** *Contracting*. Bundesstelle Für Energieeffizienz.
https://www.bfee-online.de/BfEE/DE/Energiedienstleistungen/Contracting/contracting_node.html
- Biesl, A., Burkhardt, M., & Wendel, F. (2023).** *Analyse: Transformation und Rolle der Wärmenetze*. Ariadne.
<https://ariadneprojekt.de/publikation/analyse-transformation-und-rolle-der-waermenetze/>
- Birk, K. (2022).** *Klimaschutz und Wohnungsbau misslingen ohne Handwerker. Deutsche Handwerks Zeitung (DHZ)*.
<https://www.deutsche-handwerks-zeitung.de/klimaschutz-und-wohnungsbau-misslingen-ohne-handwerker-227166/>
- BLE. (2021).** *Merkblatt Technologiereifegrade. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung*. https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Projektoerderung/Innovationen/DIP/Merkblatt-Technologiereifegrade.pdf?__blob=publicationFile&v=2
- BMF. (2022).** *BMF-Monatsbericht November 2022: Bundespolitik und Kommunalfinanzen in Krisenzeiten*. Bundesministerium der Finanzen. <https://www.bundesfinanzministerium.de/Monatsberichte/2022/11/Inhalte/Kapitel-3-Analysen/3-1-bundespolitik-und-kommunalfinanzen-in-krisenzeiten.html>
- BMWK. (2017).** *Initiative Energieeffizienz- und Klimaschutz-Netzwerke*. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz.
https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Themen_und_Projekte/Strom/Initiative_EnergieEffizienz_-_Unternehmen_und_Institutionen/Vereinbarung-Effizienznetzwerke_8_8_2017.pdf
- BMWK. (2022a).** *Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz ruft Frühwarnstufe des Notfallplans Gas aus – Versorgungssicherheit weiterhin gewährleistet* [Pressemitteilung]. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilung/en/2022/03/20220330-bmwk-ruft-fruehwarnstufe-des-notfallplan-gas-versorgungssicherheit-gewaehrleistet.html>
- BMWK. (2022b).** *Transformation zu einer klimaneutralen Industrie: Grüne Leitmärkte und Klimaschutzverträge*. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Ministerium/Veroeffentlichung-Wissenschaftlicher-Beirat/transformation-zu-einer-klimaneutralen-industrie.pdf?__blob=publicationFile&v=8
- BMWK. (2023a).** *Begleitung von BMWK-Maßnahmen zur Umsetzung einer Wärmepumpen-Offensive* (RV 115/21). Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz.
https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/ergebnisbericht-waermepumpen-offensive-bf.pdf?__blob=publicationFile&v=1
- BMWK. (2023b).** *BKR-Bundesregelung Transformationstechnologien* [BAnz AT 04.08.2023 B1]. Bundesanzeiger.
<https://www.bundesanzeiger.de/pub/publication/z1UOYpff38bpb09Pk9N/content/z1UOYpff38bpb09Pk9N/BAnz%20AT%2004.08.2023%20B1.pdf?inline>
- BMWK. (2023c).** *BMWK baut mit neuem Praxis-Check-Verfahren konkret unnötige Bürokratie ab. Überblickspapier zum neuen Instrument des Praxischecks*. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Gesetz/20230816-ueberblickspapier-instrument-praxischeck.pdf?__blob=publicationFile&v=6
- BMWK. (2023d).** *Dritter Wärmepumpengipfel: Breites Akteursbündnis bekräftigt Zusammenarbeit beim Wärmepumpenhochlauf* [Pressemitteilung]. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/09/20230919-dritter-waermepumpengipfel-breites-akteursbuenndnis-bekraefftigt-zusammenarbeit-beim-waermepumpenhochlauf.html>
- BMWK. (2023e).** *Eckpunktepapier zur Diskussion der Beschleunigung des Wärmepumpenhochlaufs – Vorhaben und Maßnahmen zum 2. Wärmepumpen-Gipfel*. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz.
https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/2-waermepumpen-gipfel-eckpunktepapier.pdf?__blob=publicationFile&v=6

- BMWK. (2023f).** *Förderung für den Heizungstausch auf einen Blick (BEG)*. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. https://www.energiewechsel.de/KAENEFF/Redaktion/DE/Downloads/230905-foerderung-heizungstausch-beg.pdf?__blob=publicationFile&v=5
- BMWK. (2023g).** *Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie*. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/fortschreibung-nationale-wasserstoffstrategie.html>
- BMWK. (2023h).** *Maschinen- und Anlagenbau*. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Branchenfokus/Industrie/branchenfokus-maschinen-und-anlagenbau.html>
- BMWK. (2023i).** *Richtlinie zur Förderung von klimaneutralen Produktionsverfahren in der Industrie durch Klimaschutzverträge*. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/F/klimaschutzvertraege-foerderrichtlinie.pdf?__blob=publicationFile&v=2
- BMWK. (2023j).** *Zwischenbericht der Systementwicklungsstrategie* [Zwischenbericht]. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/20231122-zwischenbericht-der-systementwicklungsstrategie.pdf?__blob=publicationFile&v=11
- BMWK. (2023k).** *Bundesförderung Aufbauprogramm Wärmepumpe*. Förderdatenbank.de. <https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Bund/BMWi/aufbauprogramm-waermepumpe.html>
- BMWK. (2023l).** *Erdgasversorgung in Deutschland. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz*. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/gas-erdgasversorgung-in-deutschland.html>
- BMWK. (2023m, June 13).** Fernwärme soll klimaneutrale Wärmeversorgung sichern. *Newsletter „Energiewende Direkt.“* <https://www.bmwk-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2023/06/Meldung/News1.html>
- BMWK. (2023n, July 10).** *Reallabore – Testräume für Innovation und Regulierung*. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/reallabore-testraeume-fuer-innovation-und-regulierung.html>
- BMWK. (2023o, October 17).** Wärmepumpen: Im Europavergleich muss Deutschland aufholen. *Newsletter „Energiewende Direkt.“* <https://www.bmwk-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2023/09/Meldung/direkt-erfasst.html>
- BMWSB. (2022).** *Faktenblätter zum deutschen Wohnungsmarkt 2022*. Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen. https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/veroeffentlichungen/wohnen/faktenblaetter-zum-deutschen-wohnungsmarkt-2022.pdf?__blob=publicationFile&v=2
- BMWSB. (2023).** *Entwurf eines Gesetzes für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze. Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen*. https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/gesetzgebungsverfahren/Webs/BMWSB/DE/Downloads/kabinettsfassung/kommunale-waermeplanung.pdf;jsessionid=79B08C8A16F7114D297DFA237D2FB436.2_cid5004?__blob=publicationFile&v=1
- Bolton, P., Despres, M., Pereira da Silva, L. A., Samama, F., & Svartzman, R. (2020).** *The green swan—Central banking and financial stability in the age of climate change*. Bank for International Settlements. <https://www.bis.org/publ/othp31.pdf>
- Bosch. (2023).** *Bosch investiert weiter in den Ausbau seiner europäischen Wärmepumpen-Standorte* [Pressemitteilung]. <https://www.bosch-homecomfortgroup.com/de/news-und-stories/news/bosch-investiert-weiter-in-den-ausbau-seiner-europaeischen-waermepumpen-standorte/>
- Brand, S., & Salzgeber, J. (2023).** Kommunalfinanzen in Zeiten steigender Zinsen. *Wirtschaftsdienst*, 103(1), 55–61.
- Braungart, S., & Bürger, V. (2023).** *Abschätzung der Minderungswirkung der 65%- Anforderung im GEG-Entwurf*. Öko-Institut. <https://www.oeko.de/publikation/abschaetzung-der-minderungswirkung-der-65-anforderung-im-geg-entwurf/>
- BSW-Solar. (2023).** *Statistische Zahlen der deutschen Solarstrombranche (Photovoltaik)*. Bundesverband Solarwirtschaft. https://www.solarwirtschaft.de/datawall/uploads/2022/02/bsw_faktenblatt_photovoltaik.pdf
- Buchenau, M.-W. (2023, April 19).** *Aufholjagd bei Wärmepumpen: Bosch baut neues Werk in Polen*. <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/heizungen-aufholjagd-bei-waermepumpen-bosch-baut-neues-werk-in-polen/29103468.html>
- Bundesbank. (2021).** *Finanzstabilitätsbericht 2021*. <https://www.bundesbank.de/resource/blob/879732/ce21f3162cbac988167d9364dbd37f7d/mL/2021-finanzstabilitaetsbericht-data.pdf>
- Bundesbank. (2022).** Die Schuldenbremse des Bundes: Möglichkeiten einer stabilitätsorientierten Weiterentwicklung. *Monatsbericht April 2022*, 53–70.
- Bundesnetzagentur. (2023a).** *Gas-Winterszenarien 2023/2024*. https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Gasversorgung/Krisenvorbereitung/Download/231102_gas_szenarien.pdf?__blob=publicationFile&v=1
- Bundesnetzagentur. (2022).** *Rückblick: Gasversorgung im Jahr 2022*. https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Gasversorgung/aktuelle_gasversorgung/Rueckblick/start.html
- Bundesnetzagentur. (2023b).** *Aktuelle Lage Gasversorgung—Gasimporte in GWh/Tag*. https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Gasversorgung/aktuelle_gasversorgung/_svg/Gasimporte/Gasimporte.html?nn=652300
- Bundesnetzagentur. (2023c).** *Aktuelle Lage Gasversorgung—Gasverbrauch in Deutschland, monatlicher Mittelwert*. https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Gasversorgung/aktuelle_gasversorgung/_svg/Gasverbrauch_Gesamt_monatlich/Gasverbrauch_Gesamt_2023.html?nn=652300
- Bundesregierung. (2023a).** *Entwurf eines Gesetzes über die Feststellung des Bundeshaushaltsplans für das Haushaltsjahr 2024 – Drucksache 20/7800*.
- Bundesregierung. (2023b).** *Strompreispaket für produzierende Unternehmen – Bundesregierung entlastet stromintensive Unternehmen* [Pressemitteilung]. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/strompreispaket-fuer-produzierende-unternehmen-bundesregierung-entlastet-stromintensive-unternehmen-2235602>
- Bundesregierung. (2022, November 7).** *Klimaschutzgesetz: Generationenvertrag für das Klima*. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz/klimaschutzgesetz-2021-1913672>
- Bundesregierung. (2023c, August 16).** *Kabinett beschließt Solarpaket. Mehr Solarstrom, weniger Bürokratie*. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/solarpaket-2213726>
- Bundesregierung. (2023d, September 8).** *Gesetz für Erneuerbares Heizen: Für mehr klimafreundliche Heizungen*. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz/neues-gebaeudeenergiegesetz-2184942>
- Bundestag. (2023).** *Finanzplan des Bundes 2023 bis 2027 (Drucksache 20/7801)*. <https://dserver.bundestag.de/btd/20/078/2007801.pdf>
- Bürger, V. (2022).** *Fernwärme – bedeutender Baustein für die Wärmewende*. Transforming Economies. <https://transforming-economies.de/fernwaerme-bedeutender-baustein-fuer-die-waermewende/>

- Bürger, V., Braungardt, S., & Miara, M. (2022). *Durchbruch für die Wärmepumpe. Praxisoptionen für eine effiziente Wärmewende im Gebäudebestand. Studie im Auftrag von Agora Energiewende*. Agora Energiewende. <https://www.agora-energiewende.de/publikationen/durchbruch-fuer-die-waermepumpe>
- Burret, H., Kirchner, A., Kreidelmeyer, S., Ambros, J., Limbers, J., Brutsche, A., Granzow, M., & Häßler, R. D. (2021). *Beitrag von Green Finance zum Erreichen von Klimaneutralität in Deutschland* [Prognos im Auftrag der KfW]. <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Studien-und-Materialien/Green-Finance-und-Klimaneutralitaet.pdf>
- BWP. (2023a). *Wärmepumpenabsatz 2022: Wachstum von 53 Prozent gegenüber dem Vorjahr* [Pressemitteilung]. Bundesverband Wärmepumpe. <https://www.waermepumpe.de/presse/news/details/waermepumpenabsatz-2022-wachstum-von-53-prozent-gegenueber-dem-vorjahr/>
- BWP. (2014, June 16). *Wie hoch ist die Lebensdauer einer Wärmepumpe? Wie kann ich diese erhöhen?* Bundesverband Wärmepumpe. <https://www.waermepumpe.de/waermepumpe/darum-waermepumpe/experten/wie-hoch-ist-die-lebensdauer-einer-waermepumpe-wie-kann-ich-diese-erhoehen/>
- BWP. (2023b, November 13). *Zusammensetzung des Strom-, Gas- und Ölpreises im Jahr 2022*. Bundesverband Wärmepumpe. <https://www.waermepumpe.de/politik/energiepreise/>
- Cebon, D. (2020). *Hydrogen for Heating?* Centre for Sustainable Road Freight. <https://www.csrf.ac.uk/blog/hydrogen-for-heating/>
- Ciummo, S., Walch, F., & Breitenstein, M. (2022). Disclosure of Climate Change Risk in Credit Ratings. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4218357>
- Climate Action Tracker. (2023). *Targets for Germany*. <https://climateactiontracker.org/countries/germany/targets/>
- Coalition for Urban Transitions. (2019). *Climate Emergency, Urban Opportunity. Climate-Emergency-Urban-Opportunity-report.pdf*. World Resources Institute (WRI) Ross Center for Sustainable Cities and C40 Cities Climate Leadership Group. <https://urbantransitions.global/wp-content/uploads/2019/09/Climate-Emergency-Urban-Opportunity-report.pdf>
- Colesanti Senni, C., Pagliari, M. S., & Klooster, J. (2023). *The CO₂ Content of the TLTRO III Scheme and its Greening* (Working Paper No. 792). De Nederlandsche Bank. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4613820>
- CRIF. (2022). *10 Prozent der Unternehmen in Deutschland sind insolvenzgefährdet – Anstieg der Firmeninsolvenzen in 2022 und 2023 prognostiziert* [Pressemitteilung]. <https://crif.de/pr-events/pressemitteilungen/2022/november/15/10-prozent-der-unternehmen-in-deutschland-sind-insolvenzgefaehrdet-anstieg-der-firmeninsolvenzen-in-2022-und-2023-prognostiziert/>
- Daikin. (2021). *Investitionen in Höhe von 840 Millionen Euro und Schaffung von 4.000 Arbeitsplätzen—Daikin Europe N.V. stellt 5-Jahres-Plan vor* [Pressemitteilung]. https://www.daikin.de/de_de/pressemitteilungen/investitionen_in_hoehe_von_840_millionen.html
- Daikin. (2022). *Daikin Europe investiert 300 Mio. Euro in neues Werk für Wärmepumpen in Polen* [Pressemitteilung]. https://www.daikin.at/de_at/pressemitteilungen/daikin-europe-invests-300-million-in-new-polish-heat-pump-heatin.html
- Danish Energy Agency. (2015). *Regulation and planning of district heating in Denmark*. https://ens.dk/sites/ens.dk/files/contents/material/file/regulation_and_planning_of_district_heating_in_denmark.pdf
- Daube, C. H., & Krivenkov, V. (2023). *Aktuelle Bewertung von Bonitätsrisiken bei deutschen Immobilien-Unternehmen* (IUCF Working Paper No. 2/2023 2/2023). ZBW – Leibniz Information Centre for Economics. <https://www.econstor.eu/handle/10419/267845>
- DEHSt. (2023). *Nationalen Emissionshandel verstehen*. Deutsche Emissionshandelsstelle. https://www.dehst.de/DE/Nationaler-Emissionshandel/nEHS-verstehen/nehs-verstehen_node.html
- dena. (2023). *Wärmepumpen im Gebäudesektor: Eine Technologie für eine fossillfreie Wärmeversorgung*. Deutsche Energie-Agentur. <https://www.dena.de/newsroom/publikationsdetailansicht/pub/analyse-waermepumpen-im-gebuedesektor/>
- DENEFF. (2023). *Finanzinnovationen für die Wärmewende*. Deutsche Unternehmensinitiative Energieeffizienz. https://deneff.org/wp-content/uploads/2023/09/20230922_DENEFF_Finanzinnovationen-Waermewende.pdf
- Der Neue Kämmerer. (2017). *Stadtwerke—Fit für die Zukunft?* <https://www.parlament-berlin.de/ados/18/WiEnBe/vorgang/web18-0007-DNK-Stadtwerke-Studie.pdf>
- Der Neue Kämmerer. (2019). *Stadtwerke – fit für die Zukunft? 2019*. <https://www.derneuekaemmerer.de/research/studien/stadtwerke-fit-fuer-die-zukunft-2019/>
- Destatis. (2023a). *Energieverbrauch der Industrie 2022 um 9,1 % gegenüber dem Vorjahr gesunken* [Pressemitteilung]. Statistisches Bundesamt. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/11/PD23_432_435.html
- Destatis. (2023b). *Inflationsrate im Jahr 2022 bei +7,9 %* [Pressemitteilung]. Statistisches Bundesamt. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/01/PD23_022_611.html
- Destatis. (2023c). *Produktion von Wärmepumpen in den ersten drei Quartalen 2022 um 49 % gegenüber Vorjahreszeitraum gestiegen* [Pressemitteilung]. Statistisches Bundesamt. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/03/PD23_N014_42_51.html
- Destatis. (2023d). *Kleine und mittlere Unternehmen (KMU)*. Statistisches Bundesamt. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Unternehmen/Kleine-Unternehmen-Mittlere-Unternehmen/Glossar/kmu.html>
- Destatis. (2023e, December 13). *Beschäftigte und Umsatz der Betriebe im Verarbeitenden Gewerbe: Deutschland, Jahre, Beschäftigtengrößenklassen, Wirtschaftszweige*. GENESIS-Online. <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=table&code=42271-0006&bypass=true&levelindex=1&levelid=1700400543155#abreadcrumb>
- Dezernat Zukunft. (n. d.). *Die deutsche Schuldenbremse*. schuldenbremse.info. Retrieved December 18, 2023, from <https://schuldenbremse.info/>
- Dezernat Zukunft & Agora Energiewende. (2023). *LNG, Energiesicherheit und Klimaschutz: Wege aus dem Spannung* <https://www.dezernatzukunft.org/wp-content/uploads/2023/06/Heilmann-et-al.-2023-LNG-Energiesicherheit-und-Klimaschutz-Wege-aus-dem-Spannungsfeld.pdf>
- DIW Berlin. (2023a). *CO₂-Bepreisung: Klimageld würde insbesondere einkommensschwachen Haushalten helfen* [Pressemitteilung]. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung. https://www.diw.de/de/diw_01.c.874267.de/co2-bepreisung__klimageld_wuerde__insbesondere_einkommensschwachen_haushalten_helfen.html
- DIW Berlin. (2023b, July 4). *Die Bundesregierung überschätzt den Bedarf an Flüssiggas-Infrastruktur. Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung*. https://www.diw.de/de/diw_01.c.876568.de/nachrichten/die_bundesregierung_ueberschaetzt_den_bedarf_an_fluessiggas-infrastruktur.html
- Dixit, R. K., & Pindyck, R. S. (1994). *Investment under Uncertainty*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.1515/9781400830176>
- DStGB. (2022a). *Bilanz 2022 + Ausblick 2023 der deutschen Städte und Gemeinden: Mit starken Kommunen sicher durch unsichere Zeiten*. Deutscher Städte- und Gemeindebund. <https://www.dstgb.de/publikationen/dokumentationen/bilanz-2022-ausblick-2023/bilanz-22-23-final-web.pdf?cid=tzv>

- DStGB. (2022b).** *Düstere Aussichten für die Kommunalfinanzen—Schutzschirm für Stadtwerke notwendig* [Pressemitteilung]. <https://www.dstgb.de/publikationen/pressemitteilungen/duestere-aussichten-fuer-die-kommunalfinanzen/>
- DStGB. (2023).** *Kommunen fordern Wärmewende mit Plan und Augenmaß* [Pressemitteilung]. Deutscher Städte- und Gemeindebund. <https://www.dstgb.de/publikationen/pressemitteilungen/kommunen-fordern-waermewende-mit-plan-und-augenmass/>
- Durth, R. (2017).** *Sanieren oder nicht sanieren – Welche Gründe entscheiden über die energetische Sanierung von Wohngebäuden?* (194; KfW Research). Kreditanstalt für Wiederaufbau. <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-2017/Fokus-Nr.-194-Dezember-2017-Sanierungshemmnisse.pdf>
- DZ Bank Group. (2022).** *2022 Sustainability Report*. https://www.dzbank.com/content/dam/dzbank/dokumente/en/dz-bank/investor-relations/reports/archive/2022/DZB_NHB_2022_EN.pdf
- ECB. (2022a).** *2022 climate risk stress test*. ECB Banking Supervision. https://www.bankingsupervision.europa.eu/ecb/pub/pdf/ssm.climate_stress_test_report.20220708~2e3cc0999f.en.pdf
- ECB. (2022b).** *Supervisory assessment of institutions' climate-related and environmental risks disclosures*. ECB Banking Supervision. https://www.bankingsupervision.europa.eu/ecb/pub/pdf/ssm.ECB_Report_on_climate_and_environmental_disclosures_202203~4ae33f2a70.en.pdf
- ECB. (2023a).** *Economic Bulletin Issue 4, 2023*. European Central Bank. <https://www.ecb.europa.eu/pub/economic-bulletin/html/eb202304.en.html>
- ECB. (2023b, July 25).** *Stress tests*. <https://www.bankingsupervision.europa.eu/banking/tasks/stresstests/html/index.en.html>
- Effenberger, A., Enkelmann, S., Menzel, C., Neumann, D., & Stolle, J. (2020).** *Marktkonzentration, Produktivität und Preisaufschläge: Deskriptive Evidenz auf Basis amtlicher Daten für Deutschland* (Diskussionspapier Nr. 9). Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Diskussionspapiere/20200716-diskussionspapier-marktkonzentration-produktivitaet-und-preisaufschlaege.pdf?__blob=publicationFile
- EFRAG. (2022).** *Draft European Sustainability Reporting Standards*. <https://www.efrag.org/lab6>
- EHI. (2021).** *Heating Market Report 2021*. European Heating Industry. <https://ehi.eu/heating-market-report/heating-market-report-2021/>
- EHPA. (2023).** *PORT PC: 2022 was the Year of Heat Pumps in Poland*. European Heat Pump Association. <https://www.ehpa.org/news-and-resources/news/port-pc-2022-was-the-year-of-heat-pumps-in-poland/>
- Eicke, A., Hirth, L., Mühlenpfordt, J., & Schlecht, I. (2023).** *Industriestrompreis: Ausgestaltungsoptionen für eine befristete Produktionssubvention für die stromkostenintensive Industrie im internationalen Wettbewerb*. Neon Neue Energieökonomik. <https://neon.energy/Neon-Industriestrompreis.pdf>
- Elderson, F. (2021, February 13).** Greening monetary policy. *ECB Blog*. <https://www.ecb.europa.eu/press/blog/date/2021/html/ecb.blog210213~7e26af8606.en.html>
- Ember. (2023).** *Carbon Price Tracker*. Ember. <https://ember-climate.org/data/data-tools/carbon-price-viewer/>
- Endres, L. (2023).** *Verteilungswirkung der CO₂-Bepreisung in den Sektoren Verkehr und Wärme mit Pro-Kopf Klimageld* (IMK Policy Brief). Institut für Makroökonomie und Konjunkturforschung. https://www.imk-boeckler.de/de/faust-detail.htm?sync_id=HBS-008757
- Energiekrise solidarisch bewältigen, neue Realität gestalten (Jahresgutachten 22/23). (2022).** *Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung*. https://www.sachverstaendigenrat-wirtschaft.de/fileadmin/dateiablage/gutachten/jg202223/JG202223_Gesamtausgabe.pdf
- Engelmann, P., Köhler, B., Meyer, R., Dengler, J., Herkel, S., Kießling, L., Quast, A., Berneiser, J., Bär, C., Sterchele, P., Heilig, J., Bürger, V., Braungardt, S., Hesse, T., Sandrock, M., Maaß, C., & Strodel, N. (2021).** *Systemische Herausforderung der Wärmewende* (Climate Change 18/2021). Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-04-26_cc_18-2021_waermewende.pdf
- EUPD Research. (2023, April 12).** *Wärmewende – Wärmepumpenboom mit großem Potential für Energieversorger*. <https://www.eupd-research.com/waermewende-waermepumpenboom-mit-groessem-potential-fuer-energieversorger/>
- Europäische Kommission. (n. d.).** *Approved Important Projects of Common European Interest (IPCEI)*. Retrieved November 24, 2023, from https://competition-policy.ec.europa.eu/state-aid/legislation/modernisation/ipcei/approved-ipceis_en
- Europäische Kommission. (2021a).** *Delegierte Verordnung (EU) 2021/2139 der Kommission vom 4. Juni 2021* (L 442/1). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32021R2139>
- Europäische Kommission. (2021b).** *Factsheet: How does the eu taxonomy fit within the sustainable finance framework?* https://finance.ec.europa.eu/system/files/2021-04/sustainable-finance-taxonomy-factsheet_en.pdf
- Europäische Kommission. (2022a).** *Commission invests €3 billion in innovative clean tech projects to deliver on REPowerEU and accelerate Europe's energy independence from Russian fossil fuels* [Press release]. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_6489
- Europäische Kommission. (2022b).** *Delegierte Verordnung (EU) 2022/1214 der Kommission vom 9. März 2022* (L 188/1). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32022R1214>
- Europäische Kommission. (2022c).** *Kommission genehmigt deutsche Beihilfe für energieintensive Unternehmen in Höhe von 27,5 Milliarden Euro* [Pressemitteilung]. Vertretung der Europäischen Kommission in Deutschland. https://germany.representation.ec.europa.eu/news/kommission-genehmigt-deutsche-beihilfe-fur-energieintensive-unternehmen-hohe-von-275-milliarden-euro-2022-08-19_de
- Europäische Kommission. (2023a).** *Arbeitsprogramm der Kommission 2024* (COM(2023) 638 final). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:52023DC0638>
- Europäische Kommission. (2023b).** *Net-Zero Industry Act: Making the EU the home of clean technologies manufacturing and green jobs* [Press release]. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_23_1665
- Europäische Kommission. (2023c).** *Staatliche Beihilfen: Kommission genehmigt 6,5 Milliarden Euro für deutsche energieintensive Unternehmen* [Pressemitteilung]. Vertretung der Europäischen Kommission in Deutschland. https://germany.representation.ec.europa.eu/news/staatliche-beihilfen-kommission-genehmigt-65-milliarden-euro-fur-deutsche-energieintensive-2023-08-10_de
- Europäische Kommission. (2023d).** *Temporary Crisis and Transition Framework for State Aid measures to support the economy following the aggression against Ukraine by Russia* (C 101/3). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.C_.2023.101.01.0003.01.ENG&toc=OJ%3AC%3A2023%3A101%3ATOC
- Europäische Kommission. (2023e).** *Effort sharing 2021-2030: Targets and flexibilities*. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/effort-sharing-member-states-emission-targets/effort-sharing-2021-2030-targets-and-flexibilities_en

- Europäische Union. (2021). *Consolidated text: Directive 2011/61/EU of the European Parliament and of the Council of 8 June 2011 on Alternative Investment Fund Managers and amending Directives 2003/41/EC and 2009/65/EC and Regulations (EC) No 1060/2009 and (EU) No 1095/2010*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02011L0061-20210802&qid=1702832246789>
- Europäische Union. (2023a). *Consolidated text: Directive 2009/65/EC of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 on the coordination of laws, regulations and administrative provisions relating to undertakings for collective investment in transferable securities (UCITS) (recast)*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02009L0065-20230101>
- Europäische Union. (2023b). *The update of the nationally determined contribution of the European Union and its Member States*. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2023-10/ES-2023-10-17%20EU%20submission%20NDC%20update.pdf>
- Europäischer Rat. (2023, May 15). *„Fit für 55“: Reform des EU-Emissionshandelssystems*. <https://www.consilium.europa.eu/de/infographics/fit-for-55-eu-emissions-trading-system/>
- Europäisches Parlament und der Rat. (2020). *Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2020 über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/2088 (L 198/13)*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32020R0852>
- Europäisches Parlament und der Rat. (2021). *Verordnung des europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung des Rahmens für die Verwirklichung der Klimaneutralität und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 401/2009 und (EU) 2018/1999 („Europäisches Klimagesetz“)* (PE-CONS 27/21). <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-27-2021-INIT/de/pdf>
- Europäisches Parlament und der Rat. (2023). *Richtlinie (EU) 2023/1791 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Energieeffizienz und zur Änderung der Verordnung (EU) 2023/955*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32023L1791>
- European Commission. (2017). *Energy service companies in the EU: Status review and recommendations for further market development with a focus on energy performance contracting*. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/12258>
- European Commission. (2021, July 6). *Annexes to the COMMISSION DELEGATED REGULATION supplementing Regulation (EU) 2020/852 of the European Parliament and of the Council by specifying the content and presentation of information to be disclosed by undertakings subject to Articles 19a or 29 of Directive 2013/34/EU concerning environmentally sustainable economic activities, and specifying the methodology to comply with that disclosure obligation*. https://ec.europa.eu/finance/docs/level-2-measures/taxonomy-regulation-delegated-act-2021-4987-annex-1-5_en.pdf
- Eurostat. (2008). *NACE Rev. 2: Statistical classification of economic activities in the European Community*. Eurostat Methodologies and Working Papers. <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5902521/KS-RA-07-015-EN.PDF>
- Eurostat. (2023a). *Euro area annual inflation down to 2.4%*. <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/18005473/2-30112023-AP-EN.pdf/a5c354ab-dd3d-1e1b-72dc-fae2c31244d6>
- Eurostat. (2023b, December 5). *Financial balance sheets—Annual data*. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nasa_10_f_bs__custom_8452439/default/table?lang=en
- EWI. (2023). *Ausblick auf die Gasversorgung in der EU im kommenden Gaswirtschaftsjahr 2023/2024*. *Energiewirtschaftliche Institut an der Universität zu Köln*. <https://www.ewi.uni-koeln.de/de/publikationen/ausblick-auf-die-gasversorgung-in-der-eu-im-kommenden-gaswirtschaftsjahr-2023-2024/>
- Fachrat Energieunabhängigkeit. (2023). *Fachkräftelücke im Gebäudesektor – Engpass für die Wärmewende*. <https://fachrat-energieunabhaengigkeit.de/wp-content/uploads/2023/07/Factsheet-Fachkraeftemangel-fuer-die-Waermewende-Fachrat-Energieunabhaengigkeit.pdf>
- Fernwärmegipfel. (2023). *Mehr Tempo bei der Transformation der Wärmeversorgung: Wärmenetze klimaneutral um- und ausbauen*. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/0612-erklaerung-fernwaeme-gipfel.pdf?__blob=publicationFile&v=10
- Fink, A. (2020, April 29). *Venture Capital in Germany: Nothing ventured, nothing gained*. IREF Europe. <https://en.irefeurope.org/publications/online-articles/article/venture-capital-in-germany-nothing-ventured-nothing-gained/>
- Fitch Ratings. (2023, September 12). *Australian LNG Strikes to Temporarily Affect European Gas Prices*. *Fitch Wire*. <https://www.fitchratings.com/research/corporate-finance/australian-lng-strikes-to-temporarily-affect-european-gas-prices-12-09-2023>
- Fleiter, T., Rehfeldt, M., Hirzel, S., Neusel, L., Aydemir, A., Schwotzer, C., Kaiser, F., Gondorf, C., Hauch, J., Hof, J., Sankowski, L., & Langhorst, M. (2023). *CO₂-neutrale Prozesswärmeerzeugung. Umbau des industriellen Anlagenparks im Rahmen der Energiewende: Ermittlung des aktuellen SdT und des weiteren Handlungsbedarfs zum Einsatz strombasierter Prozesswärmeanlagen*. Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/161_2023_texte_prozesswaermepumpen_0.pdf
- Fleten, S.-E., Linnerud, K., Molnár, P., & Tandberg Nygaard, M. (2016). *Green electricity investment timing in practice: Real options or net present value?* *Energy*, 116, 498–506. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.09.114>
- Fraunhofer ISI. (2022). *Erstellung von Anwendungsbilanzen für die Jahre 2021 bis 2023 für die Sektoren Industrie und GHD*. Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V. https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2021/02/Anwendungsbilanz_Industrie_2021_final_20221222.pdf
- Fraunhofer ISI, consentec, ifeu, & TU Berlin. (2022). *Langfristszenarien 3: Wissenschaftliche Analysen zur Dekarbonisierung Deutschlands*. Langfristszenarien. <https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-de/>
- GDW. (2013). *Nachhaltigkeitsberichterstattung in der Wohnungswirtschaft: Berichterstattung über wirtschaftliches, ökologisches und soziales Engagement von Wohnungsunternehmen* (GdW Arbeitshilfe 73). Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen. https://www.gdw.de/uploads/pdf/publikationen/GdW_AH_73_voll.pdf
- GDW. (2019). *Alternative Finanzierungsinstrumente in der Wohnungswirtschaft* (GdW Information 158). Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen. <https://www.gdw.de/downloads/publikationen/gdw-information-158-alternative-finanzierungsinstrumente-in-der-wohnungswirtschaft/>
- GDW. (2023). *Daten und Trends der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft 2022/2023*. https://www.gdw.de/media/2023/07/praesentation_gdw-jahrespressekonferenz-2023.pdf
- Gerhardt, N., Bard, J., Schmitz, R., Beil, M., Pfennig, M., & Kneiske, D. T. (2020). *Hydrogen in the energy system of the future: Focus on heat in buildings*. Fraunhofer IEE. https://www.iee.fraunhofer.de/content/dam/iee/energiesystemtechnik/en/documents/Studies-Reports/FraunhoferIEE_Study_H2_Heat_in_Buildings_final_EN_20200619.pdf
- Gerrard, J., Zöllner, U., & Peters, M. (2023). *Rendite mit der Miete – Wie die Finanzmärkte die Wohnungskrise in Deutschland befeuern*. Finanzwende Recherche. https://www.finanzwende-recherche.de/wp-content/uploads/Immobilien_Report_20231107-1.pdf
- Gibb, D., Rosenow, J., Lowes, R., & Hewitt, N. J. (2023). *Coming in from the cold: Heat pump efficiency at low temperatures*. *Joule*, 7(9), 1939–1942. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2023.08.005>

- Gigli, M. (2008). *Nachhaltiger Energiekonsum als Beitrag zum Klimaschutz: Erfolgsfaktoren und Barrieren der Realisierung von energetischen Sanierungen durch Eigenheimbesitzer* [Diplomarbeit, Universität Trier]. <https://www.psycharchives.org/en/item/6faa12fe-817c-487d-865d-326e18ed4964>
- Giovannetti, F., Kastner, O., Lampe, C., Reinecke-Koch, R., Park, S., & Steinweg, J. (2018). *Technologiebericht 1.4 Solare Wärme und Kälte innerhalb des Forschungsprojekts TF_Energiewende*. Institut für Solarenergieforschung Hameln. https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7044/file/7044_Solare_Waerme_Kaelte.pdf
- Graebner, C., & Hafele, J. (2020). *The emergence of core-periphery structures in the European Union: A complexity perspective* (ICAE Working Paper 113). Institute for Comprehensive Analysis of the Economy. <https://econpapers.repec.org/paper/icowpaper/113.htm>
- Grashof, K. (2023). *Erneuerbare Energien und energetische Sanierung in Eigenheimen in Deutschland. Repräsentative Umfrage zum derzeitigen Status sowie zu Planungen, Motiven und Hemmnissen*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8325018>
- Hamacher, K. (2023, January 13). *Wärmepumpe mieten statt kaufen: Für wen lohnt sich das?* Wohnglück.de. <https://wohnglueck.de/artikel/waermepumpe-mieten>
- Hans Böckler Stiftung. (2012). Steuerhinterziehung kostet 100 Milliarden. *Magazin Mitbestimmung*, 2012(10). <https://www.boeckler.de/de/magazin-mitbestimmung-2744-steuerhinterziehung-kostet-100-milliarden-5391.htm>
- Hauser, P. D., Münnich, P. J., Burmeister, H., Kohn, A., & Görlach, B. (2022). *Klimaschutzverträge für die Industrietransformation*. https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_10_DE_KIT/A-EW_249_Klimaschutzvertraege-Industrietransformation-Studie_WEB.pdf
- Heidelberg Materials. (2023). *Climate Transition Plan*. https://www.heidelbergmaterials.com/sites/default/files/2023-07/07-2023_Heidelberg_Materials_Climate_Transition_Plan.pdf
- Heidorn, H., & Weche, J. P. (2021). *Business Concentration Data for Germany. Jahrbücher Für Nationalökonomie Und Statistik*, 241(5–6), 801–811. <https://doi.org/10.1515/jbnst-2020-0010>
- Henger, R., Braungardt, S., Karras, J., Köhler, B., & Reeh, G. (2023). *Schweden als Vorbild zur Überwindung des Vermieter-Mieter-Dilemmas – (Teil-)warmmieten oder Reform der Modernisierungumlage?* (p. 75 pages, 1.3 MB). Potsdam Institute for Climate Impact Research. <https://doi.org/10.48485/PIK.2023.027>
- Henger, R., Braungardt, S., Köhler, B., & Meyer, R. (2021). *Wer zahlt für den Klimaschutz im Gebäudesektor? Reformoptionen der Modernisierungumlage*. Ariadne. https://ariadneprojekt.de/media/2021/07/Ariadne-Analyse_Modernisierungumlage_August2021.pdf
- Hoffmeister, T. (2022, July 15). Viessmann baut für 200 Millionen Euro Wärmepumpen-Standort in Polen. *HNA*. <https://www.hna.de/lokales/frankenberg/allendorf-eder-ort317395/viessmann-baut-fuer-200-millionen-euro-waermepumpen-standort-in-polen-91667742.html>
- Hüncke, A., Plessing, J., & Ratzmann, N. (2022). *Kollaborative Klima-Governance in Marburg. Chancen und Hemmnisse auf dem Weg zur Klimaneutralität*. Institute for Advanced Sustainability Studies. https://publications.iass-potsdam.de/rest/items/item_6001520_2/component/file_6001521/content
- Hüther, M., Bialek, S., Schaffranka, C., Schnitzer, M., Müller, S., Heymann, E., Maier, T., Falck, O., Flach, L., Pfaffl, C., & Schneider, C. (2023). *Deindustrialisierung: Schreckgespenst oder notwendiger Schritt im Strukturwandel der deutschen Wirtschaft? ifo Schnelldienst*, 76(3), 1–30.
- IEA. (2022). *The Future of Heat Pumps*. International Energy Agency. <https://doi.org/10.1787/2bd71107-en>
- IEA. (2023a). *The State of Clean Technology Manufacturing: An Energy Technology Perspectives Special Briefing*. International Energy Agency. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/32e7d448-4f0b-4ae8-85c4-d72924bf8a4f/TheStateofCleanTechnologyManufacturing.pdf>
- IEA. (2023b). *World Energy Outlook 2023*. International Energy Agency. <https://www.iea.org/news/the-energy-world-is-set-to-change-significantly-by-2030-based-on-today-s-policy-settings-alone>
- IEA. (2023c). *Global EV Data Explorer*. International Energy Agency. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/global-ev-data-explorer>
- IEA PVPS. (2023). *Trends in photovoltaic applications 2023*. IEA Photovoltaic Power Systems Technology Collaboration Programme. https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2023/10/PVPS_Trends_Report_2023_WEB.pdf
- IEEKN. (n. d.). *Die Netzwerkinitiative in Zahlen. Initiative Energieeffizienz- und Klimaschutz-Netzwerke*. Retrieved December 4, 2023, from <https://www.effizienznetzwerke.org/>
- IFRS. (2023). *IFRS S1 General Requirements for Disclosure of Sustainability-related Financial Information*. <https://www.ifrs.org/issued-standards/ifrs-sustainability-standards-navigator/ifrs-s1-general-requirements/#about>
- IMD. (2023). *IMD World Competitiveness Booklet 2023*. International Institute for Management Development. https://www.imd.org/wp-content/uploads/2023/06/WCY_Booklet_2023-FINAL.pdf
- IN4climate.NRW. (2021). *Industriewärme klimaneutral: Strategien und Voraussetzungen für die Transformation (Diskussionspapier der Arbeitsgruppe Wärme)*. https://www.energy4climate.nrw/fileadmin/Service/Publicationen/Ergebnisse_IN4climate.NRW/2021/diskussionspapier-klimaneutrale-waerme-industrie-cr-in4climatenrw.pdf
- Ioannidis, M., Hlášková, S. J., & Zilioli, C. (2021). *The Mandate of the ECB: Legal Considerations in the Ecb's Monetary Policy Strategy Review* (Occasional Paper No. 2021276). European Central Bank. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3928298>
- IW Köln. (2017). *Perspektiven für private Kleinvermieter. Institut der deutschen Wirtschaft Köln*. https://www.iwkoeln.de/fileadmin/publikationen/2017/361123/Gutachten_Perspektiven_fuer_private_Kleinvermieter.pdf
- Jenny, A., Mages, P., Bösch, L., & Artho, J. (2012). *Themenbereich Haushalte Praxisbeitrag Forschungsprojekt FP-1.3 Zusammenfassung* (Forschungsprojekt FP-1.3 Zusammenfassung Bericht Nr. 03; p. 24). Energieforschung Stadt Zürich. https://energieforschung-zuerich.ch/media/topics/report/Zusammenfassung_Praxisbeitrag_FP-1.3.pdf
- Jirmann, J. (2023). *Eckpunkte einer Reform der Erbschafts- und Schenkungsteuer*. Netzwerk Steuergerechtigkeit. https://www.netzwerk-steuergerechtigkeit.de/wp-content/uploads/2023/10/EUS_Reformvorschlag_Erbschaftsteuer.pdf
- KAGB. (2023, December 11). *Kapitalanlagegesetzbuch vom 4. Juli 2013 (BGBl. I S. 1981), das zuletzt durch Artikel 29 des Gesetzes vom 11. Dezember 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 354) geändert worden ist*. <https://www.gesetze-im-internet.de/kagb/BJNR198110013.html>
- Kalkuhl, M., Amberg, M., Bergmann, T., Knopf, B., & Edenhofer, O. (2022). *Gaspreisdeckel, Mehrwertsteuersenkung, Energiepauschale – Wie kann die Bevölkerung zielgenau und schnell entlastet werden? Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC)*.
- Karnitschnig, M. (2021, July 26). *Why Merkel chose Russia over US on Nord Stream 2. POLITICO*. <https://www.politico.eu/article/vladimir-putin-german-chancellors-nord-stream-russia-energy-angela-merkel/>

- KEI. (n. d.). *Über das KEI*. Kompetenzzentrum Klimaschutz in energieintensiven Industrien. Retrieved December 4, 2023, from <https://www.klimaschutz-industrie.de/ueber-uns/ueber-das-kei/>
- KfW. (2023a). *KfW Research: Deutscher Mittelstand hat Energiepreisschwankungen bisher gut verkraftet | KfW* [Pressemitteilung]. Kreditanstalt für Wiederaufbau. https://www.kfw.de/Über-die-KfW/Newsroom/Aktuelles/Pressemitteilungen-Details_781184.html
- KfW. (2023b). *KfW-Mittelstandspanel 2023. Belastungsfähigkeit des Mittelstands wird auf die Probe gestellt: Bislang nur leichte Blessuren, aber erhöhte Anspannung ist spürbar*. Kreditanstalt für Wiederaufbau. <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-KfW-Mittelstandspanel/KfW-Mittelstandspanel-2023.pdf>
- KfW. (2023c). *Der individuelle Sanierungsfahrplan (iSFP) | KfW*. Kreditanstalt für Wiederaufbau. <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/Energieeffizient-sanieren/Individueller-Sanierungsfahrplan/>
- KfW. (2023d). *KfW-Kommunalpanel 2023 | KfW*. https://www.kfw.de/Über-die-KfW/Newsroom/Aktuelles/News-Details_762624.html
- KfW. (2023e, October 18). *Mittelstand ist der Motor der deutschen Wirtschaft* [KfW Research Dossier]. Kreditanstalt für Wiederaufbau. <https://www.kfw.de/Über-die-KfW/KfW-Research/Mittelstand.html>
- Kilian, L. (2008). The Economic Effects of Energy Price Shocks. *Journal of Economic Literature*, 46(4), 871–909. <https://doi.org/10.1257/jel.46.4.871>
- Klooster, J. van't, & van Tilburg, R. (2020). *Targeting a sustainable recovery with Green TLTROs* [Preprint]. Positive Money Europe & Sustainable Finance Lab. <https://doi.org/10.31235/osf.io/2bx8h>
- KOFA. (2023, April 24). *Quereinsteiger zu Wärmepumpen-Spezialisten qualifizieren*. Kompetenzzentrum Fachkräftesicherung. <https://www.kofa.de/mitarbeiter-finden/zielgruppen/praxisbeispiele-und-interviews/quereinstieg-zum-waermepumpen-spezialist/>
- Köhler, B., Bürger, V., & Bieser, J. (2023). *Preise und Preistransparenz als Akzeptanzfaktor in der Fernwärme*. Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/factsheet_kurzanalyse_fw_preistransparenz_10_2023.pdf
- Krebs, T. (2023a). Modern climate policy: Moving beyond the market-liberal paradigm. *Forum New Economy Working Papers*, 1. <https://newforum.org/wp-content/uploads/2023/01/FNE-WP01-2023.pdf>
- Krebs, T. (2023b). *Zeitenwende: Wie wir unsere Wirtschaft und das Klima retten* [FES Diskurs]. Friedrich Ebert Stiftung. <https://library.fes.de/pdf-files/a-p-b/20716.pdf>
- Krusell, P., & Smith, A. (2022). *Climate Change Around the World* (w30338; p. w30338). National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w30338>
- KWW. (2023). *Kompetenzzentrum Kommunale Wärmewende*. KWW. <https://www.kww-halle.de>
- Löffler, K. U., Petreski, A., & Stephan, A. (2021). Drivers of green bond issuance and new evidence on the „greenium.“ *Eurasian Economic Review*, 11(1), 1–24. <https://doi.org/10.1007/s40822-020-00165-y>
- Lohse, M. (2006). *Die wirtschaftliche Situation deutscher Wohnungsunternehmen – eine empirische Untersuchung* (Arbeitspapiere zur immobilienwirtschaftlichen Forschung und Praxis, No. 7). TU Darmstadt, Forschungscenter Betriebliche Immobilienwirtschaft. https://www.econstor.eu/bitstream/10419/85310/1/arbeitspapier_7.pdf
- Lorek, S., Gran, C., Barth, J., Lavorel, C., Tomany, S., & Oswald, Y. (2021). *Equitable 1.5-Degree Lifestyles – How socially fair policies can support the implementation of the European Green Deal* (Policy Brief #1). ZOE-Institute for future-fit economies. https://zoe-institut.de/wp-content/uploads/2023/09/ZOE_1-5-Degree_Policy_Equitable_Lifestyles_WEB_211221_2.pdf
- Luderer, G., Bartels, F., Blesl, M., Burkhardt, A., Edenhofer, O., Fahl, U., Gillich, A., Herbst, A., Hufendiek, K., Kaiser, M., Kittel, L., Koller, F., Kost, C., Pietzcker, R., Rehfeldt, M., Schreyer, F., Seibert, D., & Sievers, L. (2022). Deutschland auf dem Weg aus der Gaskrise: Wie sich Klimaschutz und Energiesouveränität vereinen lassen. *Kopernikus-Projekt Ariadne Potsdam-Institut Für Klimafolgenforschung (PIK)*.
- Luderer, G., Kost, C., & Sörgel, D. (2021). *Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045—Szenarien und Pfade im Modellvergleich*. Ariadne. <https://ariadneprojekt.de/publikation/deutschland-auf-dem-weg-zur-klimaneutralitaet-2045-szenarienreport/>
- Lyons, L., Lecomte, E., Georgakaki, A., Letout, S., & Mountraki, A. (2023). *Clean Energy Technology Observatory: Heat pumps in the European Union - 2023 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets* (EUR 31699 EN). EU Joint Research Centre. <https://doi.org/10.2760/69478>
- Malin, L., & Köppen, R. (2023). *Fachkräftemangel und Ausbildung im Handwerk* (KOFA Kompakt 5/2023). Institut der deutschen Wirtschaft Köln. <https://www.iwkoeln.de/studien/lydia-malin-fachkraeftemangel-und-ausbildung-im-handwerk.html>
- McCauley, D. (2018). *Energy Justice: Re-Balancing the Trilemma of Security, Poverty and Climate Change*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-62494-5>
- McKinsey. (2008). *The carbon productivity challenge: Curbing climate change and sustaining economic growth*. McKinsey Global Institute. <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/the-carbon-productivity-challenge>
- Meemken, S., Peiseler, F., Runkel, M., Zerkawy, F., Limbers, J., & auf der Maur, A. (2023). *Reform umweltschädlicher Subventionen: Auswirkungen auf Klima, Gesellschaft und Wirtschaft*. Bertelsmann Stiftung. https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/user_upload/W_Reform_umweltschaedlicher_Subventionen.pdf
- Merten, F., & Scholz, A. (2023). *Metaanalyse zu Wasserstoffkosten und -bedarfen für die CO₂-neutrale Transformation*. Wuppertal Institut. https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/8344/file/8344_Wasserstoffkosten.pdf
- Mischler, T. (2017). *Die Attraktivität von Ausbildungsberufen im Handwerk. Eine empirische Studie zur beruflichen Orientierung von Jugendlichen*. Bundesinstitut für Berufsbildung. <https://www.bibb.de/dienst/publikationen/de/8551>
- Monopolkommission (Ed.). (2022). Kapitel I: Stand und Entwicklung der Unternehmenskonzentration in Deutschland. *In Hauptgutachten. Wettbewerb 2022* (pp. 5–97). Nomos Verlagsgesellschaft. <https://doi.org/10.5771/9783748938330-5>
- Nordhaus, W. D. (1993). Rolling the 'DICE': An optimal transition path for controlling greenhouse gases. *Resource and Energy Economics*, 15(1), 27–50. [https://doi.org/10.1016/0928-7655\(93\)90017-0](https://doi.org/10.1016/0928-7655(93)90017-0)
- OBR. (2023). *Fiscal risks and sustainability: July 2023* (CP 870). Office for Budget Responsibility. https://obr.uk/docs/dlm_uploads/Fiscal_risks_and_sustainability_report_July_2023.pdf
- OECD. (2021). *Country Rankings*. The Observatory of Economic Complexity. <https://oec.world/en/rankings/eci/hs6/hs96?tab=ranking>
- OGJ. (2022, January). *Oil, gas investments to hit \$628 billion in 2022 led by upstream gas and LNG*. Oil & Gas Journal. <https://www.ogj.com/general-interest/economics-markets/article/14223445/oil-and-gas-investments-to-hit-628-billion-in-2022-led-by-upstream-gas-and-Ing>
- OICA. (2022). *OICA production statistics*. International Organization of Motor Vehicle Manufacturers. <https://www.oica.net/production-statistics/>

- Öko-Institut. (2023). *Abschätzung der Minderungswirkung der 65%-Anforderung im GEG-Entwurf*. <https://www.oeko.de/publikation/abschaetzung-der-minderungswirkung-der-65-anforderung-im-geg-entwurf>
- Öko-Institut, dena, ITG Dresden, Stiftung Umwelteingerechtig, & ifeu. (2023). *Heizen mit 65 % erneuerbaren Energien – Begleitende Analysen zur Ausgestaltung der Regelung aus dem Koalitionsvertrag 2021*. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/heizen-mit-65-prozent-erneuerbaren-energien.pdf?__blob=publicationFile&v=8
- Ortner, D. S., Peht, D. M., Over, M., & Blömer, S. (2023). *Dekarbonisierung der Energieinfrastrukturen—Ein politischer Unterstützungsrahmen für das Beispiel Wärmenetze*. Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc_08-2023_dekarbonisierung_von_energieinfrastrukturen.pdf
- Ortner, S., & Peht, M. (2022). *Drittzugang bei Wärmenetzen* (Climate Change 32/2022). Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc_32-2022_drittzugang_bei_waermenetzen_0.pdf
- Pahle, M., Günther, C., Osorio, S., & Quemin, S. (2023). *The Emerging Endgame: The EU ETS on the Road Towards Climate Neutrality* (SSRN Scholarly Paper 4373443). <https://doi.org/10.2139/ssrn.4373443>
- Pahle, M., Sitarz, J., Osorio, S., & Görlach, B. (2022). *The EU-ETS price through 2030 and beyond: A closer look at drivers, models and assumptions*. Ariadne. https://ariadneprojekt.de/media/2023/01/Ariadne-Documentation_ETSWorkshopBruessele_December2022.pdf
- Pallara, K., Rossi, L., Sfrigola, M., & Venditti, F. (2023, August 14). The impact of energy shocks on core inflation in the US and the euro area. *CEPR VoxEU*. <https://cepr.org/voxeu/columns/impact-energy-shocks-core-inflation-us-and-euro-area>
- Peht, M., Blömer, S., Nast, M., Paar, Angelika, Klotz, E.-M., Rau, D., Wunsch, M., Kahles, M., Jacobshagen, U., Maiworm, C., Kaspers, J., Miljes, R., Vorhoff, S. V., Beshah, D., Richter, S., Ochse, S., Schmelcher, S., & Müller, M. (2020). *Wissenschaftliche Unterstützungsleistung und Wirkungsabschätzung für ein Basisförderprogramm zur Transformation von Wärmenetzen—Endbericht, Vorfassung*. BMWi. https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/Publikationen/Energie/Wirkungsabsch%C3%A4tzung_WW%C3%A4rmenetze_Endbericht_V10.pdf
- Peht, M., Mellwig, P., Lambrecht, K., Wieniwska, B., Oschatz, B., Mailach, B., Keimeyer, F., Braungardt, S., Köhler, B., & Kahl, H. (2023). *Heizen mit 65 % erneuerbaren Energien – Begleitende Analysen zur Ausgestaltung der Regelung aus dem Koalitionsvertrag 2021* [Teilbericht im Rahmen des Projektes „Gebäudeenergiegesetz und EPBD“]. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/heizen-mit-65-prozent-erneuerbaren-energien.pdf?__blob=publicationFile&v=8
- Pietzcker, R., Feuerhahn, J., Haywood, L., Knopf, B., Leukhardt, F., Luderer, G., Osorio, S., Pahle, M., Rodrigues, R., & Edenhofer, O. (2021). *Notwendige CO₂-Preise zum Erreichen des europäischen Klimaziels 2030*. Ariadne. <https://doi.org/10.48485/pik.2021.007>
- Pindyck, R. S., & Rubinfeld, D. L. (2012). *Microeconomics* (8. ed). Pearson.
- Platform on Sustainable Finance. (2022, January 24). *Response to the Complementary Delegated Act*. https://www.politico.eu/wp-content/uploads/2022/01/24/Platform-draft-CDA-response_embargoed-until-10am-CET-24th-Jan.pdf
- Prognos, FIW München, ITG Dresden, ifeu, Öko-Institut, adelphi, BBH, dena, & EY Law. (2022). *Hintergrundpapier zur Gebäudestrategie Klimaneutralität 2045* (p. 253) [Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz]. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Klimaschutz/gebäudestrategie-klimaneutralitaet-2045.pdf?__blob=publicationFile&v=6
- PwC. (2023a). *Der Wärmepumpenhochlauf nach der Heizungsdebatte. Aktuelle Herausforderungen für die deutsche Heizungsindustrie im globalen Wettbewerb* (p. 64) [Studie]. Bundesverband Wärmepumpe (BWP). <https://www.pwc.de/de/energiwirtschaft/pwc-studie-2023-waermepumpenhochlauf-nach-der-heizungsdebatte.pdf>
- PwC. (2023b). *EU-Taxonomie 2023: Kennzahlen für das Geschäftsjahr wenig aussagekräftig*. PricewaterhouseCoopers. <https://www.pwc.de/de/im-fokus/accounting-reporting/eu-taxonomie.html>
- Rickels, W., Rischer, C., Schenuit, F., & Peterson, S. (2023). *Potential efficiency gains from the introduction of an emissions trading system for the buildings and road transport sectors in the European Union* (Kiel Working Papers 2249). Kiel Institute for the World Economy. https://www.ifw-kiel.de/fileadmin/Dateiverwaltung/IfW-Publications/fis-import/200f22d3-1461-4366-ab70-c1a83fd7dd7f-KWP_2249.pdf
- Römer, Dr. D., & Salzgeber, Dr. J. (2023). *KfW-Energiewendebarmeter 2023: Energiewende im Spannungsfeld zwischen Handlungsbedarfen und finanziellen Möglichkeiten* (KfW-Energiewendebarmeter) [KfW Research]. Kreditanstalt für Wiederaufbau. <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-KfW-Energiewendebarmeter/KfW-Energiewendebarmeter-2023.pdf>
- Sachverständigenrat. (2019). *Setting out for a new climate policy*. [Special Report 2019 by the German Council of Economic Experts.]. <https://www.sachverstaendigenrat-wirtschaft.de/en/special-report-2019.html>
- Sachverständigenrat. (2023). *Wachstumsschwäche überwinden – In die Zukunft investieren (Jahresgutachten 23/24)*. Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung. https://www.sachverstaendigenrat-wirtschaft.de/fileadmin/dateiablage/gutachten/jg202324/JG202324_Gesamtausgabe.pdf
- Saez, E., & Zucman, G. (2022). Wealth Taxation: Lessons from History and Recent Developments. *AEA Papers and Proceedings*, 112, 58–62. <https://doi.org/10.1257/pandp.20221055>
- Samadi, S. (2022). *Quantitativer Vergleich aktueller Klimaschutzzszenarien für Deutschland*. SCI4climate.NRW. https://www.energy4climate.nrw/fileadmin/Service/Publikationen/Ergebnisse_SCI4climate.NRW/Szenarien/2022/Samadi-2022-Vergleich_aktueller_Klimaschutzzszenari_en_fu_r_Deutschland__final_-_Korrektur_Dez._2022.pdf
- SASB. (2023). *Future of the SASB Standards: What you need to know for 2023 disclosure*. SASB Blog. <https://sasb.org/blog/future-of-the-sasb-standards-what-you-need-to-know-for-2023-reporting/>
- Savills. (2019). *Eigentümerstruktur am deutschen Wohnungsmarkt*. <https://pdf.euro.savills.co.uk/germany-research/ger-2019/spotlight-eigentumerstruktur-am-wohnungsmarkt.pdf>
- Schäfers, M. (2023, July 6). *Wegfall des Spitzenausgleichs: Unternehmen drohen hohe Energiekosten*. FAZ.NET. <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/wegfall-des-spitzenausgleichs-unternehmen-drohen-hohe-energiekosten-19015398.html>
- Schmidt, T. S., Steffen, B., Egli, F., Pahle, M., Tietjen, O., & Edenhofer, O. (2019). *Adverse effects of rising interest rates on sustainable energy transitions*. *Nature Sustainability*, 2(9), 879–885. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0375-2>
- Schrems, I., & Eulgem, L. (2022). *Die Rolle des Erdgasgeschäfts von Stadtwerken für die kommunale Daseinsvorsorge – Eine Fallstudienanalyse* (Analyse 11/2022). Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft. https://foes.de/publikationen/2022/2022-11_FOES_Stadtwerke_Analyse.pdf
- Schumacher, K., Nissen, C., & Braungardt, S. (2022). *Energetische Sanierung schützt Verbraucher*innen vor hohen Energiepreisen – Vorschläge für eine soziale Ausrichtung der Förderung*. Öko-Institut. <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Kurzstudie-Sanierung-Ein--und-Zweifamilienhaeuser.pdf>

- Schwartz, D. M., & Leifels, D. A. (2022). *Geschäftsaufgaben im Mittelstand: Nachfolgermangel, Rentenalter und geringe wirtschaftliche Attraktivität entscheidend* (KfW Research No. 393). Kreditanstalt für Wiederaufbau. <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-2022/Fokus-Nr.-393-Juli-2022-Geschäftsaufgaben.pdf>
- Seefeldt, F., Stein, K., Sahnoun, M., Thome, S., & Dominkovic, S. (2021). *Evaluation der Wärmelieferverordnung – Wirksamkeit der im Jahr 2013 eingeführten Regelungen zur Umstellung auf gewerbliche Wärmelieferung für Mietwohnraum*. KEA-BW & Prognos. https://www.bmj.de/SharedDocs/Downloads/DE/Fachpublikationen/Evaluierung_WaermelieferVO.pdf?__blob=publicationFile&v=4
- SMS group. (2021, October 29). *Midrex Direct reduction plants: Clean and reliable solutions for direct reduced iron*. <https://www.sms-group.com/de-de/plants/midrex-direct-reduction-plants>
- Sokolowski, A., Boldyreva, T., Jenkins-Long, E., Bamkole, S., & Twigg, S. (2023). *Are Companies Developing Credible Climate Transition Plans? Disclosure to key climate transition-focused indicators in CDP's 2022 Climate Change Questionnaire*. Carbon Disclosure Project. [https://cdn.cdp.net/cdp-production/cms/reports/documents/000/006/785/original/Climate_transition_plan_report_2022_%2810%29.pdf?1676456406#:~:text=only%2081%20\(0.4%25\)%20of,a%20credible%20plan%20in%20place](https://cdn.cdp.net/cdp-production/cms/reports/documents/000/006/785/original/Climate_transition_plan_report_2022_%2810%29.pdf?1676456406#:~:text=only%2081%20(0.4%25)%20of,a%20credible%20plan%20in%20place)
- Statista. (2022). *Erdgas: Durchschnittspreis in Europa bis 2022*. Statista. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1282641/umfrage/durchschnittlicher-preis-fuer-erdgas-in-europa/>
- Statista. (2023a). *Inflation in Deutschland bis November 2023*. Statista. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1045/umfrage/inflationsrate-in-deutschland-veraenderung-des-verbraucherpreisindex-zum-vorjahresmonat/>
- Statista. (2023b). *Wind energy capacity worldwide 1998-2022*. Statista. <https://www.statista.com/statistics/268385/global-new-installed-wind-power-capacity/>
- Stiebel Eltron. (2023). *Neuer Gruppen-Geschäftsführer für Vertrieb und Marketing* [Pressemitteilung]. https://www.stiebel-eltron.ch/de/home/unternehmen/presse/pressemitteilungen/230817_geschftsfuehrung.html
- Stieß, I., van der Land, V., Birzle-Harder, B., & Deffner, J. (2010). *Handlungsmotive, -hemmnisse und Zielgruppen für eine energetische Gebäudesanierung. Ergebnisse einer standardisierten Befragung von Eigenheimsanierern*. ENEF Haus. <https://www.forum-hausbau.de/data/Energieeffiziente-Sanierung-von-Eigenheimen.pdf>
- Süddeutsche Zeitung. (2023, January 31). Vonovia stoppt Neubau-Projekte. *Süddeutsche.de*. <https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/vonovia-neubau-wohnungsmangel-immobilien-1.5742513>
- Tacke, B., Böhm, U., Dunkelberg, E., Möller, S., Meyer, K., & Knies, J. (2019). *Bericht zum Erfahrungsaustausch „Energiewende im Kontext der Gesellschaft- Partizipation und Akzeptanz bei innovativen Bauprojekten“* [Tagungsbericht]. Sustainability Freie Universität Berlin. <https://www.lokale-passung.de/wp-content/uploads/2020/01/Tagungsbericht-Partizipation-und-Akzeptanz-bei-innovativen-Bauprojekten.pdf>
- Tagesschau. (2023, July 16). Weniger Förderung für Wärmepumpen in diesem Jahr beantragt. *tagesschau.de*. <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/waermepumpen-foerderung-100.html>
- TGM Research. (2023). *Globale Tracker-Abfrage zu Einstellungen zu Klima und Energie mit national repräsentativen Stichproben (n=1000) (in Veröffentlichung)* [Umfrage]. Global Strategic Communications Council.
- Theurl, T. (2023). Wohnungsgenossenschaften in herausfordernden Zeiten. *Wirtschaftsdienst*, 103(1), 12–15.
- Thiemann, A., Ognyanova, D., Narazani, E., Palvolgyi, B., Kalyva, A., & Leodolter, A. (2021). *Shifting the Tax Burden away from Labour towards Inheritances and Gifts – Simulation results for Germany*. <https://joint-research-centre.ec.europa.eu/system/files/2022-01/jrc127424.pdf>
- Thöne, M., Gierkink, M., Pickert, L., Kreuter, H., & Decker, H. (2019). *CO₂-Bepreisung im Gebäudesektor und notwendige Zusatzinstrumente* [Im Auftrag des Zentralen Immobilien Ausschusses (ZIA)]. Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (EWI) & Finanzwissenschaftliches Forschungsinstitut an der Universität zu Köln (FiFo Köln). https://www.ewi.uni-koeln.de/cms/wp-content/uploads/2019/09/EWI_FiFo_Studie_CO2-Bepreisung-im-Geb%C3%A4udesektor_190918.pdf
- thyssenkrupp. (2023). *thyssenkrupp Steel vergibt Milliardenauftrag für Direktreduktionsanlage an SMS group: Start eines der weltweit größten industriellen Dekarbonisierungsprojekte*. <https://www.thyssenkrupp.com/de/newsroom/pressemitteilungen/pressemeldung/pressemeldung-detailseite/thyssenkrupp-steel-vergibt-milliardenauftrag-fur-direktreduktionsanlage-an-sms-group--start-eines-der-weltweit-grossten-industriellen-dekarbonisierungsprojekte-163183>
- Toleikyte, A., Roca, R. J. C., Volt, J., Carlsson, J., Lyons, L., Gasparella, A., Koolen, D., De, F. M., Tarvydas, D., Czako, V., Koukoulfikis, G., Kuokkanen, A., & Letout, S. (2023). *The Heat Pump Wave: Opportunities and Challenges*. EU Joint Research Centre. <https://doi.org/10.2760/27877>
- UCLA IoES. (2020). *Impacts of Oil and Gas Drilling on Indigenous Communities in New Mexico's Greater Chaco Landscape*. UCLA Institute of the Environment and Sustainability. <https://www.ioes.ucla.edu/wp-content/uploads/2020/09/ucla-ioes-practicum-impacts-of-oil-and-gas-on-indigenous-communities-in-new-mexico-final-report-9-2020.pdf>
- Uhlenbroich, B. (2023, November 11). Bauunternehmer sprechen Krisen-Klartext: 300 000 Jobs sind in 2 Jahren weg! *BILD.De*. https://www.bild.de/politik/inland/politik-inland/bauunternehmer-sprechen-krisen-klartext-300-000-jobs-sind-in-2-jahren-weg-86054954.bild.html?t_ref=https%3A%2F%2Fstatics.teams.cdn.office.net%2F
- Umweltbundesamt. (2023). *Projektionsbericht 2023 für Deutschland*. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/projektionsbericht-2023-fuer-deutschland>
- Umweltbundesamt. (2013, September 9). *Umweltschädliche Subventionen in Deutschland* [Text]. Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-wirtschaft/umweltschaedliche-subventionen-in-deutschland>
- UNEP. (2008). *Public finance mechanisms to mobilise investment in climate change mitigation*. United Nations Environment Programme. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/7973>
- Vaillant Group. (2023). *Vaillant Group investiert bis zu 2 Milliarden Euro in den Ausbau des Wärmepumpengeschäfts* [Pressemitteilung]. <https://www.vaillant-group.com/news-stories/vaillant-group-investiert-bis-zu-2-milliarden-euro-in-den-ausbau-des-waermepumpengeschäfts.html>
- vbw. (2023). *Monitoring der deutschen Gasbilanz. Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft*. https://www.vbw-bayern.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Wirtschaftspolitik/2023/Downloads/vbw_Studie-Monitoring-der-deutschen-Gasbilanz_Mai-2023.pdf
- VCI. (2023). *Energiestatistik 2023*. Verband der chemischen Industrie. <https://www.vci.de/ergaenzende-downloads/energiestatistik-2023-16.pdf>
- Verbraucherzentrale. (2022, June 22). *Energie-Contracting: Was Sie beim Vertragsabschluss beachten sollten*. Verbraucherzentrale.de. <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/energetische-sanierung/energiecontracting-was-sie-beim-vertragsabschluss-beachten-sollten-10911>

- Verbraucherzentrale. (2023).** *Ihre Energieberatung der Verbraucherzentrale*. Energieberatung der Verbraucherzentrale. <https://verbraucherzentrale-energieberatung.de/>
- Viessmann. (2022).** *Viessmann Group plant 1 Milliarde Euro in Wärmepumpen und grüne Klimalösungen zu investieren* [Pressemitteilung]. <https://www.viessmann.family/de/newsroom/unternehmen/viessmann-group-plant-1-milliarde-euro-in-waermepumpen-und-gruene-klimaloesungen-zu-investieren.html>
- VKU. (2023).** *Stellungnahme zum Regierungsentwurf zur Änderung des Gebäudeenergiegesetzes und zur Änderung der Heizkostenverordnung sowie zur Änderung der Kehr- und Überprüfungsordnung vom 19. April 2023: VKU*. Verband kommunaler Unternehmen. <https://www.vku.de/vku-positionen/kommunale-energieversorgung/stellungnahme-zum-regierungsentwurf-zur-aenderung-des-gebäudeenergiegesetzes-und-zur-aenderung-der-heizkostenverordnung-sowie-zur-aenderung-der-kehr-und-ueberpruefungsordnung-vom-19-april-2023/>
- Whitehouse, S., Lacy, P., Veillard, X., Keeble, J., & Richardson, S. (2020).** *Carbon Capital: Financing the low carbon economy*. Barclays Group. <https://www.compromisorse.com/upload/estudios/000/108/CarbonCapital.pdf>
- Wietschel, M., Eckstein, J., Riemer, M., Zheng, L., Lux, B., Neuner, F., Breitschopf, B., Fragoso, J., Kleinschmitt, C., Pieton, N., Nolden, C., Pfluger, B., Thiel, Z., & Löschel, A. (2021).** *Import von Wasserstoff und Wasserstoffderivaten: Von Kosten zu Preisen* (HYPAT Working Paper 01/2021). Fraunhofer ISI. <https://publica-rest.fraunhofer.de/server/api/core/bitstreams/7d880f55-93b4-461b-9088-99b7f228b69b/content>
- WPKS. (2023).** *LNG-Bedarf für die deutsche Energieversorgung im Prozess des Übergangs zur Klimaneutralität*. Wissenschaftsplattform Klimaschutz. <https://www.wissenschaftsplattform-klimaschutz.de/files/WPKS-Studie-LNG-Bedarfe.pdf>
- ZDH. (2023a).** *Die Wärmewende braucht ein starkes Handwerk* [Pressemitteilung]. Zentralverband des Deutschen Handwerks. <https://www.zdh.de/presse/veroeffentlichungen/interviews-und-statements/die-waermewende-braucht-ein-starkes-handwerk/>
- ZDH. (2023b).** *Klimahandwerk – Klimaschutz als Beruf*. Zentralverband des Deutschen Handwerks. <https://www.zdh.de/themen-und-positionen/klimahandwerk/>
- Zerzawy, F., Beermann, A.-C., Fiedler, S., & Runkel, M. (2021).** *Umweltschädliche Subventionen in Deutschland: Fokus Biodiversität*. Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft & Deutscher Naturschutzring. https://www.dnr.de/sites/default/files/Publikationen/2021-05-11_FOES-Subventionen_Biodiversitaet.pdf
- Zukunft Gas. (2022a).** *Erdgas in Deutschland: Zahlen und Fakten für das Jahr 2021*. <https://gas.info/fileadmin/Public/PDF-Download/Faktenblatt-Erdgas.pdf>
- Zukunft Gas. (2022b).** *Dekarbonisierungspartner der Industrie*. <https://gas.info/gas-im-energiemix/industrie>
- ZVEH. (2022).** *Erfolgreiche Klimawende braucht leistungsfähiges Handwerk* [Pressemitteilung]. Zentralverband der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke. <https://www.zveh.de/news/detailansicht/erfolgreiche-klimawende-braucht-leistungsfahiges-handwerk.html>

zum digitalen Bericht:



fachrat-energieunabhängigkeit.de